

НАУКА И ОБЩЕСТВО

КОСМОС

ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

Кстати
о птичках

Внутри древних
метеоритов

Головоломка
родства

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.scientificrussia.ru

№4 2013

12+

Кирпичики памяти

Как группы клеток
кодируют концепты в мозге

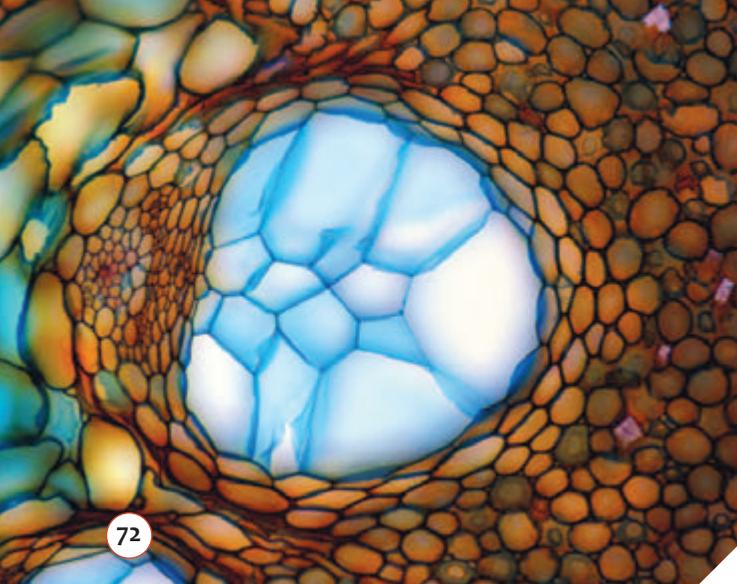
ЛИДЕРЫ

РОССИЙСКОЙ НАУКИ

Итоги работы РАН



Журнал выходит при поддержке
МГУ имени М.В. Ломоносова



72



54

Главные темы номера

Лидеры науки



АКАДЕМИЯ В АКАДЕМИИ, ИЛИ СИБИРСКАЯ ФЛОРЕНЦИЯ

Сибирское отделение РАН всегда было особым образованием в российской науке. О секретах успеха рассказывает председатель СО РАН академик **Александр Асеев**

4



НАУКА — ГАРАНТИЯ БУДУЩЕГО

Вице-президент РАН **Александр Некипелов** — о научных центрах Российской академии наук, положении фундаментальной науки в нашей стране и роли академии наук в ее развитии

14



ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО

«Академик-экстремал» **Владимир Фортвов** — о метеоритах и кометах, поведении вещества при сверхвысоких температурах и давлении, будущем энергетики, реформировании РАН

22



СТАНОВОЙ ХРЕБЕТ НАУКИ

Председатель Уральского отделения РАН академик **Валерий Чарушин** — о наследии Демидовых, международном авторитете уральской школы химиков, перспективах академической науки

30



ДОСПЕХИ ДЛЯ НАУКИ

За десятки лет работы генеральный директор ВИАМ академик **Евгений Каблов** сделал столько нового, что мир не мог не измениться. Сначала он создавал прочные и пластичные материалы, а сегодня готов создать не менее прочное и пластичное будущее российской науки

38



СОДЕРЖАНИЕ

Апрель 2013

Нейробиология

НЕЙРОНЫ ДЛЯ БАБУШКИ

46

Родриго Квиан Квируга, Кристоф Кох и Ицхак Фрид

Каждому понятию — человеку или вещи в нашей повседневной жизни — может соответствовать определенный набор нейронов



Эволюция человека

ПОРВАННАЯ РОДОСЛОВНАЯ

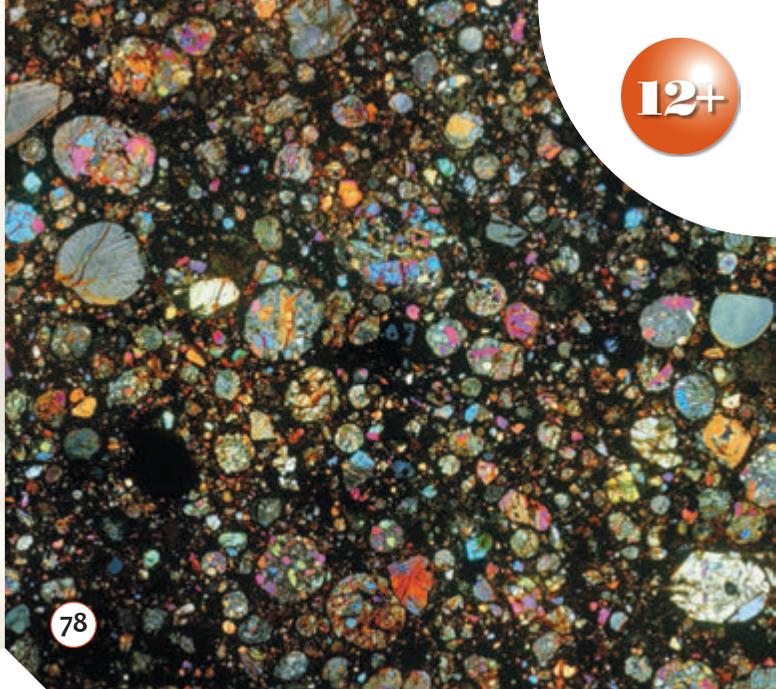
54

Кэтрин Хармон

Новые ископаемые находки усложняют и без того чудовищно запутанную проблему идентификации наших самых древних предков



64



78

Наука и общество

ПТИЧКА НА ХВОСТЕ ПРИНЕСЛА

Хилари Роснер

Скромная попытка объединить усилия орнитологов-любителей обернулась шквалом научных данных и привела к пересмотру правил, которых придерживается наука

Биология

МИР НЕВИДИМЫХ ЧУДЕС

Кейт Вонг

Световой микроскоп делает явными удивительные тайны живой природы



Космос

ТАЙНЫ ПЕРВИЧНЫХ МЕТЕОРИТОВ

Алан Рубин

Микроскопический анализ хондритов, самых древних камней Солнечной системы, в деталях показывает, как выглядели ближние окрестности космоса накануне формирования планет

Ускоритель

ГЛАВНЫЙ РОССИЙСКИЙ ИСТОЧНИК РЕНТГЕНОВСКОГО СВЕТА

Дмитрий Ромендик

О прошлом и настоящем, масштабах и роли Курчатовского источника синхротронного излучения рассказывает член-корреспондент РАН Владимир Квардаков

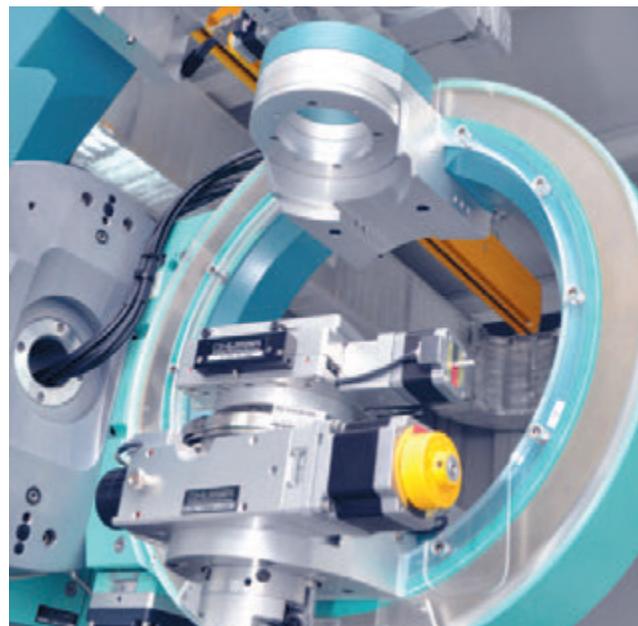
86



64

72

78



Разделы

От редакции

3

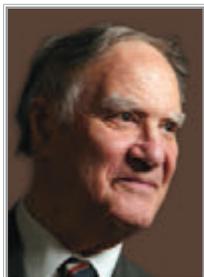
События, факты, комментарии

92

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN В мире науки

**Основатель и первый
главный редактор журнала
«В мире науки/
Scientific American»,
профессор
СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ КАПИЦА**



SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Senior Vice President and Editor in Chief:

Executive Editor:

Managing Editor:

Managing Editor, Online:

Design Director:

News Editor:

Senior Editors: Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, George Musser, Gary Stix, Kate Wong

Associate Editors: David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon, Ferris Jabr, John Matson

Podcast Editor: Steve Mirsky

Contributing editors: Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna, John Rennie, Sarah Simpson

Art director: Ian Brown

President: Steven Inchoombe

Executive Vice President: Michael Floreck

Vice President and Associate Publisher, Marketing and Business Development: Michael Voss

Vice President, Digital Solutions: Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development: Bruce Brandon

© 2013 by Scientific American, Inc.

НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Сибирское отделение РАН



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Заместители главного редактора:

А.Ю. Мостинская

О.И. Стрельцова

В.Д. Ардаматская

Ю.Г. Юшквичюте

Зав. отделом естественных наук:

Зав. отделом российских исследований:

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватель:

В.Ю. Чумаков

Администратор редакции:

Е.Ю. Емельянова

Научные консультанты:

Доктор физ.-мат. наук, профессор, академик РАН, председатель Сибирского отделения РАН, вице-президент РАН А.Л. Асеев; доктор технических наук, профессор, академик РАН, член президиума РАН Е.Н. Каблов; доктор экономических наук, профессор, вице-президент РАН А.Д. Некипелов; доктор химических наук, профессор, академик РАН, председатель Уральского отделения РАН В.Н. Чарушин

Над номером работали:

А.Н. Агеев, О.Л. Беленицкая, М.С. Багоцкая, А.В. Ващенко, Е.В. Головина, Д.А. Граб, А.А. Козлов, С.В. Кузина, А.П. Кузнецов, И.В. Ногаев, В.В. Прозоровский, А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, В.Э. Скворцов, Е.В. Укусова, Н.Н. Шафрановская

Верстка:

А.Р. Гукасян

Дизайнер:

Я.В. Крутий

Корректур:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

Ю.С. Осипов

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель директора НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Н.В. Гуртиева

Адрес редакции: Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138; Тел./факс: (495) 939-42-66; e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

Отпечатано: В ЗАО «ПК «ЭКСТРА М», 143400, Московская область, Красногорский р-н, п/о «Красногорск-5», а/м «Балтия», 23 км, полиграфический комплекс

Заказ №04 13-03-00295

© **В МИРЕ НАУКИ.** Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати. Свидетельство ПИ №ФС77-43636 от 18 января 2011 г.

Тираж: 12 500 экземпляров

Цена договорная.

Авторские права НП «Международное партнерство распространения научных знаний». © Все права защищены. Некоторые из материалов данного номера были ранее опубликованы Scientific American или его аффилированными лицами и используются по лицензии Scientific American. Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции. При цитировании ссылка на «В мире науки» обязательна. Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов и не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Торговая марка *Scientific American*, ее текст и шрифтовое оформление являются исключительной собственностью Scientific American, Inc. и использованы здесь в соответствии с лицензионным договором.



Науку определяют лидеры

Мы открываем серию публикаций о лидерах

российской науки,

высоких технологий

и инновационного развития страны

Даже самые ярые скептики признают, что Российская академия наук, пройдя этап «турбулентности», сегодня стабильно развивается и демонстрирует готовность к серьезному подъему. Это был далеко не первый период в ее почти 300-летней истории, когда стоял вопрос о самом ее существовании. Но академия вновь доказала эффективность своего уникального статуса, позволяющего ей оставаться оплотом фундаментальной науки в нашей стране.

Развитие науки в основном определяется ее лидерами. В этом выпуске журнала мы представляем интервью с выдающимися учеными, сыгравшими особую роль в сохранении и развитии академической науки, ее интеллектуального и творческого потенциала, — людьми, искренне преданными своей стране и избранной профессии.

М.В. Ломоносов сказал пророчески: «Российское могущество прирастать будет Сибирью». Пять лет назад Сибирское отделение РАН возглавил академик **Александр Асеев**. Созданная по его инициативе концепция развития науки в Сибири опирается на три инициативы: программу развития СО РАН, инновационную деятельность, фундаментальные исследования и разработки для оборонно-промышленного комплекса.

По словам председателя Уральского отделения РАН академика **Валерия Чарушина**, без академической науки развитие страны невозможно. На Урале сосредоточена атомная промышленность страны, он насыщен высоко-

технологическими предприятиями. Их взаимодействие с УрО РАН — одна из главных стратегических линий развития.

Вице-президент РАН **Александр Некипелов** утверждает, что академическая наука — это особая культура, сочетающая в себе самоорганизацию научного сообщества с государственным управлением и финансированием. Эффективность такой структуры подтверждается многими фактами.

Генеральный директор Всероссийского института авиационных материалов академик **Евгений Каблов** считает, что академия должна быть главным научным экспертом по наиболее важным федеральным проектам, поскольку ученые лучше знают направление развития научных исследований в мире и в нашей стране.

Академия наук — это лучшая система для проведения фундаментальных исследований, утверждает директор Объединенного института высоких температур РАН академик **Владимир Фортов**. За последние годы академия выполнила несколько крупных программ, некоторые из них — на уровне Нобелевской премии. А реформирование академии должны осуществлять только сами ученые, конечно, при поддержке государства.

Эти публикации подводят некоторые итоги развития фундаментальной науки в течение последних четырех лет и обозначают перспективы на будущее. ■

Редакция журнала «В мире науки»



Академия в академии, или Сибирская



ФЛОРЕНЦИЯ

В 1946 г. в Европе был зафиксирован настоящий взрыв рождаемости. После окончания самой страшной в истории человечества войны люди верили, что будущее может быть только светлым и прекрасным, достойным нового поколения, названного в честь этого взрыва «бэби-бумерами». Считается, что принадлежащие к нему люди отличаются повышенной активностью, стремлением к коллективизму и неиссякающим оптимизмом. Они не склонны к компромиссам, не любят полумер и всякое дело стремятся довести до победного конца

Одним из представителей этого поколения стал появившийся на свет осенью 1946 г. в Улан-Удэ будущий председатель Сибирского отделения РАН Александр Асеев. Успешно окончив физический факультет Новосибирского государственного университета, он был распределен на работу в Институт физики полупроводников и прошел в нем всю карьерную лестницу, от стажера-исследователя до директора. В 2008 г. академик Асеев был избран председателем СО РАН. Он стал первым коренным сибиряком, занявшим этот пост. Собравшиеся академики решили, что его предшественник академик Николай Добрецов многое сделал для того, чтобы в тяжелых, кризисных условиях сохранить сибирскую науку и ее центр — новосибирский Академгородок. Но теперь, когда положение изменилось к лучшему, настала пора перейти от обороны к наступлению, к решительным, активным действиям, направленным на развитие и совершенствование. А тут и нужна тактика победителя, человека активного, оптимистичного и хорошо понимающего современные реалии.

Сибирское отделение РАН (СО РАН) всегда было особым образованием в российской науке, своего рода академией в академии. Запись «новосибирский Академгородок»

в анкетной графе «место жительства» уже сама по себе многое говорила о человеке. В последние годы роль сибирского сегмента РАН выросла еще больше. О секретах такого успеха я и решил поговорить с председателем СО РАН академиком **Александром Леонидовичем Асеевым**.

Золотое дно России

— Так в чем же своеобразие сибирского региона?

— Само завоевание Сибири Ермаком — классический пример успешного государственно-частного партнерства. Царь пожаловал атаману грамоту, купцы Строгановы организовали финансовую поддержку, эффект же получился оглушительный. Что было бы с Россией без Сибири, трудно представить. Даже предтеча современного частного инновационного бизнеса — комсомольско-молодежная система «Факел» — возникла в конце 1960-х гг. именно в Сибири, в нашем Академгородке.

— Возможно, первые ростки рыночной экономики пробивались в Сибири вследствие удаленности от административного центра?

— Совершенно верно. А также в силу особого статуса и некоторых дополнительных условий.



Визит президента РФ В.В. Путина в новосибирский Академгородок. Выставочный центр СО РАН, 2000 г.



Премьер-министр РФ Д.А. Медведев знакомится с уникальной установкой — лазером на свободных электронах. ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2012 г.

Треугольник Лаврентьева

— В чем секрет успеха Сибирского отделения РАН? В этих дополнительных условиях?

— Хороший вопрос. Здесь нет никакого секрета, хотя есть свои особенности. С самого начала Сибирское отделение было построено на принципах, которые сейчас известны как «принципы Лаврентьева», или «треугольник Лаврентьева». Михаил Алексеевич Лаврентьев — академик, основатель Сибирского отделения АН СССР и, собственно, Академгородка — первым постулировал основания, на которых построил здание новой науки, отличной от того, чем занималась Большая академия. Первый — это максимальная концентрация интеллекта на ограниченной территории и обеспечение мультидисциплинарности исследований. Это было реализовано в Академгородке, очень высокая. У нас и сейчас есть многие чисто научные семьи: муж в одном институте, жена в другом, сын или дочь — в третьем. У них собираются друзья, тоже работающие в этих или других институтах. И там происходит взаимообогащение идеями, опытом работы, знаниями, то, что дает эффект, феномен Сибирского отделения.

— Раньше такого не было?

— Было, тут Лаврентьев открытия не сделал, просто вспомнил хорошо забытое. Сходный пример — Флоренция периода Средних веков и Ренессанса. Со всей Италии, со всей Европы туда приезжали талантливые художники, поэты, ученые, математики, врачи, философы, изобретатели. В городе была создана особая атмосфера творчества, которую подпитывала династия меценатов Медичи. Здесь творили Леонардо да Винчи, Рафаэль, Боттичелли и т.д. Это был яркий феномен в истории цивилизации. А в основе его лежала как раз высокая концентрация привлеченных талантов, интеллекта и способных людей на ограниченной территории. Знаете, ведь реакция обычно и начинается именно после того, как концентрация перейдет через определенный порог. Второй известный пример, в историческом плане предшествовавший Академгородку, — Кремниевая долина в США. Там основой стали два крупных университета —

Стэнфорд и Беркли. После войны в них были сосредоточены высококвалифицированные кадры и выполнялось громадное количество крупных и дорогих оборонных заказов. Высокая концентрация интеллекта и капитала породила феномен Кремниевой долины, которая стала инновационным центром нашей современной цивилизации, центром венчурного капитала.

— Но в Кремниевой долине аналогов Медичи не так много. И те, что есть, особой погоды не делают.

— На Западе наука развивается за счет того, что существуют рыночные отношения в интеллектуальной собственности. Наше финансирование идет пока большей частью от государства. Но именно концентрация интеллектуальной собственности у нас, особенно здесь, в Академгородке, очень высокая. У нас и сейчас есть многие чисто научные семьи: муж в одном институте, жена в другом, сын или дочь — в третьем. У них собираются друзья, тоже работающие в этих или других институтах. И там происходит взаимообогащение идеями, опытом работы, знаниями, то, что дает эффект, феномен Сибирского отделения.

— Высокая концентрация интеллекта на ограниченной территории одной квартиры — при условии, конечно, что сын или дочь пойдут в науку?

— С высокой степенью вероятности пойдут, потому что у нас интересно учиться. В этом состоит второй принцип «треугольника Лаврентьева» — смычка науки и образования. В Сибирском отделении почти сразу был создан свой университет — тоже по новым принципам, примерно так же, как Московский физико-технический институт. В вузе читали лекции не просто преподаватели, а именно сотрудники действующих институтов, занимающиеся конкретными проектами, а сами студенты, уже начиная со второго-третьего курсов, работали в реальных лабораториях. Эта система была реализована и здесь. В 1963 г., когда я поступил на первый курс НГУ, вступительную лекцию нам читал академик Сергей Львович Соболев, Герой Социалистического Труда, выдающийся математик. На первом курсе физики нам



С вице-премьером РФ Д.О. Розгозиным в Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, 2012 г.



С лауреатом Нобелевской премии Ж.И. Алферовым, членом-корреспондентом РАН А.В. Двуреченским и д.ф.-м.н. Ю.Г. Сидоровым у установки молекулярно-лучевой эпитаксии в ИФП СО РАН, 2011 г.

преподавал академик Андрей Михайлович Будкер, отец коллайдера — ускорителя на встречных пучках. Студенты, начиная уже со второго-третьего курсов, ходили на практику в лаборатории. Настоящее образование шло на переднем крае науки.

— Но ведь университеты у нас проходят по другому ведомству?

— Наш университет — обособленная административная и финансовая единица, а фактически он встроен в систему академии наук. Мы принимаем меры, чтобы объединить интеллектуальные, информационные и материальные ресурсы НГУ и СО РАН без административного слияния, организуем совместные лаборатории, чтобы университеты и институты Сибирского отделения выступали во внешнем мире как единая структура. Это должно дать хороший эффект. У нас очень мощная диаспора, и почти во всех ведущих мировых научных центрах работают наши выпускники или сотрудники Сибирского отделения. Мы прочно встроены в мировую науку.

— А третий принцип?

— Он связан с мучительной и для советского времени, и для современной России проблемой внедрения. Сформулировать его можно так: максимально возможное практическое применение полученных наукой результатов. В советское время проблему внедрения решить по-настоящему так и не удалось.

Семь холмов Сибири

— Получается, третий принцип тогда не сработал?

— Сработал, но не в полной мере. Лаврентьев с самого начала сделал ставку на то, что институты Сибирского отделения должны быть связаны с ведущими предприятиями региона. Так оно и получилось. В 1960–1970-е гг. шло бурное освоение Сибири. У нас были построены четыре атомграда. В Сибири была сосредоточена ядерная мощь государства. Чтобы все это обеспечить, требовались наука и кадры, которые готовились в том числе у нас.

За всю современную историю в Сибири было реализовано семь глобальных проектов. Три из них — промышленные. Первый — Урало-Кузнецкий металлургический комплекс. Каждый второй танк и почти треть всех самолетов в войну были сделаны из его металла, без него мы бы не победили. Второй — каскад гидроэлектростанций на великих сибирских реках. Некоторые до сих пор имеют заметную по мировым меркам мощность и дают дешевую электроэнергию, которая подпитывает даже европейскую часть страны. Наконец, Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс, богатство государства. Наша делегация совсем недавно была на открытии Бованенковского месторождения — крупнейшего в мире. Там запасы до 5 трлн кубометров газа. Все сделано в условиях Крайнего Севера, при этом на месторождении созданы абсолютно комфортные условия для жизни. Работают самые высокие технологии. Железная дорога проведена по вечной мерзлоте, трубопровод проложен по дну Байдарачьей губы в Карском море.

Далее, три проекта были связаны с транспортом, логистикой — начиная с Транссиба. Его создали еще в царское время, на рубеже XIX–XX вв., в рекордно короткие сроки, за несколько лет. Следующий — Байкало-Амурская магистраль, которая связала Сибирь и Дальний Восток дополнительной железной дорогой. Наконец — Северный морской путь.

— Это шесть. А седьмой проект?

— Это мы, создание СО АН СССР, ныне СО РАН. Но вернемся к третьему принципу Лаврентьева. Что происходит в настоящее время? Мы находимся в новых условиях. Раньше плановая система резервировала деньги на науку на всех предприятиях, и мы тут жили довольно безбедно. Академический бюджет у институтов составлял небольшую часть, потому что в основном их финансировали министерства, главным из которых было знаменитое Министерство среднего машиностроения. Сейчас могучая система плановой экономики рассыпалась. Однако Сибирское отделение тем отличается от Большой академии, что мы все три этих компонента сохранили.

Выход на реальное производство для нас сегодня исключительно важен. Это связано с тем, что крупнейшие, в том числе и по мировым меркам, российские корпорации работают на территории Сибири: «Газпром», «Роснефть», РЖД, РАО «ЕЭС России», «Ростехнологии». Генеральный директор «Ростехнологий», Сергей Викторович Чемезов, — сам сибиряк, из-под Иркутска. Мы в последние годы сделали ставку на работу с крупными корпорациями и с ведущими предприятиями высокотехнологичных отраслей промышленности.

История успеха

— **В последние годы — это когда все стало разваливаться?**

— Позже. Я стал председателем пять лет назад. Академия в то время находилась просто в параличе после обвальных реформ девяностых, были призывы все реформировать — вплоть до ликвидации РАН в ее нынешнем виде. Я и мои коллеги выступили тогда с тремя инициативами. Первая касалась концепции развития Сибирского отделения. Мы делали ее в течение года: расписали, какие науки нужны Сибири, что необходимо для ученых, какое оборудование, на чем молодежь должна работать, чем ее можно привлечь, как нужно преобразовать институты, академгородки. Все расписали и просчитали — вплоть до того, сколько требуется мегаватт электрической мощности и гигакалорий тепловой энергии. В рамках этой концепции уже созданы четыре новых института, центры коллективного пользования, усилены такие научные центры, как Кемеровский, Омский и Якутский, на очереди создание новых научных центров на Ямале и на Алтае. Эта концепция стала примером и для Большой академии. Нашему примеру последовали Уральское и Дальневосточное отделения, а Большая академия сделала концепцию развития. Но до масштабной проработанной программы дело так и не дошло.



Встреча со Святославом Рерихом в Индии, 1980-е гг.

— **Второй инициативе больше повезло?**

— Вторая касалась инноваций. Это «Программа развития инновационной деятельности в Сибирском отделении РАН», принятая летом 2011 г. Ставка в ней сделана на взаимодействие с крупными частными и государственными корпорациями. Надо признать, что наш частный бизнес во многом занимается не инновациями, а их имитацией. В лучшем случае это перенос на российскую почву того, что уже сделано на Западе, или развитие созданного в середине прошлого века. Тогда произошла научно-техническая революция, плодами которой мы пользуемся по сей день. Микроэлектроника, информационные технологии, лазеры, ядерные технологии — все родом оттуда. Сегодня задача состоит в том, чтобы поставить инновационное развитие на новую научную базу. Это наноматериалы и наноэлектроника, биотехнологии, развитие энергосберегающих технологий, квантовые технологии и т.д. У нас в программе восемь направлений, в основе которых лежат научные открытия, сделанные в последнее время, или даже те, которые еще только предстоит сделать.

— **И что у вас в приоритете?**

— Сибирь — это освоение минерально-сырьевых ресурсов. В области геологии сейчас идет настоящая революция, благодаря нанотехнологиям появляются более чувствительные сенсоры. Вся геофизика построена на очень точных измерениях электромагнитных полей. Для того чтобы научиться глубже проникать в недра земли, нужны информационные технологии, нужны беспилотники, спутниковые технологии, математическое моделирование. Этот комплекс наши ученые-геологи и геофизики развивают очень мощно. Он дает свои плоды. В ближайшее время мы ожидаем настоящего прорыва в этой области. Нам предстоит изучить недра на всей территории Сибири на глубину 1 км, потом 2 км, потом 4 км и т.д. Задача выполняется в тесной кооперации с теми большими компаниями, которые здесь работают. У нас есть соглашения о сотрудничестве и с «Газпромом», и с «Роснефтью», и с «Алросом», и с угольными компаниями.

— **Это генеральное направление. А следом за ним?**

— Логично вытекающая глубокая переработка ресурсов. Современная цивилизация основана на максимальном извлечении из сырья полезного продукта. Типичный пример — кремний, которым мы занимаемся в Институте физики полупроводников. Чистый кремний — самый дорогой продукт в истории цивилизации. Если брать кремниевые чипы по весу, то цена их составляет десятки миллионов долларов за килограмм веса кремния. Чипы делаются на крупных предприятиях, капиталоемкость которых — миллиарды долларов. Такое предприятие появилось и в России — завод «Микрон» в Зеленограде. Мы с ним работаем. Но нам нужны новые решения. В Новосибирске мы собираемся строить современный завод микро- и наноэлектроники, который будет выпускать новую продукцию на основе разработок институтов со РАН.

Это второе направление, а всего у нас таких направлений в этой инициативе прописано восемь.

— **Первая инициатива — организация науки, вторая — развитие инноваций. Вроде все основное охвачено. Что же вы оставили на третьем?**

— Третья инициатива связана с работой в интересах силовых ведомств России. Тут многое за последние два десятилетия утеряно — и по кадрам, и по пониманию задач. Везде, кроме Сибирского отделения. Мы же все годы перестройки работали и продолжаем работать с предприятиями оборонно-промышленного комплекса. Многие из них находятся на самом высоком технологическом уровне, и мы делаем ставку на взаимодействие с ними. Инициатором стал вице-премьер Дмитрий Олегович Rogozin, он приезжал к нам в феврале прошлого года, провел заседание президиума, посмотрел, что мы делаем, и поставил новые важные задачи. Мы здесь организовали Центр фундаментальных исследований и разработок в интересах обороны и безопасности, куда планируем привлечь крупные ресурсы. Создали соответствующую программу работ и неукоснительно трудимся над тем, чтобы она осуществлялась на высоком уровне.

Институты, привлеченные к осуществлению задач, связанных с оборонно-промышленным комплексом, сотрудничают с ведущими предприятиями государства. У нас в оборонной области 11 направлений деятельности, включая гуманитарные проблемы. Одно из них связано с изучением проблем, связанных с формированием конфликтных ситуаций в трансграничных регионах, возникновению конфликтных проблем социального характера, борьбой за ресурсы и т.д.

— **Неужели и у нас могут начаться войны из-за залежей нефти или никеля?**

— Не войны, а именно конфликты, и они уже зреют. Даже не по нефти, а по самой обычной воде. Сибирь отличается крупнейшими реками. Иртыш, который впадает в Обь, образует величайшую водную систему Сибири и одну из самых больших в мире. Воды Иртыша уже почти полностью отведены сначала Китаем, а потом и Казахстаном, по территориям которых он протекает. Река обмелела, и это только начало. Идет борьба за ресурсы. Формируется конфликтная проблема, которую необходимо решать и, безусловно, мирными путями. Это только один из примеров.

Еще одна задача — гиперзвук. Нужны гиперзвуковые, т.е. способные перемещаться со скоростью выше 5 М аппараты гражданского и военного назначения. Мы собирались с производителями в Бийске, где расположен ФНПЦ «Алтай». Результаты превзошли все наши ожидания. В совещании участвовали четыре генеральных конструктора по основным направлениям ракетной техники. Были два Героя России, один — Герой Социалистического Труда, наш академик Геннадий Викторович Сакович. Приехал директор крупного химического комбината в Тульской области Алексей Rogozin. Нами сформированы решения и нынешнего дня, и ближайшего будущего. 12 марта мы провели важную встречу с участием нобелевского лауреата академика Ж.И. Алферова уже в Москве, на территории представительства крупнейшего сибирского предприятия — ОАО «Информационные спутниковые



В командировке в Германии у электронного микроскопа

системы» им. академика М.Ф. Решетнева. Основное производство этого предприятия находится в Железногорске, он же Красноярск-26, закрытом городе, где еще недавно производился оружейный плутоний. Там мощное производство спутниковой техники: все российские спутники системы ГЛОНАСС и 70% всех российских спутников вообще выпускают в Железногорске. Много спутников делают по заказу Индии, Индонезии, Франции. Недавно в присутствии президентов России и Франции подписано соглашение о совместном производстве спутников связи с одной из ведущих французских фирм. С ОАО «ИСС» у нас имеется плотный рабочий контакт, есть соглашение и составлена программа совместных работ. Идет конкретная работа с другими ведущими предприятиями высокотехнологической промышленности Сибири. Напрямую сотрудничаем и с предприятиями, которые находятся на Урале, в Центральной России, в Санкт-Петербурге и т.д. Но упор сделан все-таки на Сибирь.

— **Три инициативы, в каждой масса направлений: получается целая система.**

— Именно, система, благодаря которой мы выгодно отличаемся от Большой академии. У нас она присутствует. Три принципа Лаврентьева определяют историю успеха Сибирского отделения. А наши три инициативы последних лет: программа развития Сибирского отделения, программа развития инновационной деятельности, фундаментальные исследования и разработки для оборонно-промышленного комплекса — обеспечивают нам хорошее стабильное развитие.

— **Это вы говорите о России. А зарубежные ученые о ваших инициативах знают?**

— Разумеется, отлично знают. Благодаря перестройке и возможности свободного выезда за рубеж у нас установились хорошие контакты со всеми ведущими мировыми научными учреждениями, в том числе с предприятиями, которые работают в Кремниевой долине. Для

нас было важно убедиться в том, что уровень интеллекта и проработки в Академгородке, как оказалось, не уступает самому передовому в мире уровню. Мы пока сильно проигрываем в организации бизнеса и в использовании рыночных инструментов, но это дело наживное. Перспектива у нас хорошая.

Новое качество жизни

— **В России, насколько мне известно, кроме новосибирского, есть еще и другие академгородки?**

— Совершенно верно, есть еще три, и все относятся к Сибирскому отделению: иркутский, томский, красноярский. Это города, спланированные преимущественно под науку и образование, выполнение специальных заданий для промышленности. Их строили по особым градостроительным принципам, отличным от тех, каким пользуются при строительстве обычных городов: пешеходная доступность работы, объектов инфраструктуры, комфортные условия проживания, озеленение, обилие парков. Все городки погружены в очень красивые лесные массивы. Место, где построен новосибирский Академгородок, называлось Золотой долиной, осенью лес здесь утопает в золоте. Все академгородки, кроме томского, построены на берегах великих сибирских рек.

— **И все это сказочное богатство досталось ученым...**

— Да, но в этом есть и свои минусы. Наши территории сейчас самые комфортабельные для жизни и работы, следовательно, самые ликвидные и дорогостоящие. У нас в Академгородке рыночная стоимость квадратного метра жилья одна из самых больших в Сибири, выше 100 тыс. руб. за кв. м. Здесь формируются спальные районы для обеспеченных и успешных людей. У нас же развитие требует непрерывного обновления. Должны появляться молодые, амбициозные, талантливые люди, которые могли бы себя проявить в науке. Им нужны хорошие условия для жизни.



С президентом РАН Ю.С. Осиповым
в Выставочном центре СО РАН, 2009 г.



С президентом Национальной академии наук Украины
академиком Б.Е. Патоном. Киев, 2012 г.

— **Если есть где и над чем работать.**

— Ситуацию по работе мы поправили уже к началу 2000-х гг. У нас есть программа развития приборной базы. Часть бюджета на конкурсной основе, порядка 1,5 млрд руб., мы тратим на покупку самого современного оборудования, многое изготавливаем сами. Если раньше научный сотрудник ездил что-то измерить в Оксфорд или Кембридж, т.к. у нас все было хуже и более старым, то сейчас оборудование наших институтов не уступает Западу. Уже к нам часто приезжают ученые и специалисты из мировых научных центров измерять, делать совместные работы. Институты нормально развиваются, появились хорошие современные помещения, чистые модули. Но молодому человеку нужно жилье, а жилой фонд в академгородках ограничен. Ситуация стала такой, что молодые научные сотрудники начали уезжать жить в города-спутники. Богатые из города ездили ночевать к нам, а наши сотрудники выезжали ночевать из Академгородка. Мы проявили важную инициативу, поддержанную академией наук и президентом Медведевым: обеспечивать молодых сотрудников жильем по системе военной ипотеки. Хорошо понимая, как это надо делать, эффективно использовали выделенные бюджетные средства. Нам ежегодно, начиная с 2011 г., стали выделять по миллиарду рублей. В конце 2011 г. ввели первый дом со служебными квартирами. Молодой человек, приходя в институт, сразу получает государственное служебное жилье. В этом году мы вводим еще один дом в Академгородке и начинаем строить еще два.

— **Но молодой ученый, выезжая работать за рубеж, сразу получает там не «служебку», а коттедж или таунхаус.**

— Поэтому мы пошли дальше — с инициативой, в которой нас поддержали правительство, Фонд развития жилищного строительства во главе с его директором А.А. Браверманом и комиссия по жилищному строитель-

ству под председательством вице-премьера И.И. Шувалова. Часть дорогостоящих земель в ближайших окрестностях Академгородка отведена под воздвижение жилищно-строительного кооператива для сотрудников Сибирского отделения, в первую очередь для молодых. Там предполагается строить малоэтажные дома экономического класса — коттеджи площадью 100 кв. м с участком до десяти соток. Это новое качество жизни. Достигнута договоренность, что мы будем расширять данную инициативу и двигаться дальше. 2013 г. должен стать переломным. Кооператив уже сформирован и работает.

— **Сколково — это тоже пример академгородка?**

— Это пример реализации тех подходов, которые использовались при создании Академгородка, только в рыночных условиях. Сколково, в отличие от Академгородка, с самого начала нацелено на развитие наукоемкого бизнеса. У нас инновационный компонент тоже велик, начинает в полную силу работать технопарк. Основой для технопарка стали возникшие в 1990-е гг. на базе институтов СО РАН сотни малых фирм, в основном софтовые, которые занимались программированием. В *Microsoft* работает около 200 человек из Академгородка, то же самое касается и всех ведущих центров в этой области. Сколково сразу устроено так, чтобы туда пришли крупные компании. Мы над этим тоже работаем, у нас есть представительства и *Microsoft*, и *Sun*, но они пока в основном охотятся за новинками в наших институтах и за кадрами. Появились молодые способные сотрудники — они стараются забрать их себе. Наша же задача, напротив, удержать их в России.

— **Получается?**

— Сейчас уже да. Сейчас мы для их работы все условия создали. Кроме того, есть у нас представительство *Schlumberger*, лидера по производству оборудования для нефтедобычи, ведущей добывающей компании *Baker Hughes*, *Chevron* недавно приезжал и т.д. И со всеми мы работаем в полную меру сил.



С.А.Б. Чубайсом в ИФП им. А.В. Ржанова СО РАН, 2009 г.



С лауреатами Нобелевской премии Р. Корнбергом и Ж.И. Алферовым в новосибирском Академгородке, 2012 г.



С генеральным директором
ОАО «Российская электроника» А.В. Зверевым



В лаборатории ИФП им. А.В. Ржанова СО РАН
за установкой молекулярно-лучевой эпитаксии, начало 2000-х гг.

— Но первым делом эти корпорации пойдут в Сколково.

— Думаю, со временем мы со Сколковом будем на равных, учитывая научный потенциал Академгородка. Мы тоже хотим привлечь крупные компании, корпорации, чтобы они работали с нами в тесном контакте. У нас есть четыре соглашения с этим инновационным центром, рамочное соглашение СО РАН — НГУ — Сколково. Три института — ядерной физики, катализа и полупроводников — заключили договоры о совместной работе, уже есть первые гранты. Сколково — пример решения проблемы научного инновационного развития в современных условиях, и он ясно показывает, что нужно делать, чтобы у нас развивался наукоемкий бизнес.

— Но вам это вряд ли подойдет. Сколково все-таки находится немножко вне российских реалий. По нему даже приняты специальные законы.

— Сам факт создания Сколково стал признанием того, что инновационное развитие необходимо. Это уже положительный фактор, который мы можем использовать как весомый аргумент в пользу развития науки и инноваций. А фактор, требующий обсуждения, связан с тем, что это территория особых подходов и особого законодательства. По Сколкову, как вы верно заметили, есть особый закон, потому что это территория вне российского суверенитета, там своя таможня, свое местное самоуправление. А мы, как и все, находимся в реальных российских условиях. Мы тоже выходим с разного рода новыми инициативами. Нам нужно развитие, нужен особый статус, поддерживаемый государством. Мы вышли в правительство с предложением принять закон об академгородках и надеемся на понимание проблем нашего развития. Мы думаем, что конкуренция со Сколковом полезна, взаимодействуем с ним и готовы перенимать его опыт развития. Что будет со Сколковом и что будет у нас в Академгородке, станет ясно уже в самое ближайшее время.

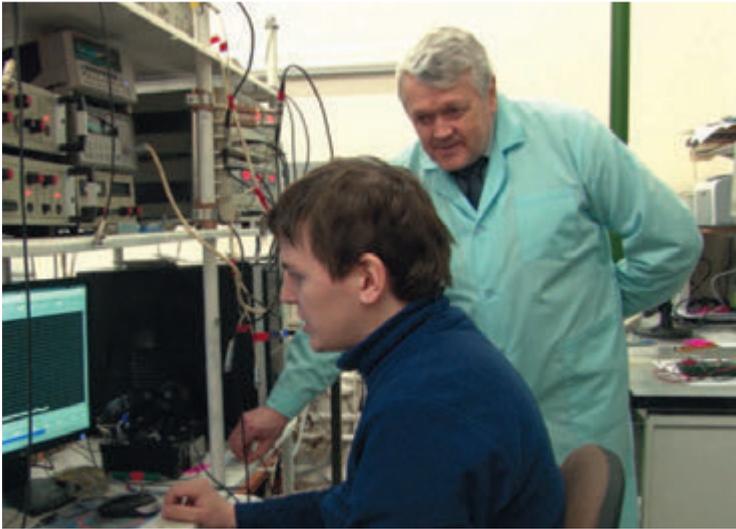
Наука и есть главное богатство

— По-вашему, какая главная задача сейчас стоит перед наукой?

— Нам нужно прийти к серьезной интеграции. Пока в большой науке все отдельно: физики — отдельно, химики — отдельно, биологи — сами по себе. И дальше все дробится: энергетики, механики, информационщики... Двигаясь по такому ветвящемуся пути, мы никогда не выйдем на шоссе, напротив, будем рыскать по все более узеньким тропинкам. Это неправильно, надо идти по путям объединяющим, как мы это делаем у себя, в Сибирском отделении. В Москве это пока почему-то не проходит. Там все разбито на ячейки, на институты, которые связаны друг с другом очень слабо. Но изменить эту ситуацию можно, и мы знаем, как это сделать. У нас ведь все работает. И не я один это придумал. Примерно того же пути придерживается директор НИЦ «Курчатовский институт» Михаил Валентинович Ковальчук. Он тоже старается свести науки воедино. У него работают в цепке и физики, и химики, и генетики, и программисты, и даже социологи. Они это называют НБИКС-технологиями. Так что мы в своих мультидисциплинарных устремлениях не одиноки. И я твердо убежден, что именно по этому пути надо двигаться.

— И этот путь приведет нас к богатству и процветанию?

— Этот путь приведет нас прежде всего к успеху — и это главное. У меня любимое занятие — коллекционировать успешные предприятия. В России есть предприятия, которые абсолютно успешны. Они появились, несмотря на все российские проблемы. Сейчас у них лучшее оборудование, лучшие кадры, прекрасная система организации труда. И продукция у них абсолютно успешна. Такое положение должно быть поставлено во главу угла. У нас, например, есть план работ института и его лабораторий, в котором все описывается: какая исследовательская проблема там решается, какие сроки поставлены, какие силы привлечены, какие средства



В термостатированном корпусе ИФП им. А.В. Ржанова СО РАН, 2013 г.

вложены. А я добавил еще одну графу — потребители: куда пойдет результат работы, на что он нацелен? Надо показать хотя бы область применения: нефтедобыча, переработка нефти, энергетика, медицина. Лучше, конечно, указать конкретное предприятие или корпорацию, куда они собираются выйти. Можно российскую, можно иностранную, можно международную, транснациональную. Сейчас они покупают инновации открыто, и мы с ними вполне можем работать. Не просто можем, но уже работаем.

— **А ведь это очень интересная поправка. Кто-нибудь ваш опыт уже перенял?**

— Когда я в Большой академии про это рассказал, мне сказали «нет». Не запретили, но сказали: «Вы делайте, а мы не будем. Посмотрим, что у вас получится».

— **Но так же нельзя работать!**

— Это вы так думаете. И я так думаю. А кто-то так не думает. Но мы отступить не собираемся. Не зря же Ломоносов сказал когда-то, что Россия Сибирью прирастать будет.

— **Ну, он же не про науку это говорил.**

— Про богатство. А наука и есть главное богатство. Причем не только России, но и всего человечества. Поэтому ученый для государства важнее, чем банкир, нефтяник или политик. Конечно, каждый важен на своем месте. Но именно наука делает державу действительно державой, это базис, на котором все строится. Об этом у нас на некоторое время забыли, сочли, что главное — это экономика и свободный рынок. Результатом чуть было не стал крах всей системы. Хорошо, что руководство страны вовремя это почувствовало и повернулось к нам лицом. Теперь пришла пора вспоминать забытое, восстанавливать разрушенное и развивать начатое. Чем мы и занимаемся. ■

Беседовал Валерий Чумаков



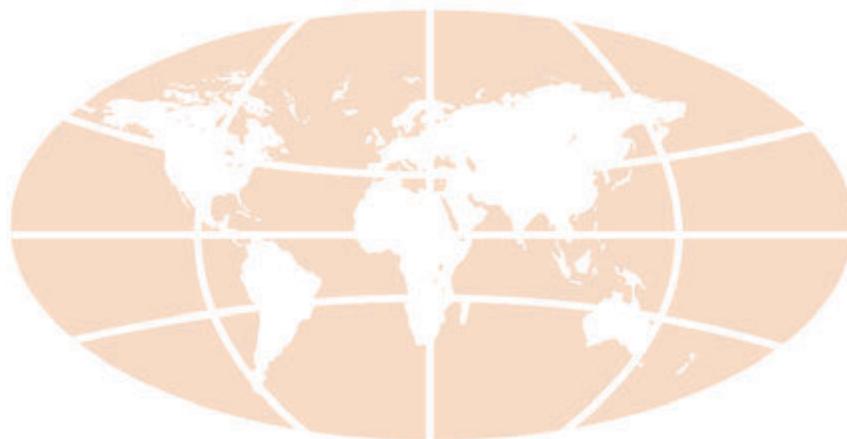
! Грани личности

Александр Леонидович Асеев — доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, председатель Сибирского отделения РАН, вице-президент РАН, директор Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, член Совета при Президенте РФ по науке, технологиям и образованию, Научно-технического совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации. Автор и соавтор 200 научных работ, в том числе пяти монографий и девяти патентов.

Основное направление научной деятельности А.Л. Асеева связано с изучением атомной структуры и электронных свойств полупроводниковых систем пониженной размерности, развитием технологий полупроводниковой микро-, опто- и наноэлектроники. Академиком Асеевым и его сотрудниками изучены атомные механизмы процессов кластеризации собственных точечных дефектов в кремнии и германии, свойства моноатомных ступеней на поверхности кремния. Под руководством и при непосредственном участии А.Л. Асеева разработана технология получения фоточувствительных слоев методом молекулярно-лучевой эпитаксии и технология формирования полупроводниковых структур с квантовыми ямами, использующихся при изготовлении матричных и линейчатых фотоприемных устройств для нового поколения инфракрасной техники, разрабатываются нанотранзисторы, новые типы элементов памяти и силовой электроники.

Академик Асеев — заядлый грибник и хороший лыжник, любит классическую музыку.





НАУКА – гарантия будущего

Юбилеи, круглые даты в науке — прекрасный повод, чтобы оценить пройденный путь, проанализировать сделанное, наметить пути в будущее. Одно из таких событий последнего времени — десятилетие образования Южного научного центра РАН. На это торжество в Ростов-на-Дону приехали ученые из разных регионов страны, коллеги из зарубежья. Руководство академии наук посчитало обязательным прислать своего представителя, чтобы он рассказал, как именно оценивают работу ученых здесь, на юге России.

*Наш разговор с вице-президентом РАН академиком **Александром Дмитриевичем Некипеловым** начался с вопроса о научных центрах Российской академии наук, а продолжился обсуждением положения фундаментальной науки в нашей стране и роли академии наук в ее развитии*



ОБ АВТОРЕ

Владимир Губарев — известный научный журналист, писатель, драматург, лауреат Государственной премии СССР, премии Ленинского комсомола, премий Союза журналистов и Союза писателей СССР, Академии наук СССР и России, а также множества зарубежных премий и наград. Вся его творческая жизнь связана с судьбой отечественной и мировой науки. Много лет будучи научным редактором «Комсомольской правды» и «Правды», он имел возможность встречаться с крупнейшими учеными XX в., участвовать в уникальных экспериментах, быть свидетелем эпохальных событий — от запуска первого человека в космос до мирных ядерных взрывов. Книги, пьесы, кино- и телефильмы, созданные Владимиром Губаревым, широко известны в нашей стране и за рубежом. Его пьеса «Саркофаг» поставлена в более чем в 50 странах мира.

В последние годы Владимир Губарев работает над серией книг с общим подзаголовком «Судьба науки и ученых России». Уже вышло 14 книг этой серии, в последней из которых, под названием «Атомная бомба», впервые представлена подлинная и объемная история создания ядерного и термоядерного оружия в нашей стране. В научной среде известен как заядлый рыбак, считает, что это основная его профессия, а все остальное — хобби.

Культурный шок

— Почему созданию Южного научного центра РАН придается такое большое значение?

— Создание любого крупного научного центра — событие в Российской академии наук. Однако появление Южного научного центра — это особое явление. Его удалось открыть только в начале 2002 г., путь к нему был долг и труден. Тем не менее он был пройден, что укрепило нашу науку не только на юге России, но и в стране. Южный научный центр — это пример реализации многих идей. Фундаментальные исследования здесь постоянно расширяются, и, что очень важно, они находят выход в практику, становятся жизненно важными. Уже всем очевидно, что этот центр — форпост академической науки на юге России. Здесь творческая атмосфера, много молодых сотрудников, патриотов, энтузиастов. Диапазон исследований очень широк, и в этом безусловная заслуга академика Геннадия Григорьевича Матишова, чьи организаторские способности и научный авторитет помогают решать сложнейшие проблемы, и это позволяет нам с уверенностью смотреть в будущее. По исследованиям ученых центра можно представить, как развивается наука не только на юге России, но и во всей стране.

— В России научные центры есть на севере, на Волге, на Байкале. Как вы оцениваете их роль в развитии науки в стране?

— Для страны очень важно, чтобы наука не была сконцентрирована в одном-двух местах, а потому в Советском Союзе и России старались распространить науку по регионам, которые, как известно, у нас разнообразны и неповторимы. Сеть научных центров позволяет в каждом из них решать фундаментальные проблемы. Конечно же, появление таких центров связано и с конкретными учеными, их научными школами.

Для представителей, например, наук о Земле принципиально важно, чтобы такие центры были, и зачастую крупные ученые становились инициаторами их создания. Тот же академик Матишов, о котором мы уже говорили, возглавил Морской биологический институт в Мурманске, работы которого известны во всем мире. Ученые помогают решать сложнейшие проблемы в Арктике, в Мировом океане. Их участие в проектах освоения этих регионов не только повышает эффективность работ нефтяников, геологов, рыбаков, полярников, но и способствует общему повышению культуры, уровня образования людей. Это тоже очень важно для развития общества.



С ректором МГУ В.А. Садовничим на открытии Московской школы экономики МГУ



Вручение диплома в Московской школе экономики МГУ

— Мне посчастливилось бывать в Иркутском научном центре. Раньше Иркутск был городом, окруженным тюрьмами и лагерями. Однако появление в городе научного центра, по мнению многих историков, резко изменило, как говорится, имидж города — теперь он признанный центр интеллигентности.

— Несомненно, такое влияние науки есть. Его невозможно учитывать цифрами, но помнить о нем следует, когда речь заходит о новых научных центрах. Наука — это огромный пласт культуры. Заметил такую особенность. Раньше она меня удивляла, но теперь же нет. В провинции отношение к науке совсем иное, чем в Москве и Санкт-Петербурге. В столицах к науке привыкли, а в регионах понимают, что ее приход — это качественный скачок в жизни людей, а потому к ученым относятся уважительно, «с почтением», как говорили раньше.

Молодым везде у нас дорога

— Что происходит в академии наук? Меняется ли взаимоотношения с властью?

— Отношения полифонические. Вместе нам удалось решить одну из острейших проблем в науке — провести пилотный проект по повышению оплаты труда. С очень низкого уровня — средняя зарплата была 5,5 тыс. руб. — подняли в пять раз. Те позитивные решения, которые были приняты, сразу же повлияли на ситуацию в науке — к нам пошла молодежь. И, что важно, изменилась ситуация с аспирантурой. Если в 1990-х гг. туда поступали молодые люди, чтобы избежать призыва в армию, то сейчас они идут в науку, защищают диссертации. Можно сказать, стоит очередь из желающих попасть в академию. Кстати, у нас в стране никогда не было недостатка в людях, которые хотели посвятить себя науке.

— Но всегда говорилось, что зарплата — не самое главное для ученого.

— Не главное, но необходимое. Если тебе не удастся сводить концы с концами и нечем кормить семью, то научные проблемы уходят на задний план. Повышение зарплаты ученым, безусловно, вызвало ряд кардинальных изменений в науке. Когда мы предлагали этот пилотный проект, то делали это не тайком, а обсуждали на президиуме, в коллективах, советовались с профсоюзами, потому что шла речь и о сокращении ставок на 20%, и т.д. Предлагалось не механическое повышение зарплаты, а комплексное решение многих проблем. Потому и говорили, что в первую очередь нужно купить оборудование, а потом повышать зарплату. Удалось убедить сомневающихся в том, что оборудование без людей никому не нужно. У нас были графики реформ. Планировалось поднимать зарплату ученым в течение трех лет — с 2006 по 2008 гг., а затем должен был произойти скачок в финансировании на следующие два года, чтобы закупить оборудование и начать модернизацию научной базы. Однако никто не мог предвидеть мирового кризиса, который коснулся и нас. Кстати, в академии понимали положение в стране и заверили правительство, что мы переживем кризис за счет внутренних ресурсов. Пережили...



18 мая 2010 г. с председателем правительства РФ В.В. Путиным на общем собрании Российской академии наук



С М.С. Горбачевым



С нобелевским лауреатом по экономике, иностранным членом РАН Эдмундом Фелпсом (США), осень 2012 г.



Во время визита в Московскую школу экономики МГУ им. М.В. Ломоносова с президентом США Джорджем Бушем (старшим), ректором МГУ В.А. Садовничим и ведущим сотрудником «Горбачев-Фонда» П.Р. Палажченко



И.И. Сечин в гостях в Московской школе экономики МГУ им. М.В. Ломоносова; вместе с ним — академик В.В. Ивантер

— И власть о своих обещаниях забыла?

— Нет, не так. За это время люди, которые были против реформ в академии, «перевели стрелки» на другое направление, в сторону от стратегической линии развития. Они вдруг решили, что развитие науки должно быть связано с мощными инвестициями в вузы, а не в академию наук. И мы осуществили первую часть задуманного плана, а потом зависли... 75% средств идут на зарплату, часть денег — на коммуналку, а на материальное обеспечение ничего не остается. Это ошибочное решение. Все мы преподаем в вузах, прекрасно знаем ситуацию в них с наукой, а потому можем говорить вполне определенно, что так дела не делаются. Деньги на науку пошли в вузы, там их надо осваивать, а потому началась настоящая охота за академическими учеными. Полно анекдотических случаев, когда ректоры вузов предлагают ученым институтов дополнительный заработок, но с условием, что они свою работу будут «передавать вузу для отчетности».

Труд ученого сродни труду металлурга

— Не нужно иметь семи пядей во лбу, чтобы понимать: сегодня фундаментальная наука в вузах не может развиваться.

— По крайней мере, для этого потребуется не год, не два, а гораздо больше времени. Представление о том, что не имеет значения, где работает ученый и его группа — в вузе или академии, — ошибочно. Академия — это определенная среда, где люди, коллективы, институты, представляющие даже совсем разные научные направления, существуют вместе; это особая культура отношений, которая складывалась в России почти три столетия. На попытки сломать все это, построить на западный манер просто жалко смотреть.

— Со стороны создается впечатление, что чиновники начали активнее вмешиваться в науку. Зачем? Еще Виталий Лазаревич Гинзбург, наш нобелевский лауреат, предупреждал: оставьте ученых в покое, мы сами найдем разумные выходы из самых сложных положений. Почему к ученым не прислушиваются?

— Этот феномен есть во всем мире. Чиновнику трудно представить, что он деньги выделил, а дальше к ним никакого отношения не имеет, что ученые сами ими распорядятся. Это противоречит их представлениям о жизни, о себе, о своем положении. Раз ему, чиновнику, дали деньги, то он должен контролировать их, определять, куда расходовать. Случаются поистине фантастические вещи. Например, история с ВАК. С одной стороны, говорят, что нам нужна западная модель, где сами институты и университеты присваивают научные звания, где люди прекрасно знают, кто чего стоит. Это одно представление, либеральное. А в реальности это оттеснение научного сообщества от присуждения степеней и званий. Для чего это делается? Неужели только для того, чтобы и эту область полностью взять под свой контроль?! Если ВАК присвоил звание ученому, то он и должен свое решение отменить. Но у нас все иначе: звание присваивает ВАК, а отменяет министерство. Даже в таких мелочах проявляется пренебрежение к научному сообществу. Мы с одним коллегой обсуждали такую идею: а что если установить звания «кандидат наук РАН» и «доктор наук РАН» и самим присваивать их? Причем нам не надо ни с кем согласовывать. Нет никаких сомнений, что уровень будет намного выше, чем у тех государственных учреждений, которые этим занимаются сейчас. Наши доктора и кандидаты будут цениться намного выше и в стране,



Патриарх Алексий и А.Д. Некипелов на конференции, посвященной 600-летию Саввы Сторожевского

и за рубежом. Но таким демаршем мы не исправим положение с присуждением степеней, а лишь поставим в неудобное положение государство, чего нам, естественно, совсем не хочется делать. Некоторые вещи вызывают изумление... Хотя, с другой стороны, во всем мире при финансировании науки государством министерства всегда осторожны, они хотят точно знать, пошли ли выделенные средства на науку или на какие-то иные цели. Безусловно, нужна прозрачность в движении денежных ресурсов, и спорить с этим не следует. Особенно с теми структурами, которые эти деньги выделяют.

— **А каковы «болезненные точки» внутри академии?**

— Есть проблемы, которые не имеют отношения ни к правительству, ни к внешним факторам, они касаются только нас. Это, в частности, восстановление трудовой дисциплины в науке.

— **Что вы имеете в виду?**

— Самое печальное последствие 1990-х гг. для нас — это определенная «вольница», которая тогда появилась. Не было финансирования, и руководство академии приняло решение, которое в тех условиях было верным. Тогда научным сотрудникам сказали: ищите средства существования сами, зарабатывайте деньги любыми способами. Это позволило науке тогда выжить. Ситуация изменилась, можно даже на своем рабочем месте больше заработать, но некоторые люди уже привыкли бегать. Нужно восстановить научную дисциплину. Конечно, это не самая важная проблема в академии наук, есть много других, но все-таки следует стремиться быть примером во всем, в том числе и в трудовой дисциплине. Когда-то бытовало сравнение, что труд ученого сродни труду металлурга, а если это так, то не нужно допускать, чтобы температура в мартенах упала.

Взаимонаправленная активность

— **Так получилось, что вы осуществляете связь между наукой и большим бизнесом, вы и в руководстве академией, и в совете директоров крупнейшей нефтяной компании. «Роснефть» заинтересована в ученых, в их исследованиях?**

— Сейчас много делается для установления более тесных контактов. Даже есть вице-президент, который специально этим занимается. Но я расскажу об одном интересном, на мой взгляд, случае. Было заседание совета директоров в Хабаровске. Тогда президентом компании был С.М. Богданчиков. Однажды мы летели вместе в Москву. Времени было много, и мы обстоятельно поговорили. Вдруг он замечает, что, мол, в стране нет науки, приходится все закупать за рубежом. Говорю: «Как нет науки?», а он в ответ — мол, это известный факт. Тогда я предлагаю ему познакомиться с отчетами академии наук за последние пять лет — они у нас издаются. Точнее, чтобы он поручил своим сотрудникам с ними познакомиться. Там и темы расписаны, и исполнители. На следующий день я послал ему отчеты. Надо отдать должное Сергею Михайловичу: он дал поручения своим помощникам, оказалось, что сразу же более 150 тем их заинтересовали. После этого целую неделю в академии наук мы встречались со специалистами «Роснефти». В результате осталось более 30 программ, и по ним идет работа.

— **Казалось бы, промышленники должны бегать за учеными, ждать от них новшеств, а у нас все наоборот — ученые стараются продвигать свои исследования, но встречают отчаянное сопротивление.**

— Движение должно быть навстречу друг другу, обеим сторонам следует быть активными. Только в этом случае придет успех. Вложения в науку для бизнеса всегда



Со студентами МШЭ МГУ



На лекции в МШЭ МГУ



А.Д. Некипелов на Лихачевских чтениях, которые ежегодно проводит Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов

связаны с риском. Можно выиграть, но можно вложиться в то, что не даст отдачи. В нашей ситуации дело обстоит так: отечественный бизнесмен не заказывает научное исследование на Западе, он предпочитает купить готовую разработку, пусть не самые современные, но работающие технологию и оборудование. Это обеспечит ему высокую прибыль, а риска никакого. И такую тенденцию трудно переломить.

— **А что касается «хорошей» науки там и «плохой» у нас?**

— Сравнивать нельзя. Если бы бизнесмен вкладывал деньги в научные исследования здесь и там, то можно было бы сопоставить результаты. А когда такого нет, то все подобные утверждения голословны.

Свободомыслие и глубина

— **Вы представляете в РАН экономические науки. Почему во власти мало считаются с выводами и рекомендациями академических экономистов, отдавая предпочтение тем, кто выучился в Америке? Откуда пошли утверждения о том, что они лучше знают суть дела, чем наши академики-экономисты?**

— Сложно ответить на такой вопрос. Когда произошел слом старой системы, выяснилось, что экономистов, знающих новую систему, мало. Тут никого винить нельзя. Хочу подчеркнуть, что это ошибочное представление, будто в советское время мы занимались только начетничеством. Это ерунда! Я учился на экономическом факультете МГУ. У нас были выдающиеся семинары по «Капиталу» Маркса — и я благодарен тем людям, которые их вели, потому что они учили нас вещам, которых не хватает нашим западным коллегам.



«Ветеранский» турнир по «быстрым шахматам», организованный Шахматной федерацией России



На атомоходе «Ямал» во время перехода пос. Варандей — Тикси

— **Маркс — прежде всего свободомыслие в экономике...**

— ...и глубина. Одновременно мы изучали и другие экономические теории, хотя некоторые из них были упакованы в критику «буржуазной экономики». Но, тем не менее, мы их изучали! Конечно, какой-то культурный разрыв существовал, но это не была пропасть, которую невозможно преодолеть.

— **Что будет с академией наук, как вам кажется?**

— Уже более десяти лет я нахожусь в руководстве академии наук. И все эти годы приходится доказывать, что наука России нужна, что без нее нет будущего у страны и народа, что в академических институтах и учреждениях работают не жулики, а люди, преданные своему делу. Но те, кто придерживается иной точки зрения, неискаемы. Фантазии, правда, у них маловато. Она держится на двух постулатах. Во-первых, сделаем из академии наук «клуб ученых», передадим институты в министерства и вузы, и на том с академией будет покончено. Во-вторых, пора приструнить академию, превратив в еще одно государственное учреждение, которым следует управлять сверху, т.е. полностью отдать академию в распоряжение чиновников.

— **Кстати, академии наук побаивался даже Сталин. Когда ему предложили стать почетным академиком, он не согласился, опасаясь, что члены академии набросают ему черных шаров.**

— И набросали бы.

— **Спасибо.**

Беседовал Владимир Губарев

! Грани личности

Александр Дмитриевич Некипелов — доктор экономических наук, профессор, вице-президент РАН, директор-организатор Московской школы экономики (МШЭ), член ученого совета МГУ. Автор и соавтор свыше 200 научных публикаций, в том числе двух монографий.

А.Д. Некипелов — ведущий российский экономист. Сфера его научных интересов — теория функционирования экономических систем и управления ими.

Был одним из основателей российско-американской Группы экономических преобразований, которая сыграла важную роль в критике экономической политики, основанной на принципах «Вашингтонского консенсуса», и в разработке альтернативного подхода к системной трансформации.

В конце 1990-х гг. А.Д. Некипелов активно продвигал идею создания государственного «фонда погашения внешней задолженности», который бы аккумулировал средства для того, чтобы страна могла постепенно расплачиваться с внешними долгами, занимался изучением теоретических основ реформ 1990-х гг. в России. Участвовал в совместном научно-исследовательском проекте «Горбачев-Фонда», Фонда «Новая Евразия» и ИНО-Центра «Российские трансформации в контексте мирового развития».

Главный вектор деятельности академика А.Д. Некипелова сегодня — борьба за сохранение РАН как института, в ее классическом виде, и оставление за ней права самостоятельно распоряжаться финансовыми средствами.

Награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, орденом Почета, медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, почетной грамотой Президента РФ.

С детства увлекается шахматами, кандидат в мастера спорта.





энергия БУДУЩЕГО

Метеорит, взорвавшийся над Челябинском, вернул нас в Средневековье и отомстил за неуважение к астрономии.

Космос способен подносить землянам сюрпризы, причем происходит это обыкновенно в самый неподходящий момент.

И сразу же порождает легенды, домыслы, убеждение, что «случилось чудо».

Любое появление кометы или метеорита обязательно связывалось с неприятностями, которые непременно возникнут. Это будут стихийные бедствия, войны, болезни или голод

Римский понтифик отрекся от святого престола, и тут же в купол собора Святого Петра ударила молния. Предзнаменование? Нет? И тогда сразу два метеорита — на Урале и на Кубе, в двух полушариях, — обрушились на человечество. Конец света? Или нечто подобное?

Весь мир обошли кадры, как в одной из школ Челябинска вылетают стекла из окон. Оказалось, пострадали почти все школы города. Может быть, именно это и есть предзнаменование, точнее — плата за невежество наше?

Выяснить мнение академика **Владимира Евгеньевича Фортова** по этому вопросу я решил вовсе не случайно. Он много лет занимался ударами метеоритов и комет, принимал участие в международном проекте «Вега», изучении кометы Галлея, в международном проекте *SL*, изучении ударов кометы Шумейкеров — Леви о Юпитер, в активном эксперименте с кометой Темпеля и в ряде других космических проектов.

Странники Вселенной

— **Не буду скрывать: если где-то что-то взрывается, я сразу же вспоминаю академика Фортова...**

— Это осуждение или комплимент?

— **Просто вы единственный человек, который может объяснить точно и объективно все, что происходит при взрывах, случись они на Земле или в Галактике.**

— Тогда примем это за комплимент.

— **Взорвался метеорит или комета над Челябинском. Сразу появилось много домыслов и предположений, но всю правду знают немногие. В том числе вы. Итак, что там произошло?**



Вручение ордена Почета президентом РФ В.В. Путиным, 2007 г.



Погружение на глубоководном аппарате «МИР» на дно озера Байкал. С Героем РФ, профессором А.М. Сагалевицем, 2010 г.



С римским папой Иоанном Павлом II, 1999 г.

— Это достаточно обычное явление. Физика его понятна. Есть большая статистика, люди анализировали подобные феномены в течение, наверное, 2 тыс. лет. Знаменитая комета Галлея впервые появилась в то время, когда волхвы пришли поклоняться Христу, и на всех картинах, посвященных этому событию, изображена хвостатая звезда — комета Галлея. Так что событие над Челябинском — вполне заурядное явление. Такого рода события происходят раз в два-три года. Другое дело, что это редко случается там, где есть люди, дороги и автомобильные фоторегистраторы. Большинство метеоритов падают в океан. Существует система обнаружения ядерных испытаний, есть система слежения: спутники, которые следят за такими ударами-вспышками. Удары метеоритов и комет с мощностью порядка 15–20 килотонн (это мощность бомбы, сброшенной на Хиросиму) бывают два-три раза в год. Если объект побольше, такой, как Тунгусский метеорит, то он падает на Землю приблизительно раз в сто лет. Кстати, приблизительная оценка мощности Тунгусского метеорита — 50 мегатонн. Это столько же, сколько у «Царь-бомбы», которая была испытана на Новой Земле в 1961 г. На Западе ей дали название «Кузькина мать». Зона поражения при падении метеоритов хоть и большая, но локальная. При взрыве «Царь-бомбы» или падении Тунгусского метеорита она составляет порядка 30 км. Не дай бог, такой объект попадет в Москву, Нью-Йорк или другой крупный город — он перестанет существовать. Такое, конечно, теоретически может случиться, но, повторяю, подобные большие объекты приходят из космоса очень редко. Однако наблюдения за ними ведутся, т.к. реальность подобных трагедий не исключена.

Физика процесса такова: при сверхзвуковом движении тела в плотных слоях атмосферы перед телом возникает ударная волна, грохот от которой слышали жители



С лауреатом Нобелевской премии Ж.И. Алферовым

Урала. Эта ударная волна разогревает и сжимает воздух так, что образуется ярко светящаяся плазма. Именно ее свет был хорошо виден всем наблюдателям. Метеорит летит в верхних слоях атмосферы со своим красивым огненным хвостом и погружается все глубже в атмосферу. Давление нарастает, метеорит взрывается. Это и видели жители Челябинска, а благодаря их съемкам — все жители Земли. Конечно, там нет никаких ядерных материалов, а потому метеорит не оставляет радиоактивных осадков, чего многие боялись. Небесные тела могут состоять из прочных пород с включением железа, и тогда у них есть шансы долететь до поверхности. Но чаще всего они состоят из малопрочного льда, а потому гибнут в верхних слоях атмосферы. Кстати, комета Галлея состояла из льда, и нам повезло подобраться к ее ядру — это был уникальный космический проект, когда два аппарата изучали эту страничку Вселенной. По-моему, это был последний столь эффектный и успешный советский космический эксперимент.

— **То, что произошло над Челябинском, наблюдалось не только с Земли, но и с орбит, значит, можно контролировать ситуацию?**

— В том случае, если речь идет о крупных объектах. Кстати, можно ли от них защитить Землю? Эта проблема возникла в США во времена Рейгана, т.е. в начале 1980-х гг. Тогда он много сил потратил на программу звездных войн. Программе было обеспечено научное сопровождение, в том числе и знаменитым физиком Эдвардом Теллером, тем самым, что создал в Америке термоядерное оружие. Я с ним встречался. Ученые тогда пришли к выводу, что идея звездных войн политически красивая, но технически трудно реализуемая. В СССР появились желающие втянуться в соревнование с американцами, но, к счастью, благодаря Евгению Велихову, Роальду Сагдееву, Андрею Кокوشину и другим удалось

дать правильную оценку этому проекту. Было понятно, что модель звездных войн лишена перспективы. Она сошла на нет и в США, но тогда Теллер придумал борьбу с астероидами. Мол, надо использовать ядерные арсеналы и системы наблюдения, которые создавались для контроля ядерных испытаний, для защиты человечества от астероидов. Была создана рабочая группа ООН, в которую вошел и я. Она была под зонтиком ООН. Нас принимал Генеральный секретарь ООН, мы давали разные отчеты, проводили конференции. Наши расчеты показали, что вне зависимости от того, куда ударит космический объект, если его размер больше 5 км, то все живое на Земле будет уничтожено. Объект обладает колоссальной кинетической энергией, она равна миллиону мегатонн. Возникнет большой кратер, огромное количество пыли поднимется вверх, и она окутает всю планету. А если объект попадет в океан, то возникнет гигантская волна — цунами высотой порядка 5 км. Это цунами будет медленно затухать, раз за разом огибая земной шар...

— **Хорошенькая перспектива! И что делать?**

— Реально ничего сделать нельзя, хотя объект большой и его можно обнаружить за год-полтора до прилета. Предлагалось послать туда ракету с ядерным зарядом. Однако он должен иметь мощность свыше миллиона мегатонн. Таких зарядов сейчас нет, и создать их проблематично. К тому же надо сделать гигантскую ракету, способную доставить такой заряд до астероида. И это тоже проблематично, тем более необходимо держать такую ракету с гигантским зарядом на космической орбите. В общем, идея защиты Земли от астероидов в то время реального продолжения не имела.

Экстремальное состояние

— **Понятно, что вывод не только важен, но и аргументирован, поскольку его сделали серьезные исследо-**



С президентом Санкт-Петербургского политехнического университета академиком Ю.С. Васильевым

ватели. На столе вижу монографии «Экстремальное состояние вещества» и «Физика ядерного взрыва» — это итоги такой работы?

— Первую из них я написал по мотивам моих лекций студентам МФТИ. У второй много авторов. В обеих книгах речь идет о поведении вещества при сверхвысоких температурах и давлениях. Если оставить в стороне темную материю и энергию, то 98% вещества во Вселенной находятся в сильно сжатом и разогретом состоянии. Мы с вами, живущие при температуре 18°C и давлении в одну атмосферу, представляем собой исключение. А внутри планет господствуют высокие давления и температуры. Поэтому именно такие экзотические для нас, но типичные для остального мира условия мы и изучаем.

— А откуда же из холодного пространства образовались столь горячие звезды?

— Действуют два механизма. Первый — гравитация. Представьте, в вашем распоряжении много пылинок. По каким-то причинам возникает рост их плотности, гравитационное поле начинает расти, пылинки собираются воедино. Вещество начинает падать на центр притяжения. На определенном этапе включается второй механизм, который называется термоядерное горение. Если взять периодическую систему, то половина



С президентом НИЦ «Курчатовский институт» академиком Е.П. Велиховым

ее — это легкие элементы, начиная с водорода и до железа. При слиянии они выделяют энергию. Эти термоядерные реакции идут при экстремально высоких температурах — многие сотни миллионов градусов. Они-то и питают энергией звезды во Вселенной.

— А как для вас началось это увлечение звездами?

— Я попал на Физтех, а там в базовом институте НИИ-1, в котором мы проходили практику, разрабатывался ядерный ракетный двигатель. Надо было делать ракету, которая должна летать на большие расстояния, но возможности химического топлива ограничены. Была предпринята попытка уйти от химической и перейти к ядерной энергии. Ведь ядерная энергия в миллионы раз эффективнее химической. Еще до моего поступления на Физтех знаменитые «три К» — Курчатов, Королев и Келдыш — решили построить ядерный ракетный двигатель, который должен повезти нас на Марс и который позволит маневрировать над планетой. Короче говоря, у нас появятся неограниченные возможности полетов в космос. Возникли два направления. Первое вот такое: вы берете обычный твердотельный реактор, по его каналам прокачивается и нагревается водород. Второе направление — более экзотическое. Надо сделать плазменный цилиндр из урана. Водород будет обтекать его, нагреваться он будет излучением и появятся высокие температуры порядка 10–20 тыс. $^{\circ}\text{C}$. Как известно, чем выше температура, тем эффективней работа двигателя. Такая машина создавалась в обстановке большой секретности, и я попал в эту группу. Мы начали работать, но вскоре выяснилось, что для работы реактора необходима плазма высокой плотности. А в плотной плазме взаимодействие между частицами очень сильное. Отсюда возникло новое научное направление — физика неидеальной плазмы. Так что не только фундаментальная наука стимулирует прикладную, а и наоборот — из потребностей практики возникает новая интересная наука.

Научно-спортивный интерес

— **Страсть к полетам появилась тогда или раньше? Я имею в виду пилотирование истребителей.**

— Я родился и вырос на военном полигоне в Ногинске. Это был филиал Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны. Мой отец работал инженером по вооружению. Основное время мы, школьники, проводили на аэродроме. Было безумно интересно. Самолеты непрерывно взлетали и садились. Есть там авиационная помойка. Аварии случались очень часто. Почти каждую неделю хоронили по экипажу. Мы это хорошо запомнили, потому что пионерам надо было надеть галстук и стоять в почетном карауле. Ну а на свалке было много обломков самолетов, и мы находили удивительные вещи. Я впервые увидел там полупроводники, которые мы выколупывали из бортовых радиостанций. Ну и многое другое находили. Естественно, что мы мечтали летать. Когда мне представилась такая возможность, я это и делал.

— **Академик — летчик-любитель, восхождение в район Эвереста, погружение в батискафе, плавание на атомной подводной лодке, плавание под парусами через океан: мыс Горн — мыс Доброй Надежды... В общем, академик-экстермал. Это странно, не так ли?**

— Просто появляется возможность, и я стараюсь ее использовать. Надо сказать, что в 1960-е гг. за школьниками охотились. Тренер по стрельбе, тренер по баскетболу, тренер по легкой атлетике — все приходили в школу и агитировали идти к ним. Сейчас этого нет. Это очень важно, потому что спорт дает многое. Если у меня что-то трудно идет, то скорее всего я на правильном пути. К этому меня приучил спорт. В жизни человек должен дойти до края своих возможностей. Ведь человека судят не по его достижениям, а по его ошибкам. Если человек что-то делает и не ошибается, то он это делает не в полную силу, он бережет себя. А если он ошибается, а потом идет дальше, то он на верном пути. Такую мысль в свое время высказал академик Лев Андреевич Арцимович.

— **И где было тяжелее всего?**

— Что вы имеете в виду?

— **Вот фотографии гор: там было тяжело?**

— Работает такое правило — вне зависимости от того, куда идешь, на Южный полюс или на Северный, на Эверест пытаешься залезть или опускаешься на дно океана: если вы чувствуете, что риск вероятности неудачи более 10%, то это авантюра, надо отказываться.

— **С таким же ощущением пересекали под парусом Атлантику?**

— Нас было пятеро. Начали свой путь чуть южнее Кубы и Ямайки. Там много бухт — идеальное место для яхтсменов и пиратов. 26 ходовых дней, и мы оказались на севере Шотландии.

— **Были тяжелые, а потому страшные дни?**

— Я бы не сказал. Даже в сложных условиях нам было понятно, что надо делать.

— **Удалось спуститься на дно Байкала?**

— У меня был научный интерес. Там есть гидраты, они образуются под водой при определенных давлении

и температуре. Они похожи на снег. Таких гидратов на Земле много, больше, чем обычных нефти и газа. В принципе, добывать их и использовать — это серьезная энергетическая проблема. Увидел своими глазами с помощью специальной установки, как образуются эти гидраты и как пропадают. Первые появились на глубине порядка 80 м, потом их все больше и больше, а глубже километра они пропадают.

— **Это будущее энергетики?**

— Скорее всего да. Одно из будущих.

— **Во время выборов президента РАН, как известно, вы были одним из кандидатов. Помню, вы опубликовали свою программу. Вы уступили академику Осипову со счетом 40/50. Что из вашей программы удалось осуществить?**

— За это время в академии мы выполнили несколько крупных программ. В частности, одна из них связана с РЖД, другая — с Минатомом. Удалось объединить прикладные вещи с фундаментальной наукой, и это позволило получить уникальные результаты мирового класса. Я отметил бы еще одну работу, связанную с плазменным кристаллом. Очень давно люди обращали внимание на то, что при определенных режимах плазма ионизируется. Это экзотика, поскольку в природе плазма ведет себя беспорядочно, а тут она выстраивается определенным образом, т.е. образуются плазменная жидкость и плазменный кристалл. Мы работаем вместе с электронщиками и физиками Института им. Макса Планка на борту Международной космической станции. Кстати, сейчас, когда мы с вами беседуем, космонавты ведут очередные эксперименты по плазменному кристаллу. Результаты получаем очень интересные. Я бы особо отметил открытие учеными ВНИИЭФ и РАН предсказанного академиком Е.П. Велиховым плазменного перехода при давлении около 1 млн атмосфер. Мы развернули широкие контакты с международным научным сообществом. Сегодня ситуация в науке быстро меняется. С одной стороны, во всем мире наблюдается дефицит



С космонавтами Уильямом Шепердом (США), Юрием Гидзенко и Сергеем Крикалевым. Эксперимент «Плазменный кристалл», 2000 г.



С профессором С.П. Капицей



С королем Швеции Карлом XVI Густавом.
Шведская инженерная академия, 2004 г.



Вручение мантии почетного профессора Санкт-Петербургского политехнического университета, август 2012 г.

принципиально новых идей. Об этом много писал С.П. Капица. С другой стороны, сегодня ощутим острый кадровый голод. Мы мало привлекаем молодых. Это уже жизненный вопрос, и он касается судьбы нашей науки.

— Что еще заботит?

— Большая опасность в том, что за последние годы расцвела пышным цветом бюрократия в науке. Это что-то поразительное! Фундаментальная наука всегда отличалась профессионализмом. Ученый формировался по ступенькам: научный сотрудник, кандидат наук, доктор и т.д. И по этим ступенькам надо было обязательно пройти, прежде чем ты станешь авторитетным человеком в науке — автором книг, хороших работ и т.д. И тогда ваше мнение, совет, выбор становятся важными и решающими. Лучше ученого этого сделать никто не может. Так принято во всем мире. Но у нас все стало по-другому! Зачастую люди, далекие от научной работы, берутся судить о сугубо профессиональных научных материях. Парадокс! Или такой пример бюрократии. Я как директор института имею бюджет порядка 8 млрд руб. в год и распоряжаюсь судьбой 1,3 тыс. человек, но, чтобы купить несколько десятков паяльников по 40 рублей за штуку, должен провести конкурс, написать пачку бумаг, которые никому никогда не потребуются. А вам я покажу копию одного документа. Это всего страничка, написанная рукой академика Харитона. На ней техническое задание на создание атомной бомбы. Этой странички хватило для того, чтобы создать атомную промышленность Советского Союза, обеспечить успешную работу ученых, которыми руководил Юлий Борисович. Одна страничка в прошлом — и горы бумаги сегодня! Получается, что тогда ученым доверяли, а сейчас нет?

— Чиновники всегда чувствуют, что перспективно, а потому и прилипают сегодня к науке. Это должно нас радовать: значит, на судьбу науки имеет смысл смотреть оптимистично?



Пересечение Атлантического океана на парусной яхте, 2011 г.



Министр науки и технологий РФ, 1996–1997 гг.

— Такое отношение чиновников тормозит наше движение. Что греха таить, сегодня наши ученые многие препараты, реактивы, а подчас и приборы возят к себе в лаборатории в своих чемоданах, потому что годы уходят на их получение по официальным каналам. Про это много и правильно говорили нобелевские лауреаты Константин Новоселов и Андрей Гейм. Все должно быть иначе. Помню, шли мы с Николаем Николаевичем Семеновым, нашим нобелевским лауреатом, по корпусу нового института. Он увидел табличку на двери бухгалтерии: «Прием ученых с 9:00 до 12:00». Он просто пришел в ярость. Я никогда его таким не видел. «Вы для кого работаете?!» — кричал. Ученый должен быть в центре внимания, на него должны все работать, а не он на чиновников. Сейчас пирамида перевернута.

— **Нынешнее состояние РАН вызывает тревогу?**

— Я убежден, что академия наук — лучшая система для проведения фундаментальных исследований. Так получилось, что я поработал и в «ящике», много сотрудничаю с вузовской наукой, знаю академию изнутри, а потому могу вполне ответственно сказать, что академию наук, конечно же, надо сохранять и укреплять. И надо ясно понимать, что мы добьемся конкурентоспособности на мировом рынке только в том случае, если изменения в академии будут осуществлять сами ученые, конечно, при заинтересованной поддержке сверху. Любое реформирование по другим сценариям приведет к плохим результатам.

— **Делаю вывод: вы оптимист!**

— Жорес Иванович Алферов по этому поводу говорил так: «Конечно, оптимист, потому что все пессимисты уехали...»

Беседовал Владимир Губарев

! Грани личности

Владимир Евгеньевич Фортов — доктор физико-математических наук, профессор, академик. В 1993–1997 гг. — первый председатель Российского фонда фундаментальных исследований, в 1996–1998 гг. — заместитель председателя Правительства Российской Федерации, министр науки и технологий, в 1996–2001 гг. — вице-президент Российской академии наук, с 2002 г. по настоящее время — академик-секретарь отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН. С января 2007 г. возглавляет Объединенный институт высоких температур РАН. В 1998–2005 гг. — председатель комиссии РФ по делам ЮНЕСКО. С 2012 г. — главный редактор журнала «В мире науки / *Scientific American*». Автор около 500 научных работ и 40 монографий, переведенных на иностранные языки.

В.Е. Фортов — известный и активно работающий ученый в области энергетики, теплофизики, сильных ударных и детонационных волн, физики плазмы и физической механики. Научные исследования академика имеют фундаментальное значение для развития импульсной и промышленной энергетики, космической физики, управляемого термоядерного синтеза, ракетной техники и ряда специальных приложений.

Участник ликвидации аварий на Чернобыльской АЭС и Саяно-Шушенской ГЭС.

В 2007 г. В.Е. Фортов был членом Высокоширотной арктической глубоководной экспедиции на Северный полюс, а в 2008 г. — Международной антарктической экспедиции на Южный полюс и Полюс относительной недоступности. В 2010 г. опускался на дно озера Байкал в рамках Международной научно-исследовательской экспедиции «Миры на Байкале». Призер чемпионата СССР по парусному спорту, обошел на яхте мыс Горн и мыс Доброй Надежды, пересек Атлантический океан. Увлекается горными лыжами, теннисом, пилотированием и экстремальными путешествиями.



Становой хребет НАУКИ



Дискуссии нынче в моде. Споры идут по любому поводу, в них участвуют политики и бизнесмены, актеры и телеведущие. Причем последние любят нравоучения и излишне щедры на них. Так случилось и на тот раз, когда меня пригласили на теледискуссию об особенностях народа, населяющего Урал — «становой хребет России», как любят о нем говорить. Не буду повторять, что говорилось: глупостей, как обычно, мы высказали немало, сути не прояснили, но все-таки одна фраза запомнилась. Прозвучала она так: «Урал может гордиться упрямством Ельцина — он шел к власти, уничтожая все на своем пути. И это главная черта уральцев!»

У меня много друзей на Урале, а потому слышать подобное было неприятно. А может быть, я ошибаюсь? Поэтому наш разговор с председателем Уральского отделения РАН академиком **Валерием Николаевичем Чарушиным** я начал с выяснения именно этого животрепещущего вопроса.

Испокон Демидовых

— **Упрямство** — главная отличительная черта уральцев?

— Пожалуй, нет. Главная — работоспособность.

— **Теперь я понимаю, почему вас называют «главной научной рабочей лошадкой на Урале».**

— Я не слышал.

— **Но это справедливо, ведь вашей работоспособности можно лишь позавидовать: и огромная организационная работа, и руководство уникальным отделением академии наук, и комплекс научных исследований, которые вы не прекращаете...**

— В этом ничего нет удивительного: так работают все члены академии, стоящие во главе институтов и учреждений РАН. Это традиция нашей академии, и за все 300 с лишним лет ее существования иначе не было.

— **Согласен. В таком случае вернемся к Уралу. В минувшее десятилетие с наукой в стране было плохо — так все говорили, — а на Урале хорошо, поскольку появлялись новые институты, развивались научные центры. Почему так происходило?**

— Я не сказал бы, что у нас так уж все идеально: проблем, причем наисложнейших, немало, но тем не менее наука действительно развивалась. Может быть, это связано как раз с уральскими традициями. Нет, не с упрямством, о котором вы упомянули, а с особыми отношени-

ями с органами власти, предприятиями, университетами, с постоянной заботой о развитии науки. Например, те же Демидовские премии стали символом Урала, и это заслуга не только Уральского отделения РАН, но и промышленников, и руководителей края.

— **А почему эта премия стала символом?**

— Наверное, этот вопрос следует адресовать Павлу Николаевичу Демидову.

— **Юмор оцениваю, но я имею в виду наше время. Демидовская премия стала, на мой взгляд, одной из высших наград академии. Разве не так?**

— Действительно, она воспринимается как наиболее престижная именно в научной среде. Демидов обогнал время, потому премия его имени появилась раньше Нобелевской. Почему такое случилось? Урал демонстрировал техническое совершенство в глобальном плане. Мы и сегодня восхищаемся памятниками технического зодчества. Демидовские заводы отнесены к памятникам ЮНЕСКО, что закономерно, ведь они представляют собой прекрасное воплощение «технической архитектуры». Звучит сие непривычно, но точно отражает суть происшедшего. Это были не просто какие-то кустарные заводы по выработке железа, а лидеры развития. Железо, полученное на них, находят в Лондоне, где оно стоит на крышах многих домов, в других странах. Сегодня мы активно разыскиваем подобные факты в связи с подготовкой выставки ЭСПО-2020. Вспоминаем свою историю, начиная от велосипеда Артамонова, паровоза братьев Черепановых, литья в Каслях и многого другого, что возникло на Урале. Тяга Демидовых к производству совершенного оружия, в котором тогда так нуждалась Россия,

воплотилась в создание технически совершенных производств, и в металлургии в те времена Демидовым не было равных. Они лидировали на мировом рынке.

От железа до атома

— **Надеюсь, от Демидовых осталась не только премия. Чем вы можете сегодня гордиться?**

— Опыт Демидовых ценен тем, что поддерживались инициатива, творчество, изобретательность. И этот дух жив на Урале. Великая Отечественная война, конечно, придала развитию Урала новый импульс. Наш край принял тогда все лучшее, что было в стране. Сюда эвакуировались сотни заводов, театры, научные учреждения. Это дыхание прошлого ощущается сегодня в полной мере, поскольку очень многие люди, приехавшие сюда в те грозные годы, стали настоящими уральцами.

— **Итак, чем же можно гордиться сегодня?**

— Есть достижения во многих областях. Например, на днях на президиуме был доклад по магнитной гидродинамике Петра Фрика из Института механики сплошных сред, который находится в Перми. И, по-моему, все убедились, что сегодня Пермь — один из признанных центров науки России и, бесспорно, один из мировых лидеров в этой области. В свое время в СССР было несколько центров по развитию гидродинамики, но после распада Советского Союза они оказались за пределами России. Сегодня в Перми проводятся международные конференции, ученые признаны во всем мире, прекрасные контакты установились с западными коллегами, в частности со специалистами из Франции. Круглые столы, которые проводятся в Перми, показывают, что фундаментальные



Выступление на круглом столе УрО РАН с учеными Великобритании в День науки в Екатеринбурге



Вручение Государственной премии. Москва, Кремль, 12 июня 2012 г.

исследования по магнитной гидродинамике имеют огромное значение в практике. Ну, например, те же насосы для перемешивания жидких металлов, таких как натрий, скандий, которые используются в атомной промышленности. Производство редкоземельных металлов имеет ряд особенностей, и всевозможные магнитные перемешиватели — это результат фундаментальных исследований. В общем, приложения магнитодинамики распространяются от жидких металлов до галактик. И в докладе Фрика это было продемонстрировано весьма убедительно.

— Наука в Перми поднимается стремительно?

— Безусловно. Те же знаменитые «Пермские моторы» широко используют результаты исследований наших ученых. Ряд приборостроительных компаний тесно с нами сотрудничают. Урал вообще насыщен высокотехнологическими предприятиями. И их взаимодействие с Уральским отделением РАН — одна из наших стратегических линий развития, причем приоритетных. На Урале находится половина закрытых городов России, здесь сосредоточена атомная промышленность страны.

Взлетная полоса «Боинга» начинается на Урале

— Значит, в прошлом Урал — это Демидовы, металлургия, а сейчас — это основа ядерно-ракетной мощи России, не так ли?

— И преувеличения в этом нет! Кстати, создаем в Миссе, где находится мощный ракетный центр, новый отдел — аэрокосмический. Решение об этом уже принято. Делаем это вместе с Южно-Уральским государственным университетом. В недрах его у нас есть несколько лабораторий. Таким образом мы стараемся укрепить и развить интеграцию академической науки с образованием. Нам надо работать вместе!

— Оборонных центров и институтов на Урале всегда было много...

— До 70%.

— Как вы сегодня с ними взаимодействуете?

— Движение двустороннее. Предприятия военно-промышленного комплекса в 1990-х гг. замерли на мгновение, которое растянулось на десятилетие. Они ждали и надеялись, что все скоро изменится и вновь пойдет государственное финансирование. Однако в какой-то момент они поняли, что все зависит только от них, надеяться не на кого, нужно быть конкурентоспособными. Замечания из Москвы от министерства обороны шли просто шокирующие: мол, та техника, которую они делают, морально устарела и никому не нужна. На предприятиях поняли, что нужны новые принципы, новые материалы, новые технологии, следовательно, нужно теснее сотрудничать с учеными, с наукой. Академия наук (как бы ее ни ругали!) сегодня — главная научная организация страны, и поэтому промышленники тянутся к нам. На Урале есть крылатое выражение: «Взлетная полоса “Боинга” начинается у нас». 30% титана и сплавов делается на Урале.

— Значит, и Америка теперь в зависимости от Урала?

— В определенной степени — да! Если по каким-то причинам поставки с Урала прекратятся, то треть мирового рынка авиации обрушится. Точно так же если наши атомграды введут эмбарго на ядерное топливо, то атомным станциям в США придется весьма туго. На Урале оказались предприятия, которые имеют огромное значение для развития экономики страны и мира, и это объективная реальность. А потому у нас десятки партнеров в разных точках планеты, и они заинтересованы в сотрудничестве. Это очень важно для развития науки на Урале.



Приветствие студентов УрФУ в День знаний, 1 сентября 2010 г.



С президентом РАН Ю.С. Осиповым и вице-президентом РАН Г.А. Месяцем перед церемонией вручения Демидовских премий

Международный авторитет

— Не хочу создавать представление, что Урал — это только военно-промышленный комплекс, хотя его роль, безусловно, велика. Однако есть и иные достижения, которые справедливо оцениваются чрезвычайно высоко. В частности, на высшем уровне. Я имею в виду Государственную премию России, которую президент вручал за выдающееся достижение в науке. И это происходило в Кремле. Вам понравилось?

— Мы — мой учитель академик Олег Николаевич Чупахин и я — получали эту премию вместе с академиком Борисом Александровичем Трофимовым из Иркутска. Мы считаем, что этой премией отмечено все наше научное сообщество, все ученые, которые работают в области органического синтеза. Традиции этой области химии в России чрезвычайно высоки. Корни ее — в Казанской химической школе, знаменитой на весь мир. Так сложилось, но именно Казанский университет стал той благодатной почвой, на которой поднялась органическая химия, и выпускники этого университета стали родоначальниками нового направления в науке.

— Не только в науке. И в общественной жизни выпускники Казанского университета добились выдающихся успехов.

— Сейчас мы говорим об органической химии. Начиная со студенческой скамьи я работал с академиком Чупахиным, занимался фундаментальными проблемами. В то время мы могли себе позволить изучать механизмы действия органических реакций: как можно, например, замещать атом водорода и т.д.

— Не странно ли: в университете вы занимались фундаментальными исследованиями, а когда перешли в академию наук — прикладными?

— Противопоставлять одно и другое не следует. Мы по-прежнему занимаемся фундаментальными проблемами, и это наша генеральная линия. Более того, наконец-то,

спустя 40 лет, мы достигли признания важности того, чем занимались все это время. Вместе с Олегом Николаевичем мы выступаем сейчас в роли редакторов монографии, которая посвящена как раз нашей области химии. Книга выйдет в Германии. Авторский коллектив — международный. Это безоговорочное признание авторитета уральской школы химиков.

Совершенству есть пределы

— На протяжении последних 20 лет много раз говорили о деградации российской науки, но, как мне кажется, ситуация постепенно меняется. Сегодня так утверждать уже нельзя?

— Пожалуй. Говорили, что нет молодежи в науке и она к нам не идет. Мол, все, кто мог, уже уехали. Но сегодня реальная картина иная, она постепенно меняется. Я постоянно с этим сталкиваюсь не только на Урале. Довольно много молодежи идет в науку, и в некоторых институтах уже поговаривают о том, что в льготах следует остановиться. За последние пять лет на Урале мы выдали более 300 сертификатов на приобретение жилья, около сотни квартир отдали молодым, т.е. обеспечили жилплощадь более трети из тысячи научных сотрудников, которые у нас работают. Кадровую молодежную политику мы проводим в последние годы очень активно. Выдаем десятки видов грантов на исследования, зарубежные поездки — на конференции, учебу, практику и т.д. Это специальные гранты для молодежи. И мы уже сталкиваемся с иной проблемой: молодой человек живет в неких тепличных условиях, приходит «критический возраст» — 36 лет, и он вдруг начинает ощущать, что все кончилось. Определенное время мы — академия наук и правительство — активно поддерживали молодежь; наверное, надо продолжать и сейчас это делать, но пора понять, что мы подошли к определенному рубежу, когда нужно меньше опекать молодых, спрашивать с них больше... Мы еще выдадим 100 сертификатов в этом году на Урале,



Посещение Хабаровского научного центра (на Амуре)



В лаборатории ИОС им. И.Я. Постовского УрО РАН. Слева — вице-президент РАН академик С.М. Алдошин, справа — руководитель группы П.А. Слепухин



С директором Института органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН академиком М.П. Егоровым

и проблема обеспечения жильем молодежи у нас будет закрыта. Все, кто имеет право, его получили.

— **Вам завидуют в других отделениях РАН?**

— Отчасти да. У нас стоит очередь из желающих попасть в тот или иной институт. Иное дело в Москве, там соблазнов у молодых больше. У нас нет сегодня проблем с молодежью. Средняя зарплата аспиранта в институте — 27 тыс. руб., а у научного сотрудника — более 50 тыс. В регионе же средняя зарплата — 25–27 тыс. руб. Так что призыв президента, высказанный в одной из его предвыборных статей, к тому, чтобы к 2018 г. зарплата научного сотрудника превышала в два раза среднюю по региону, в ряде институтов на Урале уже реализован.

— **Естественен вопрос: оправдывают ли ученые те средства, которые тратит на них государство?**

— В целом да, но не во всех институтах и центрах, конечно. Надо признать, что мы имеем сложную картину. Есть институты, занимающиеся фундаментальными исследованиями и не уделяющие



С молодежью перед зданием Уральского университета — научная школа академика О.Н. Чухаина



С лауреатом Нобелевской премии профессором Акирой Судзуки и академиком О.Н. Чупахиным, Казань, 2011 г.

прикладной составляющей никакого внимания, считая, что их должно обеспечивать государство. Такие институты оказываются в более сложном положении, чем те, в которых гармонично сочетаются фундаментальные и прикладные исследования, поскольку они создают для сотрудников более привлекательные условия. И по зарплате, и по условиям работы, потому что оборудование приобретается не только на бюджетные деньги, но и на заработанные. По сути дела, бюджетных денег зачастую хватает только на зарплату, а остальные приходится добывать. Нужно искать золотую середину, и в каждом институте, на каждом направлении соотношение тех и других исследований свое. Общих рецептов нет. Если люди занимаются, например, проблемами языка, культуры народов региона, то им трудно получить какие-то дополнительные средства. Да и международные гранты на такого рода исследования не выделяются, т.к. они имеют значение только для конкретного региона. У нас есть, например, Институт языка и литературы Удмуртии. Понятно, что он необходим для тех, кто там проживает. И это надо должным образом понимать, следовательно, науке необходимо выстраивать диалог с властью, чтобы руководители тоже понимали, насколько важна наука, которая напрямую доходов не приносит, но имеет огромное значение в развитии культуры того или иного народа, да и России в целом. В УрО РАН значительная доля таких институтов, и их специфику необходимо учитывать. Нельзя ставить знак равенства между, например, Институтом физики металлов в Екатеринбурге и Институтом физиологии природных адаптаций в Архангельске. У первого — огромное поле для взаимодействия с промышленностью, а у второго — конкретные задачи, связанные с адаптацией человека к жизни и работе в условиях Севера. Понятно, что финансовые возможности у институтов разные, и это обязательно нужно учитывать.

Голод не наука

— **Каковы планы на будущее? В частности, какова судьба грандиозного проекта «Урал Промышленный — Урал Полярный»?**

— Проект трансформируется, поскольку проблемам Арктики сегодня начинают уделять больше внимания, чем раньше. Мы начинаем взаимодействовать с Сибирским отделением РАН, с региональными центрами. У нас много точек соприкосновения, и мы можем дополнять друг друга. Мы расширяем арктическую проблематику в Архангельске, у нас имеется исследовательская станция в Салехарде. Низовья Оби — уникальная местность: огромные рыбные запасы, редчайшие ландшафты, удивительная природа. Наш Институт экологии растений и животных много лет занимается исследованиями в этом регионе. Они начались сразу после образования Восточно-Уральского радиоактивного следа, велись комплексно — есть даже специальный сектор в институте. Наши ученые хорошо знают эти территории, а потому, когда начали обсуждать проект «Урал Промышленный — Урал Полярный», они стали бить тревогу, т.к. должным образом не был оценен ущерб, который будет нанесен при прокладке железной дороги. Дело в том, что будет коренным образом изменена жизнь всего бассейна Оби, и это нужно рассчитать более точно, а потом уже принимать конкретные решения. К сожалению, сегодня взаимодействие РАН и властных структур недостаточно. В правительстве должным образом не прислушиваются к голосу научного сообщества. Убежден, что любые крупные правительственные решения, связанные с развитием того или иного региона страны, должны обязательно приниматься с детальной экспертизой академической науки.



На выставке в Шэньяне (Китай). Слева направо: академик Э.С. Горкунов,

— Бытовало мнение, что Россия может обойтись без академии наук, и некоторые члены правительства это даже заявляли публично. Что вы можете сказать по этому поводу?

— Я сказал бы так: бытовало поветрие, что научную сферу нужно перестроить по западному образцу, т.е. всю науку сконцентрировать в университетах. Впрочем, даже не поветрие, а в последние годы и политика, которую проводили чиновники. Мы ее, конечно, не воспринимаем, потому что лучше них понимаем, что без академической науки развитие страны просто невозможно. Хотим мы этого или нет, но так сложилось в России: более половины научной продукции создается в институтах академии наук. Я привожу такой пример: уберите из МГУ 200 членов академии наук, исключите институты РАН как исследовательскую базу для студентов, магистров и аспирантов университета, и он, поверьте, в значительной мере утратит свои позиции.

— Да и создавались университет и академия наук вместе!

— Ну и что к этому можно добавить? Причем ни в прошлом, ни в советские времена средств на науку никогда не жалели, ибо понимали ее значение в жизни страны. Да и ученые находились в привилегированном положении — их не только обеспечивали в материальном плане, но и уважали в обществе.

— Я подумал о том, что наука может развиваться только в богатстве, в нищете она жить не может.

— Наука всегда была уделом людей обеспеченных, потому что позволить себе ею заниматься может только тот человек, который не должен думать о хлебе насущном. ■

Беседовал Владимир Губарев



С.Н. Горкунова, В.Н. Чарушин, академик В.П. Матвеевко



В Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН

! Грани личности

Валерий Николаевич Чарушин — доктор химических наук, профессор, академик РАН, председатель Уральского отделения РАН, директор Института органического синтеза им. И.Я. Пастовского, известный специалист в области органического синтеза, гетероциклической и медицинской химии, соавтор более 500 работ, в том числе семи монографий и более 40 патентов.

В.Н. Чарушин внес существенный вклад в развитие новых методов органического синтеза, в химию азагетероциклов, в том числе фторсодержащих, в развитие новых методологий синтеза конденсированных систем на основе тандемных реакций, а также в изучение механизмов реакций и трансформаций гетероциклов с помощью ЯМР-спектроскопии и ^{15}N -изотопных меток. Работы В.Н. Чарушина последних лет связаны с направленным синтезом высокоэнергетических соединений, эффективных комплексообразователей и биологически активных веществ. При его участии выполнен полный цикл работ по доклиническому изучению оригинального противовирусного препарата триазавирина, обладающего способностью защищать на 60–90% от ряда опасных для человека и животных вирусных инфекций, в том числе вируса гриппа птиц H5N1 . Препарат успешно прошел I и II фазы клинических испытаний и зарегистрирован в Государственном реестре субстанций (2012).

В.Н. Чарушин — почетный гражданин Екатеринбурга, награжден медалью Ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, Орденом Почета, Орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, его работы отмечены Государственной премией России в области науки и технологий.

Академик Чарушин увлекается автотуризмом, много ездит по миру. В поездках его главный спутник — фотоаппарат. Ученый и фотохудожник уже давно планирует провести выставку своих работ, но катастрофически не хватает времени на ее подготовку. В числе других увлечений В.Н. Чарушина — футбол и шахматы.





Достижения для науки

Мир меняется в зависимости от того, что у человека оказывается в руках. У наших далеких предков под рукой был только камень — и появились каменные наконечники и топоры, начались войны за территории. В эпоху Древнего Рима были изобретены бетон и строительные растворы — и выросли города, стало процветать искусство. В XX в. был получен алюминий — и люди стали летать, человечество покорило космос. Ныне начался век умных материалов, и на пороге — появление аватаров и бионических людей

Технический прогресс, а вместе с ним и развитие человеческой цивилизации во многом зависят от материаловедов — людей, умеющих обрабатывать уже имеющиеся материалы и создать новые. Без материаловедов гениальные конструкторы беспомощны. Великий Леонардо да Винчи не смог построить вертолет только потому, что у него не было необходимых материалов. Тогда он произнес выдающиеся слова: «Кто знает — тот может. Только бы узнать, и крылья будут».

Об этом историческом эпизоде напомнил в разговоре со мной генеральный директор легендарного научного центра России — Всероссийского института авиационных материалов (ВИАМ) академик РАН **Евгений Николаевич Каблов**.

В беседе он использует такие редкие в настоящее время выражения, как «судьба Отчизны», «ответственность за Родину и наш народ», «интересы дела в первую очередь», и сыплет цитатами из великих политиков, историков и философов. Его любимые высказывания: «Если мы видели дальше других, то это потому, что стояли

на плечах гигантов» (Ньютон) и «Власть как винтовка, ее не дают — ее берут» (вольная цитата из Мао Цзэдуна).

За десятки лет работы академик Каблов создал столько нового, что мир не мог не измениться. Благодаря продукции ВИАМ еще во времена СССР удалось совершить качественный скачок в создании перспективных изделий авиационной, космической, атомной и специальной техники. По научно-техническим разработкам наша страна тогда была в тройке лидеров вместе с США и Японией. И вновь видеть Россию в лидерах Евгений Николаевич хочет уже сейчас. Он вернул подрастерянные в «лихие девяностые» силу, авторитет и стабильность своему институту: ВИАМ отнесен к первой категории — лидер среди научных организаций Минпромторга, имеет статус Государственного научного центра РФ и у него есть план, как укрепить утраченную мощь российской науки. Сначала Е.Н. Каблов делал прочные и пластичные материалы. Сегодня он готов создать не менее прочное и не менее пластичное будущее науки нашей страны.



Президент России Владимир Путин в гостях у ВИАМ

Надо смотреть на три пятилетки вперед

— Евгений Николаевич, ваш институт единственный разработал стратегический план развития материалов и технологий — практически как во времена СССР, почти на три пятилетки вперед. Выходит, вы взяли на себя работу Министерства экономического развития. Чем удивите страну и мир?

— Да, мы разработали «Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 г.». Для института это как конституция. В своем плане мы учитывали все мировые тенденции и стратегии развития наших отраслей — на транспорте, в авиации, в энергетике, ракетостроении, промышленности. Учли мнения 80 организаций, 150 экспертов.

Фактически подобными планами занималась в Советском Союзе академия наук. Была комиссия академика Владимира Котельникова, которая формировала для правительства научно-технологический прогноз. Он ложился в основу народно-хозяйственного плана на 15 лет. Такие планы должны корректироваться и уточняться. Но должно быть общее понимание направления развития. Страна — это не лодочка, которую можно сегодня захотеть и запросто повернуть. Это громадный корабль, который если пошел, то только или в нужном направлении, или не туда.

Поэтому с разработанными ВИАМ стратегическими направлениями ознакомлены все федеральные органы исполнительной власти и РАН, для того чтобы при создании федеральных программ и стратегий

! ПРЯМАЯ РЕЧЬ

- «Считаю, что наступило время технократов. Политические и государственные решения должны приниматься с учетом мнения специалистов, людей, которые что-то уже сделали для страны, а не тех, с кем учился или жил на даче».
- «Наука для меня — главное. Все остальное вырастает из нее, в том числе и всевозможные организационные дела. Они нацелены на то, чтобы наука шла вперед».
- «Надо мыслить образно, масштабно. И это всегда отличало нас, славян, от остальных. Не случайно же говорят, что если надо пробить стену, то дайте такую возможность русским, сербам, белорусам. А если вам нужно потом собрать осколки этой стены, то поручите это китайцам, японцам и индусам».
- «Если люди ставят интересы дела в первую очередь, тогда будет результат».
- «Нельзя стыдиться того, что ты знаешь меньше. Наоборот, тебе надо прислушиваться к мнению людей. Больше надо ездить по стране, больше надо слушать людей, которые что-то в жизни сделали».
- «Сейчас китайцы имеют ментальность народа-победителя — это главное для человека: ты ходишь, высоко подняв голову, смотришь прямо в глаза любому — и тебе нечего стыдиться, ведь ты сделал то, что другому тяжело сделать. Когда наши деды победили в войне, они понимали, что мы — народ-победитель, и для них все послевоенные проблемы были решаемы, были энтузиазм, желание создавать национальные проекты».

ОБ АВТОРЕ

Светлана Кузина — заместитель редактора отдела науки ИД «Комсомольская правда». Выпускница факультета журналистики МГУ им. М.В. Ломоносова, лауреат всероссийского конкурса «Золотое перо», автор нескольких научно-популярных книг. Награждена Союзом писателей России медалью А.П. Чехова «За высокие профессиональные достижения».



инновационного развития различных отраслей и корпораций обязательно учитывались наши рекомендации.

Мы понимаем: если мы хотим быть интересны государству, то оно должно увидеть, что мы как ученые лучше знаем направление развития исследований в области материалов и в мире, и в нашей стране. У нас получилось 18 направлений. Для сравнения: за рубежом у крупных корпораций в подобных планах десять направлений. Будущее — за умными материалами, за метаматериалами, за композиционными материалами, за системами защиты от коррозионных повреждений, старения, биоповреждений.

— **В.В. Путин в своем послании о бюджетной политике в 2013–2015 гг. назвал полимерные, композиционные, редкоземельные материалы способствующими подъему экономики. Значит, президент вас услышал?**

— Нам было приятно услышать из уст главы нашего государства, что для страны направление создания новых

стратегических материалов — важнейшая база модернизации экономики. Их применение — главный элемент промышленной политики. Иначе мы отстанем навсегда от всего мира и не сможем конкурировать с сильно развитыми в промышленном отношении странами.

Доспехи для «Бурана»

— **Без новых материалов энергетика и ядерные технологии заглохнут?**

— Конечно! Курчатов, когда создавался первый ядерный реактор, каждую неделю приезжал в ВИАМ. Все материалы для первого реактора были созданы в ВИАМ. Наш институт создал 110-й сплав, который до сих пор считается лучшим в мире сплавом для изготовления ТВЭЛ (тепловыделяющих элементов, главного конструктивного элемента активной зоны ядерного реактора. — Прим. ред.) на основе циркония, с добавками 1,5% ниобия. ВИАМ создал условия, чтобы был запущен первый атомный



Президент Республики Татарстан Рустам Минниханов знакомится с научно-производственными мощностями института



Глава администрации президента России Сергей Иванов знакомится с экспозицией ВИАМ



Помощник президента России Андрей Фурсенко

реактор. ВИАМ делал ТВЭЛ, которые были установлены на атомоходе «Ленин». Многие разработки ВИАМ были использованы С.П. Королевым, при создании «Протона», первого искусственного спутника. «Буран» полностью был построен на наших материалах. В мае выйдет в свет книга «Доспехи для «Бурана», в которой ученые ВИАМ рассказывают историю создания материалов и технологий для многоразовой космической системы «Энергия-Буран», открывают для читателя некоторые секреты этого выдающегося научного инженерного проекта.



Вице-премьер Дмитрий Rogozin держит раскаленную плиту, которая использовалась для теплозащиты «Бурана»

— В России сейчас есть материалы, не имеющие аналогов за рубежом?

— Я докладывал президенту Путину, что после развала Советского Союза 20 лет мы не занимались полимерными композиционными материалами. Просто пытаться догнать — бесполезно: не догоним. В 1980-е гг. Советский Союз был фактически таким же игроком на мировом рынке, как США и Япония. За эти годы все ушло очень далеко, а мы только благодаря поддержке президентом РФ стратегических направлений развития материалов стали создавать полимерные композиционные материалы нового поколения. Они принципиально отличаются от того, что было раньше. Новые связующие, обладающие высокими деформационными способностями, и новые волокна, новые технологии получения препрегов (*композиционных материалов-полуфабрикатов*. — Прим. ред.), новые технологии выкладки пакетов из этих препрегов в «чистых помещениях» и формирования деталей ПКМ методом автоматизированного автоклава, широкое применение информационных технологий. Мы это делали вместе с институтами академии наук. Только такая совместная работа дала возможность создать уникальные полимерные композиционные материалы, которые уменьшили разброс свойств с 25% до 7%, позволили снизить запасы прочности с коэффициента 3,5 до коэффициента 1,7. Тем самым конструкция приобрела более высокую весовую эффективность и надежность.

— Вы же смогли и самолеты обогрузить?

— Да, ВИАМ разработал алюминий-литиевый сплав, который уменьшает вес самолета на 25%. А это значит, что и ракета, которая выводит полезный груз в космос, и пассажирский самолет могут взять больше веса.

И лопатки турбины у нас лучшие в мире. Мы создали технологию высокоградиентной направленной кристал-



посещает ВИАМ



Министр промышленности и торговли РФ Д.В. Мантуров и глава ОАК М.А. Погосян осматривают экспозицию ГЦКИ ВИАМ им. Г.В. Акимова

лизации, которая, по признанию специалистов компании *General Electric*, в 30 раз эффективнее, чем действующие американские технологии. Мы смогли получить структуру материала лопаток, в которых расстояние между осями дендрита уменьшили с 500 микрон до 150. Это дало колоссальный выигрыш в свойствах и ресурсе.

Не люблю слово «менеджмент»

— В России появятся самолеты и автомобили, которые захотели бы покупать за рубежом? Или мы надолго останемся на уровне «Жигулей»?

— Все зависит от желания. Вопрос заключается в организации, в подготовке и наличии кадрового состава.

— Менеджмента не хватает?

— Я не люблю это слово. Мы должны сохранить русский язык. Менеджер зачастую хорошо знает финансовые потоки, но не знает предмета, того, чем он руководит. Было бы хорошо, чтобы в ученом совмещались умение и способность понимать и продвигать товар, но это редко бывает. Я своим молодым коллегам ставлю в пример мультфильм «Как мужик корову продавал». Умение так понятно преподнести достоинства, чтобы даже сам хозяин отказался продавать корову, — вот так надо объяснить потенциальному покупателю, какие преимущества он получит. Не понимая глубоко того, что ты предлагаешь к продаже, ты никогда это не продашь.

— До сих пор из России мозги утекали за рубеж, а в вашем институте молодежь остается работать. Почему?

— Когда меня в 1996 г. назначили руководителем, институт был банкротом и средний возраст его работников составлял 61 год. Из 2,4 тыс. работников в возрасте

Иисуса Христа были только 30 человек. За эти годы мы выстроили систему подготовки подготовки с рядом ведущих вузов: МГТУ, РХТУ, МАТИ, МГУ им. М.В. Ломоносова. Московский вечерний металлургический институт помог решить нам проблему техников-лаборантов. У нас созданы аудитории, где наши выдающиеся ученые читают им вечером лекции, а днем ребята работают в ВИАМ техниками или лаборантами. Плюс прохождение практики и защита диплома. В конечном итоге сегодня из 1850 человек, которые у нас работают,



С руководителем коллегии Евразийской экономической комиссии В.Б. Христенко



Выступление на торжественном митинге по случаю Дня Победы



После подписания соглашения ВИАМ с РХТУ им. Д.И. Менделеева и ИОНХ РАН

уже 800 человек — до 35 лет, а средний возраст в институте — 44 года. Так за 15 лет мы фактически на 80% обновили весь кадровый состав.

— И ваша молодежь не хочет уезжать за границу?

— Пока нет. Здесь они имеют возможность получить дополнительно заработную плату. Открыв в институте 20 малотоннажных производств, оснастив эти производства высокотехнологическим оборудованием, в том числе созданным по своим научным разработкам, сегодня мы получаем прибыль на уровне 300 млн руб. в год. Эти деньги мы с разрешения Министерства промышленности и торговли направляем на развитие. Данный подход позволяет институту не только выпускать продукцию, но и одновременно проводить исследования на опытных партиях материалов и образцов, работать молодежи на новейшем оборудовании. И это приносит результат. Я говорю своим подчиненным: если ты хочешь чего-то достичь, тебе всегда помогут, но все зависит от тебя.

Причем и в руководстве института много молодежи. К слову, в 2010 г. мой заместитель по композиционным материалам, а также начальник сектора, молодые кандидаты наук получили премию Президента РФ в области науки и инноваций для молодых ученых.

Ежегодно молодые специалисты и ученые ВИАМ принимают участие в международной конференции «Молодые материаловеды», в других международных мероприятиях: Ле Бурже, Фарнборо, МАКС. Недавно большая группа наших ученых побывала в Париже на конференции по композиционным материалам.

Не имей сто рублей, а имей сто друзей

— Где ваша родина?

— Я родился в поселке Спиртзавод Теньгушевского района в Мордовии.

— Коллеги над этим шутят?

— Естественно. Когда меня выбрали директором института, один член коллегии Миноборонпрома РФ засомневался: «Как же его можно назначать? Он проплет весь институт».

— Часто ездите в Мордовию?

— Каждый год выезжаю и посещаю могилы своих родителей, слежу за тем, чтобы памятники и могилы были в надлежащем состоянии, потому что память о своих родителях — это основа. Я так воспитал и своего сына, и дочь, и внуков так воспитываю.

— В 36 лет вы заместитель генерального директора, в 44 года — профессор и генеральный директор, в 54 года — уже академик РАН. Что помогло вам сделать такую карьеру: люди, которые вас окружали, или особенности вашего характера?

— Говорят: не имей сто рублей, а имей сто друзей. Уважение и поддержка людей определяются тем, насколько сам человек реально хочет что-то сделать. Я всегда старался быть не последним — в учебе, в спорте. Когда мне доверяли, я старался честно оправдать доверие и работал ни на страх, а на совесть. Главное для любого руководителя — всегда ощущать доверие людей, которыми ты руководишь. Нельзя работать с десяти до шести. Если ты на самом деле хочешь чего-то достигнуть в работе, то работа полностью тебя забирает. Но тут есть минус: ты фактически лишаешься возможности полноценно участвовать в воспитании детей и внуков.

— Помогаете землякам?

— Да. Например, я дал согласие и на общественных началах возглавил научный совет «Технопарк-Мордовия». Поэтому я знаю реальное положение в республике с образованием, научными исследованиями и инновациями, и со всей ответственностью могу заявить, что



Губернатор Самарской области Николай Меркушкин в ВИАМ



Брифинг для журналистов в преддверии круглого стола к 100-летию ВВС, прошедшего в ВИАМ

Мордовия сегодня развивается очень динамично. Саранск преобразился. Он стал одним из лучших городов Российской Федерации.

— **На примере этой маленькой республики внутри большой страны можно показать, как развивается наука в России?**

— Принцип простой: если люди ставят интересы дела во главу угла, тогда будет результат. Однажды канцлер Алексей Бестужев рассказал, чем его позиция отличается от принципов фаворита Елизаветы графа Иоганна Лестока: Лесток думал о себе, а уже потом о России, а Бестужев думал о России, а потом о себе. Так и мы должны сначала думать о стране, а потом о своих интересах.

— **Но таких бестужевых единицы?**

— Есть такие люди, и их много! Но их надо поддерживать. Им надо доверять.

— **Но почему никто до сих не может сформулировать национальную идею?**

— Ничто так не объединяет, как совместная работа. Если мы хотим кооперации, мы должны предложить нашим ближним соседям совместную работу. Чтобы она была интересна и для России, и для них. Наш рынок открыт и с учетом вступления в ВТО. Мы должны сделать так, чтобы этот рынок был наполнен нашими товарами. Здесь Российская академия наук должна быть главным научным экспертом по наиболее важным проектам. ■

Беседовала Светлана Кузина

! Грани личности

Евгений Николаевич Каблов — доктор технических наук, профессор, академик РАН, член Президиума РАН, генеральный директор федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», член Совета при Президенте РФ по науке и образованию, президент Ассоциации государственных научных центров РФ, руководитель секции «Наноматериалы» Комиссии РАН по нанотехнологиям.

Несмотря на то что его отец был историком, заслуженным учителем, Евгений еще в школе страстно любил физику. Он зачитывался журналами «Юный техник» и «Знание — сила», смотрел телепрограмму «Очевидное — невероятное».

Каблов сделал молниеносную карьеру: в 36 лет — заместитель генерального директора, в 44 года — профессор и генеральный директор, в 54 года — уже академик РАН.

Е.Н. Каблов — крупный ученый в области материаловедения, в частности материалов для авиационной и космической техники. Вместе с коллегами из ВИАМ разработаны 2658 конструкционных материалов, более 3500 новых технологических процессов. Общее число изобретений и патентов превышает 5 тыс. Выполнено 65 международных проектов и контрактов. Американские специалисты признали, что созданная ВИАМ технология высокоградиентной направленной кристаллизации монокристаллических лопаток с заданной кристаллографической ориентацией и транспирационной системой охлаждения в 30 раз превосходит все мировые аналоги.

Автор 360 научных публикаций, в том числе восьми монографий. Удостоен трех орденов, международных наград, лауреат различных престижных премий.

Женат, имеет двоих детей.



Родриго Квиан Квируга, Кристоф Кох и Ицхак Фрид

Нейроны для бабушки

*Каждому понятию — человеку
или вещи в нашей повседневной
жизни — может соответствовать
определенный набор нейронов*

ОБ АВТОРАХ

Родриго Квиан Квиорога (Rodrigo Quian Quiroga) — уроженец Аргентины, профессор и руководитель группы биоинженерных исследований в Университете Лестера в Англии. Автор вышедшей в прошлом году книги «Борхес и память: встречи с мозгом» (*Borges and Memory: Encounters with the Human Brain*).

Кристоф Кох (Christof Koch) — профессор когнитивной биологии и биологии поведения в Калифорнийском технологическом институте, глава научного отдела в Алленовском институте исследований головного мозга в Сиэтле.

Ицхак Фрид (Itzhak Fried) — профессор нейрохирургии и директор Программы хирургического лечения эпилепсии в Медицинской школе им. Дэвида Геффена в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, профессор Тель-Авивского медицинского центра им. Элиаса Сураски и Тель-Авивского университета.



В 1969 г. покойный ныне нейробиолог Джерри Летвин (Jerry Lettvin) в Массачусетском технологическом институте рассказывал группе студентов выдуманную историю о том, как однажды к выдающемуся русскому нейрохирургу Акакию Акакиевичу пришел пациент, который хотел забыть свою властную невыносимую мать. Выполняя свой долг, Акакий Акакиевич вскрыл мозг пациента и один за другим удалил несколько тысяч нейронов, отвечавших за представление о матери. Когда пациент отошел от анестезии, он забыл мать. Все воспоминания о ней, и хорошие и плохие, исчезли. Обрадованный успешностью операции, Акакий Акакиевич взялся за следующую проблему — поиск клеток, связанных с воспоминанием о бабушке.

Эту фантастическую историю Летвин использовал для иллюстрации смелой идеи о том, что для формирования частного воспоминания о родственнике или другом лице, или объекте, с которым мы могли встречаться, достаточно всего лишь около 18 тыс. нейронов. Летвин не доказал и не опроверг данную гипотезу, и вот уже на протяжении более 40 лет ученые обсуждают, в основном в шутку, «нейроны бабушки».

Идея, что нейроны хранят информацию таким высокоспецифичным способом, восходит к Уильяму Джеймсу (William James), который в конце XIX в. предположил, что все наше сознание заключено в небольшом количестве «верховных» нейронов. Однако их существование идет вразрез с общепринятыми представлениями о том, что любые отдельные индивид или объект воспринимаются за счет коллективной деятельности многих миллионов, а то и миллиардов нервных клеток. (Нобелевский лауреат Чарлз Шеррингтон (Charles Scott Sherrington) в 1940 г. назвал это «миллионоголосой демократией».) В таком случае активность любой отдельной нервной клетки не имеет резона. Смысл появляется только в результате совместной работы огромного количества нейронов.

Нейробиологи продолжают спорить о том, сколько все-таки необходимо нейронов для хранения конкретного представления: не больше нескольких тысяч, или же сотни миллионов нервных клеток, широко разбросанных по всему мозгу. Пытаясь разрешить данный спор, ученые формулируют новые представления о работе памяти и сознания, и в этом им помогает Голливуд.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Вот уже несколько десятилетий нейробиологи обсуждают, как хранится память. Дискуссия продолжается и по сей день. Существует несколько конкурирующих теорий, согласно одной из которых, отдельные нейроны хранят воспоминания о чем-то конкретном, например о вашей бабушке или об известной кинозвезде.
- По другой теории, каждое воспоминание распределяется между многими миллионами нейронов. Недавно во время операций на мозге провели ряд экспериментов, подтвердивших, что в кодировании конкретных воспоминаний участвует относительно небольшой набор нейронов определенных областей мозга.
- В то же время эти небольшие группы клеток способны воспринимать много разных стимулов как один: одинаково реагировать на изображение бабушкиного лица, ее фигуру, вид спереди, сбоку, или на звук голоса определенной звезды Голливуда, например Дженифер Энистон.

Нейроны Дженнифер Энистон

Несколько лет назад мы работали вместе с Габриэлем Крейманом (Gabriel Kreiman), который сейчас преподает в Гарвардской медицинской школе, и Лейлой Редди (Leila Reddy) из Центра исследований мозга и познания в Тулусе. В результате наших экспериментов у одного из пациентов в гиппокампе (участке мозга, задействованном в процессах формирования памяти) был обнаружен нейрон, четко реагирующий на различные фотографии актрисы Дженнифер Энистон и не отзывающийся на изображения множества других известных актеров, мест и животных. У другого пациента в гиппокампе был нейрон, активировавшийся, когда на экране монитора показывали фотографию актрисы Хэлли Берри или даже только ее имя, но не отвечающий ни на какие другие стимулы. Другой нейрон реагировал на изображение Опры Уинфри и на ее имя, не важно, было ли оно написано или произнесено с помощью компьютерного голоса. Еще был нейрон, срабатывавший на изображение и имя Люка Скайуокера.

Подобные наблюдения производятся с помощью непосредственной записи активности отдельных нейронов. Другие, более распространенные методики, такие как функциональная магниторезонансная томография (фМРТ), позволяют регистрировать активность всего мозга, пока испытуемый выполняет задание. Однако, хотя благодаря фМРТ можно проследить общую активность нескольких миллионов клеток, с ее помощью

Нейрон, реагирующий на Люка Скайуокера, активировался и на Йоду

нельзя выделить маленькую группу нейронов или отдельную клетку. Чтобы регистрировать электрическую активность отдельных нейронов, в мозг нужно вживлять электроды тоньше человеческого волоса. Такая методика используется значительно реже фМРТ, поскольку имплантация электродов людям допускается только при особых медицинских обстоятельствах.

Иногда подобные обстоятельства возникают при лечении пациентов с эпилепсией. Если приступы не удается контролировать с помощью лекарств, рассматривается возможность хирургического вмешательства. Группа медиков выявляет, где в мозге возникает эпилептический очаг и, соответственно, какую область мозга надо удалить для лечения больного. Первоначально такое исследование проводится неинвазивными методами, такими как рассмотрение клинической картины и изучение патологической электрической активности с помощью фМРТ, а также по результатам электроэнцефалограммы, записанной с поверхности кожи головы. Но если таким способом не удастся точно определить положение эпилептического очага, нейрохирурги могут вживить электроды глубоко под череп, чтобы в больнице в течение нескольких дней постоянно наблюдать за активностью мозга пациента, а потом установить причину припадков.

Иногда во время проведения диагностики ученые просят пациентов помочь науке, добровольно приняв участие в исследованиях, и выполнить некоторые задания в то время, когда у них регистрируется активность мозга. В Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе мы применили уникальную технологию для записи информации из-под черепа, используя гибкие электроды из тонких микронитей. Данная технология была разработана одним из авторов этой статьи (Ицхаком Фридом), который руководит Программой хирургического лечения эпилепсии в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе и сотрудничает с учеными по всему миру, в том числе с группой Кристофа Коха в Калифорнийском технологическом институте и лабораторией Родриго Квиана Квируги в Университете Лестера в Англии. Метод дает уникальную возможность непрерывно, в течение нескольких дней, регистрировать деятельность отдельных нейронов у бодрствующих пациентов и позволяет изучать работу нейронов во время выполнения различных заданий, т.е. проследить непрерывные изменения активности клетки, которые происходят, пока пациент просматривает изображения на мониторе, вспоминает что-то или выполняет другие задания. С помощью данного метода мы обнаружили нейроны Дженнифер Энистон и невольно воскресили споры вокруг истории, придуманной Летвином.

Возврат к «нейронам бабушки»

Можно ли считать клетку типа нейрона Дженнифер Энистон «нейронами бабушки»? В самом крайнем случае за одно понятие отвечает только один нейрон. Но если нам удалось обнаружить одну клетку, реагирующую именно на Дженнифер Энистон, то это дает веские основания полагать, что должны быть и другие, — вероятность найти одну-единственную из миллиардов слишком ничтожна. Кроме того, если бы единственный нейрон отвечал за все связанное с Дженнифер Энистон и оказался бы поврежден или уничтожен в результате болезни или несчастного случая, из памяти исчезли бы все следы актрисы, что также крайне маловероятно.

Менее экстремальное толкование идеи «клеток бабушки» заключается в том, что за одно понятие отвечает не один, а гораздо большее количество нейронов. Такая гипотеза правдоподобна, но ее чрезвычайно трудно доказать. Мы не можем проверить все возможные понятия, чтобы подтвердить, что нейрон срабатывает только на Дженнифер Энистон. На самом деле часто бывает обратное: мы находим нейроны, которые связаны более чем с одним понятием. Таким образом, если во время эксперимента нейрон срабатывает только на одного человека, мы не можем утверждать, что он не отреагирует и на какой-то другой стимул.

Например, на следующий день после того, как был найден нейрон Дженнифер Энистон, мы повторили эксперимент, используя еще больше связанных с ней картинок, и обнаружили, что нейрон отзывается также на Лизу Кудроу, снимавшуюся вместе с Энистон в телесериале «Друзья». Нейрон, откликающийся на Люка

Скайуокера, активировался и на Йоду, другого джедая из «Звездных войн». Другой нейрон реагировал на двух баскетбольных игроков. Еще один — на одного из авторов данной статьи (Родриго Квиана Квиругу) и его коллег, взаимодействовавших с пациентом в Калифорнийском университете. Но даже в таком случае еще можно утверждать, что эти нейроны — «клетки бабушки», реагирующие на широкие понятия: две блондинки из сериала «Друзья», джедаи из «Звездных войн», баскетболисты, ученые, проводящие эксперименты на пациентах. Такое

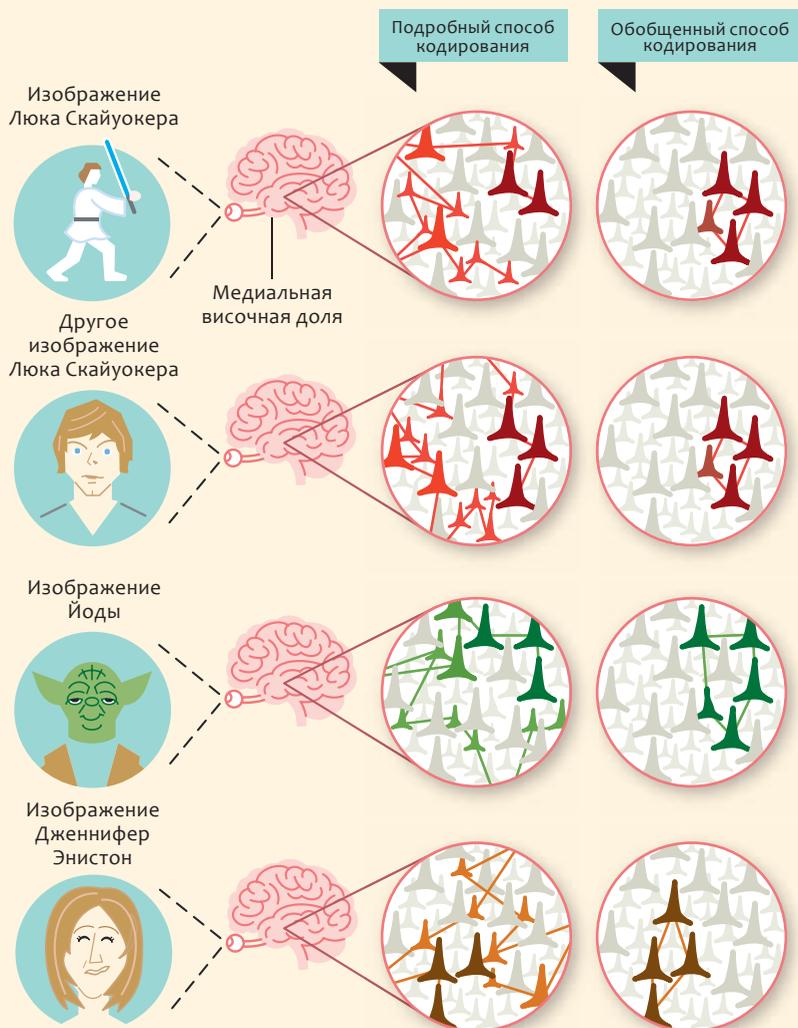
расширенное определение переводит дискуссию в другое русло: можно ли считать эти нейроны «клетками бабушки» в полном смысле слова.

Давайте сейчас оставим семантику в стороне и сосредоточимся на некоторых важных свойствах так называемых «нейронах Дженнифер Энистон». Во-первых, мы выяснили, что клетки реагируют крайне избирательно: активация каждой из них вызывается небольшим количеством стимулов, когда пациенту предлагаются фотографии знаменитостей, политиков, родственников, достопримечательностей и т.д. Во-вторых, одна и та же клетка реагирует на разные изображения конкретного человека или места независимо от особенностей этого визуального образа. Более того, она одинаково активируется на различные изображения одного и того же человека, написание и звучание его имени. Будто нейрон своими разрядами говорит нам: «Я знаю, это Дженнифер Энистон, и не важно, в каком виде вы мне ее предъявляете: в красном платье, в профиль, пишете имя или произносите его вслух». Похоже, что нейрон реагирует на понятие — на любую форму его предъявления. Таким образом, данные нейроны было бы правильнее назвать нейронами, отвечающими за понятия, а не «клетками бабушки». Они могут активироваться не одним понятием, а несколькими, но в таком случае эти понятия должны быть тесно связаны друг с другом.

Клетки, отвечающие за понятия

КОДИРОВАНИЕ ВОСПОМИНАНИЙ

Нейробиологи горячо обсуждают две альтернативные теории кодирования памяти в мозге. Согласно первой теории, единичное воспоминание, например изображение Люка Скайуокера, хранится в виде отдельных фрагментов, распределенных на миллионы или миллиарды нейронов. Согласно другой теории, которая в последние годы считается более достоверной, относительно небольшое количество нейронов, тысячи или даже меньше, формирует представление о том, что изображено на картинке. Каждый из этих нейронов активируется на любое изображение Скайуокера; некоторые из них, но не все, будут так же реагировать на изображение Йоды; и совсем другой набор нейронов активен при восприятии Дженнифер Энистон.



Кодирование понятий

Для того чтобы разобраться, каким образом небольшое количество клеток привязывается к конкретному понятию, такому как «Дженнифер Энистон», полезно узнать кое-что о сложных процессах, происходящих в мозге при сборе и хранении изображений бесчисленного множества предметов и людей. Сначала информация, полученная с помощью глаз, по зрительному нерву поступает от глазного яблока к первичной зрительной коре, расположенной в задней части головы. Находящиеся здесь нейроны реагируют на отдельные мельчайшие детали, из которых состоит изображение, как если бы каждый из них загорался подобно пикселю в цифровом изображении или если бы они были цветными точками на пуантилистической картине Жоржа Сера.

По одному нейрону невозможно понять, часть ли это лица, чашки с чаем или Эйфелевой башни. Клетки —

часть целого, в результате определенного их сочетания получается сложное изображение, например «Воскресный день на острове Гранд-Жатт». Если картина слегка изменится, поменяются некоторые детали, то изменится и активность соответствующих нейронов.

Мозг должен обрабатывать поступающую информацию так, чтобы в итоге получилось нечто большее, чем просто фотография: он должен распознавать объект и соотносить увиденное с тем, что ему уже известно. Из первичной зрительной коры нейронная активность, вызванная изображением, передается в передние отделы затылочной области. Отдельные нейроны в этой вторичной зрительной коре реагируют на лицо или объект целиком, а не на конкретные детали. Всего одного нейрона данного уровня достаточно, чтобы разобраться, что перед нами лицо, а не Эйфелева башня. Если картина слегка поменяется, сместится или изменится освещение, то некоторые черты станут иными, однако нейроны этого уровня не особенно заботятся о мелких отклонениях и их активность не изменится; это называется инвариантностью зрительного восприятия.

Нейроны вторичной зрительной коры передают информацию в медиальную часть височной доли — гиппокамп — и соседние участки коры, участвующие в запоминании, где мы и нашли нейроны Дженнифер Энистон. Нейроны гиппокампа имеют более узкую специализацию, чем нейроны вторичной зрительной коры. Каждый из них реагирует на конкретного человека или, точнее, на понятие о нем: не только на лицо и другие внешние черты, но и на то, что с ним тесно связано, например на его имя.

В нашей работе мы попытались определить, сколько должно активироваться отдельных нейронов, чтобы получилось общее понятие. Мы хотели выяснить, достаточно ли одной клетки, десятков, тысяч, или нужны миллионы, — другими словами, насколько подробно закодировано в мозге представление о данном понятии. Очевидно, что мы не можем определить это напрямую, поскольку невозможно записать активность всех нейронов в этой области. С помощью статистических методов Стивен Вайдо (Stephen Waydo), который в то время был аспирантом у одного из нас (Кристофа Коха) в Калифорнийском технологическом институте, вычислил, что каждое отдельное понятие вызывает возбуждение примерно у миллиона нейронов из миллиарда имеющихся в медиальной височной доле. Но мы использовали картинки с хорошо знакомыми объектами, они обычно вызывают активацию большего количества клеток, поэтому полученную Вайдо цифру следует рассматривать как верхнюю границу. На самом деле число клеток может быть в десять или сто раз меньше и, возможно, близко к предполагаемым Летвиным 18 тыс. нейронов на понятие.

Можно было бы возразить, что у нас просто не хватает нейронов для того, чтобы представлять каждое понятие со всеми его вариациями. Достаточно ли у нас нервных клеток для того, чтобы кодировать улыбающуюся бабушку, одевающуюся бабушку, бабушку, пьющую чай или ожидающую автобус, английскую королеву,

приветствующую толпу, маленького Люка Скайуокера на планете Татуин или его же взрослого в схватке с Дартом Вейдером и т.д.?

Для того чтобы ответить на этот вопрос, мы должны учитывать, что обычный человек помнит не более 10 тыс. понятий. И это не так много по сравнению с миллиардами нейронов медиальной височной доли. Кроме того, мы знаем, что мозг способен эффективно кодировать и хранить информацию в виде обобщенных понятий. Нейроны в медиальной височной доле не следят за различиями в вариантах одного и того же понятия, для них не имеет значения, сидит Люк или стоит, их интересует только, что с ним что-то происходит. Они активизируются на понятие само по себе, не важно, в каком виде оно было представлено. Создание более абстрактного понятия (активация на упоминание Люка в любой форме) снижает количество информации, которую должны кодировать нейроны, и позволяет им стать высоко избирательными (реагируя на Люка, а не на Дженнифер).

Такой точки зрения придерживается и Вайдо, предлагая свою модель. Опираясь на детальную схему обработки зрительной информации, с помощью компьютерного моделирования Вайдо построил нейронную сеть, которая научилась распознавать многие неподписанные изображения самолетов, машин, мотоциклов и человеческих лиц. Программа работала без дополнительной помощи со стороны программиста. Ей не говорили «это самолет, а это автомобиль». Она должна была определить это сама на основе предположения, что огромное разнообразие возможных изображений сводится к небольшому числу людей или предметов и что каждое понятие представлено с помощью небольшого набора нейронов, подобно тому, что мы наблюдаем в медиальной височной доле. Формируя такие представления, система училась распознавать одинаковых людей или объекты, показанные различными способами, т.е. при помощи механизма, похожего на тот, который мы наблюдаем в человеческом мозге.

Зачем нужны клетки, отвечающие за понятия?

Наши исследования тесно связаны с вопросом о том, как мозг интерпретирует внешний мир и переводит восприятие в воспоминания. Приведем знаменитую историю про пациента Н.М., который страдал от эпилепсии, не поддающейся лечению. В качестве последнего средства, чтобы попытаться прекратить припадки, в 1953 г. нейрохирург удалил ему в обоих полушариях гиппокамп и прилегающие области. После операции Н.М. мог узнавать людей и помнить события, которые знал до хирургического вмешательства, но неожиданно оказалось, что у него больше ничего не откладывалось в долговременную память. Будучи лишенным гиппокампа, он мгновенно забывал все, что с ним происходило. В 2000 г. вышел фильм «Помни», в котором главный герой находится в таком же состоянии.

Случай с Н.М. показывает, что гиппокамп и медиальная височная доля в целом нужны не для восприятия, а для перевода содержимого кратковременной памяти (того, что мы помним непродолжительное время)

в долговременную (то, что помнится часами, днями и годами). Поэтому мы считаем, что нейроны этих областей, отвечающие за понятия, необходимы для перевода того, что у нас в сознании (не важно, создано оно восприятием внешних стимулов или внутренними сигналами) в долговременную память, которая потом хранится в других областях коры. Мы полагаем, что обнаруженные нами нейроны Дженнифер Энистон нужны человеку не для узнавания актрисы и воспоминания, кто она такая, а для создания новых воспоминаний о ней, например о том, что он видел ее фотографию.

Наш мозг может использовать небольшое количество клеток для объединения многих форм одного явления в единое обобщенное понятие. Чтобы понять, как мы запоминаем, важно знать, как работают такие клетки. Мы можем узнать Дженнифер и Люка в любом виде, нам не надо вспоминать каждую их черточку. Нам не нужно (и не хочется) помнить все подробности всего, что с нами произошло.

Важно понять суть конкретной ситуации, в которой участвуют значимые для нас люди и понятия, а не помнить огромное множество бессмысленных деталей. Если мы сталкиваемся в кафе с кем-то знакомым, важнее запомнить несколько ключевых моментов этой встречи, чем то, как человек был одет, каждое его слово или как выглядели остальные посетители кафе. Клетки, отвечающие за понятия, обычно активируются в ответ на что-то значимое для нас лично, поскольку нам свойственно запоминать события с участием знакомых людей и предметов и нет смысла создавать воспоминания о том, что не имеет для нас значения.

Воспоминания — это намного больше, чем просто изолированное понятие. Воспоминания о Дженнифер Энистон — это серия событий, в которых участвует она или ее персонаж из телесериала «Друзья». В полном воспоминании об отдельном эпизоде задействованы отношения между разными, но связанными друг с другом понятиями: кинозвезда ассоциируется для вас с сидением на диване, поеданием мороженого и просмотром «Друзей».

Если два понятия связаны, то нейрон, кодирующий одно из них, может реагировать и на другое тоже. Это физиологически объясняет, как нейроны мозга образуют ассоциации. Способность клеток активироваться в ответ на связанные понятия может быть основой для создания воспоминаний (например, последовательные события при встрече в кафе) или потока сознания, когда происходит спонтанное перемещение от одного понятия к другому. Мы видим Дженнифер Энистон, что напоминает нам о телевизоре, диване и мороженом, это все связанные понятия, которые обуславливают воспоминание о просмотре серии «Друзей». Таким же образом могут создаваться связи между составляющими одного понятия, хранящимися в разных участках коры, как, например, соединяются вместе запах, форма, цвет и текстура розы или внешность и голос актрисы.

Учитывая очевидные преимущества хранения памяти в виде обобщенных понятий, можно объяснить, почему представления о них в медиальной височной доле

кодированы именно таким образом. Модельные исследования свидетельствуют о том, что это необходимо для быстрого создания ассоциаций.

Технические детали сложны, но общая идея достаточно проста. Представим себе, что понятия закодированы не обобщенно, а представлены целиком и подробно. Нейроны закодировали каждую черту человека, которого мы встретили в кафе. Точно так же закодировано кафе. Чтобы соединить кафе с человеком, нужно создать связь между различными деталями обоих понятий, но при этом не смешав их с другими, поскольку кафе похоже на уютный книжный магазин, а наш друг — на кого-то еще из знакомых.

Если мозг кодирует все черты объекта, то создание связей между объектами будет происходить очень медленно и может привести к смешиванию воспоминаний. И наоборот, если представления закодированы обобщенно, то такие связи устанавливаются легко и быстро. Надо всего лишь создать несколько связей между двумя группами клеток, сделав так, чтобы несколько нейронов отвечали за оба понятия. Другой плюс заключается в том, что при таком кодировании новую информацию можно добавить, не сильно затрагивая что-то уже имеющееся в сети. И наоборот, это гораздо сложнее осуществить, если кодируются все черты, поскольку добавление новой поменяет структуру всей сети.

Клетки, отвечающие за понятия, связывают восприятие с памятью; они дают абстрактное представление о семантических знаниях — людях, местах, объектах, всех значимых концептах, составляющих наш собственный мир. Клетки поставляют отдельные блоки для построения воспоминаний о фактах и событиях нашей жизни. Их утонченная система кодирования позволяет нашему сознанию не учитывать несущественные детали и извлекать важное, которое можно использовать для создания новых ассоциаций и воспоминаний. Они кодируют ту часть нашего опыта, которую необходимо сохранить.

Клетки, отвечающие за понятия, — это не совсем «нейроны бабушки», которые представлял себе Летвин. Но они могут быть основой умственных способностей человека, его мышления и памяти. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Sparse but Not “Grandmother-Cell” Coding in the Medial Temporal Lobe. R. Quiñones Quiroga, G. Kreiman, C. Koch and I. Fried in Trends in Cognitive Sciences, Vol. 12, No. 3, pages 87–91; March 2008.

■ Percepts to Recollections: Insights from Single Neuron Recordings in the Human Brain. Nanthia Suthana and Itzhak Fried in Trends in Cognitive Sciences, Vol. 16, No. 8, pages 427–436; July 16, 2012.

■ Concept Cells: The Building Blocks of Declarative Memory Functions. Rodrigo Quiñones Quiroga in Nature Reviews Neuroscience, Vol. 13, pages 587–597; August 2012.

Первое разумное телевидение

Реклама

Одни лишь
задумываются

другие
изобретают!



6+

Такой науку вы еще не видели!

Маркетинг: +7(495) 937-38-92
Дистрибуция: +7(495) 620-98-36
www.naukatv.ru





Кэтрин Хармон

ПОРВАННАЯ

Новые ископаемые находки усложняют и без того чудовищно



Фрагменты головоломки: находка скелета
Ardipithecus ramidus опрокинула традиционные
представления о ранних гомининах

РОДОСЛОВНАЯ

запутанную проблему идентификации наших самых древних предков

ОБ АВТОРЕ

Кэтрин Хармон (Katherine Harmon) — помощник редактора журнала *Scientific American*. Этой осенью будет опубликована ее книга об осьминогах. Специальные репортажи для этой статьи подобрала **Шэрон Бегли** (Sharon Begley).

Издали ее можно принять за человека, хотя в ней всего от силы метр роста, руки длиннее человеческих, а голова — куда меньше. Но зато она ходила — пусть и не совсем элегантно — на двух ногах, полностью выпрямившись, точно так же как ходим мы, люди, — единственные, кому это доступно из всех ныне живущих млекопитающих. Это существо, столь же странное, сколь и известное, — Люси, представитель вида *Australopithecus afarensis*, жившего на Земле около 3,2 млн лет назад. Люси и ее сородичи — одни из древнейших созданий, однажды ступивших на эволюционную тропу, приведшую к нашему виду *Homo sapiens*.

В 1974 г., когда был обнаружена Люси, передвижение на двух ногах практически гарантировало таким, как она, место на фамильном древе человечества. И хотя у ученых есть сильное подозрение, что другие ветви того же древа сосуществовали с нашей в менее отдаленные времена, самые ранние этапы эволюции человека не выглядели сложными для расшифровки. И Люси, и других древних двуногих, которые были обнаружены со временем, считалось обоснованным причислять к одной и той же изолированной эволюционной линии. С таких позиций все открытия, на первый взгляд, поддерживали представление об эволюции человека как о «марше

прогресса», целиком укладываемом в одну линию, ведущую от похожих на шимпанзе человекообразных обезьян, которые ходили, опираясь на костяшки пальцев рук, к нашему двуногому выпрямленному типу локомоции. Именно такая концепция доминировала в палеоантропологии в течение всего прошлого столетия. Но по мере того как раскопки захватывают все более отдаленные времена, наше происхождение оборачивается куда более замысловатым, чем эта простая, чуть ли не иконописная схема.

Две недавние находки разбили вдребезги все, что было, казалось, незыблемо в наших знаниях о первых днях становления человечества. Одна из них — ошеломляюще полный скелет возрастом в 4,4 млн лет, а другая, крайне фрагментарная стопа, на миллион лет моложе. Только что описанные находки указывают на то, что мы, похоже, сошли с весьма разветвленного эволюционного дерева, и что выпрямленная походка, считавшаяся до последнего момента чисто человеческой деталью экстерьера, возможно, появлялась в ходе эволюции не единожды, и притом в разных формах, в том числе и у таких существ, которые не могли быть нашими прямыми предками. Из-за этих находок ученые сейчас пересматривают вопрос о том, какие же тогда черты могут

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Палеоантропологи долго считали, что люди произошли от предка, похожего на шимпанзе, и что все находки, относящиеся к ранним стадиям эволюции человека, принадлежат одной линии развития. Согласно этой точке зрения, лишь позднее наши предки разделились на несколько взаимно перекрывающихся эволюционных направлений, из которых в конечном счете выжили только мы.
- Недавние палеонтологические находки опровергли этот сценарий, предложив более интригующий вариант, в котором наш последний общий с шимпанзе предок не похож на шимпанзе, а линия, ведущая к роду *Homo*, — лишь одна из нескольких линий совместно эволюционировавших древних существ, обитавших в одних и тех же африканских регионах.
- Эти находки заставляют исследователей пересмотреть вопрос о том, какие же признаки могут указывать на то, что тот или иной вид принадлежит именно к нашей линии эволюции, и о том, сможем ли мы вообще когда-либо выявить нашего последнего предка, общего с человекообразными обезьянами.



На расстоянии шага. Частичный скелет стопы из местечка Буртеле в Эфиопии (слева) имеет оттопыренный большой палец и другие признаки, отличающие его от современных людей и их предков. Это показывает возможное наличие еще одной линии двуногих гомининов, сосуществовавшей с нашим вероятным предком *Australopithecus afarensis*.

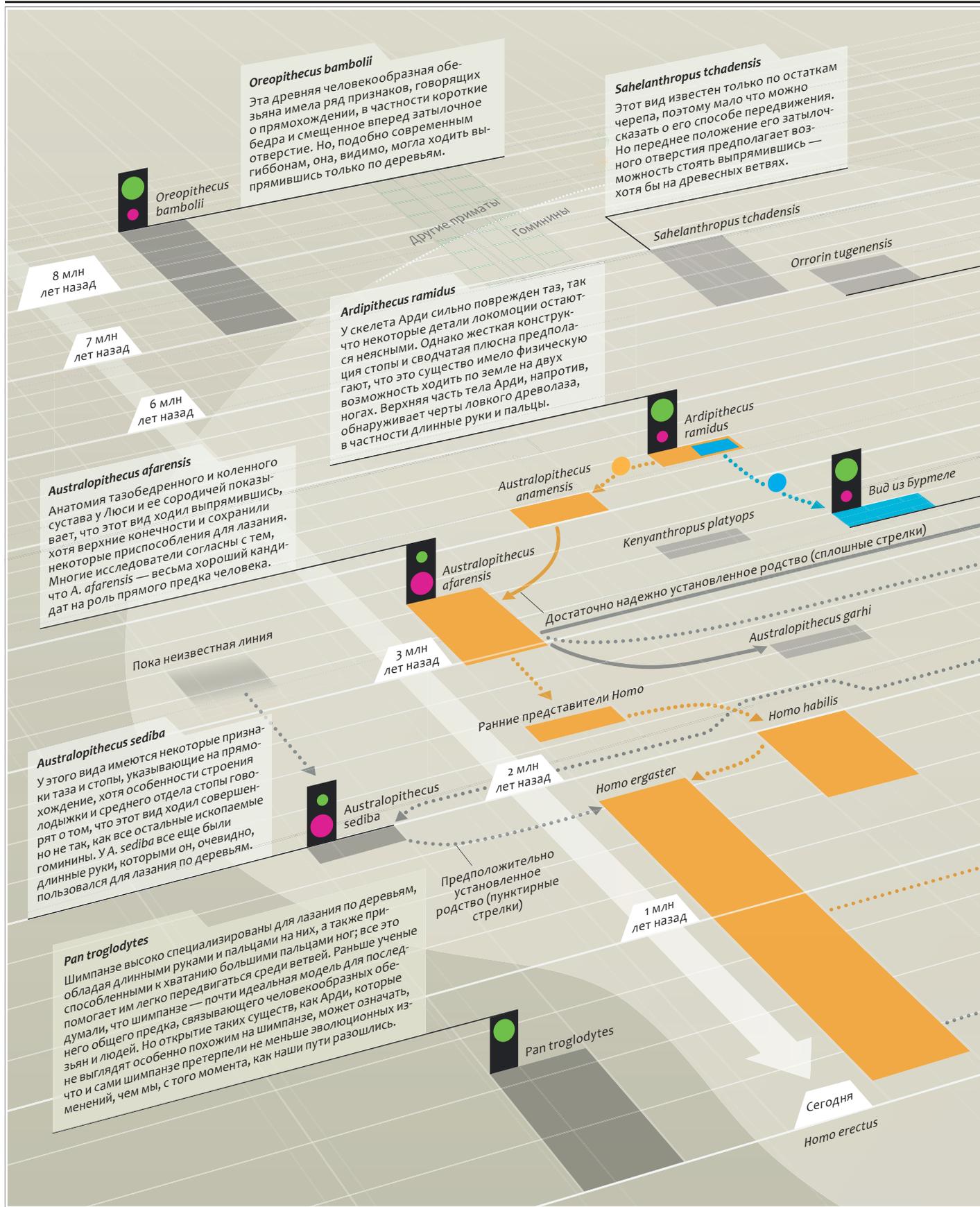
характеризовать тот или иной вид как предка именно человеческой линии, какой темп имела наша эволюция и станет ли реальным хотя бы в будущем уверенно назвать нашего последнего предка, общего с человекообразными обезьянами.

«Чем больше у нас ископаемых находок, тем лучше мы осознаем, что наше эволюционное древо — на самом деле скорее куст, — говорит Кэрол Уорд (Carol V. Ward) из Медицинской школы Университета штата Миссури. — Последние находки вскрывают также тот факт, что человеческая линия была не единственной, в которой за несколько последних миллионов лет развились адаптации, поразительные по уровню. Линия, к которой принадлежат шимпанзе, тоже претерпела существенные изменения за тот же период, став группой в высшей степени специализированной для жизни на деревьях. Последнее стало для нас настоящим откровением, и это, вероятно, в конечном итоге опровергнет старую как мир идею, что современные шимпанзе — хорошая модель для реконструкции наших самых ранних предков».

Большой шаг маленького гоминина

Ничто еще не наносило столь сокрушительного удара по всем известной схеме, изображающей согнутую обезьяну, постепенно распрямляющуюся в человека, как крошечное существо, известное под именем Арди (*Ardipithecus ramidus*). Описание его редкой сохранности и полноты скелета возрастом в 4,3 млн лет появилось в 2009 г., заняло более 500 страниц и вызвало

в среде палеоантропологов настоящую панику. Найденная в Эфиопии, в местечке Арамис, относящемся к Афарскому региону, Арди была очень мало похожа на то, чего исследователи могли бы ожидать от существа, жившего около 4 млн лет тому назад. Многие палеоантропологи предполагали, что гоминины из столь далекого прошлого должны иметь много общих черт с шимпанзе и другими современными африканским человекообразными обезьянами, например крупные клыки — адаптацию для социальной системы, основанной на агрессии, длинные руки и пальцы — для лазанья по деревьям, а также особое строение запястья, помогающее при хождении с опорой на костяшки пальцев рук. Вместо этого *A. ramidus* оказался «мозаичным организмом», обладавшим признаками как более поздних гомининов, так и более древних человекообразных обезьян. Именно так охарактеризовал его Тим Уайт (Tim D. White) из Калифорнийского университета в Беркли, возглавлявший группу ученых, которые и открыли Арди (он же совместно с Дональдом Джохансоном (Donald D. Johansson) описал вид *Australopithecus afarensis*. — Прим. пер.). Но вот от шимпанзе в Арди было не так уж много. Подобно людям, у этого вида были редуцированы клыки, что, как полагают исследователи, могло означать переход от стайной организации, возглавляемой единственным самцом, к системе сотрудничества особей, вращающейся вокруг долговременно существующих семейных пар. Отличало Арди от современных африканских человекообразных обезьян и более длинное запястье, означающее, что при



Graphic by Jen Christiansen

НАШЕ ЗАМЫСЛОВАТОЕ ФАМИЛЬНОЕ ДРЕВО

Orrorin tugenensis

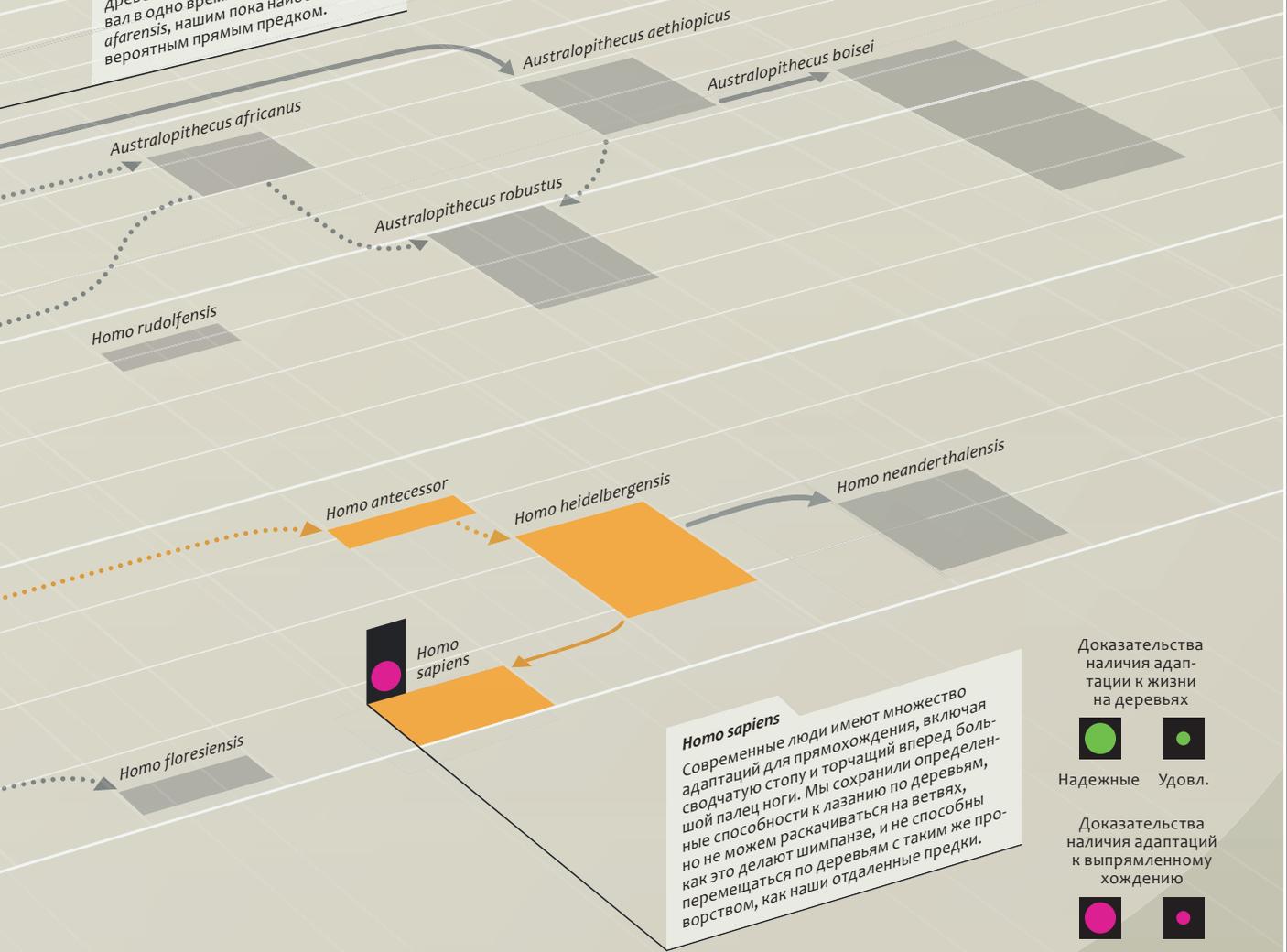
Вид пока представлен лишь разрозненными останками. Но некоторые из его костей, например бедро, позволяют предположить, что хотя бы отчасти это существо было способно к прямохождению. С другой стороны, прочное крепление мускулатуры его рук и изогнутые пальцы выглядят как хорошая адаптация для лазания по деревьям.

Вид из Буртеле

Хотя от этого существа пока найдены только восемь костей стопы, исследователи убеждены, что они принадлежат совершенно новому виду гомининов, который определенно был древесным жителем, хотя и существовал в одно время с *Australopithecus afarensis*, нашим пока наиболее вероятным прямым предком.

Эволюция *Homo sapiens* долгое время показывалась как линейная траектория постепенных изменений, шедших от примитивных человекообразных обезьян, похожих на шимпанзе, через серию промежуточных «полулюдей» к элегантным прямоходящим современным людям. На каждой стадии признаки менялись в одном и том же направлении: пальцы на руках укорачивались, большой палец ноги смещался из боковой позиции в переднюю, а голова стремилась занять гордую позицию наверху выпрямленной спины. Новые открытия, однако, показали, что в этом «марше прогресса» полно изъязнов. Пальцы рук, оказывается, были самой различной длины, оттопыренный большой палец ноги (удобный при лазании по деревьям) сосуществовал с торчащим вперед (приспособление для выпрямленной походки), и даже очень древние человекообразные обезьяны имели адаптации к прямохождению.

Это хитросплетение признаков у наших ископаемых предков подчеркивает, что эволюция — весьма запутанное явление, и позволяет предположить, что ранние стадии ее у человека включали многочисленные параллельные линии (показаны оранжевым и голубым), точно так же, как это имеет место на поздних стадиях. Таким образом, понимание того, к какому виду принадлежат ископаемые останки, равно как и разделение наших непосредственных предковых линий и тупиковых ветвей эволюции, оказывается намного сложнее, чем ученые считали раньше. Схема, приведенная на этом развороте, показывает, насколько запутанным делает вопрос об эволюции человеческих черт распределение ряда ключевых признаков, связанных с локомоцией, у современных и вымерших человекообразных обезьян, а также у человека и родственных ему таксонов.



хождении на четырех конечностях она опиралась на ладони, а не на костяшки пальцев. При этом пальцы у Арди были относительно длинными и изогнутыми, что удобно при лазании по деревьям, однако строение рук и запястий, видимо, не позволяло ей раскачиваться на ветвях с такой же ловкостью, как это делают шимпанзе.

Нижние конечности Арди демонстрируют сходную комбинацию признаков, то похожих на человеческие, то характерных для древних человекообразных обезьян. В то время как ее относительно плоская стопа и оттопыренный в сторону большой палец ноги, вероятно, помогали при лазании по деревьям, жесткая конструкция той же стопы и способность остальных четырех пальцев ноги прогибаться назад должны были способствовать двуногому хождению. Таз Арди был раздавлен и находится в плачевном состоянии, оставляя некоторые детали ее локомоции невыясненными. Однако Уильям Джангерс (William Jungers) из Университета Стони-Брук утверждает, что, насколько он может судить, малое расстояние между бедренной костью и сакрумом (треугольной косточкой в основании позвоночного столба) делает

**«То, что мелькает перед
нашими глазами в виде
ископаемых находок, —
не более чем слабый отблеск
древнего разнообразия видов»**

тазобедренную область Арди похожей по строению на то, что мы видим у современных людей и других гомининов, известных своим прямохождением. Кроме того, затылочное отверстие (соединяющее полость черепа с позвоночным каналом) у Арди достаточно сильно смещено вперед. Этот признак многие ученые рассматривают как указание на вертикальную позу (и, возможно, бипедализм). Некоторые исследователи, однако, задаются вопросом, не свидетельствует ли все сказанное скорее о том, что Арди вставала на ноги лишь эпизодически, например если ей было нужно что-то держать в руках.

Арди поставила ученых перед проблемой, как им теперь дать корректное определение того, что такое гоминины, ведь ее останки представляют собой мешанину анатомических деталей. Традиционно термин «гоминины» подразумевает обязательную вертикальную походку. Но пример Арди показывает, что вероятный бипедализм не исключает весьма приличных способностей к лазанию по деревьям. Даже современные люди до некоторой степени могут передвигаться обоими способами. «Я думаю, современные люди забыли, насколько хорошо они могут лазать», — полагает Джангерс. Мы, пожалуй, не очень приспособлены к брахиации, т.е. к тому, чтобы перелетать с ветки на ветку, раскачиваясь на руках, так же хорошо, как это делают шимпанзе и другие обезьяны, но во многих аборигенных человеческих культурах лазание по деревьям все еще остается важным способом

добывания пищи. Более того, и *Australopithecus afarensis* (вид, к которому принадлежит знаменитая Люси), при всех его способностях к двуногому хождению, сохранил относительно длинные руки, что, видимо, оставляло для него возможность периодически забираться на деревья. Недавно проведенный анализ останков молодой особи *A. afarensis*, найденной в 2000 г. в Эфиопии, показывает, что этот вид имел плечи, устроенные скорее как у человекообразных обезьян, а не как у людей, что делало его превосходным лазальщиком. Так что возможно, что Люси, подобно Арди и другим видам, существовавшим до и после них, «досталось все лучшее от древесного и наземного образа жизни», говорит Джангерс.

Уайт и его коллеги разместили *Ardipithecus ramidus* на нашем семейном древе в качестве вероятного предка *Australopithecus afarensis*, а значит и потенциального предшественника *Homo sapiens*. Однако, принимая во внимание геологический возраст Арди и различные детали ее анатомии, множество исследователей подозревают, что она могла и не принадлежать к человеческой линии эволюции. «Арди может оказаться одним из ранних гомининов, которые пошли по своему собственному пути развития», — говорит Дэвид Беган (David Begun) из Университета Торонто, Канада. Известно, что Арди жила всего за 200 тыс. лет до появления еще одного несомненно прямоходящего вида — *Australopithecus anamensis*, которого многие эксперты считают предком *A. afarensis*. Нельзя исключить быстрого эволюционно-превращения *Ardipithecus ramidus* в *Australopithecus anamensis* (в конечном счете приведшего к появлению к *A. afarensis*), но многие исследователи, включая Бегана, склоняются к тому, что более правдоподобным объяснением будет предположить существование не одной «чистой» эволюционной линии, а двух (или больше) самостоятельных направлений эволюции. «Я полагаю, что *A. ramidus* — скорее всего боковая ветвь эволюции», — завершает свою мысль Беган. Ведь нельзя гарантировать даже того, что Люси всегда будет считаться нашим прямым предком. Скудность останков гомининов между временем исчезновения *A. afarensis* из геологической летописи и появлением в ней первых представителей рода *Homo* все еще оставляет данный вопрос открытым, полагает Йоханнес Хайле-Селассие (Yohannes Haile-Selassie) из Музея естественной истории в Кливленде, штат Огайо, принимавший участие в написании статей 2009 г., посвященных Арди.

Хотя необычное смещение разнородных анатомических черт у Арди (запястья, приспособленные к опоре на ладонь, сгибающиеся назад пальцы ног, редуцированные клыки и т.п.) приводит в ужас тех исследователей, которые пытаются найти для нее место на нашем фамильном древе, изучение ее останков дало нам ряд важнейших сведений для пересмотра взглядов на происхождение человека — как раз потому, что она не напоминает шимпанзе, не укладывается в традиционное представление о гомининах. Если счесть ее ранним гоминином, стоящим на той же линии эволюции, что и наша собственная, то наш последний общий предок

едва ли был похож на шимпанзе. А если Арди представляет собой отдельную линию эволюции или же принадлежит к вымершим человекообразным обезьянам, то ее пример показывает, что вертикальная походка не представляет собой признак исключительно той линии, что ведет к нам, людям. С какой стороны ни посмотри, научные представления об эволюции человека получили хорошую встряску.

Компания для Люси

Пока исследователи пытались оправиться от потрясения, вызванного Арди, на свет явилась еще одна анатомическая мистерия. Ее нашли в местечке Буртеле, которое тоже расположено в центральной части Афарского региона в Эфиопии. Эта находка, описанная в 2012 г., состояла всего из восьми костей стопы. Такого количества материала недостаточно для описания нового вида, но его вполне хватило специалистам, чтобы надежно удостовериться, что они имеют дело с находкой, не похожей ни на что, виденное ими ранее. Эта стопа в буквальном смысле нанесла последний удар по упрощенным взглядам на эволюцию предков человека, и всем стало ясно, что процесс этот запутан еще сильнее, чем можно было бы судить даже по останкам Арди.

Хотя костей в находке из Буртеле маловато для подробного рассказа об этом существе, Джангер назвал обладателя стопы «несомненным гоминином», добавив, что «большой палец из Буртеле — это без вопросов большой палец гоминина». Тем не менее данная стопа гораздо более архаична, чем у любого известного нам вида со стабилизировавшейся вертикальной походкой, например у Люси и ее сородичей. По сути, она напоминает стопу Арди благодаря такому же смотрящему вбок хватательному большому пальцу, что предполагает хотя бы частично древесный образ жизни. Вероятно, такая особенность не настолько бросалась бы в глаза, если бы находка была сравнима по возрасту с Арди, но она намного моложе. Стопа датируется временем 3,4 млн лет тому назад, что делает ее обладателя современником *Australopithecus afarensis*, который бродил в этих же местах в промежутке между примерно 3,6 и 2,9 млн лет до нас.

Как и Арди, существо из Буртеле, по-видимому, могло ходить выпрямившись, но лишь опираясь на внешний край стопы и избегая касания земли большим пальцем, поскольку, в отличие от нашего большого пальца, он не мог толкать тело животного вперед. Ни тот, ни другой вид еще не выработали оптимальную для бипедализма анатомию, зато оба могли хватать ветви деревьев своими ногами.

Поскольку в составе находки из Буртеле отсутствует медиальная клиновидная кость (крупная кость в средней части стопы), трудно сказать, насколько выпирал наружу большой палец этого существа, полагает Джереми де Сильва (Jeremy DeSilva) из Бостонского университета. К тому же, будь у нас в распоряжении коленный сустав, таз или голова, можно было бы гораздо лучше понять, какое именно место новая находка занимает в запутанном эволюционном эксперименте с локомоцией.

Как последние главы летописи нашей эволюции осложнены наличием многочисленных сосуществовавших видов, каждый со своей историей и судьбой, точно так же, весьма вероятно, и остальная ее часть прослоена множеством перекрывающихся во времени и пространстве таксонов

Существо из Буртеле могло представлять собой обреченный на вымирание вид, произошедший от *Ardipithecus ramidus* и принадлежащий к боковой ветви эволюции, которая существовала какое-то время наряду с нашей, человеческой линией. «Вы только представьте себе Люси, которая смотрит на дерево и видит этих существ, — говорит Брюс Латимер (Bruce Latimer) из Западного резервного университета Кейза, штат Огайо. — Да эти два вида должны были просто быть бельмом на глазу друг у друга». И правда: Буртеле находится в каких-то 48 км от того места, где была найдена Люси. То, что данная находка столь явно не принадлежит линии наших прямых предков, тоже очень важно. «Это дает нам гораздо более реалистичную ретроспективу нашей истории, — говорит Кэрл Уорд. — Изучая се-стринские по отношению к нам виды приматов, мы можем узнать не менее важные вещи, чем мы видим, глядя на наших предполагаемых непосредственных предков, а именно — те пути, по которым наши предки не захотели идти».

Все больше костей, все меньше смысла

Стопа из Буртеле ясно демонстрирует, что наше положение единственного выжившего представителя своей родни (неандертальцы вымерли 28 тыс. лет назад, а *Homo floresiensis*, больше похожий на хоббита, исчез 17 тыс. лет назад) — скорее исключение в общем ходе человеческой эволюции, а не правило. Как последние главы летописи нашей эволюции осложнены наличием многочисленных сосуществовавших видов, каждый со своей историей и судьбой, точно так же, весьма вероятно, и остальная ее часть прослоена множеством перекрывающихся во времени и пространстве таксонов. Теперь, когда исследователи располагают доказательствами, что два очень несхожих гоминина — существо из Буртеле и Люси — жили примерно в одно и то же время, они начинают осознавать, что и новые, и старые ископаемые, связанные с человеческой эволюцией, теперь придется

заново изучать и проверять на предмет видовой принадлежности, а не просто датировать и присоединять к находкам доминирующих видов той или другой эпохи. «Это грядущие диссертации и тонны печатных работ, — говорит де Сильва. — И какой бы головной болью это ни обернулось, прежде всего это безумно интересно».

Постепенно ученые начинают осознавать и то, что находки, подобные описанным выше, вовсе не нужно считать большой неожиданностью. Кэрол Уорд полагает, что теперь, «когда вы найдете что-нибудь вроде стопы из Буртеле, которая по ряду признаков явно отличается от *Australopithecus afarensis*, вы должны воскликнуть: "О, именно это я и искал!"». В эпоху миоцена (23–5 млн лет назад) сотни видов высших человекообразных обезьян существовали по всей Земле. Как считает Уорд, глупо думать, что все это разнообразие куда-то испарилось: «То,

Вымершая человекообразная обезьяна *Oreopithecus bambolii*, жившая на территории современной Италии 9–7 млн лет назад, имела более мелкие клыки по сравнению с другими ее миоценовыми сородичами, короткое лицо, смещенное вперед затылочное отверстие и короткие широкие бедра, т.е. все признаки, которые мы ассоциируем с гомининами

что мелькает перед нашими глазами в виде ископаемых находок, — не более чем слабый отблеск древнего разнообразия видов». Обратная сторона этой медали такова, что из множества сосуществовавших таксонов теперь все труднее вычлнить нашего непосредственного предка, а также последнего предка, общего для человека и человекообразных обезьян. Эту проблему еще больше усложняют почти полное отсутствие на данный момент ископаемых находок, относящихся к шимпанзе и другим африканским человекообразным обезьянам.

Станет ли когда-нибудь возможным интерпретировать эволюционные взаимоотношения видов настолько точно, чтобы построить семейное древо человечества на уровне, не вызывающем недоверия? Может быть и нет, во всяком случае — не в ближайшее время. В одной статье, появившейся в журнале *Nature* в 2011 г., двое антропологов предположили, что сама эта идея заранее обречена из-за феномена, называемого гомоплазией, когда

различные виды приобретают одинаковые признаки независимо друг от друга. Это означает, что наличие одной и той же черты, например прямохождения, даже у видов, разделенных во времени миллионами лет, не гарантирует, что один из них — прямой потомок другого. «Признаки, общие для разных видов, могут довести выяснение эволюционных взаимоотношений лишь до этой черты», — утверждает Терри Харрисон (Terry Harrison) из Центра по изучению происхождения человека при Нью-Йоркском университете, соавтор упомянутой выше статьи в *Nature*, написанной им вместе с Бернардом Вудом (Bernard Wood) из Университета Джорджа Вашингтона. Например, вымершая человекообразная обезьяна *Oreopithecus bambolii*, жившая на территории современной Италии 9–7 млн лет назад, имела более мелкие клыки по сравнению с другими ее миоценовыми сородичами, короткое лицо, смещенное вперед затылочное отверстие и короткие широкие бедра, т.е. все признаки, которые мы ассоциируем с гомининами. Тем не менее она считается не ранним гоминином, а примитивной человекообразной обезьяной — отчасти потому что у нее несколько иной тип выпрямленной локомоции (которая, возможно, ограничивалась хождением по деревьям, подобно тому как это выглядит у современных гиббонов). Во-вторых, руки, пальцы и ступни у этого вида выглядят хорошо приспособленными именно для лазания по ветвям деревьев и раскачивания на них.

Стопа из Буртеле теперь доказывает наличие гомоплазии и в такой характеристике, как вертикальная походка. «Если среди приматов мы имеем множество вариантов лазания и способов хождения на четырех конечностях, то почему бы не существовать и двум разным вариантам бипедии? — задается вопросом де Сильва. — Эволюция — штука умная, она находит новые и новые решения для различных проблем». Де Сильва вынужден признать, что еще недавно и он критически относился к возможности существования нескольких типов прямохождения. Это касалось найденного несколько лет назад в ЮАР *Australopithecus sediba* — вида возрастом почти 2 млн лет, который имел совершенно уникальную анатомию пятки, среднего отдела стопы, лодыжки и коленного сустава. Вначале исследователь решил, что необычные анатомические особенности, столь ярко выраженные у этого вида, могли давать отклонения в локомоции не большие, чем те, которыми отличаются разные типы походки у современных людей. Но кости из Буртеле склонили его к противоположному мнению. «Они совершенно ни на что не похожи», — говорит де Сильва. У вас просто не остается иного выбора, кроме как признать, что существовали разные стратегии, различные способы решить проблему хождения.

Но осознание этого феномена — вещь не для каждого приятная. «Все предпочитают думать, что люди — это нечто особенное», — говорит Латимер. Но если Арди и другие ранние гоминины обладали столь многими чертами, отсутствующими у шимпанзе, да и сами шимпанзе — не настолько современная группа, то наш последний общий с ними предок, очевидно, и не был похож

Если последние десятилетия хоть чему-то научили палеоантропологов, так это тому, что нижние ветви человеческого эволюционного древа будут становиться все более запутанными — особенно по мере продвижения назад во времени

на шимпанзе. На самом деле, он мог быть гораздо более похожим на гоминина. Латимер указывает, что этот последний общий предок мог иметь более короткие пальцы, такие как у *Ardipithecus ramidus* и *Australopithecus afarensis*. Возможно, и мозг у него был меньше, чем у шимпанзе. Как это отмечает и Джангер, похоже, что у шимпанзе мозг действительно крупнее, чем у некоторых ранних гомининов.

Проблеме того, как мог выглядеть и передвигаться наш последний общий предок, видимо, суждено расти и расти. Если последние десятилетия хоть чему-то научили палеоантропологов, так это тому, что нижние ветви человеческого эволюционного древа будут становиться все более запутанными — особенно по мере продвижения назад во времени. «Там нас ждет уже сплошной хаос», — говорит Латимер.

Родное болото

Но чтобы запутать все окончательно, наш последний общий с высшими обезьянами предок, очевидно, должен явиться не как одна особь, а в составе более или менее обширной популяции. Де Сильва считает, что это совершенно реально. Да, это будет популяция, а у нее будут родственные популяции, скажем, двоюродные. «Без анализа ДНК будет вообще трудно понять, есть ли у нас общий предок», — заключает де Сильва.

Последние достижения в области анализа ДНК современных людей и ныне живущих человекообразных обезьян позволили ученым приблизительно оценить, когда жил последний предок, соединявший нас с шимпанзе. Но это весьма приличный по длительности промежуток времени — от 6 до 10 млн лет тому назад. К тому же секвенирование как таковое не поможет нам выяснить, на что это создание могло быть похожим. Впрочем, современные исследования начинают исправлять наши познания о скорости появления мутаций, и это уменьшает размеры геологической «цели» для палеонтологов, которые смогут сосредоточиться на изучении отложений лишь определенного времени. Это повышает наши шансы найти ископаемые останки общего предка. Сопоставление признаков находок с данными генетического анализа может вновь толкнуть науку вперед,

если морфологические данные позволят показать, какие именно генетические изменения отделили нашу линию от линии шимпанзе в тот момент, когда они начали расходиться.

Конечно, не имея данных по геномам древних гомининов, будет сложно разместить их всех на любом варианте древа — если только это дерево, а не куст ежевики. Задача сложна вдвойне еще и потому, «что подобные создания — наши с вами самые близкие родственники среди всех существ, населяющих Землю», объясняет де Сильва. Неудивительно, что все попытки выяснить, о чем, например, говорят мельчайшие изменения в форме костей стопы в плане эволюционных взаимоотношений между существами, представленными в палеонтологической летописи, все время были сопряжены с крайними трудностями и всегда оставались крайне спорными.

Хотя многие исследователи осознают, что им никогда не сложить воедино все части запутанной картины происхождения человека, данное обстоятельство едва ли удерживает их от соблазна попробовать снова и снова. И это зыбкое поприще не раз вынудит исследователей бросаться на поиски новых Арди и недостающих костей из Буртеле, чтобы поколебать очередное вроде бы устойчивое дерево. «Будьте готовы к тому, что вам в любой момент могут доказать, что ваши суждения были неверны, — говорит де Сильва. — И примите это как должное, потому что, кроме всего прочего, это доказывает, насколько окружающий нас мир гораздо интереснее и удивительнее, чем мы его себе представляем».

Перевод: В.Э. Скворцов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- *Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids. Tim D. White et al. in *Science*, Vol. 326, pages 64 and 75–86; October 2, 2009.
- A New Hominin Foot from Ethiopia Shows Multiple Pliocene Bipedal Adaptations. Yohannes Haile-Selassie et al. in *Nature*, Vol. 483, pages 565–569; March 29, 2012.
- Видео о древнейших людях см. по адресу: ScientificAmerican.com/feb2013/ancestor





Хилари Роснер

Птичка на хвосте принесла

Скромная попытка объединить усилия орнитологов-любителей, работающих на общее дело изучения и охраны птиц, обернулась шквалом научных данных и привела к пересмотру правил, которых придерживается наука

ОБ АВТОРЕ

Хилари Роснер (Hillary Rosner) принадлежат очерки и статьи о природе и о науке, материал для которых она собирала по всему земному шару — от Калимантана до Никарагуа и от Исландии до Эфиопии. В 2002 г. она стала почетным членом Фонда Алисии Паттерсон.



За широченными, во всю стену, окнами офиса Стива Келлинга (Steve Kelling) в небольшом лесу площадью около 1 тыс. кв. км остановились на ночь 50 видов перелетных птиц — поющий виреон, розовогрудый дубонос, кедровый свиристель и множество других пернатых. В этот ранний майский вечер их голоса звучат по всему лесу, превратившемуся в гигантский концертный зал. Как сам Келлинг, да и вообще хоть кто-то, находящийся в орнитологической лаборатории Корнеллского университета, в состоянии сконцентрироваться на своей работе, для меня остается загадкой.

Впрочем, артисты, поющие за офисными окнами, и есть предмет их работы. Вот Келлинг открывает на своем ноутбуке анимированную карту. На ней изображена территория США с границами штатов, обозначенными белым цветом на черном фоне. Под картой — полоса, показывающая ход времени в течение одного года. В первые месяцы на карте ничего особенного не происходит. Внезапно где-то в апреле в Южной Калифорнии появляется оранжевая вспышка. Она распространяется, как пламя, на север и восток, и вот уже вся западная треть территории, словно охваченная пожаром, пылает и переливается всевозможными оттенками, от темно-оранжевого до белого. Затем это движение поворачивается вспять, яркие цвета начинают исчезать в направлении с севера на юг, пока к концу ноября вся карта вновь не становится черной. Эта была картина ежегодной миграции красноголовой танагры.

Такие карты миграции созданы более чем для 300 видов птиц. Все они получены на основе данных, собранных на портале *eBird*, выступающем основой десятилетнего проекта в области гражданской науки, который и курирует Келлинг как руководитель информационного отдела в лаборатории. В текущем месяце примерно

11 тыс. орнитологов-любителей загрузили информацию о своих наблюдениях в базу данных *eBird*, где уже насчитывается более 110 млн записей. А в целом в проекте уже приняли участие около 99 тыс. человек, причем ежегодно число участников растет на 40%.

Орнитологи-любители известны своей страстной приверженностью к наблюдениям за птицами и особой тщательностью при ведении полевых записей. Но до недавнего времени они могли лишь эпизодически поделиться своими данными с научным сообществом, что не оказывало большого влияния на развитие науки. Теперь ситуация меняется. Келлинг и его коллеги — первопроходцы в мире, объединяющем ученых-орнитологов и любителей птиц. Благодаря новым технологиям связи, таким как *WiFi*, а также появлению смартфонов и других мобильных устройств, чья мощность и производительность постоянно растут, произошла настоящая революция во взаимоотношениях между учеными и рядовыми жителями страны, что позволило целой армии жаждущих действия любителей природы принять участие в научных исследованиях.

Однако все это относится не только к орнитологам. Ученые из столь разных областей, как экология, антропология и здравоохранение, теперь также пользуются преимуществами, которые дают им связи с неспециалистами, желающими участвовать в работе, — просто ради удовольствия сотрудничать или же чтобы почувствовать удовлетворение от достигнутых результатов. (Данные, полученные на одном только портале *eBird*, уже оказались востребованными в самых различных направлениях исследовательской работы — от изменения климата до создания искусственного разума.) И, конечно, новые технологии имеют к этому самое непосредственное отношение. Вспомним, что в прежние времена исследователи-любители тоже открывали новые галактики,

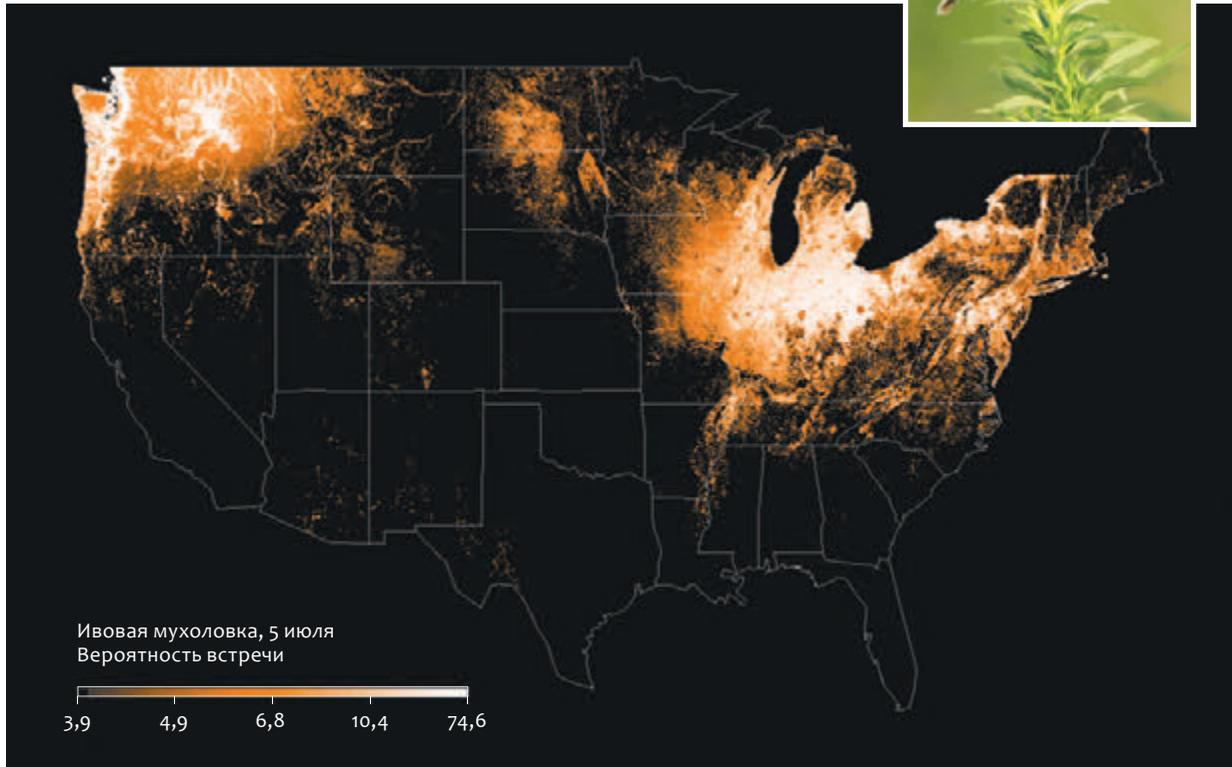
! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Обширные сети автоматических регистраторов позволяют вести наблюдение за большей частью окружающего нас мира. Однако и в наш электронный век сбор данных в целом ряде случаев требует усилий и скрупулезной работы со стороны неравнодушных людей, которые могут тем самым помочь решению крупномасштабных проблем.
- Существует научное направление, называемое гражданской наукой. Оно связано с широким участием граждан в исследовательских работах и служит для сведения воедино наблюдений, сделанных любителями, для чего используются современные средства связи и цифровые устройства, рассчитанные на широкого потребителя.
- Одним из наиболее зрелых примеров такой координирующей системы может быть сайт *eBird*, созданный на основе орнитологической лаборатории Корнеллского университета и работающий в кооперации с Национальным обществом Одюбона.

Достижения

НА ЧТО СПОСОБНЫ ВОЛОНТЕРЫ

Этот мгновенный кадр из анимированного прогноза годичных миграций ивовой мухоловки полностью базируется на модели предсказаний, созданной по данным, собранным волонтерами проекта *eBird*. Подобные анимированные карты вобрали в себя биологические знания о более чем 300 видов пернатых, обитающих в США. На подходе карты по Канаде, Центральной и Южной Америке. На фотографии справа изображена сама мухоловка.



описывали структуры белков, ускользавшие от ученых, или же собирали данные, необходимые для охраны лесов или речных бассейнов. Результаты работы сайта *eBird* — возможно, самого известного проекта в области гражданской науки — показывают, насколько ценным может быть участие публики в том или ином научном направлении.

Однако по мере расширения этого взаимодействия распространение гражданской науки может перерасти в нечто гораздо большее, в то, что станет отправной точкой для изменения самого взгляда на науку как на род деятельности, — и со стороны общества, и со стороны самих ученых. Новый век «кооперативной» науки начинает вырисовываться именно сейчас — когда общество в ней нуждается более всего, когда нам необходимо справиться с глобальными процессами, подобными изменению климата, что требует и сбора многочисленных данных, и вовлечения равнодушных граждан в решение проблем. «Целый ряд крупнейших задач нашего времени в области проблем социума, науки, среды не может быть решен иным образом», — говорит Эйб Миллер-Рашинг (Abe Miller-Rushing), научный координатор Национального парка Акейдия в штате Мэн.

Назад к истокам

Стивену Млодинову (Steven Mlodinow), ревностному любителю птиц, а по основной профессии практикующему семейному врачу, живущему в Лонгмонте, штат Колорадо, участие в проекте *eBird* позволяет превратиться на время в кого-то вроде современного Карла Линнея. «Оглянитесь назад, — говорит Млодинов, — и вы вспомните, что раньше никто из натуралистов не имел специальной подготовки, а науку двигали вперед самоучки или же люди, получившие лишь основы знаний на университетской скамье. Так что, будучи врачом, я чувствую себя попавшим в Англию XVIII столетия».

Уже на заре своей истории люди наблюдали окружающий их мир и фиксировали то, что они видят. Любители всегда присутствовали в науке. Томас Джефферсон, один из американских президентов, 50 лет собирал метеорологические данные. Писатель Генри Дэвид Торо усердно фиксировал сроки цветения растений в окрестных лесах. Многие из величайших прорывов в науке были сделаны людьми без образования (или с минимальным образованием) в соответствующей области, и среди них — Никола Тесла, Сриниваса Рамануджан, Исаак Ньютон, Чарлз Дарвин.

GLENN BARTLEY Corbis (bird); COURTESY OF THE CORNELL LAB OF ORNITHOLOGY (map)

Возможно, самый удачный пример — это метеорология. В 1840-х гг. первый секретарь Смитсоновского института задумал целую сеть волонтерских метеорологических станций. Проект этот поглощал изрядную часть институтского бюджета и объединял в отдельные моменты до 600 участников. Телеграф помогал волонтерам опрашивать в институт примерно полмиллиона наблюдений в год. В конце концов государственные чиновники остановили этот проект, но сама сеть «кооперативных» метеостанций, охватывающая всю страну, до сих пор существует. Полученные данные помогли появиться на свет таким направлениям, как классификация типов погоды, вычисление ежегодной суммы осадков, выпадающих в форме снега, и изучение зимостойкости растений. Они же привели к осознанию важности топографической информации, а также способствовали созданию карт контроля засух, которые и сейчас играют для нас важную роль.

Вклад волонтеров составляет «подавляющую часть того, что мы знаем о климате прошлых лет», отметил Нолан Дескен (Nolan Doesken), сотрудник климатологической службы штата Колорадо, во время одной

из недавних презентаций. Чтобы правильно понять историческую перспективу, нам просто необходимо осознание этого факта.

Орнитология — это еще одно поле деятельности, словно специально созданное для армии любителей. Ведь она состоит из энтузиастов, «заточенных» под сбор информации, — такие люди есть, были и будут. Например, смотрители маяков вели детальные записи о птицах, которых они видели. Рождественский учет птиц, организуемый Национальным обществом Одюбона, сохраняет свою популярность уже более чем 110 лет. Когда в 2002 г. впервые запустили проект *eBird*, его организаторы держали в голове только одну простую проблему — как любители птиц могли бы объединить свои данные, чтобы они оказались полезными для ученых. Несмотря на то что исследователи уже создали по всему миру сети автоматических датчиков и регистраторов, фиксирующих едва ли не каждый параметр окружающей нас среды (уровень диоксида углерода в атмосфере, количество дождевых осадков, скорость течения рек, степень загрязнения окружающей среды соединениями азота), сбор некоторых данных все еще требует участия людей. «Пока ведь нет автоматических датчиков, способных определять птиц, да и других животных тоже, с точностью до вида, — говорит Келлинг, — так что вам остается лишь заменить автоматические сенсоры другими, такими, которые способны сами принимать правильные решения о том, что наблюдать». Иными словами, нужен подходящий человек, в случае *eBird* — такой, что жить не может без того, чтобы разыскивать и наблюдать птиц, считать пернатых и хвастаться своими успехами.

Однако проект быстро натолкнулся на серьезное препятствие. Любители заносили в базу данных проекта лишь около 50 тыс. записей за месяц, а этого было слишком мало. Первые два с половиной года ситуация так и не сдвинулась с мертвой точки, и, как вспоминает Келлинг, «тут мы наконец начали понимать, что проект неэффективен; нам требовался кто-то в сообществе орнитологов-любителей, способный выступить в нашу поддержку». Лаборатория Келлинга наняла двух (а потом и третьего) опытных волонтеров-орнитологов, чтобы присматривать за проектом.

Суть проблемы, как быстро выяснила новая команда, состояла в том, что сами любители хотели иметь гарантии, что и они что-то получают от всей этой системы. Так, например, ученым, участвующим в проекте *eBird*, требовались данные для того, чтобы организовать охрану различных видов птиц. Но этого было недостаточно, чтобы мотивировать многих любителей-орнитологов, для которых участие в проекте означало дополнительные затраты времени на изучение базы данных, а также необходимость регулярно загружать данные на сайт, т.е. изменить привычные способы фиксирования своих наблюдений. Новые руководители проекта задумались и о том, какое техническое или программное оснащение могло бы привлечь волонтеров.

В конечном счете, наблюдение за птицами — это ведение списков видов. «Следовательно, — говорит Крис Вуд

Птицы и не только

ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ!

Если вы не желаете связываться с защитой диссертации, но при этом хотите погрузиться в науку, помогая в исследованиях академического масштаба, вот несколько ссылок на интернет-ресурсы, которые помогут вам найти проект из области гражданской науки, наиболее соответствующий вашим умениям и интересам.

«Живая Вселенная» (*Zooniverse*): присоединяйтесь к сотням тысяч людей, уже участвующих в научных проектах по таким темам, как распознавание сигналов от внешних планет на графиках блеска звезд или же описание оцифрованных фортепианных партитур XIX столетия. www.zooniverse.org

Страница на сайте журнала *Scientific American*, посвященная проектам гражданской науки: на этом мини-сайте описано и индексируется более 100 проектов (как правило, бесплатных для участников); информация еженедельно обновляется; проекты можно сортировать по стоимости участия или по типу работы: наблюдения, опросы, полевая работа или обработка данных. www.scientificamerican.com/citizen-science

Проект «Американские внутренности» (*American Gut Project*): это не бесплатно, и даже не очень эстетично, но вы можете участвовать на различных уровнях оплаты, включая такой, что позволяет вам иметь набор инструментов для сбора анализов стула, кожи, слизистой рта; проще говоря, участники помогают ученым описывать разнообразие микрофлоры американского населения и оценивать влияние на нее таких факторов, как, например, диета. www.indiegogo.com/american-gut

Центральный офис гражданской науки: про орнитологическую лабораторию Корнеллского университета никак не скажешь, что там ничем не интересуются, кроме птиц: ее портфолио содержит данные о более чем 140 проектах, которые можно просматривать по самым различным категориям, таким как метеорология, астрономия, оценка качества воды и др. www.birds.cornell.edu/citscitoolkit

(Chris Wood), один из руководителей проекта, — чтобы заинтересовать любителей, сайт *eBird* должен был предложить нечто новое и полезное для работы со списками — создание упорядоченных списков, возможность их демонстрации другим людям в рамках некоего дружеского соревнования». Поэтому нынешний *eBird* — это социальная сеть, почти как *Facebook*, только ориентированная на любителей птиц. Здесь они могут излагать свои орнитологические наблюдения, делиться подробностями с другими участниками или со всем миром. База данных проекта (как и ее версии для смартфонов) позволяет организовать списки птиц — всех, которых тот или иной человек видел в течение своей жизни, — самыми разными способами, например представить как число попавшихся на глаза особей конкретного вида за все время наблюдений, или как отчет о том, что наблюдатель видел в своих излюбленных местах. Столь же важно, что участники могут познакомиться со списками всех остальных членов сообщества, а затем разбиться в лепешку, чтобы превзойти конкурентов. Когда уже знакомый нам доктор Млодинов увидел двух малых эмпионаксов на открытых пространствах восточного Коло-

Комбинируя данные сайта *eBird* с радарными изображениями, информацией о погоде и компьютерными моделями, *BirdCast* вскоре сможет создавать еженедельные предсказания миграций птиц для любой части страны

радо, он тут же понял, что именно его встреча с этими птицами была самой ранней в ту весну. «О! Вот вам и рекорд!» — воскликнул он.

Позднее Вуд скажет: «Трудно переоценить тот мотивационный эффект, которым обладают эти игры».

Сидя в конференц-зале корнеллской лаборатории (в ней еще больше огромных окон, распахнутых в щебечущий лес), Вуд открывает на компьютере записи для одной территории в юго-западном Канзасе. «Здесь легко видеть, кто выложил больше всего видовых списков и встретил максимальное число видов», — говорит он. Келлинг, который до сих пор тихо сидел за другим концом стола, внезапно оживает: «У меня самый большой список по округу Томпкинс!» — «Не слушайте его! — усмехается Вуд. — Ему просто хочется так думать».

Но, конечно, *eBird* — это не только площадка для орнитологических игр и развлечений. Вместе с развитием гражданской науки приходят и серьезные проблемы, самая сложная из которых — обеспечение достоверности данных. Одним из способов поддержания надежности базы данных для руководителей проекта *eBird*

стало привлечение некоторых из его участников в качестве региональных экспертов. Например, в Колорадо Млодинов и двое других любителей — преподаватель естественных наук Билл Шмокер (Bill Schmoker) и инспектор по окружающей среде Кристиан Нунз (Christian Nunes) — проводят каждую неделю по много часов, загружая в базу свои наблюдения и проверяя чужие списки. Они просматривают все данные, которые система помечает знаком вопроса, — а это до 8% от тех 3 млн записей, которые поступают ежемесячно. Работа экспертов помогает сохранить информацию настолько точной, насколько это вообще возможно, а заодно тренирует и саму систему так, чтобы она оценивала вклад каждого участника в соответствии с его квалифицированностью.

Все эти усилия, похоже, начинают приносить плоды. Значимость данных портала *eBird* растет, соответственно, повышается и его влияние на общественное мнение и законодательство. Наложив карты распространения птиц, полученные в ходе проекта, на официальные карты земель США, исследователи определили, какие исчезающие или находящиеся под угрозой виды птиц обитают на землях тех или иных федеральных ведомств и в какое время года. Эти данные помогают соответствующим ведомствам определять приоритеты в бюджетной политике.

Возник новый проект, известный как *BirdCast*, публикующий предсказания миграций птиц. «Чем хорош доплеровский радар, так это тем, что ему безразлично, от чего отражаются лучи, — от насекомых, или от дыма, или от птиц» — говорит Келлинг. Он открывает хорошо известное радарное изображение движущихся облаков. Но наблюдает он не за ними, не за синими ячейками грозового фронта, а за более мелкими зелеными областями — стаями птиц, летящих в ночи. Комбинируя данные сайта *eBird* с радарными изображениями, информацией о погоде и компьютерными моделями, *BirdCast* вскоре сможет создавать еженедельные предсказания миграций птиц для любой части страны. (В настоящее время лаборатория публикует еженедельные предсказания только в осенний и весенний периоды, плюс специальные прогнозы для особых случаев, таких как появление супертайфуна Сэнди.) Такие прогнозы, по словам Келлинга, могли бы способствовать выключению городского освещения или остановке турбин ветряных электростанций по ночам, когда мимо них пролетают тысячи птиц.

Любых типы проектов, имеющих отношение к гражданской науке, создаются с прицелом на их практическое применение. Так, *LiMPETS* — долгосрочный проект по мониторингу калифорнийского морского побережья — опирается на студентов и преподавателей, собирающих данные, анализ которых необходим для организации очистки территории от нефтяных разливов или других загрязнений, типичных для прибрежной полосы. Департамент природных ресурсов штата Висконсин сумел привлечь граждан проектом по ведению баз данных о состоянии воздуха, воды и живой природы

в штате. А на другой стороне земного шара, в Сахеле, Африка, проект «Погода и менингит», возглавляемый Университетской корпорацией по изучению атмосферы, использует погодные данные, получаемые местными деревенскими жителями, чтобы предсказать момент наступления дождливого сезона, когда минимален риск заражения менингитом и можно временно прекратить вакцинацию населения. Этот проект позволяет гораздо эффективнее использовать поставки противоменингитной вакцины.

Помимо помощи социально значимым программам гражданская наука решает одну из самых масштабных проблем в исследовательской работе вообще. Ученые не могут мгновенно попасть в любую точку Земли, где происходит что-то интересное. Множество мест на нашей планете вообще никак не описаны с точки зрения погодных явлений, биологического разнообразия или иных сведений, важных для науки. Этих белых пятен

Познаем ли мы различия между спиральными и эллиптическими галактиками, делаем ли новые открытия в области связи структуры и функции белков или анализируем химический состав воды в местных речках, сам акт вовлечения в науку может полностью изменить человека

настолько много, что в масштабе Земли они сливаются в «туман неведения», как выразился Арфон Смит (Arfon Smith), руководитель отдела гражданской науки при Планетарии и астрономическом музее Адлера в Чикаго. Увеличивая число людей, наблюдающих за окружающим миром — за цветами ли, звездами или токсинами, — мы получим больше шансов на адекватное понимание Вселенной.

Новая область науки?

Знойный август в Портленде. Невзирая на духоту, в выходные почти 300 человек заполнили один из залов Центра по проведению конференций штата Орегон, чтобы принять участие в конференции, посвященной участию населения в научных исследованиях. Два с лишним дня участники демонстрировали презентации по различным проектам, показывали новые базы данных и другие практически полезные нововведения, приводили статистику участия любителей на разных этапах проектов и доказывали, что вовлечение населения в научные исследования могло бы вызвать коренные перемены в той

или иной научной отрасли. Закончилась конференция массированным мозговым штурмом на тему того, чем бы могла стать гражданская наука, если превратить ее в формальную составляющую исследовательской работы со всеми полагающимися профессиональными организациями, ежегодными собраниями и периодическими изданиями.

Как-то за ужином и возникла идея о проведении этой конференции. Она принадлежала Эйбу Миллеру-Раширгу из Национального парка Акейдия и двум исследователям из лаборатории Корнеллского университета — Рикку Бонни (Rick Bonney) и Дженифер Шерк (Jennifer Shirk). В 2006 г. лаборатория получила грант Национального научного фонда на разработку наиболее эффективного приложения возможностей гражданской науки. Ныне лаборатория Корнелла фактически стала штабом, координирующим всю работу в этом направлении. Бонни вошел в историю как автор самого термина «гражданская наука», который он предложил еще в 1990-х гг. Шерк, которой стало любопытно, для чего ученым понадобились подобные проекты, связанные с профессиональным риском и чреватые головной болью в организационных вопросах, теперь изучает этот вопрос как тему своей диссертации.

Одной из причин, почему все трое настаивали на превращении гражданской науки в официальную дисциплину, было желание распространять ее идеи среди далеко отстоящих друг от друга областей знания, таких как, например, экология и астрономия, кибернетика и эпидемиология. «Ученые, вовлеченные в гражданскую науку, нуждаются в трибуне, — говорит Шерк, — чтобы заявить о предмете своих исследований и тех проблемах, с которыми приходится сейчас бороться». Ученые могли бы поучиться друг у друга, обменяться опытом, например, в привлечении волонтеров или управлении шквалом входящих данных.

Для более тесного взаимодействия науки и общества первой придется решить ряд сложных проблем. Например, как связать воедино колоссальное разнообразие типов проектов и целей, на которые они направлены? Исследователи уже попытались создать классификацию проектов, и стало ясно, что глобально они распадаются на две основные категории — те, где население непосредственно помогает ученым, и те, где, наоборот, ученые оказывают помощь населению. (Эти группы не совсем исключают друг друга — например, получение более новых и точных данных о миграциях животных, о засухах и даже о структуре молекул приносит пользу не только науке, но и населению.)

«Зоопарк галактик» (*Galaxy Zoo*), один из лучших в мире порталов по сбору астрономической информации, начался с работы небольшой группы аспирантов-выпускников, тонущих в море данных, загружаемых из Слоуновского цифрового обзора неба. Ныне *Galaxy Zoo* располагает изображениями с телескопа «Хаббл» и запустил целую серию публичных онлайн-проектов, названную «Живая Вселенная» (*Zooniverse*), где волонтеры помогают извлечь осмысленную информацию

из массы первичных данных. Почти 720 тыс. волонтеров *Zooniverse* расширяют информацию о погоде, полученную еще военными кораблями Первой мировой войны, определяют виды организмов на фотографиях морского дна и классифицируют звуки, издаваемые китами. Ученые получают массу полезной информации от всех этих проектов. На другом конце этого спектра — новый проект «Экстремальная гражданская наука» (*Extreme Citizen Science, ExCiteS*), курируемая Университетским колледжем Лондона. Здесь уже ученые помогают маргинальным сообществам обрести силу благодаря возможностям науки. Так, в ходе одного из нынешних проектов жители неблагополучного района, расположенного в загородной зоне Лондона, собрали, используя измерители децибелов, более 1,1 тыс. образцов индустриального шума, чтобы показать, что расположенная по соседству с ними свалка мусора производит на окрестности оглушающее воздействие. Специалисты, работающие с университетской геоинформационной системой (ГИС), превратили полученные данные в карту распределения шумов этого района, что позволило убедить местные власти заставить владельцев свалки уменьшить производимый ею шум.

Подобные проекты, базирующиеся на деятельности того или иного сообщества людей, превращают науку в социальное предприятие. На конференции в Портленде один из участников говорил об «инкорпорации в науку самых различных видов знания» — информации, получаемой от аборигенных сообществ, местных охотников, или же других людей — носителей традиционного знания или обладающих глубоким пониманием в той или иной области. Некоторым ученым, сосредоточенным исключительно на стандартной науке, нелегко будет переварить подобную концепцию.

Муки Хакли (*Muki Haklay*), соуправляющий проекта *ExCiteS*, полагает, что пора свернуть на новый путь развития науки. «Профессиональным исследователям необходимо признать гражданскую науку равноправным способом получения научной информации, — утверждает он. — Например, когда в пригородах Лондона была собрана информация по измерению уровня шума, я не мог продемонстрировать ее результаты как окончательное научное заключение». Хакли передал данные местным властям в качестве доказательства того, что им следует прийти на место и посмотреть. «Таким образом, было сделано заявление о том, что для людей важно и насколько это соответствует их потребностям» — добавляет исследователь.

Возможно, что один из самых важных аспектов гражданской науки — распространение научного образования среди «обычных» людей путем налаживания их связи с «обычным» исследовательским процессом. «Вот эта идея мне действительно нравится, — замечает Смит, — развивать и распространять научный метод, вовлекая людей во все практические мелочи реального исследования. Если люди могут лучше видеть, как на самом деле делается наука, и им открыта более широкая картина научного мира, то наше общее дело явно движется в правильную сторону».

Познаем ли мы различия между спиральными и эллиптическими галактиками, делаем ли новые открытия в области связи структуры и функции белков, помогаем ли в количественном учете биоты или анализируем химический состав воды в местных речках, сам акт вовлечения в науку может полностью изменить человека. На конференции в Портленде Уоллес Николс (*Wallace J. Nichols*), морской биолог, известный своими работами по охране морских черепах, вызывал осязаемый всплеск эмоций в зале, когда сравнил людей, занятых в гражданской науке, с лучами морской звезды, которые отрываются от нее, уплывают вдаль и образуют новый организм. «Невозможно предсказать, — отметил Николс, — как им предстоит жить в дальнейшем».

Как-то теплым майским вечером, отправившись на орнитологическую экскурсию в одно из любимых мест жителями Колорадо для наблюдения птиц вместе с Млодиновым, Шмокером и Нунсом, я спросила их, почему они посвящают столько времени проекту *eBird*. Мне было интересно понять, кто эти люди — просто альтруисты, или же те, кто чувствует свою ответственность перед проектом теперь, когда он дал им в руки новые возможности. «Видите ли, — ответил Млодинов, — для огромного числа серьезных любителей птиц важна именно научная составляющая проекта. Мы часто пытаемся выделять те или иные подвиды, разобраться с их географическими ареалами — а это малоизученный вопрос, особенно с учетом миграций. Я думаю, что в конечном счете данная работа сильно изменит наше представление о том, где и какие подвиды получили распространение». Это были слова настоящего ученого. ■

Перевод: В.Э. Скворцов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

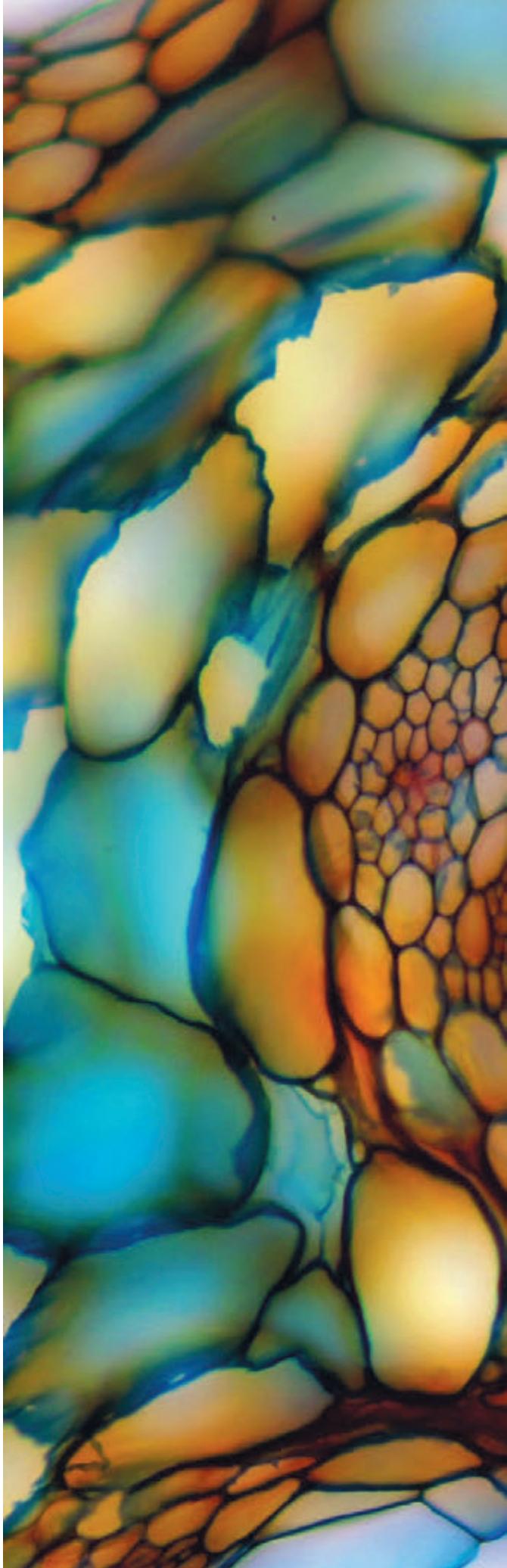
- Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. Rick Bonney et al. in *Bioscience*, Vol. 59, No. 11, pages 977–984; December 2009.
- Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science. Michael Nielsen. Princeton University Press, 2011.
- Participatory Design of DataONE — Enabling Cyberinfrastructure for the Biological and Environmental Sciences. William K. Michener et al. in *Ecological Informatics*, Vol. 11, pages 5–15; September 2012. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954111000768
- Карты прогнозов миграций птиц см. по адресу: ScientificAmerican.com/feb2013/citizen-science

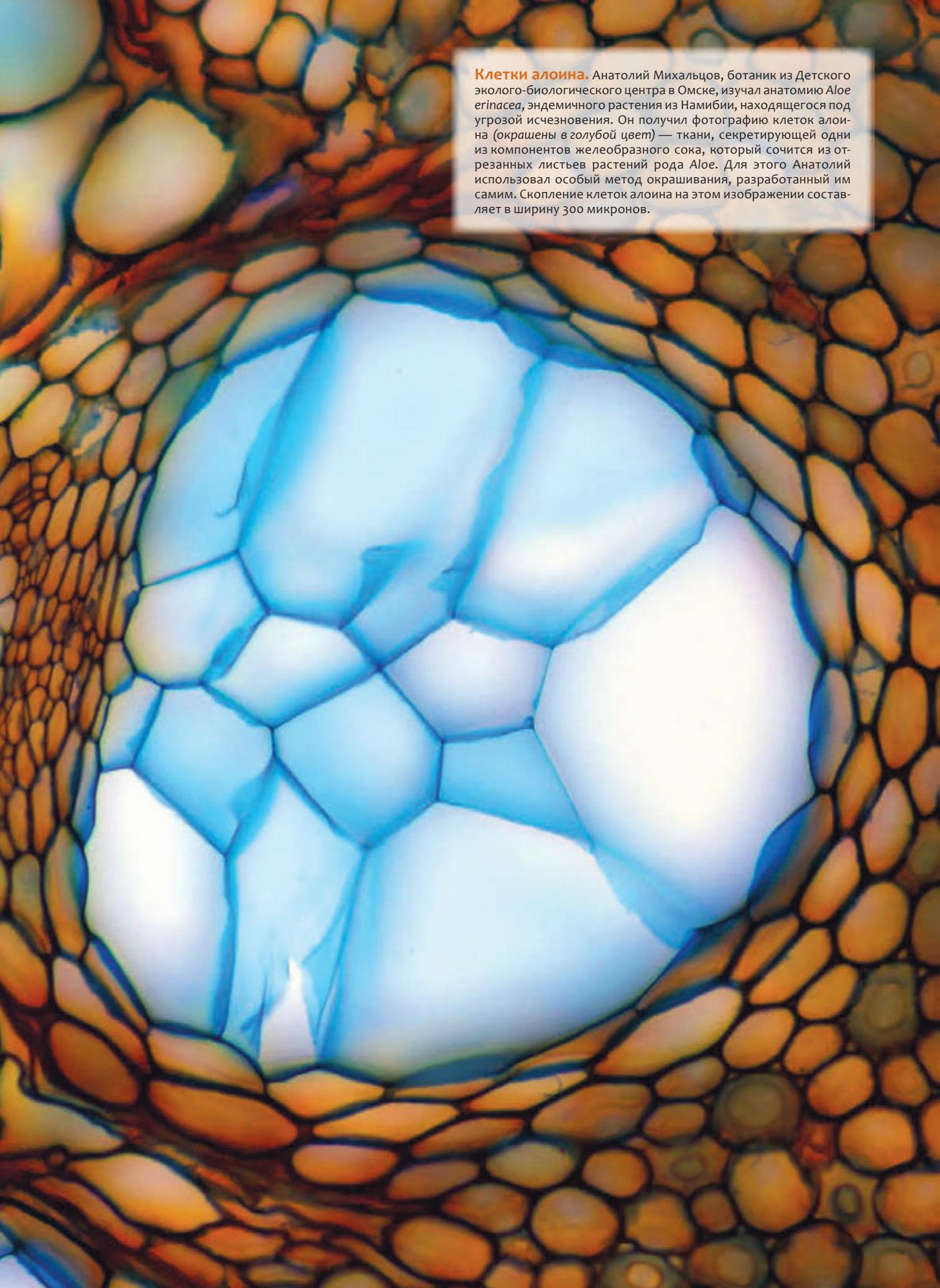
Кейт Вонг

МИР НЕВИДИМЫХ ЧУДЕС

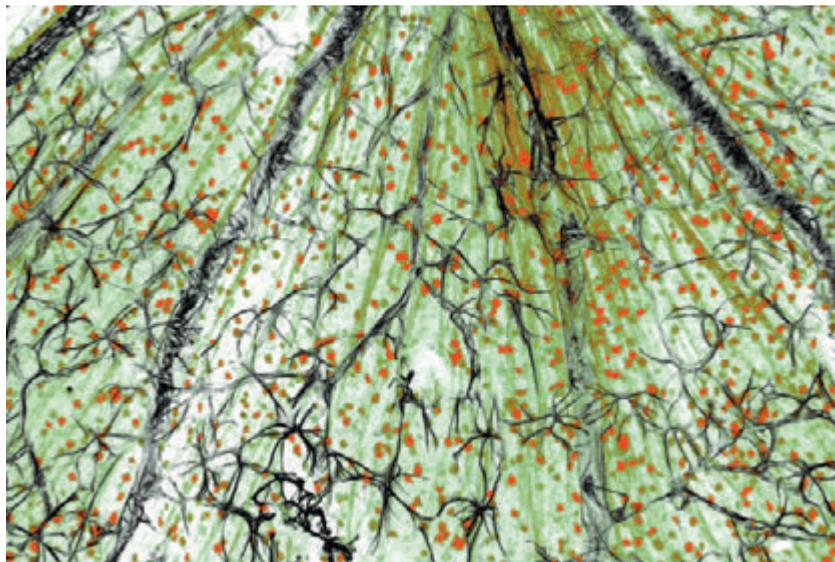
Световой микроскоп
демонстрирует скрытые
чудеса живой природы

Спиральный калейдоскоп ярко окрашенных клеток алое, дремучий лес дендритов нервных клеток в сетчатке мыши, астрономическая картина звездчатых волосок на листьях садового кустарника... Возьмите обычный световой микроскоп, и живой мир еще раз продемонстрирует нам свои красоты, давая возможность по-новому почувствовать то, что Чарлз Дарвин называл «бесконечно прекрасными формами» природы. В этом мире крошечных чудес красота — не только отражение совершенства тонких структур, сформированных эволюцией в ответ на многообразие природных условий. Это еще и результат «волшебства» операторов, работающих с микроскопом, в том числе технических решений, которые они используют, чтобы наглядно представить биологические структуры и процессы. Ибо сквозь окуляр мы открываем новую вселенную в каждом зародыше, в каждом органе или клетке. Игорь Сиванович (Igor Siwanowicz) из Медицинского института им. Говарда Хьюза так сформулировал этот феномен: «Микроскопия позволяет мне взглянуть на то, что находится по ту сторону кожных покровов, увидеть волокна мышечной ткани, выстроенные в стиле барокко, или замысловато переплетенную сеть нейронов, выглядящую как развертка фрактала. Для меня — пусть даже и абсолютно субъективно — это лучший способ по достоинству оценить тот факт, что красота не заканчивается на уровне кожи». В 2012 г. Сиванович стал одним из победителей Международного конкурса цифровой фотографии, организованного компанией *Olympus (Olympus BioScapes International Digital Imaging Competition)*, в числе участников которого равным образом приветствуются и ученые, и любители. Фотографии Игоря Сивановича и других авторов, привлечшие внимание журнала *Scientific American*, украшают несколько следующих страниц этого номера. Мы надеемся, что вы получите немало удовольствия от созерцания трофеев этого «лабораторного сафари» в тех миниатюрных мирах, где наука и искусство идут рука об руку. ■





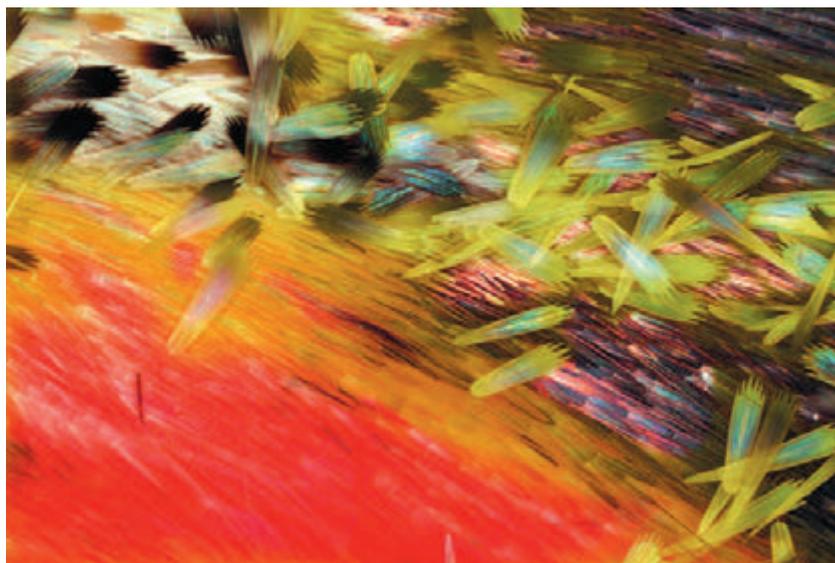
Клетки алоина. Анатолий Михальцов, ботаник из Детского эколого-биологического центра в Омске, изучал анатомию *Aloe eginasea*, эндемичного растения из Намибии, находящегося под угрозой исчезновения. Он получил фотографию клеток алоина (окрашены в голубой цвет) — ткани, секретирующей одни из компонентов желеобразного сока, который сочится из отрезанных листьев растений рода *Aloe*. Для этого Анатолий использовал особый метод окрашивания, разработанный им самим. Скопление клеток алоина на этом изображении составляет в ширину 300 микронов.



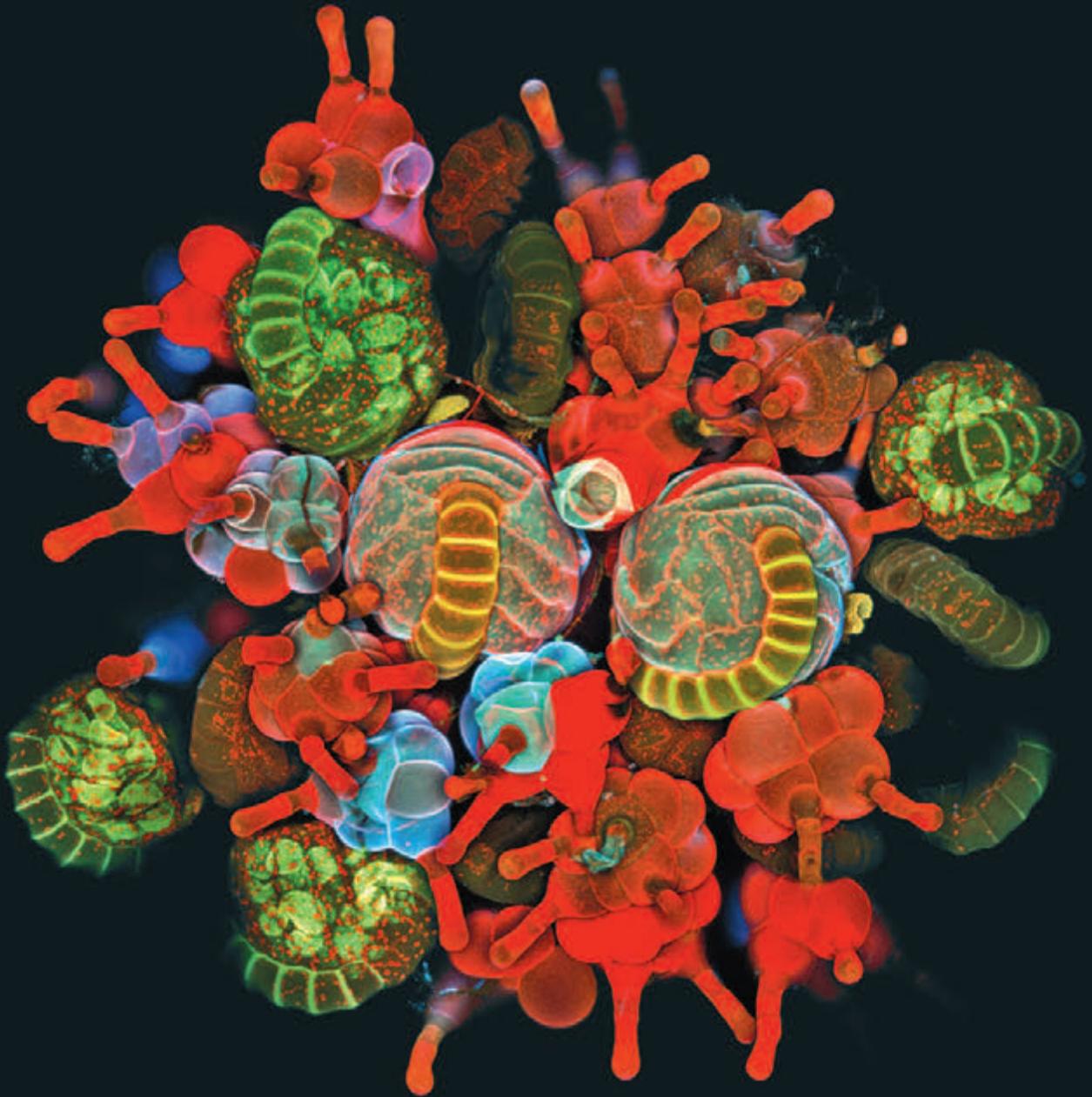
Астроциты сетчатки глаза. Совокупность клеток, формирующих сетчатку глаза мыши, выглядит как причудливый гобелен, на котором привлекает внимание сеть астроцитов (показаны черным цветом), выглядящих наподобие длинноногих пауков. Эти клетки поддерживают водный и ионный баланс среды вокруг нейронов (оранжевые точки) и их аксонов (зеленые лучи). «Щупальца» астроцитов обвиваются вокруг кровеносных сосудов, похожих на широкие черные вертикальные «магистралы», и служат физическим и химическим барьером, определяющим, какие молекулы будут попадать из крови к нейронам. Этот снимок получила Александра Боско (Alejandra Bosco) из Университета штата Юта, изучающая, что происходит с астроцитами при возникновении таких болезней, как глаукома. Данная фотография — часть научной работы Александры; она получена после расправления мышиной сетчатки (сфера диаметром около 0,1 мм) до плоского состояния, в котором ее ширина стала около 5 мм.



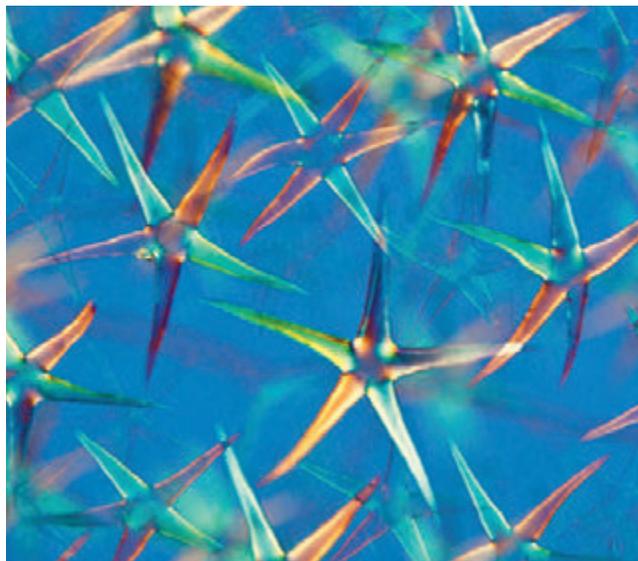
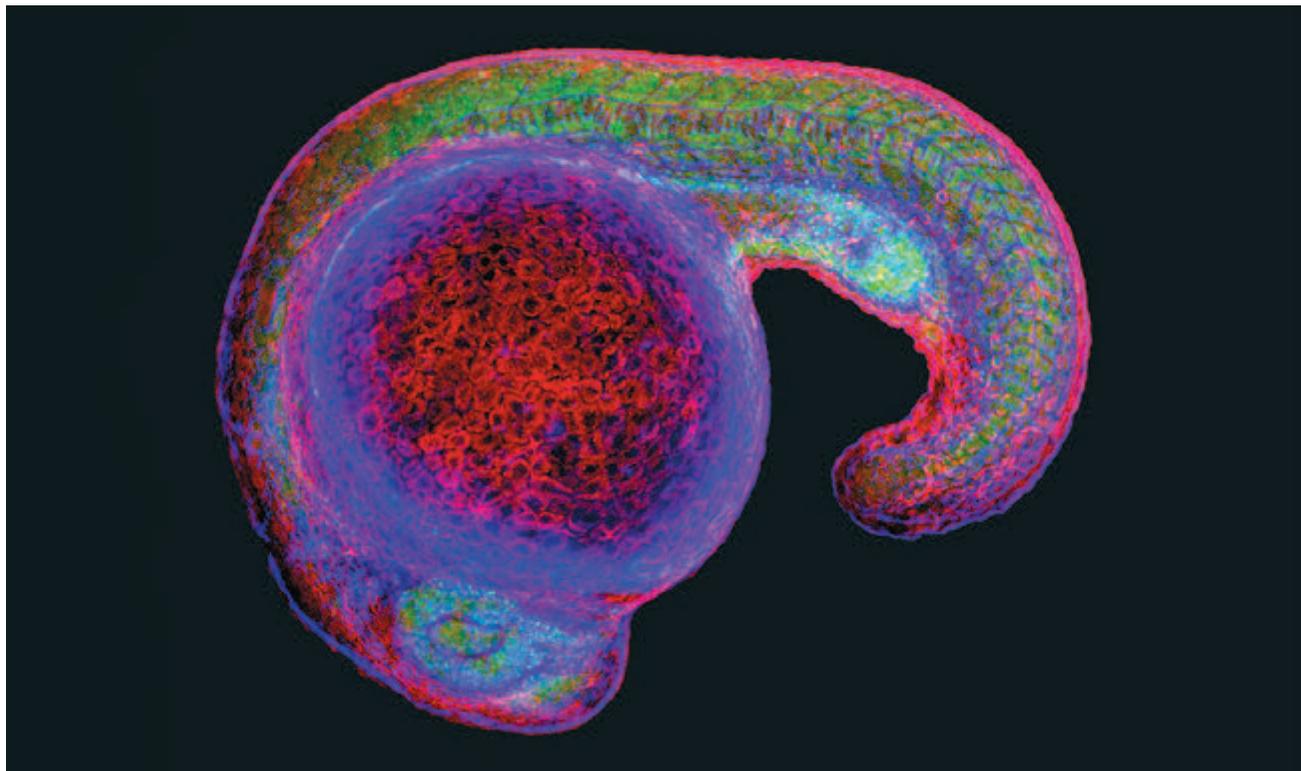
Деление клеток диатомей. Морская диатомея (диатомовая водоросль) *Rhizosolenia setigera* претерпевает процесс расщепления на две части. Это один из способов бесполого размножения, при котором материнская клетка распадается на две дочерние. Мелкие золотистые «зернышки» внутри обеих клеток — это хлоропласты, структуры, в которых происходит фотосинтез. Бесцветная оболочка, окружающая расходящиеся клетки, состоит из кремнезема, находящегося в состоянии стекловидной субстанции. Чтобы получить это изображение размером около 300 микронов, фотографу — натуралисту-любителю Вольфгангу Беттигхоферу (Wolfgang Bettighofer) из немецкого города Киль — пришлось наложить друг на друга 15 отдельных микрофото-снимков.



Крыло бабочки. Эта микрофотография получена студенткой Сахар Ходаверди (Sahar Khodaverdi), которая сейчас получает степень магистра по специальности «Биология растений» в Университете Тебриза в Иране. Крыло бабочки под микроскопом выглядит как фрагмент полотна художника-абстракциониста. Окраска и радужный блеск поверхности крыла обусловлены ее строением — она покрыта множеством мельчайших чешуек («пыльцой»). В формировании оптического эффекта участвует не только окраска этих чешуек, но и их наноструктура, заставляющая свет отражаться определенным образом, создавая перламутровые переливы.



Спорангии папоротника. Рассмотрите нижнюю поверхность листа (вайи) папоротника, и вы заметите на ней темные пятнышки, называемые сорусами. Каждый сорус представляет собой гроздь спорангиев — структур, в которых развиваются споры, служащие для полового размножения папоротников. На приведенной фотографии соруса папоротника многоножки виргинской (*Polypodium virginianum*) собственно сорусы (выглядят как разноцветные клубочки) перемежаются с красными пузырчатymi структурами, так называемыми парафизами, которые представляют собой специализированные волоски необычной формы. Они, как полагают, защищают сорусы от неблагоприятных условий. Эту фотографию получил нейробиолог Игорь Сиванович (Igor Siwanowicz) из Медицинского института им. Говарда Хьюза в Эшбурне, штат Виргиния. Он «проявил» скопление сорусов около 1 мм в поперечнике, используя те же самые флуоресцентные красители, которые применяет в своей работе для окрашивания тканей беспозвоночных животных.



Эмбрион данио (фото сверху). Авторы этой фотографии — Карен Денерт (Karen W. Dehnert), Скотт Лафлин (Scott T. Laughlin), Холи Аарон (Holly Aaron) и Каролин Бартоцци (Carolyn R. Bertozzi) из Калифорнийского университета в Беркли. Они получили ее с живого эмбриона хорошо известной аквариумной рыбки данио (*Brachydanio rerio*) возрастом 19 часов при десятикратном увеличении. В момент фотографирования они изучали, как в процессе развития эмбриона происходит преобразование скоплений одного из типов полисахаридов, содержащего углевод фукозу. Включение фукозы в состав определенных молекул необходимо для правильного развития эмбриона.

Звездчатые волоски растений (фото слева). Нижняя поверхность листьев декоративного кустарника дейции шершавой (*Deutzia scabra*, ближайшей родственницы нашего садового жасмина) густо покрыта ковром из звездчатых волосков, защищающих листья от поедания животными, мороза и избытка ультрафиолетового излучения. Каждый отдельный волосок имеет всего 0,25 мм в поперечнике. В Японии мастера по декоративной обработке древесины используют листья этого растения для тонкой полировки изделий. Чтобы получить резкое изображение всех этих волосков, имеющих неодинаковую длину, фотограф Стив Лаури (Steve Lowry), специализирующийся на микрофотографии, сделал серию снимков с разной фокусировкой и затем с помощью компьютерной программы совместил все находящиеся в фокусе детали каждого из них в единое многослойное изображение.

Гусеница бабочки-мокрицы (фото справа). На второй фотографии, снятой Игорем Сивановичем (Igor Siwanowicz), изображена гусеница бабочки-мокрицы (семейство *Cochliidiidae*) в фазе формирования кокона, где она окуклится для последующего превращения во взрослую бабочку. Каждый из ее простых глазков включает шесть куполообразных линз. В отличие от гусеницы, взрослая бабочка имеет крупные сложные глаза, состоящие из множества ячеек (фасеток). Чтобы компенсировать недостаточность зрительного восприятия, обусловленную наличием только простых глазков, поверхность тела у гусениц бабочек покрыта многочисленными сенсорами, отвечающими за другие типы восприятия. Голова гусеницы, изображенной на фотографии, имеет в ширину примерно 0,5 мм.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Дополнительную информацию о конкурсе Olympus BioScapes можно получить на сайте www.olympusbioscapes.com
- Слайд-шоу фотографий, сделанных с помощью светового микроскопа, см. по адресу: ScientificAmerican.com/jan2013/bioscapes



The background of the entire page is a high-magnification microscopic image of meteorite grains. The grains are dark, mostly black or dark grey, and are densely packed. They exhibit a wide variety of colors, including bright blue, orange, yellow, green, and pink, which are likely due to different mineral compositions and their interaction with light. The grains vary in size and shape, some appearing as small, rounded particles while others are larger and more angular. The overall texture is granular and complex.

ТАЙНЫ ПЕРВИЧНЫХ МЕТЕОРИТОВ

Алан Рубин

Микроскопический анализ хондритов, самых древних камней Солнечной системы, в деталях показывает, как выглядели ближние окрестности космоса накануне формирования планет

ОБ АВТОРЕ

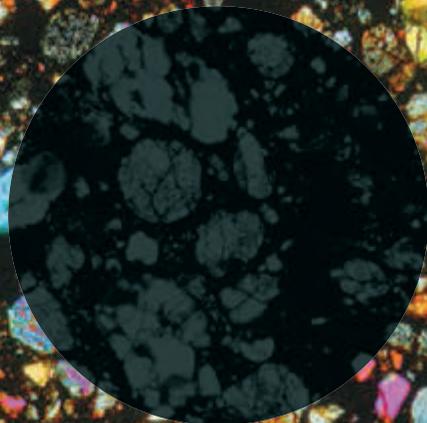
Алан Рубин (Alan E. Rubin) — геохимик Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, изучающий множество разнообразных метеоритов. Кроме научных работ он написал около 30 популярных статей о науке, космосе, а также книгу «Нарушающие спокойствие Солнечной системы» (*Disturbing the Solar System*, 2002). Он отмечает, что астероид 6227 *Alanrubin* несколько эксцентричен, как и человек, в честь которого тот получил свое имя, хотя у последнего больше вероятности упасть на Землю.



Я глубоко сочувствую астрономам. Они видят объекты своего обожания — звезды, галактики, квазары — только издали: в виде картинок на экранах компьютеров или как световые волны, проецируемые бесчувственными спектрографами. В отличие от них многие из нас, те, кто изучает планеты и астероиды, могут приласкать кусочки наших любимых небесных тел и побудить их открыть свои сокровенные тайны. Студентом последнего курса астрономического бакалавриата я провел множество холодных ночей, разглядывая в телескоп звездные скопления и туманности, но сейчас могу признаться, что, когда держишь в своих руках кусок астероида, это дает тебе гораздо большее эмоциональное удовлетворение, устанавливает материальную связь с тем, что иначе, вероятно, выглядело бы далеким и абстрактным.

Хондриты — это те фрагменты астероидов, которые очаровывают меня больше всего. Эти метеориты, составляющие более 80% всех метеоритов, падающих на Землю, получили свое название от содержащихся почти во всех них хондр — крошечных зерен расплавленных материалов, размером меньше рисового зернышка, которые образовались еще до того, как на заре истории Солнечной системы сформировались астероиды. Когда мы изучаем тонкие срезы хондритов под микроскопом, наблюдать их просто восхитительно, это немного сродни разглядыванию некоторых из полотен Василия Кандинского и других художников-абстракционистов.

Хондриты — самые древние камни, которых когда-либо касалась рука ученого. Радиоизотопный анализ показывает, что дата их рождения восходит к временам более 4,5 млрд лет назад, периоду образования планет, когда Солнечная система представляла собой турбулентный вращающийся диск из газов и пыли, который астрономы окрестили околосоляной туманностью. Их возраст и консистенция показывают, что состоят они из первичных материалов, из которых в конечном итоге



образовались планеты, луны, астероиды и кометы. Большинство ученых полагают, что хондры сформировались, когда во время высокоэнергетических событий богатые силикатами скопления пыли плавилась и образовывали отдельные капли. Эти капельки быстро отвердевали и сращивались с пылью, металлами и другими материалами, в результате чего образовывались хондриты, которые продолжили рост и стали астероидами. Время от времени соударения астероидов друг с другом на больших скоростях приводят к их фрагментации и раскалыванию на куски. В итоге некоторые из этих осколков падают на Землю в виде метеоритов. Таким образом, возможность потрогать все своими руками, которая так меня привлекает, — не просто вопрос эстетических пристрастий. Ведь метеориты — ископаемые свидетели рождения Солнечной системы, кратчайший путь к изучению условий, при которых наша планета Земля обрела свой нынешний облик.

Однако антропологи хорошо знают, что обнаружение ископаемых останков — всего лишь первый шаг к воссозданию этого облика. Находки необходимо поместить в соответствующую окружающую среду. Однако делать предположения о том, где и в каких условиях родились различные хондриты, было непростой задачей, поскольку в нашем распоряжении имелись на удивление скудные данные о детальной структуре самых разнообразных камней. Несколько лет назад я провел систематическое исследование всего диапазона физических свойств хондритов, заполнив множество имевшихся критических пробелов. Имея на руках эти данные, я построил черновой вариант карты, описывающей структуру первобытной туманности, в которой образовались хондриты.

Замечательно, что распределение пыли, отраженное на этой карте, какой бы грубой она ни была, повторяет распределение пыли в некоторых звездных системах типа Тау Тельца. Светимость звезд типа Тау Тельца непостоянна и изменяется произвольным образом, а сами они укутаны плотной атмосферой, поэтому их считают молодыми звездами, или «звездами до главной последовательности». Многие из них окружены пылевыми дисками. Согласие пылевой картины околосолнечной туманности со структурой некоторых звездных систем типа Тау Тельца стало еще одним доводом в пользу идеи, что последние — предки солнечных систем, таких как наша. Таким образом, хондриты — это зонд, позволяющий исследовать наше глубокое прошлое, но одновременно и инструмент, дающий возможность взглянуть

на другие молодые солнечные системы в Млечном Пути. Аналогично, по мере того как ученые глубже познают физику далеких звездных систем, они лучше понимают процессы, которые привели к формированию наших собственных астероидов и планет.

Характеристики хондритов

Чтобы исследовать первичную солнечную систему с помощью анализа хондритов, ученый-планетолог должен прежде всего иметь точные характеристики свойств метеорита. Ученые классифицируют хондриты, разбивая их примерно на десяток основных групп, различающихся такими характеристиками, как общий химический состав, состав изотопов (элементов с одинаковым количеством протонов, но с разным числом нейтронов), числом, размером и типом их хондр, наконец, объемом плотной пылевой матрицы, в которую впрессованы хондры и другие материалы. Поскольку каждая группа хондритов обладает узким, отличным от других диапазоном физических, химических и изотопических характеристик, различные группы метеоритов, упавших на Землю, должно быть, родом из различных астероидов. Ученые придумали множество умозрительных моделей для объяснения того, как изначально сформировались разные группы хондритов, которые учитывают такие явления, как турбулентность газов, магнитные поля и разницу в скоростях, с которыми частицы подлетают к средней плоскости туманности. Однако зачастую суть всего вышесказанного сводится к туманному умозаключению, что разные виды хондритов образовались «в различных условиях».

В надежде получить вразумительный ответ, какими же именно были эти условия, в 2009 г. я начал перелопачивать литературу с намерением построить таблицу, в которой будут представлены свойства основных групп хондритов. Имея на руках такую таблицу, я намеревался заняться поиском корреляций между их свойствами, что, возможно, пролило бы свет на историю каждой группы. Но таблица, которую я построил, была более чем наполовину незаполненной. По-видимому, мало кто из ученых интересовался получением такого рода данных.

Оставалась единственная возможность — сделать все самому. С этой целью я засел за микроскоп и исследовал 91 тонкий срез 53 различных метеоритов разных групп хондритов. При толщине среза 30 микрон многие минералы становятся прозрачными, и можно изучать их оптические свойства. Метеоритные срезы открыли мне

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

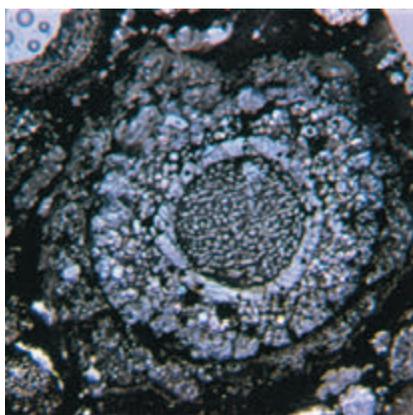
- Хондритные метеориты состоят из того же вещества, из которого образовались планеты, луны, астероиды и кометы. Каждая группа хондритов имеет свой собственный отличный от других состав и свои структурные характеристики.
- Исходя из этих свойств автор и другие ученые сделали вывод о примерном месте формирования этих групп хондритов и относительном количестве пыли, находившейся в данных областях.
- Распределение пыли там очень похоже на ее распределение в протопланетных дисках, состоящих из пыли и газа, которые вращаются вокруг нескольких звезд, называемых звездами типа Тау Тельца, — а именно молодых, возрастом 1–2 млн лет звезд с массой примерно с наше Солнце. Такая схожесть дает основание предположить, что системы типа Тау Тельца — хороший аналог Солнца и его протопланетного диска на ранних стадиях истории Солнечной системы.

широкое разнообразие хондр, которые отличаются друг от друга размерами, формой, текстурой и цветом. Конечно, анализ тысяч хондр может быть утомительным, но, настойчиво продолжая эти упражнения в «микроскопической астрономии», я сумел заполнить таблицу всего за несколько месяцев. Полученные результаты не решили проблему «различных условий» полностью, но все же позволили расширить и уточнить идеи относительно того, где в околосолнечной туманности образовались различные группы хондритов и на что была похожа окружавшая их среда.

Рассмотрим сначала редкий класс, называемый энстатитовыми хондритами, которые составляют всего 2% всех хондритов, обнаруженных среди упавших на Землю метеоритов. Эти камни получили свое имя по названию минерала, обычно составляющего их основную массу, энстатита ($MgSiO_3$), и бывают двух видов, которые обозначаются как *EH* и *EL* в зависимости от суммарного содержания в них железа: *H* (*high*) — высокое, *L* (*low*) — низкое. Ученые обнаружили, что изотопный состав азота, кислорода, титана, хрома и никеля в этих хондритах схож с относительным содержанием таких изотопов на Земле и на Марсе, и на основании этого они высказали предположение, что энстатитовые хондриты, вероятно, образовались внутри орбиты Марса, значительно ближе к Солнцу, чем предполагаемое место рождения других групп хондритов.

Второй тип, так называемые обычные хондриты, включает в себя три отдельных, но близко связанных друг с другом группы, обозначаемых как *H*, *L* и *LL*, которые различаются по количеству и форме содержащегося в них железа. Слово «обычные» характеризует их широкую распространенность: все вместе они составляют 74% общего числа найденных метеоритов. Столь большое относительное количество этих трех видов метеоритов указывает на то, что прилетели они к нам из области Солнечной системы, гравитация в которой в наибольшей степени благоприятствует их полету к Земле.

Джон Уоссон (John Wasson) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе высказал предположение, что обычные хондриты сыпятся на нас из области, расположенной немного ближе к Солнцу от середины



Подсказки из пыли. В хондритах определенного типа, таких как углистые (на верхнем снимке), хондры обычно большие и имеют сложную структуру (микрофотография), они содержат силикатное ядро (центральная сфера и тонкое кольцо вокруг нее), окруженное вторичной оболочкой (толстая кайма), и внешний слой, называемый корой плавления (область неправильной формы). Оболочки и кора возникают после того, как пыль обволакивает существующую хондру и затем плавится. Наличие оболочек и коры указывает в этом случае, что эволюция хондр происходила в достаточно запыленной части околосолнечной туманности, отсутствие же их свидетельствует о менее пыльной среде.

астероидного пояса, находящегося между орбитами Марса и Юпитера. Астероиды, отдаленные от Солнца на расстояние в 2,5 раза больше радиуса орбиты Земли (т.е. 2,5 астрономических единиц), за 12 лет трижды облетают вокруг Солнца. Юпитер, находящийся на расстоянии 5,2 астрономических единиц, за этот же временной интервал завершает ровно один круг. Такая корреляция означает, что гигантское гравитационное поле Юпитера регулярно «подстегивает» эти астероиды и в конце концов направляет многие из них в сторону планет земной группы. В Швеции ученые обнаружили десятки обычных хондритов в камнях, возраст которых насчитывает 470 млн лет, — указание на то, что обычные хондриты действительно посыпали Землю на протяжении 10% ее истории, длящейся 4,5 млрд лет.

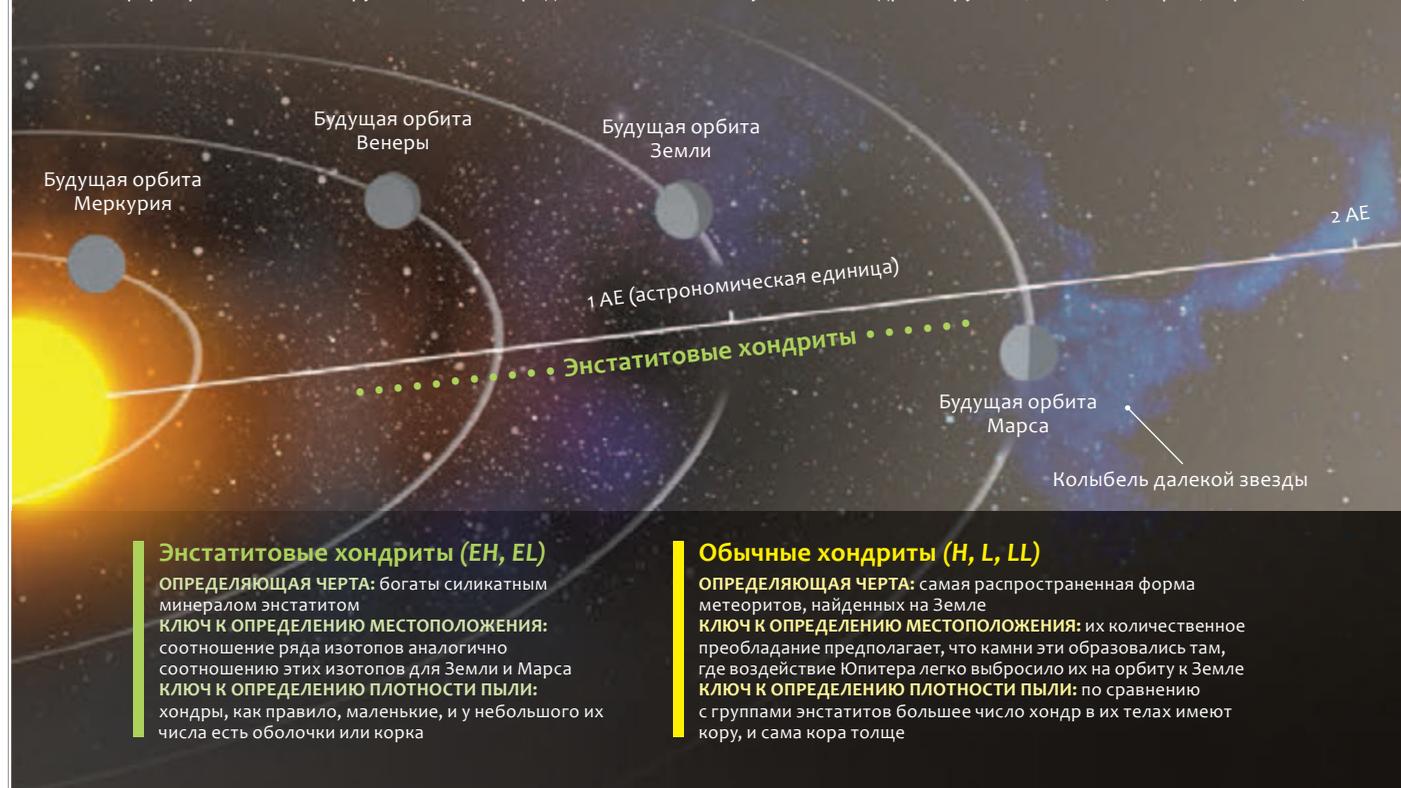
Третий тип — редкие хондриты Румурути или *R*-хондриты (названы так по имени деревушки в Кении, где последний и единственный раз наблюдали падение такого метеорита). По большинству своих химических свойств они очень похожи на обычные хондриты, однако в них гораздо больше связующего материала и значительно выше относительное содержание изотопа кислорода ^{17}O по сравнению с более легким изотопом ^{16}O . Высокие температуры в околосолнечной туманности стремятся выровнять изотопный состав, и чем дальше от Солнца образовался объект, тем больше вероятность, что разница в количестве изотопов кислорода сохранится. Эта диспропорция в количестве изотопов дает основания предполагать, что *R*-хондриты формировались дальше от Солнца, чем обычные хондриты.

Высокие температуры к тому же разрушают органические соединения, которые находят в широком классе метеоритов, называемых углеродосодержащими или углистыми хондритами, как правило, чаще, чем в других группах хондритов. Таким образом, углистые хондриты почти наверняка прилетели к нам с орбит даже еще более удаленных от Солнца, чем места обитания *R*-хондритов. Сами же углистые хондриты образуют шесть основных групп, для каждой из которых можно определить более точное местоположение в околосолнечной туманности на основе их химических, изотопных и структурных свойств.

НАША СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА ДО ОБРАЗОВАНИЯ ПЛАНЕТ

После исследования множества химических и структурных особенностей четырех классов хондритов (выделены цветом), которые в свою очередь поделены на 12 основных групп (названия указаны внизу карты), автор уточнил грубые модели областей формирования этих 12 групп и высказал предположение

об относительном количестве пыли в этих областях в то время (точки на карте указывают вероятный диапазон области зарождения для каждой из групп хондритов). Он обнаружил, что самые плотные облака пыли (самое плотное окрашивание) окружали углистые хондриты групп CR, CV и CK, которые, вероятно,



Прах к праху

Кроме своего химического состава, внутренняя структура хондритов рассказывает многое и о количестве пыли в той части пылевого облака, где они образовались. Пыль играла ключевую роль на всех стадиях эволюции Солнечной системы. По мере того как первичное облако материала, из которого образовались Солнце и планеты, сжималось, крупинцы пыли все эффективнее удерживали инфракрасное излучение, в результате чего рост температуры в центре облака привел в конечном итоге к формированию протозвезды. Позднее пыль (а на более дальних расстояниях от центра — лед) устремилась к срединной плоскости туманности и собралась там в более массивные тела, образовав со временем пористые глыбы, называемые планетезималиями, размером от нескольких метров до десятков километров. Часть этих планетезималей расплавилась. В конечном итоге из множества расплавленных и нерасплавленных планетезималей сформировались планеты, а кометы и астероиды скорее всего образовались путем аккреции нерасплавленных планетезималей, имеющих более однородный состав.

Один из ключей, указывающих на обилие пыли в области, где образовалась данная группа хондритов, — наличие пылевых оболочек, окружающих силикатные ядра

хондр. Например, в хондрах некоторых углистых хондритов обычно присутствует ядро, или «первичная» хондра, заключенное во вторичную сферическую оболочку из расплавленного или магматического материала, схожего по составу с первичной хондрой. Часто вторичная оболочка сама окружена еще одной оболочкой, называемой корой плавления, которая состоит из более мелких минеральных зерен, чем те, что находятся в центральном ядре.

Многие ученые, исследующие метеориты, высказывали предположение, что вторичные оболочки образовались, когда исходные хондры, отвердев после первоначального расплавления, обрели пористую пылевую оболочку и затем снова подверглись разогреву в результате события средней энергии, которое расплавало оболочку, но не затронуло внутреннюю хондру. Впоследствии в результате события с более низкой энергией или меньшей продолжительности, или же и того и другого одновременно, образовалась кора плавления. Проще говоря, группы хондритов, которые содержат многочисленные хондры со структурой «вложенных оболочек», по-видимому, образовались в пыльной среде.

Многочисленные эпизоды расплавления, перемежающиеся периодами, во время которых хондры были погружены в пыль, естественно, должны были бы привести

кружили вокруг Солнца на расстоянии более трех астрономических единиц. Еще дальше от Солнца, там, где блуждали хондриты групп *CM*, *CO* и, наконец, *CI*, концентрация пыли падает. Падает она также в направлении на Солнце и в области зарождения энстатитовых хондритов встречается уже крайне редко. Такое распределение очень напоминает распространение

пыли в некоторых молодых звездных системах типа сегодняшней звездной системы Тау Тельца, и это дает основания полагать, что полученная информация о физике подобных систем позволит узнать нечто новое о раннем периоде нашей Солнечной системы. Текст внизу карты частично объясняет логику, использовавшуюся при построении этой карты.



Самая большая плотность пыли (здесь показана на расстоянии примерно 3,6 АЕ от Солнца), вероятно, наблюдалась где-то на расстоянии между 2,7 АЕ и 4,5 АЕ

Хондриты Румурути (*R*)

ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ ЧЕРТА: по составу слегка отличаются от обычных хондритов
КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ: соотношение ряда изотопов предполагает расположение дальше от Солнца, чем у обычных хондритов
КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОТНОСТИ ПЫЛИ: относительное количество материала матрицы (мелкозернистые силикаты между хондрами), образовавшейся из пыли туманности, намного выше, чем у обычных хондритов

Углистые хондриты (*CR*, *CV*, *CK*, *CM*, *CO*, *CI*)

ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ ЧЕРТА: богаты органическими соединениями
КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ: присутствие органики означает, что эти метеориты сформировались далеко от Солнца, которое в противном случае разрушило бы органические вещества
КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОТНОСТИ ПЫЛИ: хондриты групп *CR*, *CV* и *CK* имеют самые большие хондры и самую толстую кору плавления; у хондритов групп *CM* и *CO* хондры, как правило, меньше, а кора тоньше; в метеоритах группы *CI* хондры отсутствуют вообще

к образованию более крупных хондр с толстой вторичной оболочкой и толстой корой плавления. Таким образом, наличие подобных особенностей указывает на значительное количество пыли в среде, где образовались хондры. Хондры, укутанные пылью, к тому же охлаждались медленнее, чем другие, поскольку теплу не просто было уйти в виде излучения. Относительно медленное остывание в свою очередь способствовало испарению летучих элементов, таких как натрий и сера. Хотя большая часть летучих веществ конденсировалась на окружающей пыли (чтобы, в конце концов, снова быть включенными в хондриты), некоторая часть их будет утрачена. Концентрация натрия и серы в группе хондритов, содержащих эти большие окруженные пылью хондры, следовательно, должна быть ниже, чем в тех группах хондритов, которые сформировались в бедной пылью атмосфере. Я обнаружил, что так оно и обстоит на самом деле.

Объединяя эту и другую информацию с данными о предполагаемом расположении материнского астероида, я нарисовал примерную карту распределения пыли в первичной Солнечной системе. Группы энстатитов, которые предположительно образовались внутри орбиты Марса, должно быть, находились в области с малым содержанием пыли. Они, например, имеют

мало хондр с оболочками или корой, а у тех из них, которые все же покрыты оболочками, они тонки. И обычные, и *R*-хондриты, которые образовались немного подальше от Солнца, демонстрируют больше признаков присутствия пыли — например, относительное содержание хондр с корой плавления у них выше, а сама она толще, чем в метеоритах энстатитовой группы.

Концентрация пыли, по-видимому, достигает своего пика в области, занимаемой группой углистых хондритов, имеющих хондры максимального размера и наибольшее число хондр, заключенных внутри вторичных оболочек и коры плавления (они принадлежат к группам под названиями *CR*, *CV* и *CK*). Далее в направлении от Солнца концентрация пыли постепенно снижается, и там располагаются еще две группы углистых хондритов (*CM* и *CO*). Хондры у хондритов этих групп намного мельче, и среди них гораздо реже встречаются покрытые вторичной оболочкой и корой плавления. Общее количество пыли снижается еще больше в окрестности самой удаленной группы углистых хондритов (*CI*), которые вообще не содержат хондр. Тем не менее они настоящие хондриты, поскольку основной критерий для того, чтобы быть принятым в этот класс, — сходство химического состава минерала с составом нелетучих элементов Солнца.

Характер распределения пыли на этой карте около-солнечной туманности привел меня к выводу, что наша Солнечная система, вероятно, была похожа на многие из звездных систем типа Тау Тельца, наблюдаемых сегодня: молодые звезды напоминают наше раннее Солнце, еще не приступившее к своему главному делу — стабильному термоядерному горению водорода. Картина распределения пыли очень похожа на опубликованные данные астрономических наблюдений нескольких протопланетных дисков вокруг звезд типа Тау Тельца. Поскольку массы этих самых дисков (они составляют примерно 2% массы Солнца) аналогичны предполагаемой массе около-солнечной туманности, представляется, что они дают нам хорошую модель этой туманности периода формирования хондр и агрегации их в хондриты.

Изучая хондриты, возможно, мы сможем узнать о природе и эволюции около-солнечной туманности, формировании планет, некоторых стадиях эволюции Солнца и временном масштабе всех этих процессов

Жаркие споры

Какие именно процессы привели к образованию хондр, еще не вполне понятно. Первое, что должна объяснить любая модель формирования хондр, — свидетельство их многократного плавления. Этот процесс должен к тому же быть широко распространенным, иначе он не привел бы к образованию хондр почти в каждой из групп хондритов. К сожалению, пока не найдено ни одного убедительного механизма нагрева, который объяснял бы свойства всех хондр. Многократное плавление такого большого количества хондр отмечает любое из предложенных одноразовых явлений, таких как ударная волна от взрыва сверхновой или гамма-всплеск из далекого космоса. Источник тепла должен быть, с одной стороны, способным полностью расплавить часть хондр (включая образования размером в несколько миллиметров), а с другой — расплавить лишь тонкую мантию пыли вокруг других хондр, оставив их внутренность незатронутой. Ряд ученых предположили существование некоего повторяющегося, пульсирующего источника тепла, вроде разряда молнии, но единодушия по поводу возможности возникновения молний в около-солнечной туманности достигнуто не было.

Модель формирования хондр, популярная в настоящее время у астрофизиков, предполагает разогрев вещества туманности ударной волной. Ударные волны могли бы образоваться, например, в результате падения на туманность вещества извне. Распространение ударных волн через пыльную туманность, возможно,

привело к образованию достаточного количества тепла, чтобы вызвать плавление хондр. Однако и модели, опирающиеся на ударные волны, имеют собственные изъяны. Во-первых, в протопланетных дисках ударные волны еще никогда не наблюдались, и их существование не доказано. Во-вторых, ударные волны сразу же нагрели бы огромное число хондр, но, по-видимому, они не могут расплавить лишь внешнюю поверхность отдельных хондр (чтобы сформировать вторичные оболочки и кору плавления), и в то же время оставить внутренность хондры относительно холодной. Третий очевидный изъян — ударные волны, которые представляют собой локальное явление, и кажется маловероятным, что они производят хондры в далеко отстоящих друг от друга областях около-солнечной туманности. Основным механизмом образования хондр, таким образом, остается тайной за семью печатями.

50 лет назад на страницах журнала *Scientific American* исследователь метеоритов Джон Вуд (John A. Wood) заметил: «Лишь недавно мы начали изучать хондры как объекты особого рода. В них содержится море информации <...> о процессах, которые оказали на них воздействие. Возможно, мы сможем узнать о природе и эволюции около-солнечной туманности, формировании планет, некоторых стадиях эволюции Солнца и временном масштабе всех этих процессов». Спустя полвека ученым все еще предстоит многое понять, но картина, представленная этими посланниками из далекого прошлого Солнечной системы, наконец-то становится центральной в их исследованиях. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Chemical, Mineralogical and Isotopic Properties of Chondrules: Clues to Their Origin. R.H. Jones, J.N. Grossman and A.E. Rubin in *Chondrites and the Protoplanetary Disk*. Edited by A.N. Krot, E.R.D. Scott and B. Reipurth. Astronomical Society of the Pacific Conference Series, Vol. 341, pages 251–285; 2005.

■ Physical Properties of Chondrules in Different Chondrite Groups: Implications for Multiple Melting Events in Dusty Environments. Alan E. Rubin in *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 74, No. 16, pages 4807–4828; August 15, 2010.

■ Meteorite or Meteorwrong? Department of Earth and Planetary Sciences, Washington University in St. Louis: http://meteorites.wustl.edu/id/ordinary_chondrites.



НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ



ОТКРЫТЫЙ КОСМОС



НА ПОЛНУЮ МОЩНОСТЬ

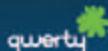
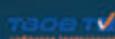


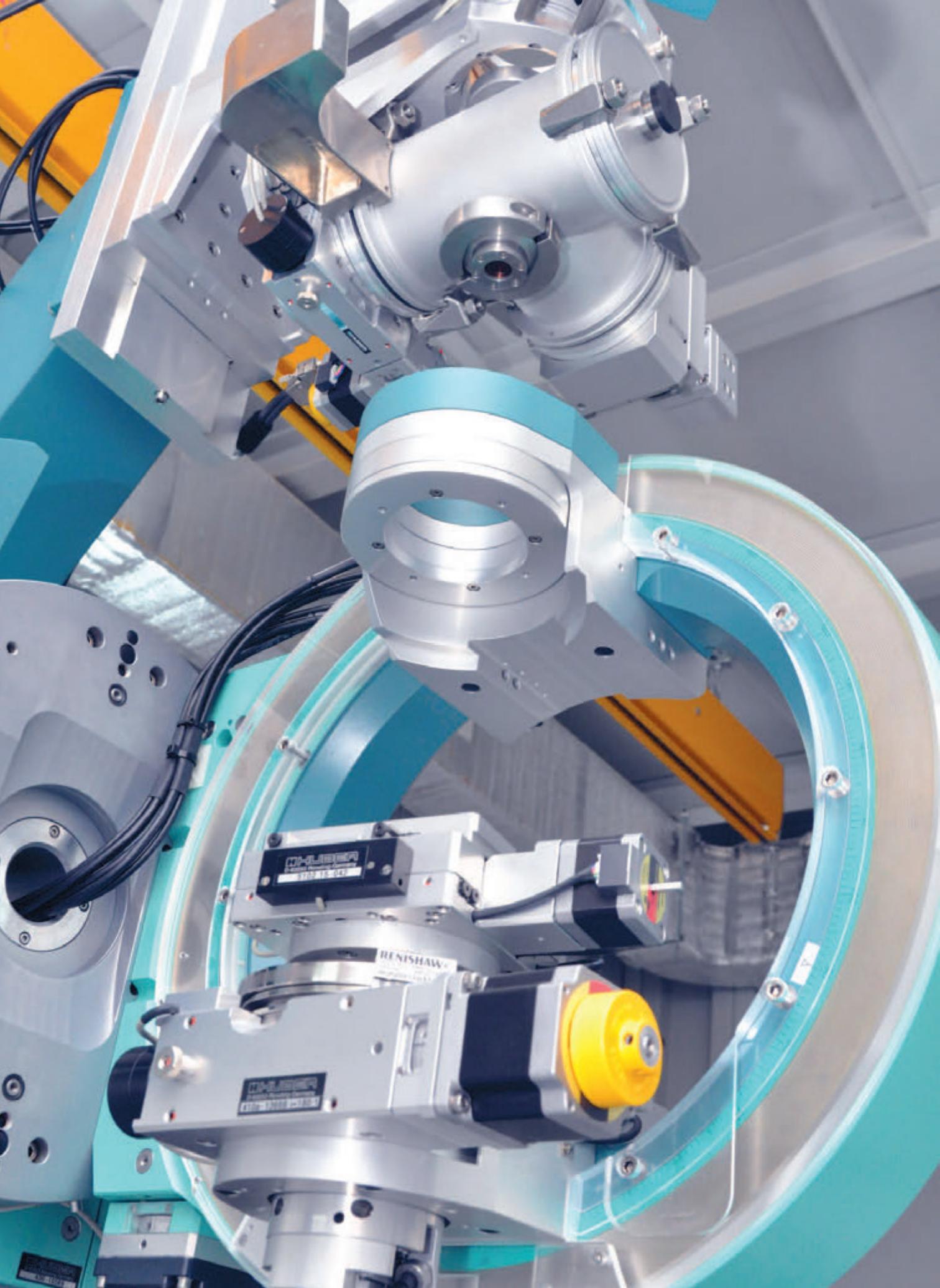
ЭКСПЕРИМЕНТ

24Т **Е** XHD

Научно-развлекательный
телеканал о технике,
технологиях и невероятных
экспериментах

-  <http://24techno.ru>
-  <http://www.facebook.com/24techno.ru>
-  <http://vk.com/24techno>
-  <http://24techno.livejournal.com>
-  <https://twitter.com/#!/24techno>





Главный российский источник рентгеновского света

Специализированный Курчатовский источник синхротронного излучения для фундаментальных научных исследований начали строить еще в 1986 г. На тот момент многие наши позиции в области рентгеновских и синхротронных исследований не уступали, а иногда и превосходили зарубежные разработки. Но наступили 1990-е гг., строящийся Зеленоградский синхротрон законсервировали, а Курчатовский синхротрон совместными усилиями нескольких научных организаций был введен в эксплуатацию лишь в октябре 1999 г. Так называемая процедура инаугурации Курчатовского источника состоялась при участии В.В. Путина, в то время премьер-министра России, и стала знаковым событием для отечественной науки. Несмотря на то что Курчатовский синхротрон — пока единственная мегаустановка, введенная в строй на территории бывшего СССР после его распада, она инициировала формирование стратегии развития комплекса отечественных мегаустановок. О том, как живет Курчатовский синхротрон сегодня, какие исследования здесь проводятся, нам рассказал член-корреспондент РАН Владимир Валентинович Квардаков

Курчатовский синхротрон

Курчатовский источник синхротронного излучения (СИ) сегодня единственный в России специализированный источник СИ, так называемый источник поколения 2+. Уникальность синхротрона заключается, в частности, в его инфраструктурном окружении, что позволяет проводить исследования с использованием целого ряда взаимодополняющих, комплементарных методов диагностики, развиваемых во всем Курчатовском институте и особенно в Курчатовском НБИКС-центре. Эта идеология конвергентных междисциплинарных исследований была заложена нашим директором М.В. Ковальчуком еще в конце 1990-х гг., когда он возглавлял Курчатовский синхротронный центр, и позднее развил ее применительно ко всему Курчатовскому институту. Речь идет о таких комплементарных методах, как рассеяние нейтронов, рентгеновских лучей и электронов, методах зондовой микроскопии, оптической, магнитной

диагностики. Такое взаимодополнение методов позволяет нам быть конкурентоспособными по отношению к более современным зарубежным источникам СИ.

Уникальные исследовательские возможности дает также работа в едином комплексе Курчатовского источника СИ и исследовательского нейтронного реактора ИР-8. Так, нейтроны чувствительны к магнитным свойствам, акустическим волнам, положению легких атомов, например водорода. В то же время СИ обладает более высокой яркостью и когерентностью, и с его помощью исследуют микрообразцы вплоть до отдельных атомных слоев на поверхности кристалла или жидкости. Путем комбинации взаимодополняющих методов мы получаем уникальную информацию. Это как смотреть на микро- и наномир с разных точек зрения двумя глазами, что дает возможность перейти на качественно новый уровень диагностики, подобно тому как бинокулярное зрение дает людям ощущение глубины — третьего измерения.

Открытие явления дифракции рентгеновских лучей в кристаллах 100 лет назад стало переломным в понимании структуры вещества, послужило основой для развития науки о материалах и современной молекулярной биологии

Курчатовский источник СИ активно используется, в частности, для изучения физики взаимодействия излучения с веществом. Хотя в 2012 г. исполнилось уже 100 лет открытию явления дифракции рентгеновского излучения в кристаллах, эта физика по-прежнему активно развивается, ведь она очень многогранна, особенно в условиях, когда излучение становится все более ярким и когерентным, с развитием новых источников его генерации.

Колоссальный научный прорыв в оптике, связанный с созданием лазеров, изменил не только многие области физики, но и технологии. Но оптический лазер — это генератор излучения в достаточно узкой области спектра: микрон-полмикрона. Синхротронное же излучение перекрывает огромный интервал длин волн. Создание новых источников СИ и модернизация имеющихся, в том числе и Курчатовского источника, идет в первую очередь по пути повышения яркости и когерентности излучения, увеличения времени жизни пучка.

При взаимодействии когерентного излучения с почти совершенными кристаллами возникает ряд необычных с точки зрения классической рентгеновской оптики эффектов, которые очень чувствительны к структуре рассеивающих объектов. Это лежит в основе многих методов диагностики субатомного уровня разрешения, востребованных и в научных подразделениях Курчатовского института, в первую очередь центра конвергентных НБИКС-технологий, и внешними пользователями.



Одна из экспериментальных станций в зале Курчатовского синхротрона (вверху); элемент накопительного кольца Курчатовского синхротрона (внизу)

В частности, при когерентном взаимодействии излучения с кристаллом возникает «эффект стоячих рентгеновских волн» в его поверхностных слоях, что имеет важное практическое значение для решения так называемой фазовой проблемы, конкретных задач материаловедения, микроэлектроники, биологии, и в настоящее время активно используется в исследованиях объектов наносистем и нанобиотехнологий. Один из родоначальников этого уникального метода — профессор, доктор физико-математических наук М.В. Ковальчук.

Синхротронное излучение

Когда в антенне мобильного телефона электроны приходят в периодическое движение, рождается электромагнитная волна, при этом антенна слегка нагревается из-за наличия сопротивления. Точно так же электромагнитные волны излучают и электроны, вращающиеся по кругу в магнитном поле синхротрона. Но когда электроны разгоняют до скоростей, близких к скорости света, начинают действовать релятивистские эффекты и направления волн изменяются так, что они концентрируются в узком конусе по движению электронного пучка подобно тому, как это происходит с брызгами, отлетающими от быстро вращающегося колеса. При этом яркость излучения в конусе возрастает, а максимум его спектра смещается в рентгеновскую область. Такое излучение можно сделать очень мощным, поскольку электроны вращаются в вакууме и классических проблем с нагревом среды не возникает. Излучение релятивистских электронов в магнитном поле ускорительно-накопительного комплекса (синхротрона) и называют синхротронным.

Открытие явления дифракции рентгеновских лучей в кристаллах 100 лет назад стало переломным в понимании структуры вещества, послужило основой для развития науки о материалах и современной молекулярной биологии.

Синхротронное излучение обладает рядом уникальных свойств по сравнению с излучением лабораторных рентгеновских трубок. В первую очередь, это высокая яркость. Если все излучение сжать в узком конусе, а размер электронного пучка (т.е. светящейся точки) сделать минимальным, то яркость увеличится на многие порядки величины, подобно излучению лампы, которую превратили в идеальный прожектор. Такое превращение происходит в синхротроне за счет релятивистских эффектов и технических ухищрений по сжатию электронного пучка — уменьшению его эмиттанса (расходимости). Кроме того, СИ поляризовано и имеет временную структуру, поскольку электроны вращаются в единой плоскости и разбиты на сгустки, иными словами, СИ подобно стробоскопу, оно не непрерывно, что и используют при изучении динамических процессов.

На существование СИ первоначально обратили внимание в экспериментах на ускорителях, используемых для физики элементарных частиц. Задача таких ускорителей — разгон частиц до максимально высоких энергий, а эти энергии, как оказалось, ограничены главным



Большое кольцо Курчатовского синхротрона

образом потерями на излучение, которое назвали синхротронным и считали паразитным. Но через некоторое время ученые поняли, что СИ можно использовать в других областях физики. Неспециализированные синхротроны называются источниками СИ первого поколения. Такой источник СИ по-прежнему работает в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, его опыт был использован и при разработке проекта Курчатовского синхротрона.

Открытие в 1912 г. Максом фон Лауэ явления дифракции рентгеновских лучей в кристаллах было переломным моментом в понимании структуры вещества, послужило основой для развития науки о материалах и современной молекулярной биологии. Раньше лишь догадывались о существовании атомов и их упорядочении в кристалле, а с помощью рентгеновских лучей исследователи увидели дифракционный образ кристаллической решетки. Это открытие послужило импульсом для развития и современного материаловедения, и техники генерации рентгеновского излучения. Первоначально единственными источниками излучения были рентгеновские трубки, где излучение возникает при торможении электронов в материале анода. Однако яркость рентгеновских трубок ограничена, т.к. существуют технические проблемы с быстрым охлаждением анода. А в синхротронах таких проблем нет, поскольку пучок электронов вращается в вакууме и механизм генерации связан с ускорением частиц в магнитном поле, где меняется только направление вектора скорости частицы, а не его абсолютная величина.

Разные поколения источников

Источники СИ второго поколения стали специализированными, т.е. предназначенными только для генерации и использования СИ, при этом была оптимизирована их магнитная структура. Основная задача этой структуры — сжать электронный пучок как можно тоньше и удержать на орбите как можно дольше. Чем меньше светящаяся точка, тем выше яркость, чем выше время жизни — тем лучше стабильность пучка.

В настоящее время в мире существует лишь несколько источников СИ третьего поколения. Это очень большие по диаметру машины, в которых излучение генерируется не только в поворотных магнитах, но и в специализированных устройствах типа ондулятора. Ондулятор — это длинная многополюсная змейка, где релятивистский электрон колеблется в магнитном поле так, что излучение с разных участков орбиты складывается с единой фазой. Самый современный источник третьего поколения *Petra-III* находится в синхротронном центре *DESY* в Гамбурге. Мы активно сотрудничаем с ними, создаем совместные станции, которые дополнят наши экспериментальные возможности. Кстати, источники третьего поколения не исключают необходимость источников предыдущих поколений и даже рентгеновских трубок, поскольку они имеют разный круг задач и режим работы пользователей. Так, например, появление самолетов не отменило автомобили, велосипед или прогулки пешком.

В Германии строят принципиально новый источник СИ — рентгеновский лазер на свободных электронах XFEL. Россия — основной партнер Германии в этом проекте

Наш источник в настоящее время существенно модернизирован и представляет собой поколение 2+. Изначально в магнитной структуре источника были предусмотрены прямолинейные промежутки, в которые можно вставлять вигглеры. Вигглер — это та же магнитная змейка, но более короткая, чем ондулятор, и имеющая более высокое магнитное поле, создаваемое сверхпроводящими магнитами. В результате излучение из вигглера столь же яркое и для некоторых приложений даже предпочтительнее ондуляторного, поскольку имеет более плавный спектр. Мы уже запустили первый вигглер, что почти в 100 раз увеличило яркость пучка и приблизило нас к источникам третьего поколения. Наш сверхпроводящий вигглер — уникальный прибор. У него очень сильное магнитное поле — 7,5 Тл, его пучок на полной мощности составляет около 100 кВт, и это, заметим, в рентгеновском диапазоне длин волн. Это требует особой радиационной защиты, вы видите, как искусно устроены каналы, радиационные заглушки и системы охлаждения.

Сейчас в Германии строят принципиально новый источник СИ — рентгеновский лазер на свободных электронах *XFEL*. Его излучение будет практически полностью когерентно. Россия — основной партнер Германии в этом проекте, как финансовый (мы имеем 25% акций), так и научный. В будущем мы будем иметь соответствующую квоту на использование пучкового времени, причем российскую научную программу решением правительства поручено разрабатывать и координировать Курчатовскому институту.

Рабочий процесс

Процесс ускорения электронов состоит из нескольких фаз. Линейный ускоритель, малое накопительное кольцо, большое накопительное кольцо 40 м в диаметре. Электрон ускоряется примерно так же, как и камень в праще, т.е. путем последовательного увеличения скорости при вращении по кругу. Ускоряющие импульсы передаются электронам от электромагнитного поля в ВЧ-камере, которая, если говорить на бытовом уровне, подобна сверхмощной кухонной СВЧ-печке, где создается стоячая волна. Электроны влетают в камеру в тот момент, когда направление электрического поля волны совпадает с направлением электронного пучка, т.е. толчки происходят всегда в нужном направлении и при многократном повторении ускоряют электроны до почти световых скоростей.

У нас квалифицированная команда физиков-экспериментаторов, специалистов-ускорительщиков, инженеров и техников, существует собственная программа модернизации. Замечу, что и синхротрон, и вигглер, и первые экспериментальные станции — наши, российские разработки. Некоторые станции от идеи до воплощения в железе целиком были созданы М.В. Ковальчуком и его коллегами из Института кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН. Сегодня мы можем уже позволить себе заказывать новые станции за рубежом, чтобы сконцентрировать свои усилия на научной программе.

В накопителе электронный пучок вращается в высоком вакууме — почти космическом, как на высоте более 300 км над Землей. Поэтому электронный пучок может жить десятки часов, но когда мы модернизируем систему инжекции и сделаем ее квазинепрерывной, то эффективное время жизни пучка станет практически бесконечным, т.е. будет определяться экспериментальными потребностями самих физиков. При этом уменьшится и диаметр электронного пучка, который сейчас составляет порядка 100–200 микрон, а такое уменьшение очень важно для экспериментаторов, работающих на станциях.

Немало зависит и от каналов вывода СИ, которые передают это излучение в вакууме от накопителя до станций, а это расстояние составляет 20–30 м. Каналы могут содержать элементы, которые позволяют управлять пучком, например фокусировать.

СИ имеет широкий непрерывный спектр, поэтому на синхротроне вы можете выделить из спектра любую длину волны и даже сканировать (плавно изменять) ее, что важно для некоторых экспериментов, например по *EXAFS* — спектроскопии или резонансному рассеянию. Это позволяет выделять вклад отдельных химических элементов в картину поглощения или рассеяния, т.е. как бы видеть их индивидуальную роль во внутренней структуре материала.

Об исследовательских станциях

Российские экспериментальные станции реализуют основные исследовательские методики, необходимые нашим пользователям как из Курчатовского института, так и из внешних организаций, поскольку мы —

так называемая установка коллективного пользования и часть пучкового времени выделяем на конкурсной основе по заявкам. Наши станции позволяют комплексно изучать структуру как неорганических, так и биологических материалов — белков, биологических пленок, тканей и отдельных органов. Мы разрабатываем новые методы медицинской диагностики, в частности, опухолей мягких тканей, на основе регистрации рефракции (преломления) СИ, т.е. видим то, что невозможно увидеть традиционными рентгеновскими методами, основанными на эффекте поглощения.

Источник СИ — это междисциплинарная установка и для лабораторий НБИКС-центра, которым необходимы наши методы диагностики, а нам от них — новые образцы для исследований. В экспериментальном зале синхротрона совместные интересы сходятся буквально. Здесь размещен ряд так называемых чистых зон с современным оборудованием для развития нанотехнологий, и в эти зоны уже протянуты каналы СИ. Кроме того, станции используются при обучении и студентов и аспирантов базовых кафедр многих институтов, особенно Московского физико-технического, где уже несколько лет назад по инициативе М.В. Ковальчука создан первый в мире факультет конвергентных НБИКС-наук и технологий.

Каждая экспериментальная станция — это мини-лаборатория, и на каждый поворотный магнит будут поставлены канал вывода излучения и станция

Еще три года назад мы были сильно ограничены в развитии наших экспериментальных станций из-за малых размеров здания. Его расширили по периметру, возведя трехэтажную пристройку, при этом почти не прерывая нашу экспериментальную программу. Это было не просто, поскольку все системы синхротрона и станций чувствительны к пыли и вибрациям. Именно поэтому еще при строительстве синхротрона было принято решение покрыть все бетонные конструкции шлифованными мраморными плитами. Сегодня мы находимся с вами в огромном экспериментальном зале, который заполняется новыми станциями. Планируем довести их число до 35.

Новые площади — это и более длинные каналы станций, поэтому появилась возможность реализовать рентгенооптические схемы с фокусировкой пучка. Каждая станция специализируется на определенном направлении исследований и методике. Например, новая станция «Фаза», одно из любимых детищ М.В. Ковальчука, предназначена для развития рентгенологографических методов с использованием оборудования мирового уровня. Станция микротомографии позволяет исследовать структуру мозга (пока лабораторных животных) и зафиксировать картину когнитивных процессов, т.к.

! Справка

Владимир Валентинович Квардаков — специалист в области рентгеновской и нейтронной оптики, материаловедения, нанодиагностики с использованием рентгеновского, синхротронного излучений и нейтронов.



✓ В 1999 г. назначен заместителем директора по науке Института синхротронных исследований Российского научного центра «Курчатовский институт».

✓ С 2004 г. — исполнительный директор Научно-технического комплекса «Курчатовский центр синхротронного излучения и нанотехнологий» РНЦ «Курчатовский институт».

✓ С 2008 г. член-корреспондент РАН, отделение нанотехнологий и информационных технологий (нанодиагностика).

✓ С 2012 г. заместитель председателя совета Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), одновременно — заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт» по синхротронно-нейтронным исследованиям.

наши коллеги из НБИКС-центра научились вводить в мозг рентгеноконтрастные вещества, которые концентрируются в тех нейронах, где возникает мозговая активность. На станции белковой кристаллографии изучаются макромолекулы, содержащие десятки и сотни тысяч атомов, а структура белков есть ключ к пониманию механизмов их функционирования и к технологиям создания новых лекарств. То, как лекарственные средства проникают через клеточные мембраны, мы изучаем на станции «Ленгмюр». Здесь развиты диагностические методы, основанные на регистрации эффекта стоячих рентгеновских волн в условиях полного отражения излучения от поверхности жидкости. В настоящее время развиваются методы целевой доставки лекарственных препаратов, в частности в липидных нанокapsулах, и структуру этих капсул мы изучаем на станциях «Структурное материаловедение» и «Малоугловая дифракция», т.е. в этом комплексе наглядно видно преимущество наших комплексных исследований.

Синхротронное излучение несет свет знаний, а это основа как нашего мира, так и будущих технологий. ■

Подготовил Дмитрий Ромендик

За создание уникального исследовательского комплекса на базе Курчатовского источника синхротронного излучения группе физиков во главе с М.В. Ковальчуком была присуждена Премия Правительства РФ за 2006 г. в области науки и техники



Высокая энергия молодой науки

Молодые российские ученые не упускают предоставленных возможностей



Памятник академику М.А. Лаврентьеву

Весенняя сибирская погода переменчива — тепло и слегка сменяют мороз и солнце, а вслед за ним вдруг приходят ветер и вьюга. В окрестностях университета кипит жизнь. Зимняя сессия и каникулы уже в прошлом, начался новый семестр. Студенты здесь вовлечены в научный процесс с самых младших курсов, это здешнее кредо, один из трех знаменитых и свято чтимых принципов академика Лаврентьева.

В фойе главного корпуса НГУ, под витражами, о которых разбиваются бушующие на улице снеговые вихри, большой лист с надписью — «Поздравляем наших вы-



Академик А.Л. Асеев с Е.Е. Родякиной

пускников Корнелия Тодышева и Федора Игнатова — лауреатов премии президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых за 2012 г.!»

Самых лауреатов — обоих сразу — мы обнаружили в пультовой электрон-позитронного коллайдера Института ядерной физики им. Г.И. Будкера. Лауреаты оживленно беседовали о чем-то с Г.В. Федотовичем — одним из преподавателей ФМШ: они были его учениками, теперь стали коллегами. Корнелию 36 лет, Федору — 35. Федор из Тюмени, Корнелий родился в селе Аскиз в Хакасии. Оба школьниками побеждали на олимпиадах, потом учились в физматшколе.

Корнелий начал работать в ИЯФ, еще будучи студентом второго курса. Его и еще нескольких однокурсников пригласили участвовать в экспериментах на дрейфовой камере детектора КЕДР. В 2003 г. их группа опубликовала первую работу по прецизионному измерению масс и параметров частиц семейства очарованных мезонов. А спустя десять лет Корнелий Тодышев и его коллега Федор Игнатов стали знаменитыми. Их работы дополняют друг друга. Федору с самой высокой в мире точностью удалось рассчитать вероятность рождения адронов при столкновении электрона и позитрона. Тот факт, что при этом на свет появляются (и исчезают) новые тяжелые адронные частицы, был известен всем, но теперь условия их рождения зафиксированы и описаны: те сечения, которые удалось здесь измерить, уже использовались при предсказании массы пресловутого бозона Хиггса. Корнелий же



Новосибирский университет: под витражом между лекциями

может с легкостью по памяти произнести впечатляюще длинную последовательность цифр — определенную им с превосходящей все прежние полученные в мире результаты точностью массу этих самых новорожденных адронных частиц, обладающих скрытым очарованием. Работа двух молодых приятелей-физиков — прямой путь к построению новой картины мироздания. Их исследования выполнены на отечественных установках — комплексе электрон-позитронных коллайдеров ВЭПП-2М и ВЭПП-4М с детекторами КМД-2 и КЕДР.



Корнелий Тодышев в здании ИЯФ перед детектором



Вот так, предоставляя студентам возможность работать на уникальном оборудовании мирового класса, Новосибирск и возвращает ученых мирового уровня. Они получают не просто шанс реализовать себя, а возможность по-настоящему интегрироваться в мировой научный процесс. Корнелий согласно кивает: «Мы регулярно участвуем в коллаборациях в CERN и в Стэнфорде. Особенность этих международных программ в том, что в них так или иначе задействовано много людей. Но потребность в научных кадрах все равно остается. Все дело в качестве, в том, где они — эти научные кадры — воспитывались и получили образование, а также в развитии. Государство должно быть заинтересовано в фундаментальной науке — тогда у института есть будущее, и у нас, соответственно, тоже — здесь, в институте, в Новосибирске, в России, дома». — «Да, — вступает в разговор Федор, — работа очень много значит для нас. Любимое дело, которое в радость и занимает большую часть жизни. А живем мы здесь!»

Качество жизни молодых ученых — постоянная забота и головная боль руководства Академгородка. Здесь придумали обеспечивать молодых сотрудников жильем по системе военной ипотеки. С приходом в институт молодой специалист получает государственное служебное жилье, а оплачивает только коммунальные расходы. Дальше за пять лет он либо выкупает эту квартиру, либо зарабатывает на новую. Год назад заселили первый такой дом, в этом году — еще один, и строятся еще два. В планах — жилищно-строительные кооперативы уже совсем нового качества: коттеджи площадью до 100 кв. м с участком земли.

В знаменитом Институте физики полупроводников со РАН, любимом детище академика Александра



В лаборатории томографии SPF-вивария

Леонидовича Асеева, в лаборатории электронной микроскопии, оснащенной уникальным оборудованием, нас церемонно познакомили с Екатериной Евгеньевой Родякиной — младшим научным сотрудником. Она очень смутилась, будучи представлена по имени-отчеству и с титулом: лауреат премии им. А.В. Ржанова. Катя Родякина — молодая мама двоих детей и при этом кандидат наук. Будучи студенткой, проходила обучение в Международном центре электронной микроскопии в Германии, в городе Галле — слушала лекции ведущих ученых, работала на самом современном оборудовании. Это тоже затея Асеева: молодые кадры — на самый

передний край. И теперь она соавтор одного из самых впечатляющих научных открытий, сделанных в институте.

На большой экран выведена картинка с монитора электронного микроскопа. Незатейливый серый узор, напоминающий барханы в пустыне, активно движется, живет своей жизнью. Ничего особенного, если не знать, что перед нами не что иное, как слои вещества толщиной в один атом. Мы сейчас своими глазами видим жизнь поверхности кристалла в реальном времени с атомным разрешением.

— Здесь мы работаем на приборе, которых в мире всего три — у нас, во Франции и в Японии, — говорит Катя. — Это электронный микроскоп высочайшего разрешения. Но у нас тут еще имеется сделанная вручную единственная в своем роде приставка. С ее помощью мы смотрим не сквозь объем кристалла, а под углом на его поверхность. Угол очень маленький — меньше 4° , за счет этого электроны могут чувствовать процессы, проходящие в приповерхностном слое. И вы видите ступени высотой в один атом. В эксперименте можно видеть, например, как себя ведет поверхность при нагревании — эти ступени начинают группироваться!

Александр Асеев поясняет: «Этот эффект — атомное эшелонирование ступеней на поверхности вещества при нагревании — описан в самой цитируемой за все время существования института работе. И он обнаружен здесь, в этой комнате».

Уникальность ли места породила уникальность отношений, или наоборот, можно спорить. А можно смотреть и удивляться. В каждом институте, куда мы приходили посмотреть, «как делается наука», чувствовалось одно и то же: атмосфера раскованности, общего дела, общей внутренней свободы. Ведь здесь студент может запросто подойти к академику с вопросом, и если вопрос по делу, то академик не только ответит — он может и в дискуссию вступить, и в дискуссию этой при удачном стечении обстоятельств может родиться новое направление исследований.

Это Новосибирск. Это принципы Лаврентьева. Хорошая школа. Хорошая физика. Впрочем, не только физика, конечно. ■

Екатерина Головина



Опыты в SPF-виварии ведут молодые сотрудники



Целебный эликсир из яиц гельминтов

Яйца паразитов помогают устранить воспаление кишечника

Желудочно-кишечные расстройства случаются не только у людей. У макаков-резусов, обитающих в неволе, часто развивается хроническая диарея, сходная с симптомами аутоиммунного заболевания человека — неспецифического язвенного колита. Результаты опытов на этих животных позволяют надеяться на то, что будет разработан совершенно новый метод борьбы с этим недугом как у обезьян, так и у человека.

Предварительные клинические испытания показали, что прием «эликсира» из яиц свиного власоглава (гельминта) смягчает симптомы воспаления кишечника. В развивающихся странах, где эта патология встречается гораздо реже, чем в развитых, паразитические черви (гельминты) широко распространены и, очевидно, дают организму хозяина какие-то преимущества. Гельминтологи только сейчас начинают понимать, в чем тут дело.

В ходе недавно проведенного исследования Пинг Лок (P'ng Loke), ассистент профессора микробиологии Медицинского центра Нью-Йоркского городского университета, вместе со своими коллегами отобрал пятерых детенышей макаков-резусов, страдающих идиопатической (неизвестной природы) диареей. Каждая особь получила 1 тыс. яиц власоглава *Trichuris trichiura*. Через какое-то

время четыре зверька из пяти поправились и начали набирать вес. Результаты этого эксперимента опубликованы в режиме онлайн в *PLOS Pathogens*.

Исследователи обнаружили, что в слизистой толстой кишки больных обезьянок содержится необычайно много болезнетворных бактерий. После лечения их стало гораздо меньше; похоже, что гельминты каким-то образом помогают восстановить в толстой кишке нормальную микрофлору.

Высказано предположение, что яйца паразитов стимулируют образование слизи и заживление язв, а также обновление эпителиальных клеток, выстилающих стенки кишечника. Это приводит к уменьшению численности бактерий, которые прикрепляются к стенкам и вызывают нежелательную иммунную реакцию. Сейчас Лок с коллегами проводит клинические испытания на больных, страдающих неспецифическим язвенным колитом. Уже ясно, что результат будет положительным и в скором времени в аптеках появится новое весьма необычное лекарственное средство из класса пробиотиков. ■

Кэтрин Хармон

У кого чьи уши?

Органы слуха одного из тропических прямокрылых по структуре сходны с человеческим ухом

Ученые обнаружили еще один поразительный пример того, как у двух существ, не родственных друг другу, могут возникнуть сходные по строению органы и структуры. Один из видов кузнечиков, обитающий в тропических дождевых лесах, имеет, как выяснилось, слуховые органы, похожие по строению на таковые у человека и других млекопитающих, — и это несмотря на то, что «уши» кузнечика находятся отнюдь не на голове: они втиснуты в узкие щели на передних ногах этого насекомого.

Наш герой, стрекочущий кузнечик *Copiphora gorgonensis* с оранжево-желтым «лицом», обитающий на острове Горгона (в 30 км от тихоокеанского побережья Колумбии), приобрел в процессе эволюции структуры, очень сходные с имеющимися у людей барабанной перепонкой и улиткой внутреннего уха. Когда звуковые волны достигают ног кузнечика, они заставляют колебаться

тонкую мембрану органа слуха так же, как это происходит с барабанной перепонкой человека. Эта мембрана преобразует изменения давления наружного воздуха в меньшие по амплитуде, но более мощные колебания в другой структуре, называемой кутикулярной пластинкой, а пластинка эта в свою очередь создает мелкие волны в наполненной жидкостью камере, которая, по сути, устроена так же как улитка, слуховая часть внутреннего уха человека, если спираль последней полностью развернуть. Внутри заполненной жидкостью слуховой камеры кузнечика имеется ряд сенсорных клеток, расположенных как на фортепианной клавиатуре, — начиная от чувствительных к самым низким тонам и заканчивая теми, которые отзываются на самые высокие звуки. Все это тоже устроено практически так же, как у людей.

Столь необычное для насекомых устройство уха, вероятно, помогает *Copiphora gorgonensis* более эффективно избегать встреч с хищниками, например летучими мышами, — таково мнение специалиста по изучению органов чувств Фернандо Монтеалегре-Запата (Fernando Montealegre-Zapata) из Университета Линколна в Англии, возглавляющего описанное выше исследование. Его результаты были опубликованы в журнале *Science*. «Это открытие — еще один замечательный



пример конвергентной эволюции», — подтверждает другой (не участвующий в данном исследовании) специалист, Рональд Хой (Ronald R. Hoy), профессор нейробиологии из Корнеллского университета.

Можно предположить, что эффективность крошечной слуховой структуры кузнечика вдохновит инженеров на создание микросенсоров, основанных на том же принципе, что и «ухо» этого насекомого. Они могли бы быть полезны для усовершенствования слуховых аппаратов, т.к. будут более прочными и чувствительными при меньших размерах, не говоря уже о том, что подобные устройства могут найти и совершенно новые области применения, о которых мы до сих пор даже и не задумывались. ■

Марисса Фессенден



Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Заработал первый рентгеновский лазер на свободных электронах – уникальный научный инструмент с «русскими корнями»

Благодаря развитию нейрокомпьютерных технологий выражение «сила мысли» теперь можно понимать буквально

Разработка якутского месторождения редких элементов Томтор позволила бы обеспечить сырьевую независимость России на сотни лет вперед

Новая гипотеза о древнем, допалеозойском происхождении экзотических алмазов Сибирской платформы меняет стратегию их поиска

Первую алмазонасную кимберлитовую трубку в Якутии открыла Лариса Попугаева – женщина прекрасной внешности и трагической судьбы

ПОДПИСКА на 2013 г.
 «Роспечать», индекс **46495**
 «Пресса России», индекс **42272**
 На сайте журнала:
www.sciencefirsthand.ru
 В редакции: zakaz@infolio-press.ru

КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
 - по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, кор. 46, офис 138, редакция журнала «В мире науки»;
 - по электронной почте podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
 - по факсу: +7(495) 939-42-66

Стоимость подписки на первое полугодие 2013 г. составит:

Для физических лиц: **1140 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1200 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2004–2006 гг. — **бесплатно**, за 2007–2011 гг. — **20 руб. 00 коп.**,

за 2012 г. — 1-е полугодие — **60 руб. 00 коп.**; за 2012 г. — 2-е полугодие — **120 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **70 руб** заказной бандеролью, **50 руб.** — простым письмом.

Бланк подписки на журнал размещен на сайте www.sciam.ru.

Уважаемые подписчики! После подтверждения платежа вы будете получать журнал ежемесячно с доставкой в отделение почтовой связи.

* Если ваша заявка о подписке получена до 10-го числа месяца, то, начиная со следующего месяца, с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2012 г.												
2011 г.												
2010 г.								объединенный выпуск	объединенный выпуск			
2009 г.												
2008 г.												
2007 г.												
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка БИК 044525225
России ОАО №9038/00495 3010181040000000225
Корреспондентский счет ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Плательщик

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка БИК 044525225
России ОАО №9038/00495 3010181040000000225
Корреспондентский счет ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Плательщик

**ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ
НА ЖУРНАЛ "В МИРЕ НАУКИ"**

МОЖНО:

В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

ПО КАТАЛОГАМ:

"РОСПЕЧАТЬ",

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

81736 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

19559 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

"ПОЧТА РОССИИ"

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

16575 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

11406 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

АП ИНТЕР-ПОЧТА

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 4626

WWW.INTERPOSTA.RU

КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724

WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:

ООО "УРАЛ-ПРЕСС",

WWW.URAL-PRESS.RU

СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ

ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА",

WWW.PERIODICALS.RU

РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:

ООО "АГЕНТСТВО "КНИГА-СЕРВИС",

WWW.AKC.RU





Читайте в следующем номере:



Происхождение творчества

Новые данные об изобретательности древних людей свидетельствуют о том, что творческое мышление появилось у наших предков намного раньше, чем считалось прежде.

Тайная жизнь звездных скоплений

Все звезды рождаются группами, но затем медленно расползаются по космосу. Новая теория пытается объяснить, как эти группы формировались и распались — или же в редких случаях продолжали совместное существование в течение сотен миллионов лет.

Оспа: новая угроза?

После того как 35 лет назад оспа была искоренена, люди перестали делать прививки от нее; таким образом, сегодня вся популяция потеряла иммунитет не только к оспе, но и к другим поксвирусам, распространенным среди животных.

Миф об антиоксидантах

Помогают ли витамины продлить молодость? Новые исследования ставят под сомнение распространенное убеждение, что разрушительное воздействие свободных радикалов становится причиной старения.

Конец апельсинового сока?

Маленькое насекомое, азиатская псиллида, заражает гибельным недугом цитрусовые деревья по всему миру.

Полет механических пчел

В связи с таинственным заболеванием, косящим пчелиные колонии, ученые создают пчел-роботов, которые будут должны взять на себя функции живых насекомых.



очевидное
невероятное

национальный научно-информационный журнал
В мире науки

ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

НАУЧНАЯ РОССИЯ

www.scientificrussia.ru

Для всех, кто живет
на планете
ЗЕМЛЯ!