



# НАУКА СОДРУЖЕСТВО ПРОГРЕСС

ЕЖЕНЕДЕЛЬНИК ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Газета выходит с ноября 1957 года № 27 (4267) Пятница, 19 июня 2015 года

## Открылся форум

## Меридианы сотрудничества

### Бразилия – ОИЯИ

С 15 по 19 июня в Доме международных совещаний проходит многодисциплинарный форум Бразилия – ОИЯИ, посвященный исследованиям в области ядерной физики, физики элементарных частиц и физики конденсированных сред. С этой целью в Дубну приехала представительная делегация ученых из ведущих университетов и научных центров Бразилии. В программе форума пленарные сессии с основными докладами, а также локальные конференции по лабораториям. Для гостей проведены экскурсии на базовые установки ЛФВЭ, ЛЯР, ЛНФ и ЛЯП, в последний день пройдет заседание круглого стола и будет подписана итоговая декларация с предложениями о сотрудничестве и возможности ассоциированного членства Бразилии в ОИЯИ.



В приветственной речи на открытии директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев отметил, что цель форума – рассказать об основных направлениях научно-исследовательской деятельности ОИЯИ, объяснить, как организована работа Института, поделиться амбициозными научными планами. «Институт славится выдающимися учеными, – напомнил Виктор Анатольевич, – такими как Николай Боголюбов, Дмитрий Блонинцев и Илья Франк. Объединенный институт ядерных исследований сохраняет традиции своих великих предшественников и делает все воз-

можное, чтобы оставаться на переднем крае современной науки. Мы надеемся, что когда-нибудь галерею выдающихся ученых из стран-участниц, которые работали в Дубне, пополнят портреты известных бразильских ученых... В форуме принимают участие 18 ученых, представляющих 14 известных бразильских университетов и институтов из 6 штатов Бразилии. Особенно приятно приветствовать генерального секретаря Бразильского физического общества профессора Вандерлея Баньято и членов Комиссии по ядерной физике и приложениям Тоби-

са Фредерико, Пауло Гомеша, Дебору Менезес. Мы очень благодарны им и другим бразильским участникам за поддержку проведения форума в Дубне».

В адрес оргкомитета поступило сообщение от Чрезвычайного и полномочного посла Бразилии в России Антонио Жозе Валлим Геррейро, в котором, в частности, говорится: «Посольство Федеративной Республики Бразилии в Москве сердечно приветствует участников форума «На границе физики элементарных частиц, ядерной физики и физики конденсированных сред» и желает успехов в достижении поставленной цели, а именно, внести свой вклад в укрепление сотрудничества между бразильскими исследователями и учеными Объединенного института ядерных исследований».

В торжественном открытии форума и работе пленарных секций первого дня приняли участие директор лабораторий, заинтересованные ученые. В первой половине дня вице-директора ОИЯИ М. Г. Иткис и Р. Ледницки представили обзорные доклады по основным направлениям научных исследований Института, а соорганизатор форума, профессор Федерального университета Флюминенс Пауло Гомеш сделал обзорный доклад по направлениям исследований в ядерной физике и смежных областях в университетах и исследовательских организациях Бразилии.

*Подробности в ближайших номерах.*

**Галина МЯЛКОВСКАЯ,**  
фото Елены ПУЗЫНИНОЙ

## Дни ОИЯИ в Грузии

С 28 по 30 мая в Тбилиси были проведены Дни ОИЯИ, посвященные 60-летию Института. В делегацию ОИЯИ вошли директор Института академик В. А. Матвеев, вице-директора Р. Ледницки, Г. В. Трубников, директор ЛФВЭ В. Д. Кекелидзе, директор ЛИТ В. В. Кореньков, представители стран-участниц ОИЯИ Л. Костов (Болгария), С. Арутюнян, Л. Мардоян (Армения). Состоялись презентации, дискуссии, встречи в Министерстве образования и науки Грузии, Грузинском техническом университете, Национальной академии наук Грузии,

Тбилисском государственном университете. На заседании президиума Национальной академии наук Грузии состоялась церемония вручения диплома иностранного члена академии академику РАН В. А. Матвееву. Директор ОИЯИ стал также почетным доктором Грузинского технического университета. Во встречах и дискуссиях с грузинской стороны приняли участие министр образования и науки Т. Саникидзе, ректор Грузинского технического университета академик НАН Грузии А. Прангишвили, президент НАН Грузии Г. Квеситадзе, другие руководители научных и образовательных центров Грузии, ведущие ученые, научная молодежь.



Наш адрес в Интернете – <http://jinrmag.jinr.ru/>

**И. Л. Крюкова:** Самая активная лаборатория – ЛНФ, не меньшую активность проявляет ЛЯР. Во всех трех стадиях летней студенческой практики они участвуют на первых ролях. Студенты стали чаще записываться на ИТ-проекты, и от ЛИТ мы также ощущаем хорошую поддержку. Даже если сотрудник, подготовивший проект, не может сам заниматься с ребятами, он обязательно найдет себе замену, – в лаборатории очень ответственно относятся к работе со студентами.

**С. З. Пакуляк:** В ЛТФ традиционно работает со студентами Юрий Маджунович Шукринов. Можно сказать, что у него уже много учеников в Египте, которые под его руководством и руководством своих университетских наставников защищают магистерские работы и, надеюсь, в будущем подготовят и кандидатские диссертации. На самом деле это тот путь, по которому должна развиваться образовательная программа ОИЯИ. Студенты и аспиранты должны приезжать к нам за научными данными, а УНЦ – создавать и поддерживать необходимые для этого условия, весь учебный процесс и защиту они могут проводить в своих университетах. Последнее время менее активно работают со студентами сотрудники ЛРБ, хотя запрос на радиобиологические исследования в Египте очень большой.

**И. К.:** Там есть активные сотрудники, например Полина Куцало всегда готова взять студентов, всегда активно с ними работает. Но она больше трех человек взять не может – чисто по организационно-техническим условиям, а запросов поступает больше.

**С. П.:** И Лаборатория ядерных проблем могла бы больше давать

## Студенческое лето началось

Жаркая пора летних студенческих практик началась в ОИЯИ. Открыли ее студенты из Арабской Республики Египет, защищавшие свои учебные исследовательские проекты 11 июня. Их сменяют студенты университетов европейских стран-участниц ОИЯИ, за ними на практику придут молодые люди из ЮАР, Белоруссии и Сербии. Жаркая пора наступила не только для студентов, но и для всего персонала Учебно-научного центра и сотрудников лабораторий, обеспечивающих обучение практикантов. Об участии лабораторий в учебном процессе мы беседуем с директором УНЦ С. З. Пакуляком и помощником директора И. Л. Крюковой.



проектов по медицинской физике, но мы этого пока, к сожалению, не видим. Положительная динамика есть, но хотелось бы, чтобы она была ярче выражена.

**И. К.:** А спрос на эту тематику есть немалый.

**С. П.:** Ну, и Лаборатория физики высоких энергий традиционно занимала по отношению к этим практикам такую позицию, что трех недель недостаточно для выполнения их проектов. Поэтому они больше внимания уделяют другой нашей летней студенческой программе, где предполагается более длительное пребывание. Там в этом году из 34 отобранных студентов 14 будут выполнять проекты в ЛФВЭ. А 5 июля мы готовимся принять 76 участников студенческой практики по направлениям исследований ОИЯИ, при этом страна-участница Института Азербайджан, ранее не принимавшая участие в этих программах, высказала крайнюю заинтересованность в том, чтобы начать работы в этом направлении, и присылает первых четырех студентов. Это все объясняется активной позицией нового Полномочного представителя, который хочет, чтобы лучшие студенты азербайджанских университетов приезжали сюда на практику с перспективой последующего трудоустройства в ОИЯИ. В сентябре мы ожидаем третий этап практики, который исторически был организован для южно-африканских студентов, но уже много лет к ним присоединяются студенты из Белоруссии, а в последние годы – студен-

ты из Сербии. И мы всегда подчеркиваем, что у нас нет какой-то специальной национальной программы практики, студенты любой страны могут приехать и присоединиться к любой. В частности, в той практике, которая завершается сегодня, вместе с 26 египетскими участниками есть одна студентка из ЮАР, приехавшая сюда по программе сотрудничества с этой африканской страной.

**И. К.:** В качестве пожелания к будущим практикам хотелось бы, чтобы отбор студентов в стране происходил намного раньше. Тогда мы могли бы заранее связать студента с руководителем проекта в ОИЯИ, который посоветует, что нужно прочитать, изучить для того, чтобы практика прошла максимально эффективно и интересно.

**С. П.:** Мы знаем, что этот отбор в Египте происходит на высоком уровне, очень тщательно. Обычно претендентов в четыре-пять раз больше, чем мест, которые мы можем обеспечить. Я полностью согласен с Ириной Леонидовной, что в университетах подготовительную работу надо начинать в конце предыдущего года, чтобы уже весной мы имели список этих студентов. Нам было бы гораздо проще, а для студентов – гораздо полезнее.

**И. К.:** И многие руководители проектов, например Ю. М. Шукринов, М. В. Фронтасьева, заранее связываются с будущими участниками и дают им задания по подготовке к практике.

**С. П.:** Три недели – очень неболь-



**НАЧАЛО СОТРУДНИЧЕСТВО ПРОГРЕСС**

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 17.6.2015 в 11.00.

Цена в розницу договорная.

Газета отпечатана в Издательском отделе ОИЯИ.

шой срок, и если приезжает даже очень способный, но неподготовленный студент, то какая-то работоспособность вырабатывается лишь к концу практики.

\* \* \*

А пока египетские студенты свое обучение в лабораториях ОИЯИ завершили. Какие впечатления от этой практики остались у студентов и их кураторов?

**В. А. Турченко (ЛНФ):** Ребята из разных университетов собрались в нашем проекте и взаимодействовали как единая команда. Они должны были научиться работать со специальными программами по кристаллографии, обрабатывать как рентгеновские, так и нейтронные спектры. Также ребята обрабатывали данные по резистивности, магниторезистивному эффекту. Любое, самое сложное задание, которое я им давал, они разбивали на несколько частей, а потом каждый со своей частью быстро справлялся. Я ими очень доволен, не ожидал, что у магистров окажется такой солидный уровень подготовки.

**Мохамед Ахмед Ашмауи (Университет Эйн Шамс):** Во-первых, я хотел бы поблагодарить доктора Турченко за всю ту помощь, которую он любезно нам оказывал во время всей практики. Главное, чему мы научились, – это новая для нас техника нейтронной дифракции и программное обеспечение, позволяющее определять положение атомов в веществе. Это была сложная задача, но доктор Турченко нам ее облегчил. Я побывал на реакторе, познакомился с экспериментальной установкой.

**Ахмед Хасан Ибрагим (Университет Суэцкого канала):** Это прекрасная возможность познакомиться с таким экспериментальным оборудованием – нейтронными дифрактометрами, которых мы не увидим больше нигде в Европе, а также с измерительной методикой, новыми программами. Мы узнали очень много нового. Также смогли познакомиться с русской культурой – побывали на экскурсиях в Твери и Москве. Это был очень полезный и интересный для меня визит.

**Ахмед Эль-Газали (Американский университет в Каире):** Я уже второй раз на практике. Расширил свои знания программного обеспечения и узнал кое-что новое об обработке данных магнитных спектров с учетом магнитных структур. Спасибо большое всем, кто нам помог. Я учусь в аспирантуре и занимаюсь аналогичными исследованиями, но нейтронная дифрактометрия в ЛНФ имеет очень высокое разрешение. Надеюсь, полученные здесь знания пригодятся в моей будущей исследовательской работе.



В прошлый раз я уже побывал в Санкт-Петербурге и с удовольствием приехал в Россию второй раз.

**Азза Хассон (Университет Мансура):** Я занимаюсь радиобиологическими исследованиями и практику проходила в ЛРБ. Чтобы попасть на практику, мы прошли очень серьезный отбор – было 127 претендентов на 26 мест.

**Е. С. Кокоулина (ЛФВЭ):** У меня на практике были два студента – Селим Таха и Саммер Кассем. Они заинтересовались нашим проектом. Мы занимаемся изучением коллективного поведения вторичных частиц в высокоэнергетических взаимодействиях. Наши эксперименты проводятся на ускорителе У-70 и на Нуклотроне. Я ввела студентов в эту тематику, дала им обзор нашей деятельности. По своему образованию они скорее физики-теоретики, но их заинтересовали наши исследования. Они попробовали сами делать какие-то расчеты и сравнивать их с моделями. В целом впечатление оставили очень хорошее. Приятно удивила Саммер – такая тихая, скромная, но старалась глубоко разобраться во всем. Селим Таха тоже работал активно, и я чувствовала, что пребывание здесь для них это праздник, ощущала некоторое возбуждение, приподнятость настроения. Хочется, чтобы эти впечатления они передали другим студентам, чтобы их участие в практике продолжилось, а мы – видели бы здесь активных, глубоко интересующихся наукой молодых людей. Если их заинтересует работа в ОИЯИ, будем только рады.

**А. Н. Деникин (ЛЯР – Университет «Дубна»):** Эта практика оставила, наверное, самые положительные впечатления за все время моей многолетней работы со студентами из Египта, ЮАР и стран-участниц ОИЯИ. Эти ребята произвели на меня наилучшие впечатления в первую очередь потому, что проявили завидную активность и перманентный интерес к лекциям, тем темам, о которых мы говорили. Независимо

от того, шла ли речь об экспериментальных исследованиях, о теоретических подходах, – всегда возникало очень много вопросов, главное, по делу. А для преподавателя, который пытается чему-то научить, всегда важно, есть ли отклик от ребят. Две недели были очень насыщенными, я привлек к этой работе еще несколько человек из нашей группы, из экспериментальных секторов ЛЯР. Думаю, ребята получили впечатлений гораздо больше, чем обычно, но еще раз повторюсь, в силу того, что им хотелось. Они все время меня просили: давайте это сделаем, туда пойдем, пригласим экспериментатора. Я даже решил привлечь в будущем студента, учащегося сейчас в магистратуре, к нашим работам в рамках того проекта, с которым я их знакомил.

\* \* \*

Сертификаты о прохождении практики ее участникам вручили С. З. Пакуляк и советник по вопросам культуры посольства Арабской Республики Египет в Москве Атеф М. А. Мохамед. В частности, он отметил: «Завершение сегодняшней практики студентов университетов Египта в ОИЯИ – важное событие. Отношения между Египтом и Россией развиваются к лучшему месяц за месяцем и год за годом. Посольство Египта работает в области культуры и науки в СССР и России уже 60 лет, а нашим дружеским отношениям – 70 лет. Мы надеемся, наши молодые ученые найдут в вашем замечательном Институте очень хорошую базу, чтобы развивать свои способности. Мы не можем отделить научные связи от культурных, и бюро культуры Египта сегодня в моем лице выражает вам благодарность за заботу о наших студентах. Мы поддерживаем наших молодых ученых также в Астрахани и Екатеринбурге. Рады, что в Дубне наши студенты оказались в очень дружественной атмосфере».

Ольга ТАРАНТИНА,  
фото Елены ПУЗЫНИНОЙ

(Продолжение.  
Начало в №№ 21, 23-24.)

### 3.5. Изучение обитаемости на основе трехмерных климатических моделей

До 2011 года почти все исследования обитаемости основывались на простых одномерных стационарных радиационных конвективных моделях, которые позволяли моделировать средние мировые условия. Исключением из правила были параметризованные модели энергетического баланса (МЭБ) для исследования изменений температуры поверхности в зависимости только от широты (Williams and Kasting 1997, Spiegel et al. 2008) и трехмерные модельные построения с использованием моделей климата Земли (Joshi 2003).

Во многих случаях одномерные модели могут оказаться недостаточными для оценки обитаемости планеты. Следующим шагом в этих исследованиях стало использование трехмерных шаговых по времени глобальных климатических моделей (ГКМ), необходимых для получения реального представления об обитаемости планеты. Во-первых, они позволяют моделировать локальные условия обитаемости, определяемые, например, суточными и сезонными циклами, и, таким образом, более точно исследовать смысл обитаемости, чем в случае глобально усредненного моделирования. Они также позволяют лучше понять распределение и воздействие облаков, которые, как говорилось выше, имеют определяющее значение и для внутреннего, и для внешнего края обитаемой зоны. Наконец, трехмерные модели дают возможность делать предсказания относительно атмосферного и, в принципе, океанского переноса энергии в направлении полюса и/или на ночной стороне. Это необходимо для того, чтобы установить, разрушается ли планетарная вода или атмосфера CO<sub>2</sub> на ночной стороне планеты с приливным захватом или на полюсах планеты с малым углом наклона.

С помощью таких глобальных климатических моделей можно предсказать климат большинства планет в нашей Солнечной системе. В сущности, полную ГКМ можно рассматривать как «планетный симулятор», предназначенный для моделирования всей окружающей среды на основе одних только универсальных уравнений. Первоначально эти модели были разработаны для Земли как атмосферные модели численного предсказания погоды (для предсказания погоды на несколько дней вперед) и глобальные климатические модели (для полного моделирования климатической системы и ее длительной

## Франсуа ФОРЖ

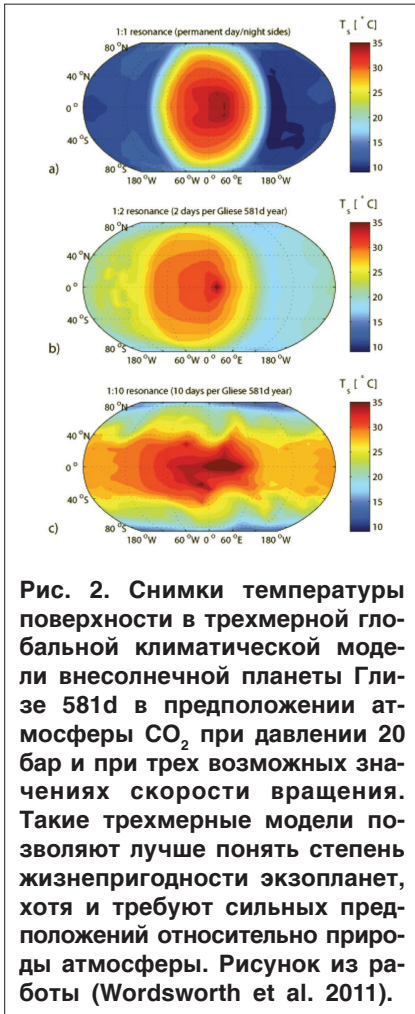
Лаборатория динамической метеорологии,  
Институт имени П. С. Лапласа,  
Центр научных исследований (CNRS), Париж, Франция

# О возможности существования обитаемых планет

эволюции). Сейчас такие модели используются для решения бесчисленного множества задач, включая перенос трассеров, взаимодействие с океанами или геологическими углеродными циклами, фотохимию, усвоение данных для построения соответствующих климатических баз данных и т. д. Поскольку все они почти целиком основаны на физических уравнениях (а не на эмпирических параметрах), нескольким научным группам в мире удалось успешно адаптировать их к другим планетам земного типа или спутникам. Например, наша группа Лаборатории динамической метеорологии адаптировала модель Земли LMDZ к Марсу (Hourdin et al. 1993, Forget et al 2009), Титану (Hoirdin et al. 1995, Lebonnois et al. 2012) и Венере (Lebonnois et al. 2009), а в ближайшем будущем мы собираемся адаптировать ее к Тритону и Плутону. Эти модели используются для предсказания и моделирования круговорота летучих веществ, фотохимии атмосферы, облаков и аэрозолей, состояний климата в прошлом и т. д.

Недавно мы исследовали новый тип климатической модели, достаточно гибкой для моделирования широкого диапазона условий, которые могут существовать на экзопланетах земного типа, включая любой коктейль атмосферных газов, облака и аэрозоли для планет любого размера, вращающихся вокруг любой звезды. На практике с помощью ГЛМ моделируется (а) движение атмосферы, включая перенос тепла и трассеров (с помощью уравнений гидродинамики), (б) нагрев и охлаждение атмосферы и поверхности под воздействием солнечного и теплового излучения (то есть распространение излучения), (в) накопление и диффузия тепла в подповерхностном слое, (г) смешивание турбулентности и конвекции на подсеточном масштабе и (д) образование, перенос и радиационные эффекты любых возможных облаков и аэрозолей. Дополнительные уровни сложности могут включать образование/сублимацию льдов, взаимодействие с океанами и даже влияние растительности и биосферы. Процессы (а), (в) и (г) практически универсальны. Изучение Солнечной систе-

мы показало нам, что соответствующие параметризации могут использоваться без каких-либо изменений для большинства планет земного типа. Уравнения распространения радиации тоже универсальны, но одной из серьезных задач при трехмерном моделировании климата на новой планете является разработка программы распространения радиации, достаточно быстрой для построения трехмерных моделей и достаточно универсальной для точного моделирования любых атмосферных коктейлей и плотных атмосфер. В настоящее время эта модель используется для того, чтобы получить более полное представление о пределе обитаемой зоны. Например, с ее помощью изучалась пригодность для жизни планеты Глизе 581d (Wordsworth et al. 2011), открытой в 2007 году (Udry et al. 2007). Эта планета получает на 35 процентов меньше звездной энергии, чем Марс, и, вероятно, захвачена в приливной резонанс, имея крайне низкую инсоляцию полюсов и будучи, возможно, постоянно обращенной к звезде лишь одной стороной. При таких условиях неизвестно, сможет ли какой бы то ни было пригодный климат для жизни на этой планете выдержать глобальное оледенение и/или атмосферный коллапс. Одномерные модели не давали определенных решений (Wordsworth et al. 2010b, von Paris et al. 2010). В ходе трехмерного моделирования климата (Wordsworth et al. 2011) было показано, что существует немало вполне вероятных вариантов развития событий, когда на планете GJ581d могли бы существовать устойчивая атмосфера и поверхностная жидкая вода, и эта планета стала, таким образом, первой подтвержденной суперземлей (экзопланета с массой в 2–10 раз больше массы Земли) в обитаемой зоне. Также было обнаружено, что с учетом формирования водно-ледяных и CO<sub>2</sub>-ледяных облаков атмосфера, состоящая из CO<sub>2</sub> и различных концентраций фоновых газов (например, N<sub>2</sub>) при давлении 10 бар, обеспечивает глобальную среднюю температуру выше 0 °C как для твердой, так и для жидкой поверхности (рис. 2).



**Рис. 2. Снимки температуры поверхности в трехмерной глобальной климатической модели внесолнечной планеты Глизе 581d в предположении атмосферы CO<sub>2</sub> при давлении 20 бар и при трех возможных значениях скорости вращения. Такие трехмерные модели позволяют лучше понять степень непригодности экзопланет, хотя и требуют сильных предположений относительно природы атмосферы. Рисунок из работы (Wordsworth et al. 2011).**

#### 4. Наличие подходящей атмосферы

Очевидно, что нахождение планеты в пределах обитаемой зоны не является достаточным условием для постоянного присутствия жидкой воды на ее поверхности: планета должна еще обладать такой атмосферой, которая способна поддерживать давление и температуру поверхности (посредством парникового эффекта) на надлежащем уровне в течение миллиардов лет. Однако процессы, ответственные за эволюцию атмосферы на планете, еще слабо изучены. Именно это является основным источником неопределенности в том, что касается вероятности обитаемости планет. Ниже мы вкратце рассмотрим для примера два процесса (из множества прочих), в отношении которых Земля представляет собой случай скорее особый, нежели общий.

##### 4.1. Обитаемость и улетучивание атмосферы

Первый процесс, определяющий длительную эволюцию атмосферы, — это улетучивание атмосферы в космос. В первом порядке он зависит от тяготения и температуры верхнего слоя атмосферы (экзобазы), где молекулы атмосферы могут вылетать за пределы поля тяготения, если ско-

рость их движения достаточно велика, т. е. если температура экзобазы достаточно высока (следует заметить, что в некоторых случаях причиной такого вылета могут стать химические реакции или взаимодействие с солнечным ветром). Полная инсоляция, благодаря которой нагревается поверхность и нижняя атмосфера, не влияет на температуру экзобазы. Наоборот, она зависит от потока высокоэнергетических излучений и потока плазмы от звезды (особенно крайнего ультрафиолета, который поглощается верхней атмосферой). Кроме того, температура экзобазы определяется способностью атмосферных молекул к радиационному охлаждению до температуры космоса путем испускания инфракрасного излучения. Проще говоря, парниковые газы, как, например, CO<sub>2</sub>, могут эффективно охлаждаться, а другие газы, например N<sub>2</sub>, нет.

Чтобы сохранить свою атмосферу и условия жизнепригодности, планета должна быть достаточно большой и создавать достаточное тяготение для предотвращения вылета молекул из атмосферы при нагревании потоками от звезд. Вполне очевидно, что Луна, находящаяся, как и Земля, в обитаемой зоне, слишком мала. Это, похоже, справедливо и для Марса, несмотря на то что он находится дальше от Солнца и его углекислая атмосфера могла бы обеспечивать эффективное радиационное охлаждение экзобазы. В первом порядке предел размеров для планет в системе нашего Солнца находится где-то между размерами Марса и Земли, хотя это зависит еще и от состава атмосферы. Например, было доказано (Lichtenegger et al. 2010), что если бы атмосфера Земли в период до истечения первых 3,8 гигаlet ее существования имела при современном составе избыток азота, она бы за несколько миллионов лет исчезла в условиях крайнего ультрафиолета и солнечного ветра, которые, как предполагается, доминировали в период более молодого Солнца. Следовательно, по заключению авторов исследования, содержание CO<sub>2</sub> в ранней земной атмосфере с избытком азота должно было быть на два порядка больше, чтобы обеспечить радиационное охлаждение и удержание верхней атмосферы и предотвратить ее полное разрушение.

Значительное большинство звезд в нашей галактике по размеру меньше Солнца. В пределах обитаемой зоны таких звезд, особенно в системах карликов класса M, процесс улетучивания атмосферы может быть более интенсивным, поскольку при данном полном потоке от звезды потоки высокоэнергетических излучений и плазмы будут более силь-

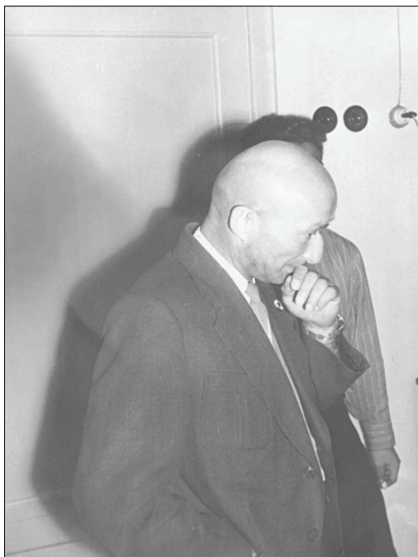
ными вследствие звездной активности. Для удержания атмосферы в таких условиях может потребоваться гораздо большая сила тяготения, чем на Земле (если этого вообще будет достаточно), особенно когда на ранней стадии жизни планеты атмосфера эволюционирует в N<sub>2</sub>-избыточную атмосферу (см. Lammer et al. 2011, Tian et al. 2011).

Однако при достаточно большом тяготении может возникнуть другая проблема: планета окажется неспособной избавиться от своей протоматмосферы с избытком водорода (см. детали в работе Lammer et al. 2011 и ссылках в ней). Другими словами, потенциальная «суперземля» с твердым телом, немного более массивным, чем у Земли, может в итоге остаться такой, как Нептун, — с массивной оболочкой H<sub>2</sub>-He, которая создает слишком высокое давление на поверхности и тем препятствует существованию воды в жидкой фазе.

Любопытные наблюдательные данные по этому вопросу можно получить из характеристик некоторых суперземель, у которых были измерены радиусы и массы (Lammer et al. 2011). Планеты Кеплер-11b и Кеплер-11f имеют массу ~4,3M<sub>Зем</sub> и ~2,3M<sub>Зем</sub> и радиус ~1,97R<sub>Зем</sub> и ~2,61R<sub>Зем</sub>, что дает среднюю плотность 3,1 и 0,7 г/см<sup>3</sup> (см., например, Vorucki et al. 2011, Lissauer et al. 2011). Суперземля GJ 1214b с радиусом ~2,68R<sub>Зем</sub> и массой ~6,55M<sub>Зем</sub> соответственно имеет среднюю плотность 1,87 г/см<sup>3</sup> (см., например, Charbonneau et al. 2009). Такие низкие значения плотности указывают на существование там значительных оболочек из легких газов, таких как H и He или, возможно, H<sub>2</sub>O и H. Могло ли так случиться, что эти суперземли так и не потеряли первоначальную протоматмосферу и по сути представляют собой «мини-нептуны»? В действительности, единственные обнаруженные суперземли с более высокой плотностью, свидетельствующей о наличии скальных тел, такие как CoRoT-7b, Кеплер-9b, Кеплер-10b или Кеплер-20b, находятся гораздо ближе к своим звездам, на расстоянии, где можно ожидать очень сильное улетучивание атмосферы.

Таким образом, говоря крайне упрощенно, не исключено, что Земле повезло с самого начала своей истории: с подходящим размером, у подходящего типа звезды и с составом верхней атмосферы, пригодным для того, чтобы в течение миллиардов лет поддерживать «правильную» атмосферу (10<sup>-1</sup>–10<sup>2</sup> бар) и при этом не потерять способность быстро избавиться от плотной первичной водородоизбыточной оболочки.

Перевод Михаила ПОТАПОВА  
(Окончание следует.)



## Константин Дмитриевич, каким я его помню

Другая идея заключалась в попытках сделать водородную мишень в камере ускорителя. Эта задача, которой занимался Виктор Свиридов, первоначально была направлена на создание пленки из твердого водорода на поверхности металла, охлаждаемого жидким гелием. Для этого Свиридов уже из ЛВЭ был командирован в криогенную лабораторию МГУ к профессору, впоследствии академику, Александру Иосифовичу Шальникову.

Эту идею позднее сменила другая – водородная струя в камере ускорителя. Были начаты пробы в одной из секций электростатического сепаратора. Однако полную и успешную реализацию струйной мишени удалось осуществить нашим криогеникам во главе с Ю. К. Пилипенко. С этой мишенью Свиридовым, Никитиным и другими физиками были проведены известные эксперименты в Протвино и Батавии (США).

Э. Н. Цыганов создавал водородную мишень высокого давления. Во время испытаний, которые проходили в ЛЯП, произошел сильный хлопок. У сосуда оторвалось дно, и начался пожар, который Эдуард Николаевич решительно остановил, перекрыв вентиль подачи водорода, хотя сам при этом пострадал. Причина оказалась в нарушении технологии изготовления сосуда. Толстова и Цыганова вызывали в суд в Дмитрове. Обошлось штрафом.

Или взять твердотельные детекторы. Идея была в том, чтобы попытаться получить треки в специально приготовленном стекле с литиевы-

ми добавками путем протравливания после экспозиции. По этому вопросу мы консультировались с академиком Алексеем Васильевичем Шубниковым. Толстов возил меня к нему домой в высотный дом на площади Восстания. Некоторое время было потрачено на эксперименты со стеклами. Треков увидеть не удалось. Однако позднее В. П. Перельгин в ЛЯР наблюдал следы многозарядных ионов в такого рода детекторах.

В лаборатории Франка в ФИАН Толстов занимался и вопросами физики реакторов и взаимодействия нейтронов с веществом. Об этом я мало знаю. В то время в связи с атомной проблемой эти работы были строго засекречены. Достаточно сказать, что моя дипломная работа по неупругому рассеянию нейтронов на ядрах лития имела гриф «СС» (совершенно секретно). На памяти отдельные эпизоды этой работы. Нужно было залить алюминиевую форму литием. Были плексигласовый куб, наполненный инертным газом, рукава с перчатками, стальной откачиваемый шлюз. Начинаю плавить на электрической плитке литий и заливать его в форму. И тут литий загорается. Белый дым. Открываю изнутри шлюз, засовываю туда форму с горящим литием и завинчиваю. Но горящие капли остались в кубе и создали давление. Вынимаю руки, рукава с перчатками вылезают наружу, надуваются и одна из перчаток с треском вылетает в стену. Расследование показало, что в кубе оказалась трещина и место инертного газа заполнил воздух.

Мое знакомство с Константином Дмитриевичем Толстовым произошло на государственном экзамене по физике. Один из членов комиссии должен был уйти. На его место сел несколько странного вида человек – с бритым черепом и глубоко продвинутой переносицей. К этому времени я уже ответил на первые два вопроса билета. Один из членов комиссии обратился к Толстову (а это был он) – не хочет ли он задать мне вопрос. КД сказал, что поскольку он не присутствовал при ответах экзаменуемого, надо его отпустить. Поставили «отлично».

Оставался год до окончания физфака МГУ, и меня направили на практику и выполнение дипломной работы в ФИАН, в лабораторию нейтронной физики И. М. Франка, в группу Толстова. В этой группе готовили свои дипломные работы М. Г. Шафранова, В. П. Перельгин. Там же был мой однокурсник А. А. Номофилов, а позднее В. А. Свиридов из Ленинградского физтеха. Затем появился Э. Н. Цыганов. Позже все мы встретились в секторе Константина Дмитриевича в ЛВЭ. Вернее, сначала в ТДС-533, ЭФЛАН, а потом уже ЛВЭ.

Толстов ставил перед нами различные задачи. Но всегда чувствовалось его стремление к совершенствованию методики. Он сотрудничал с НИКФИ (Научно-исследовательский кинофотоинститут), занимался разработкой различных наполнений ядерной фотоэмульсии, предназначенных, в том числе, для увеличения содержания атомов водорода.

Идея перпендикулярного облучения эмульсии, которую он реализовал вместе с Э. Н. Цыгановым (публикация  $x+y \rightarrow z+u$ ), вылилась впоследствии в классическую работу по наблюдению кулон-ядерной интерференции.





Другой эпизод. В ФИАН была ускоряющая трубка. Ускорялись дейтроны, которые падали на тритиевую мишень (соль трития). Каскадный генератор высокого напряжения находился в большом зале над мишенью. Этот зал стал для меня своего рода тренировочной площадкой. Для получения нейтронов использовался полоний-бериллиевый источник. Источник был подвешен на тросе и пятиметровой штанге в глубокой шахте. Работать с ним можно было лишь в воскресенье, чтобы не подвергать опасности персонал. Приношу источник на штанге в зал, собираю с антиколлиматором, устанавливаю эмульсию (детектор), надеваю форму на источник... И в это время в зале разгораются кенотроны. Это другие физики решили поработать. Вжимаюсь в проем двери и жду, что будет. Дверь заблокирована, а деблокировки изнутри не было (техника безопасности). Мне повезло. Из дюралевого шара пошли пробои в угол зала. Кенотроны погасили и прибежали экспериментаторы. Оказались, что они забыли убрать выдвижную лестницу от шара в угол зала.

Надо заметить, что КД всегда старался предоставлять большую самостоятельность молодым и в то же время защищал их в случае непредвиденных ситуаций. Помню эпизод с А. А. Номофиловым во время дипломной работы. Нужно было срочно проявить толстослойную фотоэмульсию. Мы тогда этим занимались сами, а процесс длительный. Мой коллега решил остаться на ночь. А процедура с закрытием помещений была строгой: опечатать двери, ключи поместить в опечатываемый пенал и вместе с печатью сдать в охрану. Номофилов все это сделал, но забыл запереть дверь в провочную и остался работать. Охрана про-

явила бдительность, заметив пробивающую полосу света, а разразившийся скандал КД благополучно разрешил.

После окончания физфака МГУ большая группа выпускников была направлена на Большую Волгу в ТДС-533 (ЭФЛАН, ЛВЭ) и ГТЛ (ЛЯП). Всего нас было 23 человека. В это время формировался научно-экспериментальный отдел в ЛВЭ, и вскоре появились два кандидата наук – К. Д. Толстов и М. И. Подгорецкий, которые поделили молодых физиков между двумя новыми секторами.

Первые эксперименты на синхрофазотроне осуществлялись с применением ядерных фотоэмульсий, поскольку других развитых методик в ЛВЭ еще не было. Протонами эмульсионные стопки облучались внутри камеры ускорителя (вывода пучков еще не существовало), а пучок пи-мезонов формировался из вторичных частиц с внутренней мишени. Помню, как мне приходилось носить из сейфа В. И. Векслера в физическом корпусе тяжелый брусок платины для установки на плунжирующую мишень... Первые результаты исследования  $\rho\rho$  и  $\rho\pi$  взаимодействий были доложены В. И. Векслером на международной Киевской конференции.

Сектор Толстова был интернациональным. У нас работали Ван Шуфень и Яо Цинсе (Китай), Михал Сук и Вацлав Петржилка (Чехия), Нолсоны Далхажав (Монголия), Нго Куанг Зуй (Вьетнам), Людмила Попова (Болгария). И это список далеко не полный. В секторе Толстова мне пришлось заниматься поиском странных частиц, автоматизацией просмотра и измерений ионизации – до тех пор, пока Векслер не решил создавать другие методики. Здесь наши пути с Константином Дмитриевичем разошлись.

Под руководством А. Г. Зельдовича и Р. М. Лебедева часть физиков и инженеров взялась за сооружение метровой жидководородной камеры, которая была успешно запущена и действовала более 25 лет. Однако наши взаимоотношения с КД какое-то время еще продолжались. Под его руководством я защитил кандидатскую диссертацию по  $\rho\rho$  взаимодействиям при 7 ГэВ/с, мы выпустили обзор и стали соавторами ряда публикаций.

Константин Дмитриевич был мастером спорта по альпинизму. Видимо, это отражалось на его довольно резком поведении, решительности в действиях. Однако он хорошо относился к людям. Помню, во время подготовки к последнему госэк-

замену у меня умер отец и надо было побыть какое-то время с матерью в Туле. Он отпустил меня со словами «а для чего живем?». В альплагерях, где мне по молодости пришлось бывать, о Толстова ходили легенды, и он даже стал персонажем одной из песен. В своих восхождениях КД неоднократно подвергался смертельному риску, но судьба его хранила.

Фактически мы поддерживали отношения до самой его кончины. Буквально за два-три дня до смерти он звонил мне по телефону с просьбой уладить мелкий конфликт в его секторе. Я поинтересовался, не нужна ли какая помощь. Он сказал, что ему помогают, и проблем нет. Но его голос был очень слабым. Через пару дней Константина Дмитриевича не стало.

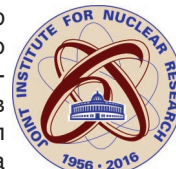
КД всегда отличала настойчивость в достижении целей. При работах с жидким гелием приходилось транспортировать его из Москвы на автомобилях. За время транспортировки половина гелия испарялась. Толстов загорелся идеей доставлять гелий вертолетом. Он пробил этот вариант через все инстанции, но военные дали такой длинный воздушный коридор в обход разных объектов, что выигрыш времени свелся на нет. От такой перевозки пришлось отказаться.

Другой пример – борьба с «зеленым змием». Будучи председателем созданного в 80-е годы общества трезвости, КД через городские инстанции пробивал соответствующую вывеску на винных магазинах. После долгих перипетий появилась и какое-то время красовалась на фасаде винного магазина за «Россиянином» вывеска ядовито-зеленого цвета. Еще раньше, будучи начальником района альпинистских лагерей на Кавказе, Толстов отлавливал на горных тропах поставщиков спиртного из долин в лагерь и заставлял их собственноручно бить бутылки. Об этом он мне сам рассказывал.

Запомнился эпизод, когда В. И. Векслер в своем кабинете в моем присутствии за что-то упрекнул Толстова: «Как же вы этого не добились, ведь вы, если захотите, можете пройти сквозь этот сейф?» – и показал на стоявший в углу несгораемый шкаф...

Я рассказал лишь малую толику из того, что хранит память об этом человеке, которого считаю учителем не только в науке.

**Профессор Виктор ГЛАГОЛЕВ**



## С. Н. Мазуренко вручен орден Дружбы

Губернатор Подмосковья Андрей Воробьев принял участие в торжественном мероприятии, приуроченном ко Дню России, в ходе которого вручил государственные и областные награды выдающимся жителям области, сообщает пресс-служба губернатора и правительства региона.

Указом Президента Российской Федерации за заслуги в области образования, научной, педагогической и воспитательной деятельности, большой вклад в подготовку квалифицированных специалистов орденом Дружбы награжден советник директора международной межправительственной научно-исследовательской организации Объединенный институт ядерных исследований (городской округ Дубна) Сергей Мазуренко.



## Химический элемент объединил дубненцев

12 июня в Дубне в сквере за Домом культуры «Мир» был организован «Синтез 105-го элемента». Около памятника М. Г. Мещерякову всем желающим раздавались ленточки, символизирующие элементарные частицы: протоны и нейтроны. Участники должны были смоделировать реакцию столкновения ядер америция и неона с получением нового элемента – дубния.

Дубний, синтезированный в Лаборатории ядерных реакций имени академика Г. Н. Флерова международным коллективом ученых под руководством ака-

демика Ю. Ц. Оганесяна, стал таким же неотъемлемым элементом нашего города, как река Волга, которая омывает его берега, как имена ученых, которые названы его улицы.

И сам факт новой общественной инициативы говорит о том, что не одно поколение дубненцев, принимавших участие в этом театрализованном действе, были едины в своем стремлении именно таким образом проявить свою любовь к родному городу. И химический элемент стал элементом, связующим людей.



Фото Александра РАСТОРГУЕВА



### Вас приглашают

ДОМ КУЛЬТУРЫ «МИР»

27 июня, суббота

18.00 Цирковое представление.

30 июня, вторник

19.00 Концерт ансамбля «Метелица».

2 июля, четверг

19.00 Концерт фортепианной музыки. К 100-летию со дня рождения Святослава Рихтера. Играет лауреат международных конкурсов Даниил Саямов (Москва). В программе музыка Шумана, Шопена, Равеля.

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