



НАУКА СОДРУЖЕСТВО ПРОГРЕСС

ЕЖЕНЕДЕЛЬНИК ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Газета выходит с ноября 1957 года № 28 (4268) Пятница, 26 июня 2015 года

Интервью в номер **Физика без фокусов**

Сегодня завершается школа для учителей физики, организуемая в ОИЯИ уже в шестой раз. Пять дней, которые провели в Дубне двадцать учителей и девять учащихся из школ Белоруссии, Болгарии и разных уголков России – из Карелии и Крыма, Волгограда и Красноярского края, были очень насыщенными. Программа включала лекции и экскурсии, реальные – по лабораториям Института и виртуальные – по экспериментам ЦЕРН, лабораторный практикум, конференции для учителей и для учащихся, знакомство с Университетом «Дубна».

Никакая школа, организованная Учебно-научным центром ОИЯИ, не обходится без увлекательного экспериментального практикума, который готовит и проводит сотрудник УНЦ **Иван Алексеевич Ломаченков**. Не обошлась и эта – после первого знакомства с ОИЯИ началась «экспериментальная часть»: проектная работа в физическом практикуме для учителей и лабораторные для учащихся. И хотя Иван Алексеевич предупредил, что «тут без фокусов – сплошная физика», опыты были из разряда «не верь глазам своим». Как можно без специального оборудования показать явление дифракции? Можно – с помощью луча лазерной указки на миллиметровых делениях линейки. А загадочное воздействие света на свет, когда свет от обычной электрической лампочки сдвигает на несколько сантиметров зайчик от той же лазерной указки. Или опыт с обычным шариком для пинг-понга в стакане с водой, движущем вопреки логике и силе поверхностного натяжения, – опыт, который с ходу не смогли объяснить ни ученики, ни учителя.

– Первое, на что я обратил внимание, – среди участников школы стало больше мужчин, – делится своими наблюдениями Иван Алексеевич. – Теперь их чуть ли не



Участники школы на занятиях в УНЦ ОИЯИ

одна треть, и это хороший факт. На многих предыдущих школах, и я даже обращал на это внимание аудитории, преобладали женщины. Я полагаю, физику должны преподавать мужчины, по крайней мере, составлять большинство, потому что физика – наука мужская. Вообще, те педагоги, которых мы видим на этих школах, относятся к активной части учительского корпуса, которые работают со своими ученика-

ми творчески, не по шаблону, находят свои способы, как увлечь учащихся своим предметом. С такими учителями и работать интересно. Среди них я уже встречаю знакомых, например педагога из Фрязино Михаила Чжана, это известный в России учитель. Мы с ним первый раз, по-моему, встретились еще в лицее «Дубна», когда я работал там учителем физики.

(Окончание на 2-й стр.)

Конференции

Радиобиологи собрались в Санкт-Петербурге

IV Международная конференция «Современные проблемы генетики, радиобиологии, радиоэкологии и эволюции», посвященная 115-летию Н. В. Тимофеева-Ресовского и его интернациональной научной школе, работала в Санкт-Петербурге со 2 по 6 июня. В рамках конференции прошли IV чтения памяти В. И. Корогодина и В. А. Шевченко и рабочее совещание Международного союза радиобиологов «Идеи радиобиологии в радиоэкологии: механизмы и эффекты радиации». Конференция собрала свыше 150 участников из Армении, Германии, Казахстана, Канады, Норвегии, США, Украины, Франции, Японии и российских научных центров. В работе конференции принимала участие группа ученых ОИЯИ.

Отчет о конференции читайте в ближайших номерах газеты.

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

– А опыты вы сами придумываете или где-то ищете, и пополняется ли набор экспериментов со временем?

– Да, копилка опытов пополняется. Некоторые удается сделать самому, некоторые почерпнуты из довольно старых учебников, почти забытых. Простые, наглядные, но некоторые из них действительно могут поставить в тупик, как, например, с шариком от пинг-понга. Я этот опыт показывал на предыдущей школе для учителей, они не нашли ему правильного объяснения. Этот эксперимент с виду простой, но в нем есть хитрость.

– Вы показывали свой экспериментальный практикум студентам из Европы, нашим школьникам и педагогам. Заметны различия в восприятии?

– Недавно у нас были выпускники школ из Германии, мотивированные молодые люди – они планируют поступать в технические университеты. Это уже традиционное посещение ОИЯИ, два педагога несколько лет привозят своих подопечных. Так вот, они реагируют как маленькие дети, глаза широко открываются, они явно такие опыты никогда не видели и им очень интересно. И завершается мое выступление обычно аплодисментами. Наши реагируют сдержанней, понятно, что и менталитет разный. Я же был на школах в ЦЕРН, там учителя собираются со всего мира, и различия в стиле общения западных преподавателей и наших заметны. Запад-

ные – более раскованы, легче и свободней в общении.

– А награда для того, кто правильно объяснит ваши опыты, будет?

– Ну вы же понимаете, что задание для учителей – это на уровне шутки, с которой обычно возникают дискуссии, неформальное общение. Возможно, что для учителей это тоже полезно, потому что в школе разбираются только обычные, рутинные задачи. Они тоже необходимы, но скучны, поэтому хочется надеяться, что эти эксперименты пробуждают творческую инициативу учителя.

– А случается, что уже спустя какое-то время учителя интересуются методикой, подробностями какого-то эксперимента?

– Да, пишут, спрашивают совета, одна учительница как-то обнаружила у меня опечатку в презентации и написала об этом, я ее поблагодарил. Несколько учителей просили порекомендовать, какой экспериментальный проект по физике можно было бы предложить детям. То есть возникает общение по электронной почте. И это тоже говорит о том, что проводимые у нас школы мотивируют учителей к творческой деятельности. И, конечно, очень здорово, что они приезжают со своими учениками. Я считаю определенным достижением последних лет, что ОИЯИ нашел возможность приглашать учителей со своими наиболее способными учениками. На школы в ЦЕРН приезжают только учителя.

С двумя своими учениками приехал учитель физики школы № 10 города Жлобина (Белоруссия) **Олег Анатольевич Купрацевич**: «Первый раз я приехал сюда один, в этот раз – с учениками. Собственно, ради них приехал, чтобы они увидели эти установки, большую науку. Мы живем в небольшом городе, далеко от всех крупных научных центров, для ребят эта поездка поощрение. Все они смысленные, участники олимпиад, перешли в 10-й класс, и уже по первому дню школы я вижу, что им интересно и понятно. У меня есть мечта, чтобы мои ученики связали свою жизнь с наукой. Я не первый раз сюда приезжаю, участвовал в школе в ЦЕРН, меня это все сильно впечатлило, но свою жизнь я уже не могу изменить – я учитель, а не ученый... Надеюсь, мои ученики реализуют мою мечту».

Ольга ТАРАНТИНА,
фото Елены КАРПОВОЙ

По данным МАГАТЭ – Международного агентства по атомной энергии, в 2014 году в мире функционировал 391 энергетический ядерный реактор (не считая 48 японских, остановленных после землетрясения 11 марта 2011 года). В таких странах, как Франция, Словакия и Венгрия, атомные реакторы вырабатывают более половины электроэнергии. Наибольшее число энергетических реакторов действует в США – их ровно сто, и они передали потребителям около 800 тысяч Гигаватт-часов электроэнергии за год. Это третья часть всей вырабатываемой атомными станциями энергии в мире, и почти 20 процентов всей электроэнергии в Соединенных Штатах. В Российской Федерации вклад в выработку электроэнергии тридцати четырех энергетических реакторов составляет около 170 тысяч Гигаватт-часов – третий результат в мире после США и Франции. И, несмотря на дебаты, идущие вокруг дальнейшего использования атомной энергетики, очевидно, что она еще долго будет играть значительную роль в энергосистемах многих государств.

Важный элемент в обеспечении безопасности функционирования атомных станций – выбор специальных материалов и методов изготовления узлов и деталей реакторов: корпусов, замедлителей, элементов системы охлаждения и т. д. Различный состав, различные способы термической и механической обработки материалов приводят к формированию в материалах преимущественных ориентировок кристаллических зерен (кристаллографической текстуры), специфических микроструктур (формы зерен, распределение их по размерам, изменение плотности краевых и винтовых дислокаций, появление наноразмерных включений). В материалах образуются и сохраняются механические напряжения: растягивающие, сжимающие, сдвиговые. Все это оказывает влияние на упругие и тепловые свойства изготовленных деталей, их прочность и пластичность, износостойкость и трещиностойкость, устойчивость к радиационной ползучести и распуханию. При изучении перспективных реакторных материалов, которые будут применяться при строительстве атомных электростанций, свойств этих

Еженедельник Объединенного института ядерных исследований Регистрационный № 1154 Газета выходит по пятницам Тираж 1020. Индекс 00146. 50 номеров в год Редактор Е. М. МОЛЧАНОВ
АДРЕС РЕДАКЦИИ: 141980, г. Дубна, Московской обл., ул. Франка, 2. ТЕЛЕФОНЫ: редактор – 62-200, 65-184; приемная – 65-812 корреспонденты – 65-181, 65-182. e-mail: dnsp@dubna.ru Информационная поддержка – компания КОНТАКТ и ЛИТ ОИЯИ. Подписано в печать 24.6.2015 в 11.00. Цена в розницу договорная. Газета отпечатана в Издательском отделе ОИЯИ.

Реакторное материаловедение на ИБР-2

Второй премии ОИЯИ 2014 года в области прикладных научно-технических исследований за цикл работ «Нейтронная диагностика перспективных реакторных материалов» удостоены А. М. Балагуров, Г. Д. Бокучава, Р. Н. Васин, И. В. Папушкин, В. В. Сумин.



На снимке: И. В. Папушкин настраивает оборудование Фурье-дифрактометра ФСД для проведения экспериментов.

материалов и происходящих с ними изменений помогают методики рассеяния нейтронов, реализуемые на выведенных пучках исследовательских реакторов. Среди российских исследовательских источников нейтронов выделяется уникальная установка – единственный в мире импульсный реактор ИБР-2 в ОИЯИ. На нескольких его установках: Фурье-дифрактометре высокого разрешения ФДВР, специализированном дифрактометре для изучения механических напряжений ФСД и текстурном дифрактометре СКАТ, – в течение последних лет успешно ведутся исследования различных реакторных материалов: специальных сталей, циркониевых сплавов, поликристаллического графита и ряда других.

Дифракция нейтронов и особенно дифракция с использованием метода времени пролета, реализованная на ИБР-2, позволяет получить исключительно важную информацию о микроструктуре материала: средней по измеряемому объему деформации кристаллической решетки и микродеформациях в пределах кристаллических зерен, кристаллографической анизотропии деформаций, преимущественных ориентировках зерен материала. В отличие от других методов, эту информацию

можно получить для каждой фазы многофазного материала отдельно и, что особенно важно, – о распределении этих параметров в объеме материала (до 2 см для изделий из стали и до 6 см – из алюминия).

Приведем здесь лишь несколько полученных результатов. Для графита ГР-280 (используется как замедлитель нейтронов в реакторах) было показано, что при изготовлении графитового блока экструзией в нем формируются преимущественные ориентировки зерен, и оси симметрии гексагонального графита ориентируются параллельно направлению экструзии. Это обуславливает анизотропию упругих свойств графитового блока. С ориентациями зерен графита связаны в основном ориентации существующей в графите сложной системы пор и микротрещин, которые не закрываются даже при повышенных давлениях. Поры и трещины сильно влияют как на физические свойства графитового блока, так и на анизотропное распухание графитовой кладки при эксплуатации реактора.

Изучены свойства дисперсионно-упрочненных сталей, свойства которых контролируются нановключениями карбидов и интерметаллидов. Показано, что в ста-

ли Х16Н15М3Т1 с ростом когерентно связанных с решеткой интерметаллических наночастиц возрастает плотность дислокаций и увеличивается ее твердость. Вдоль радиуса заглушек твэлов, изготовленных из циркониевого сплава Э-110 с помощью ротационнойковки, обнаружены растягивающие механические напряжения, способствующие диффузии водорода в этом направлении. В то же время отжиг таких заглушек не приводит к изменению их упругих свойств и снимает остаточные напряжения. Исследование восстановленных образцов-свидетелей, помещаемых в зону реактора для оценки степени влияния радиационных повреждений, показало, что электронно-лучевой метод сварки этих образцов оказался предпочтительнее сварки дуговой и лазерной. Он привносит наименьший уровень остаточных напряжений в сварные швы образцов-свидетелей. Этот результат особенно важен для выработки оптимальной методики восстановления образцов-свидетелей и численных оценок, лежащих в основе моделей радиационного охрупчивания и потенциального ресурса работы узлов реактора.

Особо следует отметить, что работа была проведена в тесном сотрудничестве с коллегами из российских исследовательских институтов и из научных центров Швейцарии, Германии, Чехии, Южной Африки.

В настоящее время эксперименты в области материаловедения на обновленном реакторе ИБР-2 набирают ход. И возможно, что результаты проведенных на нем экспериментов будут использованы при будущих его модернизациях, при строительстве новых перспективных исследовательских нейтронных источников и атомных электростанций. Очевидно, что наработки в области современного реакторного материаловедения будут использованы и в проектах термоядерных электростанций недалекого будущего, таких как ITER и DEMO.

**Г. БОКУЧАВА,
Р. ВАСИН**

С этого программного комитета началось обсуждение экспертами стран-участниц планов лабораторий по физике частиц и релятивистской ядерной физике на следующую семилетку. Каковы первые итоги?

Ясно, что за 20 минут директор лаборатории не может изложить все подробности, чтобы члены ПКК могли разобраться, выдать рекомендации, одобрить или не одобрить. Поэтому мы договорились, что на следующем заседании мы будем обсуждать «черновик» Семилетнего плана, который затронет весь Институт в целом. А материалы членам ПКК будут представлены заранее, чтобы они могли подготовиться и каким-то образом высказаться. Разработка Семилетнего плана – длительный процесс, план будет приниматься только в следующем году, все эти обсуждения должны привести к пониманию, консенсусу как с точки зрения мировой науки, так и наших возможностей их реализации.

У нас есть ключевые программы, в частности те, что связаны со строительством ускорительного комплекса NICA – не только сам коллайдер, нужно построить бустер, линейный ускоритель, который мы заказали в Германии, новые источники, экспериментальные установки. Члены ПКК подчеркнули, что еще одна важная задача – это привлечение физиков из других научных организаций мира, например из Дармштадта, которые с нами тесно связаны общей программой исследований. Проект FAIR, его первая стадия на базе ускорителя SIS100 должна начаться только в 2021 году, в то время как мы ожидаем, что наш коллайдер будет запущен в 2019-м и в 2020-м уже появятся первые результаты. Кроме того, проект BM@N уже сейчас может послужить плацдармом для будущих исследований на коллайдере NICA и создания коллаборации.

Я бы сказал, что еще очень важно привлечь широкое международное сообщество с точки зрения постановки задач, осмысления тех данных, которые будут получены. Потому что у нас для этого может не хватить сил. Сейчас физика продвигается в рамках больших коллабораций, анализ идет во многих научных центрах, и даже такой большой организации, как ЦЕРН, явно не хватило бы возможностей, если бы вокруг нее не образовался кластер научных институтов и учреж-

Физика частиц: сотрудничество будет более тесным

15–16 июня в Доме ученых проходила 43-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц. На обсуждение были представлены доклады директоров ЛЯП, ЛФВЭ, ЛИТ с предложениями по развитию лабораторий для формирования нового Семилетнего плана, отчеты по ходу реализации проекта NICA, предложения для продления существующих тем и новые проекты. С просьбой прокомментировать итоги заседания, прозвучавшие предложения и рекомендации редакция обратилась к вице-директору Института профессору Рихарду ЛЕДНИЦКОМУ.

дений, которые вносят как человеческий вклад, так и финансовый и материальный.

На сессии было представлено более десятка отчетов по темам для продления...

Это еще одна особенность данного заседания, связанная с Семилетней программой. После обсуждения члены программного комитета решили не продлевать темы на срок, который превышает существующий Семилетний план, то есть до конца 2016-го года. Дальнейшая судьба их будет зависеть от нового Семилетнего плана – войдут они туда или будут какие-то ограничения. Это касалось большинства проектов, кроме тех, что связаны с флагманским проектом NICA и соответствующими детекторами, а также – с проектами, включающими долгосрочные обязательства ОИЯИ.

Как оценивались первые испытания по проекту BM@N?

Надо сказать, работа по этому проекту началась довольно успешно и быстро. Были опробованы и протестированы детекторы, получены довольно хорошие параметры. Например, были измерены временные характеристики этих детекторов, и они соответствуют тому, что ожидалось. В этом плане не предвидится серьезных проблем, но, конечно, требуются некоторые вложения. Отмечалось, что необходимо финансировать усовершенствование выведенного канала пучка для обеспечения высокой интенсивности тяжелых ионов. Как вы знаете, существует детекторный экспертный комитет DAC по проектам BM@N и MPD, и некоторые члены ПКК остались после сессии в Дубне для обсуждения отдельных вопросов с участниками этих проектов. Они будут давать свои оценки и высказывать предложения. И это очень важно, потому что специалисты высшего класса могут дать квалифициро-

ванные советы. Так уже было в прошлом, когда в результате обсуждений усовершенствовалась концепция этих детекторов.

Что нового сообщалось по развитию инфраструктуры в докладе Н. Н. Агапова?

Он рассказывал о криогенной инфраструктуре, связанной с производством жидкого азота и гелия. Для того чтобы полностью удовлетворить потребности коллайдера, нужно удвоить мощность производства жидкого гелия. Важно также удешевление производства жидкого азота и его более эффективное использование, что, естественно, сделает работу ускорителя более экономичной. Это все запланировано, идет по графику, никаких проблем не предвидится.

Обсуждалось ли непосредственно строительство коллайдера?

Обсуждение было. Сейчас генеральный подрядчик фирма «Штрабаг» работает по предварительному контракту, ведутся подготовительные работы. В следующем месяце можно будет начинать работы в рамках основного контракта, который мы планируем заключить в июле. Если ничего форс-мажорного не случится, все будет подписано и эти работы вскоре начнутся.

Какую оценку дали эксперты ансамблям на Нуклотроне?

Были какие-то проблемы, которые связаны с тем, что интенсивность пучка, например в эксперименте ALPOM, была меньше, чем хотелось бы физикам. Принципиально на физическую программу это не повлияло, они набрали достаточную статистику для того, чтобы решить все задачи, но нам есть над чем работать. А так стабильность и энергия, с которой работал Нуклотрон, не вызвали серьезных жалоб со стороны пользователей.

Количество пользователей увеличивается?



Здесь есть некая особенность. Мы не можем предоставить пучок всем желающим, потому что часть времени должны отдавать ускорительщикам, которые проверяют системы, связанные с коллайдером. Так что время сеансов делится между ускорительщиками и пользователями, но фактически желающих больше, чем наших возможностей.

Прокомментируйте новые темы, которые были представлены на ПКК.

Прецизионная лазерная метрология очень поможет в наведении пучков. Я помню раньше, когда мы выставляли пучок в канале, протягивали проволоку. Сейчас можно использовать лазер, метрологические технологии позволяют резко увеличить точность. При высоких энергиях, например на LHC, пучки имеют небольшие размеры, поэтому требуется очень точное наведение, от этого зависит светимость. Профессор Ю. А. Будагов демонстрировал данные – его прибор чувствует смещения на микронном уровне. Может, такие точности сейчас не нужны, но выставление пучков – очень важный момент, поэтому такой прибор можно использовать и на NICA, и на любых других ускорителях, где требуется большая точность.

А вторая тема – «Проектирование, изготовление и испытания прототипов элементов ускорителей и коллайдеров нового поколения для фундаментальных и прикладных целей»?..

Этот проект в каком-то плане является продолжением проекта, который был связан с Международным линейным коллайдером (ILC). В свое время Дубна была включена в число возможных мест размещения ILC, были проведе-

ны геологические и геофизические исследования почвы. Сейчас этот ускоритель, скорее всего, будет размещен в Японии, но еще не принято окончательное решение. Наши специалисты тоже участвовали в разработке отдельных элементов этого ускорителя: в производстве ниобиевых резонаторов, фотоисточников. Кроме того, сварка ниобия, титана и нержавеющей стали взрывным методом, которая была разработана ОИЯИ в сотрудничестве с Саровым, сулит существенное снижение стоимости проекта. Накопленный опыт, конечно, будет использован, где бы ни строился ILC. В своем докладе Г. Д. Ширков упоминал об очень интересной возможности использовать часть имеющейся ускорительной техники для обучения специалистов-ускорительщиков. И. Мних из Гамбурга, член ПКК, сказал, что ему это представляется исключительно важным. На вопрос, стоит ли развивать этот проект в то время, когда нужно сконцентрировать силы ускорительщиков на создание коллайдера NICA, – И. Мних ответил, что это ни в коем случае не мешает, а наоборот, позволяет сохранить квалификацию и воспитать новое поколение специалистов. Он отметил, что этот опыт скорее всего возьмут на вооружение и в Гамбурге. Среди стран-участниц тоже есть интерес к такому обучению. В будущем можно будет кооперироваться для обучения в Гамбурге, в ЦЕРН, у нас.

Модернизация ATLAS, CMS – будет ли ОИЯИ увеличивать свое присутствие на LHC в связи с запуском коллайдера на более высоких энергиях?

Часть детекторов приходится модернизировать, потому что свети-

мость увеличивается, кроме того, происходит старение элементов детекторов, выдвигаются новые требования, которые вынуждают нас участвовать в модернизации. Конечно, мы свои обязательства выполним, тем более что это нам дает возможность участвовать в экспериментах на самом переднем крае науки, в области энергии, которая у нас и в других лабораториях недоступна. Это не означает, что исследования при низких энергиях менее интересны. Кстати, получилась забавная вещь. В Брукхейвене, когда строили релятивистский коллайдер тяжелых ионов RHIC, нацеливались на самую высокую энергию. Но оказалось, что есть интересные задачи, которые требуют более низкой энергии. Дело в том, что с ростом энергии разность барионной и антибарионной плотности материи, которая образуется при взаимодействии, уменьшается. А при более низких энергиях эта разность увеличивается и достигает максимальных значений в области энергий NICA. В результате фазовые переходы между обычной и кварк-глюонной материей имеют другие свойства, они более богаты событиями и более интересны с точки зрения физики. Поэтому на RHIC стали снижать энергию, но при этом светимость уменьшается на несколько порядков и ее не хватает для изучения этих явлений. Преимущество проекта NICA, хочу еще раз подчеркнуть, в сочетании энергии, где образуется максимальная плотность барионной материи (сравнимая с плотностью внутри нейтронных звезд), и максимально возможной светимости коллайдера.

**Галина МЯЛКОВСКАЯ,
фото Елены ПУЗЫНИНОЙ**



Широкая мировая известность

22 июня исполнилось 85 лет со дня рождения академика РАЕН, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора, доктора физико-математических наук Анатолия Алексеевича Кузнецова – известного российского ученого, физика-экспериментатора, который активно и плодотворно работал в области физики элементарных частиц и релятивистской ядерной физики. Результаты его научной деятельности в этих направлениях физики внесли заметный вклад в развитие наших представлений о сильных взаимодействиях и строении атомного ядра. Они хорошо известны научной общественности и получили широкое международное признание.

А. А. Кузнецов родился 22 июня 1930 года в деревне Шубино Сафоновского района Смоленской области. В 1954 году он окончил физический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова и в феврале 1955 года был принят на работу в ЛВЭ.

Свою трудовую деятельность Анатолий Алексеевич начал инженером, затем – старшим инженером в отделе синхрофазотрона ЛВЭ. В 1955–1959 гг. он активно участвовал в монтаже, наладке и запуске инжекционного комплекса синхрофазотрона, самого крупного в то время ускорителя заряженных частиц в мире. После успешного запуска и наладочной эксплуатации синхрофазотрона в 1959 году А. А. Кузнецов переходит на работу в научно-экспериментальный камерный отдел.

С 1959 по 1968 годы он последовательно занимает должности научного сотрудника, старшего научного сотрудника, начальника сектора, заместителя начальника отдела. В этот период времени его научные интересы связаны с поиском и изучением важнейших свойств элементарных частиц, образующихся в пион-нуклонных и пион-ядерных взаимодействиях при рекордных в то время энергиях.

В 1966 году А. А. Кузнецов успешно защитил кандидатскую, а в 1970-м – докторскую диссертации. В 1975 году ему присвоено ученое звание профессора.

Широкую известность в мире получили исследования профессора Кузнецова по поиску не известных ранее элементарных частиц и резонансов, а также исследования по изучению механизма образования странных частиц. Физические результаты, полученные в это время, вошли в таблицы мировых данных о свойствах элементарных частиц, а весь цикл работ удостоен первой премии ОИЯИ.

Он один из авторов открытия новой элементарной частицы – анти-сигма-минус гиперона.

В 1968 году профессор А. А. Кузнецов становится заместителем ди-

ректора по научной работе ЛВЭ и остается на этой должности около 20 лет, сочетая научно-исследовательскую деятельность с административной работой и с подготовкой научных кадров для физических центров стран-участниц и других стран. В этот период он много сил и времени отдает вопросам эффективного планирования научно-исследовательской деятельности подразделений лаборатории, вопросам организации и успешного проведения международного научно-технического сотрудничества.

В 1972–1980 гг. Анатолий Алексеевич руководит группой физиков ОИЯИ в первой серии совместных советско-американских экспериментов на крупнейшем в мире ускорителе Национальной ускорительной лаборатории имени Э. Ферми в Батавии (США).

Полученные результаты установили, что фундаментальные основы теории при рекордно больших для того времени энергиях не нарушаются и, следовательно, такие важнейшие принципы, как причинность, лоренц-инвариантность и унитарность в микромире, справедливости вплоть до расстояний порядка 10^{-15} см.

В 1983 году результаты этой серии экспериментов были удостоены Государственной премии СССР.

В последние годы научные интересы профессора А. А. Кузнецова посвящены изучению важнейших закономерностей поведения ядерной материи в переходной области нуклонная материя – кварк-глюонная плазма. С этой целью изучаются процессы множественного образования частиц в релятивистских ядерных столкновениях в широкой области энергий и с различным набором сталкивающихся ядер. Эти исследования используют экспериментальную информацию, полученную с помощью установки ТПК-2 на ускорительных комплексах ЛВЭ ОИЯИ и ИФВЭ. Кроме того, Анатолий Алексеевич активно участвовал в выработке, обосновании и реализации программы физических исследований на установке STAR на релятивистском



ядерном коллайдере в Брукхейвенской национальной лаборатории в США.

В 1999 году А. А. Кузнецов был назначен советником при дирекции ОИЯИ и заместителем председателя НТС ОИЯИ. Он активно участвовал в разработке и реализации новых предложений экспериментов по исследованию фундаментальных проблем физики элементарных частиц и релятивистской ядерной физики на экспериментальных установках Нуклотрона (ЛВЭ), Университета в Упсале (Швеция), RHIC (БНЛ, США) и LHC.

Профессор А. А. Кузнецов стал автором и соавтором более 200 научных публикаций, обзорных докладов и популярных статей. Он имеет изобретения и открытие, зарегистрированное в реестре изобретений и открытий Российской Федерации.

В течение многих лет А. А. Кузнецов был заместителем председателя диссертационного совета Лаборатории высоких энергий. Под его руководством более 10 молодых физиков из стран-участниц ОИЯИ успешно защитили кандидатские и докторские диссертации. Многие из них стали известными учеными и руководителями научно-исследовательских центров своих стран.

За успехи в фундаментальных исследованиях в области физики элементарных частиц и ядерной физики, за развитие международного научно-технического сотрудничества профессор А. А. Кузнецов был награжден орденом Трудового Красного Знамени, медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», удостоен государственных наград стран-участниц ОИЯИ. Он – лауреат Государственной премии СССР и первой премии ОИЯИ.

**Профессор В. НИКИТИН,
профессор И. САВИН**

(Окончание.

Начало в №№ 21, 23-24, 27)

4.2. Обитаемость и геологическая активность

Классическая теория обитаемости, описанная в разделе 3.3, и современное определение обитаемой зоны опираются на предположение, что благодаря карбонатно-силикатному циклу происходит долговременная стабилизация температуры поверхности и уровня CO_2 . Без такой стабилизации Земля не была бы пригодной для жизни, а размер обитаемой зоны резко сократился бы. На Земле постепенное увеличение солнечных потоков всегда компенсировалось уменьшением парникового эффекта, а случайные изменения климата в сторону глобального оледенения (см., например, Hoffman et al. 1998) уравнивались, как полагают, парниковым эффектом CO_2 без приостановки развития жизни.

Ключевым процессом, создающим на Земле возможности для протекания карбонатно-силикатного цикла и в более широком смысле для круговорота компонентов атмосферы, химически связанных на поверхности, является тектоника плит. Это совершенно особый режим, создаваемый мантийной конвекцией, источником которой являются геотермальный температурный градиент и поверхностное охлаждение. Насколько вероятно существование тектоники плит где-либо еще? Является ли геофизическая стабилизация климата, обязательная для поддержания жизни, редким феноменом?

В Солнечной системе тектоника плит Земли – явление уникальное, происхождение которого еще до конца не понятно. На других планетах или спутниках земного типа обычно существует единая плита, покрывающая, как жесткая крышка, всю планету, и это, возможно, является стандартным режимом для внесолнечных планет земного типа. Тектоника плит – сложный процесс, определяемый прежде всего разрушением, деформацией и субдукцией (в тектонике литосферных плит опускание горной породы с края одной тектонической плиты в полурасплавленную астеносферу внизу – *прим. ред.*) литосферы (литосфера – это «жесткий слой», образующий плиты и состоящий из коры и верхней части мантии). Предполагается, что для его запуска необходимо выполнение двух условий: 1) конвективные напряжения в мантии должны быть достаточно высокими, чтобы преодолеть сопротив-

Франсуа ФОРЖ

Лаборатория динамической метеорологии,
Институт имени П. С. Лапласа,
Центр научных исследований (CNRS), Париж, Франция

О возможности существования обитаемых планет

ление литосферы и тем самым создать возможности для разлома плит, (2) плиты должны быть плотнее (т. е. холоднее), чем нижележащая астеносфера, чтобы обеспечить субдукцию. На планетах меньше Земли (как, например, Марс) быстрое внешнее охлаждение соответствует слабому конвекционному напряжению и мощной литосфере, и потому долговременная тектоника плит там считается невозможной. Исследования планет больше Земли (суперземель) привели к возникновению различных точек зрения. С одной стороны, в теоретической работе «Неизбежность тектоники плит и суперземли» (Valencia et al. 2007) показано, что по мере увеличения массы планеты конвекция должна становиться все интенсивнее, а литосфера тоньше (и, следовательно, менее прочной), а конвективные напряжения усиливаются (благодаря увеличению скоростей в мантии). Такие условия должны приводить к тектонике плит. С другой стороны, на основе численного моделирования мантийной конвекции было показано (O'Neill and Lenardic 2007), что увеличение планетарного радиуса ведет к уменьшению отношения между конвективными напряжениями и сопротивлением литосферы. Отсюда делался вывод, что на суперземлях, по всей вероятности, существует режим «эпизодической или неподвижной» крышки, а не режим тектоники плит. Кто прав?

На самом деле термотектоническая эволюция планет земного типа представляет собой сложное сочетание явлений, которые еще не удалось точно смоделировать. Например, две упомянутые выше модели не учитывают то, что на суперземлях весьма высокое внутреннее давление уже само по себе увеличивает вязкость вблизи границы между ядром и мантией, а это приводит к крайне «вялой» конвекции в нижних слоях мантии этих планет и, соответственно, уменьшает возможность наличия тектоники плит (Stamenkovic et al.). Влияние

размера планеты на плотность и субдукцию плит исследовано еще недостаточно подробно. Но эти исследования ясно показали, что Земле, по всей вероятности, могло просто очень «повезти» попасть по размеру именно в тот интервал (с точностью до нескольких процентов), где возможна тектоника плит. Более того, пример Венеры, которая имеет те же размеры, что и Земля, но лишена тектоники плит, указывает на то, что Земля – это редкое явление, определяемое множеством факторов. Предполагается, например, что мантия Венеры более сухая, чем мантия Земли, и, соответственно, более вязкая, а литосфера более толстая (Nimmo and McKenzie, 1998).

Заключение

Проводимые в настоящее время обзорные наблюдения с целью обнаружения экзопланет вскоре подтвердят высокую частоту встречаемости планет земного типа в обитаемой зоне. Теоретические трехмерные исследования климата с использованием нашего опыта моделирования атмосфер землеподобных планет в Солнечной системе позволят оценить с определенной точностью возможность устойчивого существования жидкой воды на этих небесных телах. Правда, в том, что касается атмосфер, мы можем пока опираться только на предположения. Наконец, наша оценка частоты встречаемости пригодных для жизни планет, особенно таких, которые способны сохранять условия обитаемости на протяжении миллиардов лет, будет зависеть от нашего понимания природы возможной эволюции этих атмосфер. Наш опыт в рамках Солнечной системы недостаточен для оценки того, что может иметь место в других звездных системах или на планетах с массой, отличной от массы Земли. В частности, не исключено, что благодаря размерам, местоположению и истории Земли, а также ее солнцу и планетарной системе, на ней возникли соот-

(Окончание на 8-й стр.)

(Окончание. Начало на 7-й стр.)
ветствующее сочетание благоприятных условий (перечень дополнительных возможных проблем, которые Земле, похоже, удалось избежать, см. в работах Lammer et al. 2009, Ward and Brownlee 2003, Kasting 2006). Поскольку по определению мы ведем наши исследования с обитаемой планеты, мы не можем обобщить наш опыт, предположив, что он универсален. К счастью, есть надежда, что в

следующем десятилетии у нас появится возможность больше узнать об атмосфере землеподобной экзопланеты благодаря космическим телескопам JWST (James Webb Space Telescope – Космический телескоп им. Джеймса Уэбба) или ECHO (Tinetti et al. 2011), а также наземным обсерваториям, оснащенным телескопами нового поколения, как, например, Европейский чрезвычайно большой телескоп (European Extremely Large Telescope).

Задолго до того, как нам удастся обнаружить действительно пригодную для жизни планету и определить ее параметры, эти первые наблюдения атмосфер землеподобных экзопланет, какими бы ни были их результаты, позволят нам продвинуться далеко вперед в наших оценках вероятности существования жизни (особенно развитой жизни) где-либо во Вселенной.

Перевод **Михаила ПОТАПОВА**

Комментарий к событию

Александр Рац – Почетный гражданин Дубны



Звание «Почетный гражданин города Дубны» присвоено Александру Алексеевичу Рацу, ответственному секретарю наблюдательного совета особой экономической зоны «Дубна» и директору некоммерческого партнерства «Дубна». Это решение принято 18 июня 2015 года на заседании городского Совета депутатов – в знак признания особых заслуг перед городским сообществом, большого вклада в развитие Дубны как наукограда,

развитие инновационной экономики города.

А. А. Рац, кандидат технических наук, занимается проблемами развития инновационной экономики с начала 90-х годов. Будучи вице-мэром Дубны в 1992-1996 годах он заложил основы программного развития города как центра науки и высоких технологий. Разработанная под его руководством программа «Технополис «Дубна» позволила в переходный период сохранить и развить городскую инфраструктуру, сформировать муниципальный сектор экономики, реформировать градообразующие предприятия, сохранив научную и научно-техническую направленность в развитии города. В рамках этой программы в 1994 году в городе было создано высшее государственное учебное заведение Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна», который готовит квалифицированных специалистов для Дубны, подмосковного и других российских регионов.

Под непосредственным руководством Александра Раца разработаны программа и основные направления развития Дубны как наукограда. В 2004-2005 годах разработан проект по созданию особой экономической зоны технико-внедренческого типа в Дубне, проведена большая творческая и организаторская

работа по подготовке к федеральному конкурсу, в тесном деловом взаимодействии с научной, промышленной и бизнес-элитой города, российскими и иностранными инвесторами обеспечен высокий уровень представленных проектов и программ, в результате чего Дубна в числе первых 4 российских городов получила право на размещение технико-внедренческой ОЭЗ.

Под руководством и по инициативе А. Раца проведена большая работа по созданию в Дубне нанотехнологического центра по программе Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО; создан и успешно развивается инновационный территориальный кластер по ядерно-физическим и нанотехнологиям. В 2008 году Александр Рац был назван лучшим руководителем города Дубны. Его плодотворная деятельность отмечена Почетной грамотой Московской областной Думы (2001), знаком отличия «За заслуги перед Московской областью» (2003), Почетной грамотой Министерства экономического развития РФ (2007), Почетной грамотой Федерального агентства по управлению особыми экономическими зонами (2009), Благодарственным письмом комитета по науке и наукоемким технологиям Государственной Думы РФ (2013).

Пресс-служба ОЭЗ

Вас приглашают

ДОМ КУЛЬТУРЫ «МИР»

27 июня, суббота

18.00 Цирковое представление.

30 июня, вторник

19.00 Концерт ансамбля «Метелица» «Песня остается с человеком».

2 июля, четверг

19.00 Концерт фортепианной музыки. К 100-летию со дня рождения Святослава Рихтера. Играет лауреат международных конкурсов Даниил Саямов (Мос-

ква). В программе музыка Шумана, Шопена, Равеля.

До 30 июня Выставка работ Н. Кучинской и учащихся студии «Аквармарин».

2–3 июля Выставка-продажа «Мир камня».

ДОМ УЧЕНЫХ ПРИГЛАШАЕТ
15июля состоится экскурсия в комплекс «Кремль в Измайлово». Перед вами предстанет история великой Руси, события которой навсегда отразились в ар-

хитектурно-историческом облике ансамбля. Вы посетите и «Вернисаж в Измайлово» – это крупнейшая, с мировым именем выставка-ярмарка изделий и предметов художественного и прикладного искусства. Состав группы – взрослые.

Запись 30 июня в 18.00 в ДУ (цокольный этаж). Стоимость поездки 650 рублей для членов ДУ, 850 рублей для всех желающих. Тел. 8-915-458-70-36.