

АСТРОНОМИЯ
Жизнь
на далеких лунах

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ
Коварство
оспы

ИСТОРИЯ НАУКИ
Процесс
Коперника

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sci-ru.org

№3 2014

12+

Наше бессознательное сознание

В основе поведения человека
лежат автоматические
и неосознанные решения



Журнал выходит при поддержке
МГУ имени М.В. Ломоносова



СОДЕРЖАНИЕ

Март 2014

Главные темы номера

In memoriam

ПОСВЯЩАЕТСЯ СЕРГЕЮ ПЕТРОВИЧУ КАПИЦЕ: 86 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

14 февраля, в день рождения **Сергея Петровича Капицы**, по решению руководства МГУ у дверей кабинета, в котором он работал последние годы, была установлена мемориальная доска

4



Медицина

МЫ ИЩЕМ МИШЕНИ

Алексей Торгашев

ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России исполнилось 30 лет. О том, как он появился и чем сейчас занимаются исследователи, рассказал главный идеолог создания института, один из основоположников современной иммунологии академик **Рэм Петров**

8



Науковедение

ТО, ЧЕГО НЕ МОЖЕТ БЫТЬ И ВО ЧТО НИКТО НЕ ВЕРИЛ

Валерий Чумаков

Научным руководителем новой лаборатории медицинского материаловедения в Томском Академгородке станет нобелевский лауреат **Даниэль Шехтман**

14



Идеи, меняющие мир

УКРОТИТЕЛЬ БУДУЩЕГО

Ольга Платицина

Новые технологии, симбиоз человека и компьютерного интеллекта облегчают жизнь, однако малейший сбой ведет к последствиям в реальном мире, которые мы пока не можем ни предвидеть, ни предотвратить. Впрочем, у профессора социологии Швейцарского федерального технологического института в Цюрихе **Дирка Хельбинга** есть решение

20



Психология

СИЛА ПОДСОЗНАНИЯ

26

Джон Барг

Зигмунд Фрейд и представить себе не мог, насколько бессознательные желания и побуждения влияют на то, как мы думаем и действуем

Инновации

ГУМАНИТАРНОЕ ПОГРУЖЕНИЕ В ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНУЮ СРЕДУ

34

Виктор Фридман

Об объединении естественных и гуманитарных наук рассказывают начальник отделения нейрокognитивных и социогуманитарных наук Курчатовского НБИКС-центра **Борис Величковский** и начальник лаборатории нейровизуализации когнитивных функций **Вадим Ушаков**



Квантовая физика

САМАЯ МОЩНАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ МАШИНА

40

Нора Берра и Филип Буксбаум

То, что было одной из идей противоракетного оружия СОВ, сегодня стало микроскопом беспрецедентной разрешающей способности, источником мощнейшего излучения, позволяющим создавать экзотические формы материи, не обнаруженные больше нигде в природе

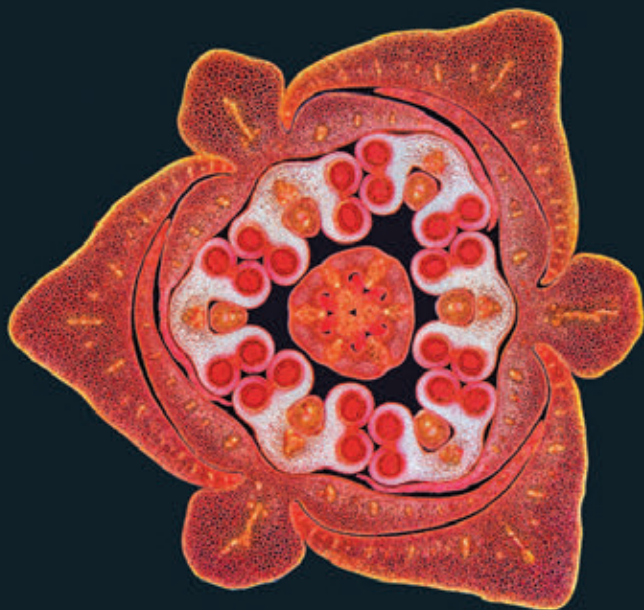
Астрономия

ПОИСК ЖИЗНИ НА ДАЛЕКИХ ЛУНАХ

50

Ли Биллингс

Спутники, обращающиеся вокруг планет, расположенных за пределами Солнечной системы, вероятно, составляют большую часть обитаемых островов в нашей Галактике — если только нам удастся их найти



98

История науки

ДЕЛО КОПЕРНИКА

Кристофер Грэнн и Деннис Дэниелсон

Революционное заявление Коперника, что Земля обращается вокруг Солнца, встретило неприятие не только со стороны духовенства: были свидетельства, что право на существование имеет альтернативная космологическая теория

Окружающая среда

АРХИТЕКТОРЫ БОЛОТ

Джон Кэри

Попытки восстановления заболоченных земель часто терпели неудачи, поскольку были направлены на полное воссоздание экосистемы. Успехи последних лет были достигнуты после фокусирования усилий на нескольких конкретных задачах, чтобы остальное сама довела до конца природа

Энергетика

ITER КАК БАЗА ДЛЯ РАЗВИТИЯ

Виктор Фридман

НИИЭФА им. Д.В. Ефремова в Санкт-Петербурге стоял у истоков проекта ITER и принимал самое активное участие в разработках на всех этапах. Об истории этого сотрудничества и о планах на будущее мы беседуем с заместителем генерального директора института **Валерием Беляковым**

ЕДИНАЯ ПРОГРАММА

Бурхан Массалимов

О будущем российской термоядерной энергетики — директор отделения физики токамаков-реакторов ГНЦ РФ ТРИНИТИ **Энглин Азизов**



58

Здравоохранение

ПОБЕДИТЬ РАК

Наталья Лескова

58

Директор МНИОИ им. П.А. Герцена член-корреспондент РАМН **Андрей Каприн** — об истории и современности института, пользе дней открытых дверей, успехах диагностики и терапии онкологических заболеваний



Эпидемиология

ПОКСВИРУСЫ: НОВАЯ УГРОЗА

Соня Шах

66

Натуральная оспа побеждена, но теперь человечеству угрожают ее родственницы — обезьянья и коровья оспа

Биология

ЖИЗНЬ ПОД ОКУЛЯРОМ

Феррис Джабр

Техника и искусство макрофотографии помогают нам по-иному взглянуть на живой мир Земли и дают новое понимание его красоты

Науки о здоровье

И ВНОВЬ О БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

Инфэй Чен

74

Новый метод тестирования позволит выявлять заболевание на ранних стадиях. Поможет ли это пациентам?



Разделы

От редакции

3

50, 100, 150 лет тому назад

65

Книжное обозрение

106

События, факты, комментарии

108

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки



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

НАШИ ПАРТНЕРЫ:



о ч е в и д н о е



н е в е р о я т н о е



PETER



SERVICE



Российская Академия Наук



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ



Сибирское отделение РАН



Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель главного редактора:

А.Ю. Мостинская

Зав. отделом естественных наук:

В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских исследований:

Ю.Г. Юшквичюте

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

В.С. Губарев, Ф.С. Капица, В.Ю. Чумаков

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

директор Института физики токамаков НИЦ «Курчатовский институт» д.ф.-м.н. Э.А. Азизов; заместитель генерального директора ФГУП НИИЭФА им. Д.В. Ефремова д.ф.-м.н. В.А. Беляков; начальник отделения нейрокognитивных и социогуманитарных наук Курчатовского НБИКС-центра член-корр. РАН Б.М. Величковский; директор Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена (МНИОИ) член-корр. РАМН и РАО А.Д. Каприн; академик РАН, РАМН и РАСХН Р.В. Петров; к.ф.-м.н. В.Г. Сурдин; начальник лаборатории нейровизуализации когнитивных функций Курчатовского НБИКС-центра к.б.н. В.Л. Ушаков

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, О.Л. Беленицкая, Е.В. Головина, О.В. Калантарова, Ф.С. Капица, А.П. Кузнецов, С.А. Кузнецов, Н.Л. Лескова, Б.И. Массалимов, А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, В.Э. Скворцов, А.Ф. Торгашев, В.П. Фридман, Н.Н. Шафрановская

Верстка:

А.Р. Гукасян

Дизайнер:

Я.В. Крутий

Корректора:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета

НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

Ю.С. Осипов

Заместитель директора

НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Е.Р. Мещерякова

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», 143405, Московская область, Красногорский р-н, г. Красногорск, автодорога «Балтия», 23 км, владение 1, д. 1

Заказ №3 14-02-00221

© **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.



Академическая печать XVIII в.

Сохранить свободу научного творчества

Восьмого февраля научное сообщество в очередной раз отметило свой профессиональный праздник — День российской науки. Дата выбрана не случайно: 290 лет тому назад император Петр I повелел «учинить Академию, в которой бы учились языкам, также прочим наукам и знатным художествам и переводили б книги».

Выдающийся русский ученый Д.И. Менделеев писал, что «Петр Великий, учреждая Академию наук, <...> желал не менее Ломоносова снабдить свою страну Ньютонами и Платонами не меньше, чем организованным войском и флотом, промышленностью, торговлею и путями сообщения». Менялись эпохи, а академия оставалась, потому что ее главная задача — получение новых знаний о мире и человеке, способствующих развитию и процветанию России, служение своей Родине — всегда была неизменна.

Мы живем в эпоху глобальных перемен, и мы должны на них реагировать. Сегодня наша наука переживает период преобразований. Мы подошли к этапу, который должен продемонстрировать, насколько предложенная нам новая система работоспособна. У нас хорошее взаимодействие с Федеральным агентством научных организаций, но важно понимать, что проблемы, которые стояли перед наукой, никуда не делись, и их предстоит решать. Готовится новый устав академии, его будут обсуждать на общем собрании, которое в соответствии

с законом о реформировании объединит три российские академии — академию наук, академию медицинских наук и академию сельскохозяйственных наук.

Наша основная задача — не дать бюрократии уничтожить научное творчество, свободу. Академия основана на настоящей, не показной демократии, где все должности — от младшего научного сотрудника до президента — выборные, где работает система коллегиального органа — президиума. И такая система создавалась веками. 600-летняя история европейских академий и университетов — это история борьбы за независимость и самоуправление. Это центральные принципы, от которых мы не можем отступать.

13 февраля произошло знаменательное событие: мы принимали в президиуме РАН молодых ученых — лауреатов Премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций за 2013 г. Получить такую высокую награду в столь юном возрасте — мощнейший стимул для дальнейшего научного поиска. Я поздравляю этих молодых людей и надеюсь со временем увидеть их новыми членами нашей академии наук. ■

**Президент РАН,
главный редактор журнала
«В мире науки / Scientific American»**

В.Е. Фортов



ПОСВЯЩАЕТСЯ
СЕРГЕЮ ПЕТРОВИЧУ
КАПИЩЕ

86 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

14 февраля, в день рождения Сергея Петровича Капицы, по решению руководства Московского государственного университета у дверей кабинета, в котором он работал последние годы, была установлена мемориальная доска. На церемонии присутствовали друзья и коллеги Сергея Петровича. После открытия памятного знака состоялась небольшая пресс-конференция с участием ведущих информационных агентств и изданий России, посвященная просветительской миссии Сергея Петровича, его разносторонней деятельности ученого и общественного деятеля. Разговор проходил в его рабочем кабинете в здании экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. На открытии мемориальной доски присутствовали ректор МГУ В.А. Садовничий, президент Российской академии наук В.Е. Фортков, директор Центра «Биоинженерия» РАН академик Г.К. Скрабин, сын Сергея Петровича, ведущий научный сотрудник ИМЛИ РАН Ф.С. Капица, главный продюсер телекомпании «Очевидное — невероятное» С.В. Попова. Каждый из них поделился своими воспоминаниями и мыслями.



Федор Сергеевич Капица у мемориальной доски своего отца

В.А. Садовничий:

Сергей Петрович волею судьбы был послан на стезю просветительства. Когда программа «Очевидное — невероятное» вышла в эфир в 1973 г., мы все ее смотрели и поражались его отношению к науке, манере, в которой он о ней рассказывал. Мы жили тогда в стране с великой наукой, и у программы была очень хорошая почва. Потом был перерыв, вызванный нашими неурядицами в 1990-е гг., а затем благодаря усилиям Сергея Петровича и продюсера Светланы Поповой программа возобновилась — уже в новой стране. Возникли новые задачи. И Сергей Петрович, как рыцарь, начал защищать науку и образование, бороться с лженаукой. Эта передача была камертоном, по которому сверяли свои позиции политики, ученые, обычные телезрители. Включая телевизор, мы знали, что услышим серьезную беседу о настоящей науке.

Но это одна сторона жизни этого великого человека. Скажу еще об одном направлении, где мне выпала честь сотрудничать с ним. Это математические работы по созданию модели роста человечества. Десять лет тому назад Сергей Петрович выступил у нас в университете с лекцией, в которой впервые рассказал об этом. Меня поразили точность выбранной функции и совпадение математической модели с реальными показателями народонаселения за всю историю.

Последние годы Сергея Петровича были связаны с Московским университетом, и я этим горжусь. Я не колеблясь поддержал созданный им Центр популяризации научных знаний, который мы разместили в здании экономического факультета МГУ вместе с редакцией журнала «В мире науки». Тем самым Сергей Петрович душой как бы находится в Московском университете. И прощались мы с ним в МГУ.

Я очень рад, что мы сегодня вспоминаем этого великого человека. Несколько лет назад за заслуги в области образования, пропаганды науки ученый совет МГУ им. М.В. Ломоносова единогласно присудил ему нашу высшую награду — звание почетного профессора. С большой радостью я вручил ему эту награду в актовом зале в присутствии 1,5 тыс. студентов, которые стоя аплодировали. Сергей Петрович пополнил плеяду ученых, которые были первыми почетными профессорами Московского университета: Фарадей, Максвелл, Пастер и др.



К.Г. Скрябин, В.А. Садовничий, В.Е. Фортвов отвечают на вопросы журналистов

В.Е. Фортвов:

То, что сейчас с нами нет этого выдающегося человека, ощущается в разных сферах. Сергей Петрович много сделал и для науки, и для ее пропаганды. В свое время он заведовал кафедрой физики в Физтехе. На лекции по физике, которые он читал, студенты ломались, в аудитории надо было заранее занимать места. При этом в Физтехе свободное посещение и студенты сами могут выбирать, к какому преподавателю идти.

Сергей Петрович был настолько значимой фигурой, что многие события, которые сейчас происходят в нашей науке и образовании, при нем, возможно, пошли бы по другой траектории. Мы должны быть ему благодарны за многое, что он сделал для нас и продолжает делать, хотя его больше нет с нами.

Он был абсолютно бесстрашным человеком, но в нем не было безрассудства. Я общался с ним довольно много и по работе, и в жизни, мы были вместе во многих международных поездках. Я наблюдал его в разных ситуациях. Он никогда не говорил то, что нужно было сказать по протоколу, но не соответствовало его мнению. Никогда не лгал, всегда говорил правду. Для меня он таким останется навсегда.

Я несколько раз по его приглашению участвовал в программе «Очевидное — невероятное», для меня это была большая честь. Мы никогда заранее не договаривались, какие вопросы можно задавать, а какие нет. Поэтому разговор был естественным и, кроме того, полезным для человека, который приходил к нему в программу. Я абсолютно уверен, что заменить его невозможно. Я благодарен судьбе за то, что был с ним знаком. Мы дружили, и я узнавал от него очень много нового — и как от человека, и как от ученого. Несомненно, это был великий человек, и после его ухода образовалась пустота, которая никогда не заполнится.

К.Г. Скрябин:

Сергея Петровича отличало то, что он был из удивительной семьи. Это очень важно, поскольку многое определило в его жизни. Это первое. Второе — его наука. Он был физиком, но поразительно тонко чувствовал и понимал какие-то вещи в других областях. Однажды он предложил сделать программу с академиком В.В. Ивановым и со мной и посмотреть, как связаны между собой две науки — лингвистика и генетика. Результатом стала не только интересная беседа, но и начавшееся с легкой руки Сергея Петровича наше сотрудничество с Вячеславом Всеволодовичем.

Третье — это то, что наука невозможна без пропаганды. Сергей Петрович это чувствовал, потому что одно дело — когда мы занимаемся наукой для себя, а другое — когда мы рассказываем о нашей науке налогоплательщикам, тем людям, которые нас содержат. И, наконец, четвертое. Сергей Петрович умел радоваться жизни. Он занимался делом, которое любил, и был счастлив. Это был уникальный человек, второго такого не будет.

Ф.С. Капица:

Есть еще одна очень важная и дорогая для него сторона деятельности. Я имею в виду журнал «В мире науки». Идея издавать в СССР журнал *Scientific American* возникла у отца очень давно. Я был свидетелем самого первого разговора на эту тему, который произошел на дне рождения моего деда Петра Леонидовича Капицы. Отец озвучил эту идею в присутствии Петра Леонидовича и тогдашнего президента академии наук А.П. Александрова. Анатолий Петрович тогда сразу сказал, что это совершенно невозможно и он не представляет, кто бы мог это осуществить. Но отец продолжал об этом думать и постепенно воплотил то, о чем мечтал.

Отец не соглашался, когда его называли популяризатором науки. Он всегда говорил, что популяризировать науку может кто угодно, а его главная задача — воспитывать должное отношение к науке, прежде всего фундаментальной. Именно эту мысль он старался проводить и в своей программе, и в журнале. Отец считал, что для развития науки необходима преемственность, поэтому он старался сделать журнал максимально доступным для молодежи.

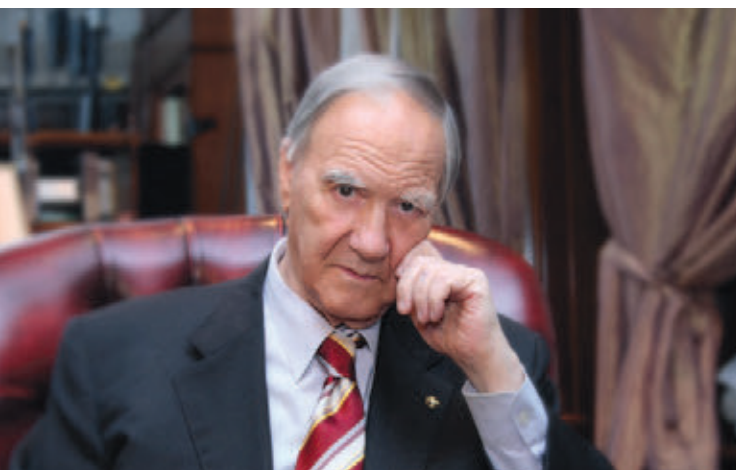
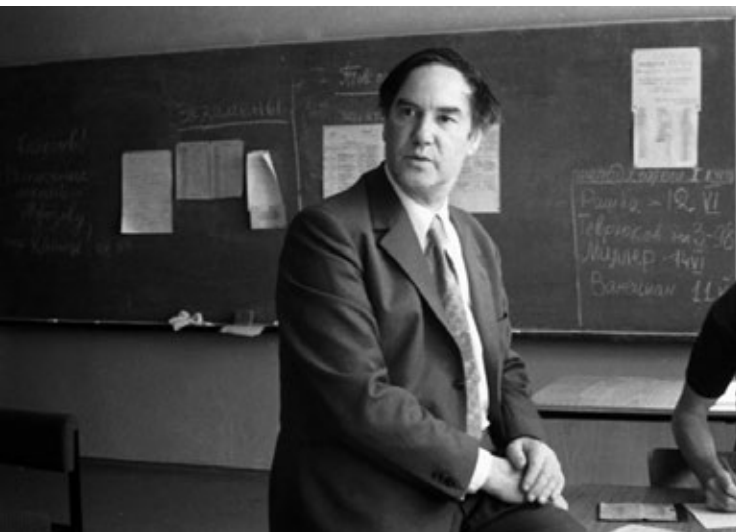
Мы, члены его семьи, чувствуем его уход — чем дальше, тем больше. И чем дальше, тем больше мы видим, насколько он предвидел будущее. Особенно это замечаешь, когда смотришь его передачи. Он предупреждал всех нас о многих проблемах — и в науке, и в образовании.

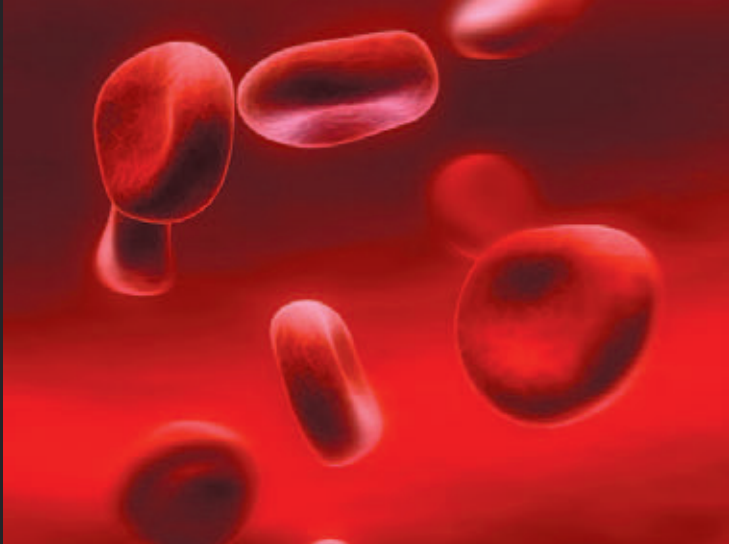
С.В. Попова:

Сергей Петрович был сильным и целеустремленным человеком. У меня есть яркое воспоминание. Он неожиданно тяжело заболел и первый раз оказался в реанимации. Для нас это было очень сильное переживание. Я захожу к нему в реанимацию, и вдруг он мне тихим-тихим голосом говорит: «Светлана, есть один ученый, — и неразборчиво произносит фамилию. — Я подумал, что у него очень интересная логика мышления и мы обязательно

должны сделать с ним программу». В этот момент я поняла, что Сергей Петрович, несмотря ни на что, обязательно поправится и будет снова работать. В этом была его суть: он ни на минуту не переставал думать о своем деле. И вот он выходит из больницы, и уже через два месяца мы снимаем очередную программу «Очевидное — невероятное». Своими убежденностью, вдохновением и энергией он заражал всю нашу команду. Рядом с ним нельзя было не стать энтузиастом. Это касалось и телевидения, и журнала, и всей его деятельности, связанной с пропагандой и продвижением науки.

Работа с ним — это было счастье. Сергей Петрович многому нас научил. И меня лично. Его любили телезрители, причем в регионах еще больше, чем в Москве. За 12 лет сотрудничества и дружбы с ним я ни разу не видела, чтобы он был неприветлив с людьми, которые к нему постоянно подходили и, в сущности, говорили одно и то же: что они смотрят программу «Очевидное — невероятное» с детства. При этом неважно, кто были эти люди — известные академики, высокопоставленные сотрудники из администрации президента, обычные студенты или преподаватели. Он был очень внимателен ко всем людям и уважал их. У него всегда хватало на это сил, времени и терпения. ■

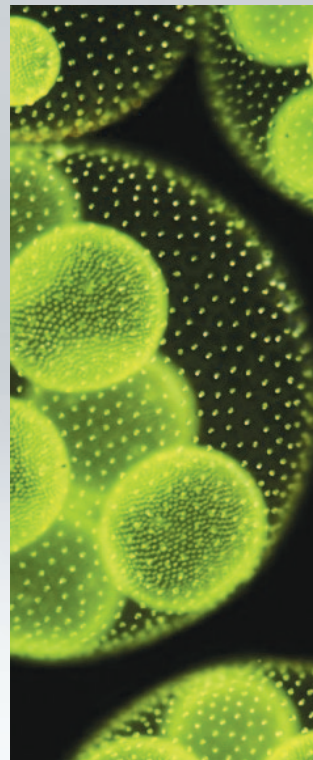
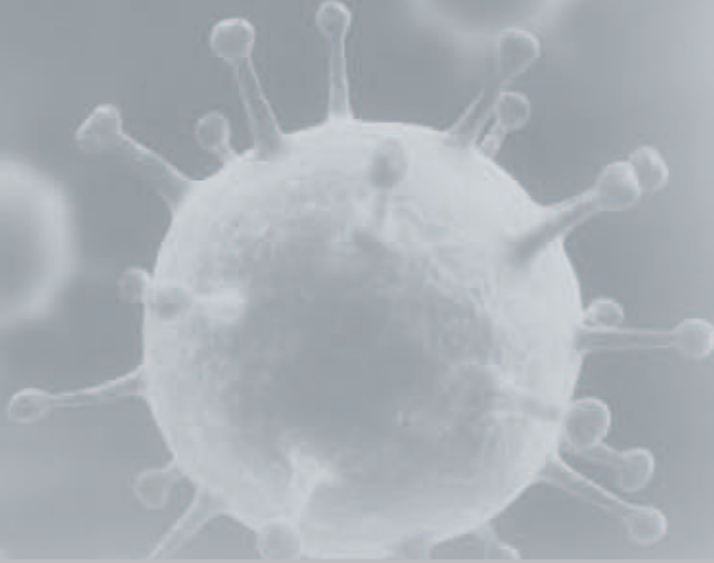




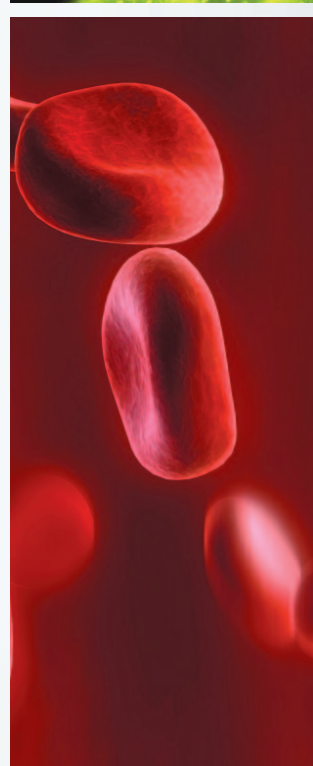
**МЫ
ИЩЕМ**

МИШЕНИ





*Институту иммунологии на Каширке (полное название — ФГБУ «Государственный научный центр Институт иммунологии» ФМБА России) исполнилось 30 лет. Главным идеологом его создания был **Рэм Викторович Петров**, один из основоположников современной иммунологии. Новая иммунология основана на понятии генетического контроля и на молекулярных механизмах иммунного ответа. Институт много сделал для того, чтобы наука в стране состоялась. О том, как появился институт и чем сейчас занимаются исследователи, рассказал сам академик Рэм Петров.*





Силовая группа

— Институту иммунологии — 30 лет. Для решения каких задач он создавался? Что удалось выполнить из задуманного?

— Институт возник в 1983 г. Чтобы рассказать, как много это значило, нужно объяснить ситуацию тех лет. В то время не было ни кафедры иммунологии, ни учебника, ни такой профессии. Нельзя было, допустим, стать кандидатом наук — иммунологом. Так что наше появление — не то же самое, как если бы возник, например, очередной институт биохимии. Для нас это было становление научной дисциплины, и не только фундаментальной, но и практической, медицинской. Институт иммунологии в нашей стране появился одним из первых в мире. Отдельный институт иммунологии был тогда только в Швейцарии, в Берне.

Я стремился организовать именно такой институт и такую науку. До этого мне пришлось отказаться от того, чтобы стать директором Института биофизики, возглавить Институт антибиотиков. Я не стремился заниматься административной работой. За одним исключением: я хотел создать институт иммунологии. А отдел иммунологии был в Институте биофизики, в котором я работал, в Третьем главном управлении. И там был один из лучших моих учеников — Рахим Мусаевич Хаитов, с которым мы так потом в паре и работали всю жизнь.

— Институт получилось создать сразу?

— Это тоже интересно: нам не удалось убедить людей в Минздраве, в академии медицинских наук. Поддержал идею Гурий Иванович Марчук, в будущем президент академии наук, он работал тогда еще в Новосибирске. И еще несколько человек поддержали, среди которых были Юрий Анатольевич Овчинников и Юрий

Михайлович Лопухин. Эта плеяда молодых академиков, как я сейчас понимаю, была «силовой» группой, а тогда мы об этом не думали.

Тогда был отдел в Совете министров, который назывался ВПК — Военно-промышленная комиссия. Им руководил Леонид Васильевич Смирнов. Очень умный человек, он раньше, чем все медицинские круги, понял, что иммунология нужна стране. Он и стал ключевой фигурой, доказавшей правительству, что такой институт нужен.

Постановление правительства вышло в 1980 г., выделяли это здание, где мы сейчас находимся, но мой отдел во вновь созданный институт отдавать не захотели. Меня уговаривали: «Рэм, переходи, потом постепенно всех перетащишь...» Но я отказывался. Институт собрали не из иммунологов — например, были группа патологоанатомов, группа хирургов, аллергологов. Получился абсурд: я пробивал институт, и я же отказался туда идти. Этот драматизм продолжался два с половиной года.

— Вам были дороги сотрудники?

— Конечно! Это был работающий отдел, сильный. Без них было нельзя. В конечном итоге правда восторжествовала. В 1983 г. вышло новое постановление правительства, отменившее предыдущее. В этом постановлении было указано, что институт включает в себя тот наш отдел. Поэтому мы считаем годом рождения института именно 1983 г.

Я стал директором, а Хаитов — заместителем. За эти 30 лет у нас больше директоров и не было. Институт так и остался по сегодня в ведении Третьего управления, ныне Федерального медико-биологического агентства. До сих пор выдающуюся роль в работе института играют сотрудники, перешедшие из института биофизики.

Среди них теперь уже многолетний директор института академик Рахим Хаитов, профессора Виктор Михайлович Манько, Игорь Георгиевич Сидорович, Лия Сергеевна Сеславина, Родион Николаевич Степаненко и Петр Григорьевич Апарин.

Год назад, когда мы с Хаитовым получали государственную премию, в своем выступлении я рассказал почти дословно то, что говорю вам: что раньше ничего не было, а теперь есть и учебники, и кафедры, и институты. Владимир Владимирович Путин выслушал и потом в заключительном слове сказал, что нужно работать так, как иммунологи: доводить задуманное до конца.

— **Клиническое отделение было создано сразу?**

— Да. Было понятно, что это нужно. И оно нам пригрозилось не только потому, что здесь лечат людей, но и потому, что у нас есть собственная база для клинических испытаний.

Аппетит — тоже иммуномодулятор

— **Какие работы института вы считаете самыми важными или самыми интересными?**

— Безусловно, проблема генетического контроля иммунного ответа, иммуногенетика. Раньше представляли так: если человек перенес инфекцию и потом больше не болеет, а у его детей иммунитета нет, значит генетика здесь ни при чем. Это убеждение надолго отодвинуло открытие генов иммунного ответа. И одни из первых работ были сделаны в нашем институте. Мы показали, что генетически контролируется не вообще иммунитет, а сила иммунного ответа на каждый отдельный антиген

(антиген — любая молекула, которая связывается с антителами иммунной системы и вызывает иммунный ответ организма). Организм может быть высоко отвечающим на один антиген, и низко — на другой.

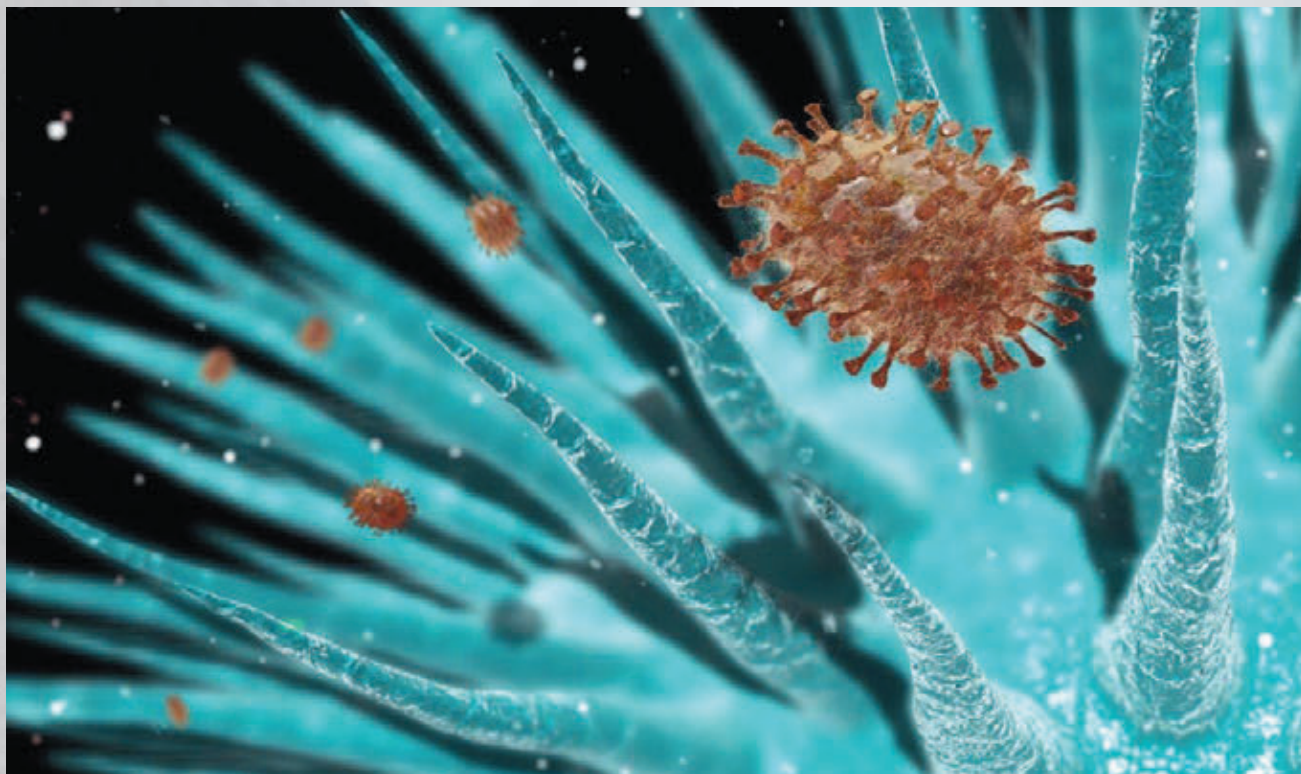
С этим до сих пор не удается справиться, трудно сделать специфические иммуномодуляторы. Ведь сейчас как? Все объявляют иммуномодуляторами. Губная помада — иммуномодулятор, кефир — тем более. Но ведь любая пища действует на иммунную систему. В таком случае аппетит — тоже иммуномодулятор. 30 лет мы «раздували» иммунологию, а сейчас нужно ее спасать от этого упрощенчества.

— **Но ведь многое сделано, разве нет?**

— Сейчас направление по генетике иммунного ответа развито очень сильно: *HLA*-система, комплекс гистосовместимости, за это была вручена Нобелевская премия.

— **Я знаю, что ваш институт сумел теоретические разработки перевести в медицинскую практику. Расскажите о вакцинах нового типа.**

— Примером служит вакцина против гриппа «Гриппол». Сначала мы вместе с Виктором Кабановым сделали комплексы антигенов с полиэлектролитной структурой — полианионом или поликатионом, т.е. с длинной полимерной молекулой. Если мы привязали к ней антиген, то эта часть заставляет организм реагировать сильнее, чем на чистый антиген. Фактически мы научились проводить фенотипическую коррекцию (стимулирование иммунного ответа на конкретный антиген) на уровне данного антигена. И доза антигена в вакцине снижается за счет этого механизма.



Вакцина «Гриппол» как раз и была первой основанной на этом принципе. Сейчас ей уже лет десять, она одна из основных в нашей стране; используется она и в других странах.

— **Каков механизм этого усиления ответа организма?**

— Механизм следующий. Если мы имеем линейную несущую молекулу, которая заряжена только положительно или только отрицательно, — полианион или поликатион, — у нее есть возможности соединяться с другими структурами, клеточными и белковыми. И она может переползти на другую структуру, если там ей энергетически выгоднее. Затем она переползает на третью, и так до тех пор, пока присоединенный к ней антиген не окажется на той клетке, которая может на него реагировать и дать иммунный ответ.

Третье главное управление при Минздраве СССР создавалось как часть ядерной программы страны, а затем обеспечивало медицинскую поддержку опасных и технологичных производств; сейчас преемник Третьего ГУ – Федеральное медико-биологическое агентство

Собственно, вся иммунная система клонирована, состоит из разных популяций клеток, и нужно найти верный клон, чтобы стимулировать его размножение. Когда вводится просто антиген, он может встретить, но может и не найти эту клетку, а антиген с таким хвостом ползает от клетки к клетке, пока не найдет нужную.

Фактически это задача всей фармации: мы ищем мишени.

Есть целый ряд других препаратов на тех же принципах. Сейчас, например, у нас проходят клинические испытания препаратов против аллергии. Аллергия — это реакция на некий антиген. Не совсем обычная реакция: вместо иммуноглобулинов класса G продуцируются иммуноглобулины класса E, вызывающие выброс различного рода токсических субстанций. Но если присоединить аллерген к нашему носителю — мы назвали такие комплексы аллерготропинами, — тогда появляются нужные защитные антитела.

О новой иммунологии

— **В начале 1970-х гг. вы написали книгу «Беседы о новой иммунологии». Можно ли сейчас говорить о новейшей иммунологии? Есть что-то такое, что вывело иммунологию на качественно новый уровень?**

— Да. Во-первых, за эти годы появилось понимание генного контроля. В тех книгах этого еще не было. Во-вторых, сформировалось понимание того, как работает

иммунная система. Как раньше дискутировали? В кровь попадает чужой белок или клетка, это и есть машина лимфоцитов. Как она работает? Она обучаемая или заранее обученная? Последнее казалось невозможным: «Как, против 10 тыс. разных и искусственно сделанных субстанций?!» Из поразительных открытий не только в иммунологии, но и в биологии вообще важно то, что сформулировал Фрэнк Бернет, и то, что доказана клонально-селекционная теория иммунитета. Машина лимфоцитов состоит из многообразия форм. Количество лимфоцитов в организме — 10^{13} . Каждый из них заряжен заранее, имеет структуры и рецепторы к какому-то из 10 тыс. возможных и невозможных антигенов. Дальше идет селекция. Антиген встречает такую клетку, стимулирует размножение, получается клон: многообразие природы распространяется не только на внешний мир, но и внутрь человека. Необходимо разнообразие клеток, чтобы распознавать антигены, и иммунная система все время этим занимается, каждую минуту и каждую секунду.

— **Как эти несколько клеток находят антиген в крови? Как они встречаются?**

— Лет 40 назад было такое увлечение — считать, что все от центральной нервной системы. Нервизм. И какое было доказательство? Брали кролика, кололи в ухо чужой белок и через секунду ухо отрезали. А антитела вырабатываются. Потом, когда проверили изотопными методами, оказалось, что за эту секунду в организм уже попал миллион молекул. Не клетки ищут антиген, а антиген циркулирует в крови миллионами и миллиардами копий. Я даже ввел такое понятие (это было в комитете ЮНЕСКО по молекулярной биологии) — экология тела (*body ecology*). Не в том смысле, что оно загрязнено, а в том, что в теле есть своя экология, и иммунная система следит за тем, чтобы все было в нужных пропорциях. Ее главная миссия не в том, чтобы уничтожать микробов, а в том, чтобы осуществлять внутренний надзор: если одна клетка изменилась, ее нужно уничтожить.

— **Почему тогда все же бывает рак?**

— Система не справляется. Или возникает такая раковая клетка, которая относится у этого организма к категории низкорреагирующих антигенов.

— **Вы когда-то писали, что возможна разработка онковакцины. Вы и сейчас так считаете?**

— Да, просто пока не нашли способов. Проблема в том, что нужно предугадать, какой у данного человека будет рак. Просто стимуляция работать не будет. Пытаются найти другой путь. Один из вариантов идет через иммунологию: сделать такую структуру, в которой с одной стороны будет антитело, а с другой — нечто цитотоксическое. Такая конструкция найдет раковую клетку и уничтожит ее. В Институте биоорганической химии, например, сейчас пытаются создать подобное средство.

— **Что еще есть из нерешенного? Виталий Гинзбург когда-то перечислял задачи и проблемы физики на XXI в. Можно ли сформулировать такой список для иммунологии?**

— Надо будет подумать. Хорошая идея: десять ключевых проблем для решения. Одну из главных проблем могу назвать сразу — как заставить генетически низко реагирующий на антиген организм реагировать сильно. Если это сделать управляемым, то остальное будет легко. На моделях мы это умеем, а в конкретном организме — нет.

Я сейчас вспомнил: когда я обратился к Смирнову по поводу создания института, я как раз написал десять тезисов, почему важна иммунология. Изложил на одной страничке. Против некоторых фраз поставил значок сноски. И внизу было написано: «Эта тема имеет обобщенное значение».

— А совсем конкретные медицинские задачи? Я знаю, в вашем институте работают с вирусом иммунодефицита человека, почему до сих пор нет вакцины? Объект, казалось бы, изучен уже вдоль и поперек.

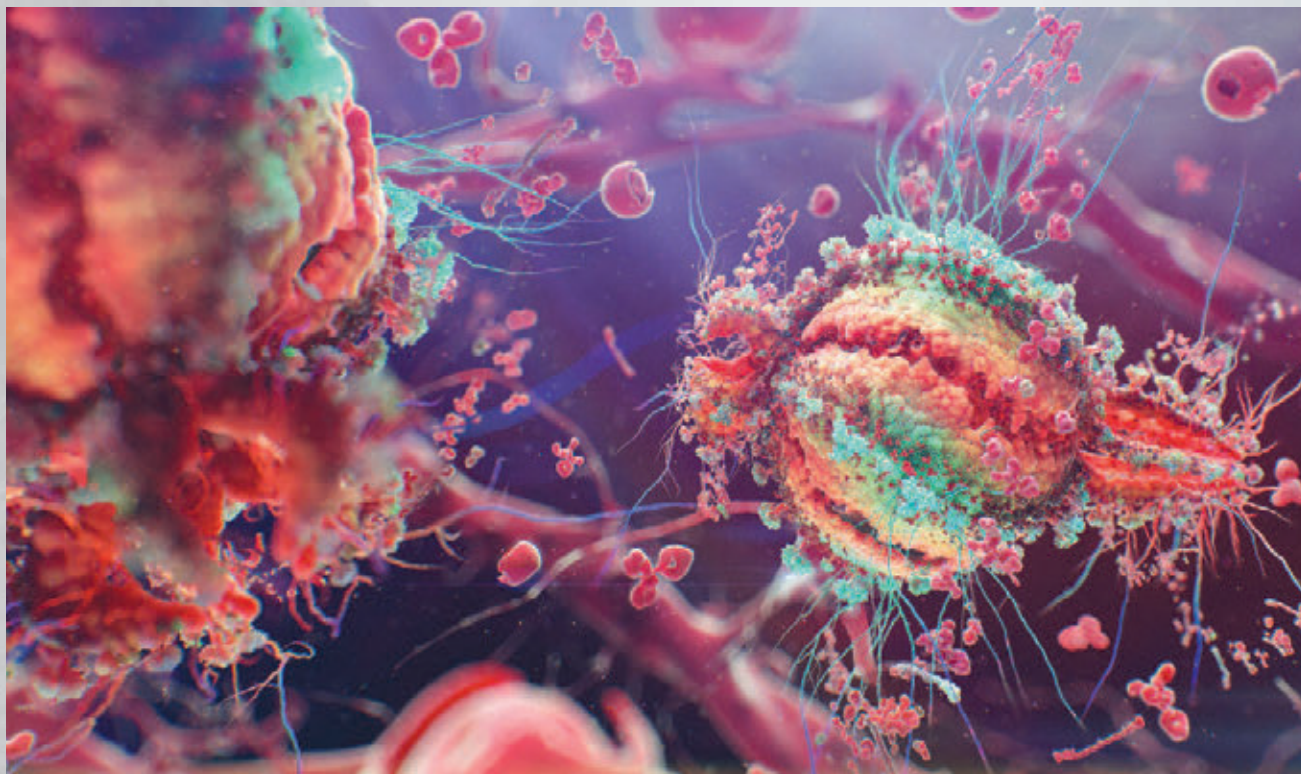
— Да, мы занимаемся этим. Наша вакцина — одна из немногих, которая все еще считается во Всемирной организации здравоохранения кандидатной вакциной, не отвергнута. Сделана она по принципу конструкции с несущим компонентом. Эта проблема трудна не только по решению, но и по времени проверки. Может быть, вы помните, у нас был такой биолог Лазарь Борисович Меклер. Он приходил ко мне в институт и говорил: «Дайте мне 5 млн рублей, и я за полгода сделаю вакцину против ВИЧ». Я отвечаю: «Нет, не дам, потому что за полгода вы не сделаете. Инкубационный период — десять лет». Это только одна из проблем. Главная проблема в том, что

вирус действует на иммунную систему. Самое удивительное в вирусах то, что они работают прицельно. Вирус бешенства действует на нервные клетки, гепатита — на клетки печени, и т.д. Я еще до появления СПИДа думал: «Почему не нашелся вирус, который действовал бы на клетки иммунной системы?» И, что называется, накаркал, поскольку «дом» этого вируса — Т-лимфоциты. Он их уничтожает, и некому реагировать. Получается сверхзадача для медицины. Но пробуем. В самом начале, лет десять назад, сделали штук 50 вакцин, сейчас осталось три-четыре, в том числе и наша. Я не думаю, что все люди кинутся вакцинироваться, все-таки они думают, что не попадутся. Однако есть шанс, что вакцина будет замедлять развитие, иметь лечущий эффект. До того, чтобы создать вакцину, которая гарантированно будет предохранять от болезни, еще далеко.

— Кроме ВИЧ есть и старые болезни, от которых так и не нашли защиты. Туберкулез, например.

— Почему так и не смогли сделать действенную вакцину? Не знаю. Видимо, не позволяет способность бактерии инкапсулироваться. Она отгораживает себя. Если бы я мог ответить на этот вопрос, то сейчас туберкулеза уже не было бы. Понимаете, есть трудные случаи, возьмите те же простудные заболевания. Вот как раз и наберутся наши десять задач. Иммунология для того и существует, чтобы разобраться. ■

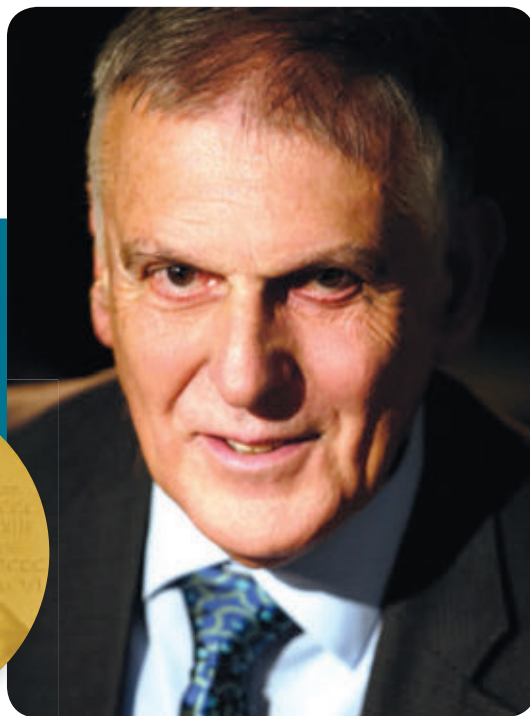
Подготовил Алексей Торгашев



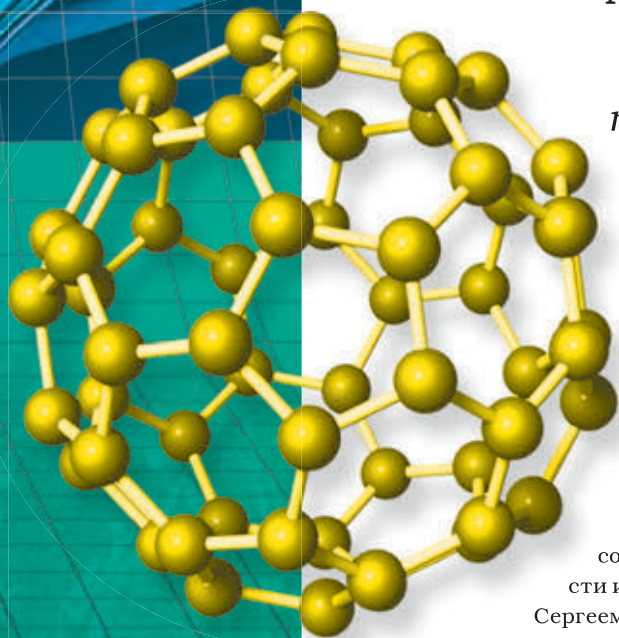


ТО, ЧЕГО НЕ МОЖЕТ БЫТЬ И ВО ЧТО НИКТО НЕ ВЕРИЛ

Научным руководителем новой лаборатории медицинского материаловедения в Томском Академгородке станет нобелевский лауреат **Даниэль Шехтман**. В самом конце прошедшего года в Москве его встретил директор Института физики прочности и материаловедения СО РАН (ИФПМ) член-корреспондент РАН **Сергей Григорьевич Псахье**



Число ныне живущих лауреатов Нобелевской премии вполне сопоставимо с числом действующих глав государств и сильно уступает числу долларовых миллиардеров. Несмотря на это, в аэропортах их не встречают роты почетного караула, а их машины не сопровождают караваны охранников. Рыцари науки значительно демократичнее, чем политики и бизнесмены, и их визиты проходят часто тихо и почти незаметно, хотя именно они вносят наибольший вклад в развитие человечества.



Незадолго до Нового года Москву посетил израильский ученый с мировым именем, лауреат Нобелевской премии по химии 2011 г. за открытие квазикристаллов Даниэль Шехтман. В столице России он пробыл всего один день. Такой короткий срок пребывания объяснялся тем, что Дан Шехтман, предки которого происходили с Украины и покинули Российскую Империю в самом начале прошлого века, был у нас проездом. Уже вечером он вместе со встречавшим его в столице директором Института физики прочности и материаловедения СО РАН (ИФПМ), членом-корреспондентом РАН Сергеем Григорьевичем Псахье улетал дальше, вглубь России, в Томский Академгородок. Там ему предложили стать научным руководителем лаборатории медицинского материаловедения, открывающейся на базе Томского государственного университета, Томского политехнического университета и ИФПМ.

Однако нам удалось, несмотря на ограниченность во времени, встретиться с выдающимся ученым, поговорить с ним и записать небольшую лекцию (см. по адресу: www.sci-ru.org/)



Встреча Дана Шехтмана и Сергея Григорьевича Псахье в мемориальном доме-музее академика Петра Леонидовича Капицы

**Член-корреспондент РАН
Сергей Григорьевич Псахье:**
«Нобелевская премия — не забег на дистанцию, где меряют секунды и распределение призов предельно объективно. Здесь имеет значение, насколько та или иная страна вообще вовлечена в научную среду. Многие российские открытия, которые, возможно, тоже были достойны Нобелевских премий, просто прошли фоном, будучи опубликованы в соответствующих журналах. Очень многие труды были признаны спустя значительное время — например, открытия Виталия Гинзбурга, Жореса Алферова, Петра Капицы. Но стать нобелевским лауреатом — не цель ученого, а его мечта. Цель — узнавать что-то новое. Это его внутренняя потребность»

articles/shehtman). Встреча прошла в мемориальном доме-музее другого нобелевского лауреата, представляющего гордость российской науки, — академика Петра Леонидовича Капицы. Ученый рассказал нашему корреспонденту о том, как он пришел к своему открытию, как тяжело быть нобелевским лауреатом и чего не хватает его российским коллегам для мирового признания.

О материаловедении

— В середине 1980-х гг. были сделаны подряд, год за годом, три удивительных открытия, связанных со строением вещества и его свойствами. Все ученые, их совершившие, получили Нобелевские премии. В 1984 г. я открыл квазипериодические материалы, и мы с коллегами тогда же издали о них статью. Спустя год были открыты фуллерены, что положило начало исследованию наноматериалов, а в 1986 г. была открыта высокотемпературная сверхпроводимость. За свое открытие я получил премию последним.

Давайте немного проанализируем ситуацию. Открытие квазипериодических материалов имеет отношение к металлургии, материаловедению и кристаллографии. Преимущественно к кристаллографии, но также и к устойчивости материалов и вопросу формирования атомного порядка в твердых веществах. Открытие фуллеренов, по сути, представляет собой открытие молекулы. C_{60} — это не структура, а просто молекула, в которой 60 атомов углерода. Она имеет икосаэдрическую симметрию. Что касается высокотемпературной сверхпроводимости, то она была известна за много лет до этого, еще в 1909 г. Но все считали, что она возможна только при температурах до $30^\circ K$, и сразу была открыта высокотемпературная сверхпроводимость — при температуре жидкого азота.

Многие материалы обладают крайне интересными свойствами. Кроме того, многие науки сейчас сводятся воедино. Физика, химия, биология и кристаллография становятся одной цельной наукой. Возможно, в будущем будет существовать только одна единая меганаука, поскольку взаимосвязи между отдельными ее направлениями очень тесные. Да, материаловедение — интересная отрасль, и, как вы знаете, многие достижения человечества зависят от открытий в этой области. то же самое касается и биологии, которая тесно связана с кристаллографией. Структура белка — удивительное поле для исследований, и сейчас их проводится очень много. От этого зависит качество нашей жизни, поэтому люди так заинтересованы в материаловедении и физических, химических и биологических свойствах материалов, в особенности структуре белков и их функциях.

Квазикристаллы — это не только фундаментальная наука, но и прикладная материя. Я приведу вам пример использования квазипериодические материалы. Многие квазикристаллы отличаются низкой поверхностной энергией, а значит, они обладают противопригарными свойствами. Если вы поджарите на сковороде с покрытием из квазипериодического материала омлет или филе-миньон, они не пригорят. Такое покрытие похоже на тефлон, только оно металлическое, а значит лучше и безопаснее. Другой пример — шведская сталь, которую производит фирма *Sandvik*. Это известная компания, она занимается производством невероятно прочной нержавеющей дисперсионно-твердеющей стали, которая, в свою очередь, используется в различной технике, так или иначе имеющей отношение к человеческому телу, например в электрических бритвах. Бреющая металлическая часть в них сделана с применением квазипериодических материалов. Так что эти материалы очень полезны.

Об открытии квазикристаллов

Я не занимался специально поиском квазипериодических материалов, потому что во всех книгах было сказано о том, что такие материалы не могут существовать. Именно так. Это была счастливая случайность. Я сделал открытие, но возник вопрос: «А что теперь с ним делать?». Мы с коллегами провели исследования и обнаружили, что нашли новый класс материалов. Та же история была и с фуллеренами. Специально их никто не искал, ученые просто обнаружили в данных одного из анализов C_{60} . Что же это за молекула, в которой 60 атомов? Пришли к выводу, что она представляет собой шар с икосаэдрической симметрией.

Однако в случае с высокотемпературной сверхпроводимостью все было по-другому. Ее именно искали. Йоханнес Георг Беднорц и Карл Александр Мюллер пытались найти доказательство существования высокотемпературной сверхпроводимости и собирали образцы различных материалов со всего мира. Но они тоже сделали свое открытие случайно, потому что один исследователь прислал им образец недавно созданного оксида бария, лантана и меди, который выступал сверхпроводником. Я не помню, как звали того исследователя, но Мюллер и Беднорц

прославились благодаря своему открытию на весь мир. Иногда открытия делаются случайно, и весь фокус в том, чтобы эту случайность не пропустить, не посчитать за ошибку, обратить на нее внимание. В любом случае нужно проводить анализ, а иногда открытие просто становится результатом целенаправленной работы.

Когда я впервые увидел дифракционную модель, картину дифракции электронов в электронном микроскопе с десятикратной вращательной симметрией (впоследствии я выяснил, что симметрия пятикратная), я решил, что имею дело с двойникованием. Это такой дефект материалов, который иногда может быть причиной появления похожей дифракционной модели. Мне уже доводилось иметь дело с подобными явлениями: я видел двойников, которые образовывали особую дифракционную картину, и пытался их найти. Весь тот день, 8 апреля 1982 г., я работал с микроскопом, пытаюсь отыскать этих двойников, но не мог их найти. Их не было. И я подумал: «Если двойников нет, тогда что же это такое?» На анализ потребовалось много времени. Я занимался им не один, а с моим коллегой, профессором Израильского технологического института (Техниона) Иланом Блехом (сейчас он живет в Калифорнии). Профессор разработал модель, которая объясняла, как такой материал мог сформироваться. Три года мое открытие критиковали самым серьезным образом. Большинство ученых говорили: «Нет, это невозможно. Чему вас только учат в Технионе? Разве вы не знаете, что такого не может быть? Почитайте книги, и вы убедитесь: то, о чем вы говорите, просто не может существовать». Я отвечал: «О моих материалах вы не прочтете ни в одной книге». Другие люди поддерживали меня. Например, мой старый друг Джон Кан. Тогда мы работали в Национальном бюро стандартов. Он мне сказал: «Данни, этот материал явно что-то хочет нам сказать, это для тебя вызов. Узнай, что именно он от нас скрывает». Кто-то поддерживал меня, кто-то относился к моим исследованиям отрицательно, большинство же занимали нейтральную позицию.

В 1984 г., когда вышла в свет наша публикация, многие молодые ученые во всем мире незамедлительно приступили к изучению квазипериодических материалов, и они превратили мое открытие в отдельную область науки. В их числе был молодой Сергей Псахье, сегодня директор Института физики прочности и материаловедения СО РАН (ИФПМ), член-корреспондент РАН. Вскоре квазипериодические материалы стали изучать сотни, тысячи людей. Я сделал свое открытие, исследуя три вещества — сплавы алюминия с марганцем, хромом и железом, но было обнаружено огромное множество, сотни других таких веществ. Это был самый настоящий триумф науки. С момента публикации нашей работы в 1984 г. началось замечательное время, продолжающееся до сих пор. Постоянно открывают все новые материалы. Недавно была обнаружена отдельная подгруппа устойчивых квазикристаллов с интересными магнитными свойствами. Другие подобные материалы обладают интересными оптическими и электрическими свойствами и необычной теплопроводностью. Наука удивительна.



Директор Института физики прочности и материаловедения СО РАН (ИФПМ) член-корреспондент РАН Сергей Григорьевич Псахье: «Для многих физиков, химиков, кристаллографов было совершенно неожиданно признать, что бывает порядок без трансляционной симметрии. И одна из заслуг Дана Шехтмана состоит в том, что он не побоялся увидеть то, о чем не писалось в книгах. Потом, конечно, все сразу стали находить, все увидели. Но увидеть первым — вот что самое главное»

Нельзя сказать, что мое открытие привело к перевороту в ней. Все, что мы знали до этого, верно. Однако теперь в нашем распоряжении появилась и дополнительная информация о том, что существует группа не периодических, а квазипериодических материалов.

Большинство кристаллов — периодические, и к ним применимы все известные правила. Я не говорил, что они неверны, — нет, все верно. До этого понятие квазипериодичности людям тоже было известно, но во всех книгах было написано, что такие материалы не могут существовать. Однако они существуют.

Давно известно двумерное замощение, открытое известным британским математиком Роджером Пенроузом. Другой знаменитый британский математик, Алан Маккей, доказал, что дифракционная картина этих двумерных моделей может образовывать в обратном пространстве острые пики, дифракционные картины с резкими линиями. Но они не говорили о том, что такие материалы могут существовать. После открытия теоретики в области термодинамики доказали, что они могут быть термодинамически стабильными, но до этого они только говорили о том, что о подобных материалах ничего не известно. После того как было совершено открытие, ученые заявили: «Да, это неоспоримое доказательство того, что они могут существовать. Мы теперь знаем, что они могут быть, но раньше мы этого не знали». Насколько мне известно, никто не высказывал гипотезу о существовании таких материалов.

О получении Нобелевской премии

Я никогда не ставил своей целью получение Нобелевской премии. Но когда премии за исследования в области квазипериодических кристаллов стали выдаваться одна за другой и многие ученые получали престижные награды, в том числе премию Вольфа (это номер два после Нобелевской) и премию Аминоффа Шведской королевской академии наук, мне все стали говорить, что стоит номинироваться на Нобелевскую премию. Тогда я отказывался и говорил: «Если я получу ее, то буду рад, но если не получу, то прекрасно смогу жить и без нее». На все вопросы о премии я отвечал: «О ней нужно говорить после того, как ее получишь, а не до того». Теперь я могу о ней говорить.

5 октября 2011 г. я получил «важное сообщение». Для меня это было полной неожиданностью. Я сидел у себя в офисе за компьютером и работал. Было 11:15 утра. Позвонил телефон, и незнакомый голос сказал: «Здравствуйте, вас беспокоят из Шведской королевской академии наук, пожалуйста, не кладите трубку. Для вас очень важное сообщение». У меня в голове пронеслась мысль: «Ничего себе, что же это будет?» А голос сказал, что мне присудили Нобелевскую премию по химии. Председатель комитета по химии и президент Шведской королевской академии наук сказали: «Не разговаривайте ни с кем в течение получаса. В 11:45 мы сделаем официальное объявление». Всякое желание работать моментально улетучилось, я просто сидел за столом, глядел в пол и думал: «А что теперь? Что мне делать? Что будет дальше?» Это была экстраординарная ситуация, к которой я совершенно не был готов. Мне нужно было что-то делать, но я не мог понять, что именно. Сидел и размышлял над тем, что теперь произойдет. Через 20 минут я наконец придумал, что делать, и позвонил жене. Она

профессор нескольких университетов в Хайфе. Я сказал: «Ты одна?» Она: «Нет, со студентами». — «Я получил Нобелевскую премию по химии. Но в ближайшие десять минут никому об этом не говори». Она отпустила своих студентов и отправилась в компьютерный центр, чтобы посмотреть официальное объявление Нобелевской комиссии, а затем приехала в Технион. После объявления ко мне в офис с поздравлениями стали прибегать люди, приехали пресса, фотографы. Можете себе представить, что там происходило. Люди были полны энтузиазма. Это было потрясающе, как будто национальный праздник.

Разница между тем, кем я был до премии, и кем стал после — колоссальная. Из просто хорошего ученого я превратился в супергероя. Это удивительное преобразование. Нобелевская премия дает вам возможность заниматься чем угодно. Я хочу способствовать развитию образования, и основного, и научного, и технологического предпринимательства во всем мире. Я встречался со многими людьми из разных стран, в том числе и с ключевыми фигурами. Пока не встречался с Владимиром Путиным, но уже разговаривал с Барак Обама, президентами Китая, Тайваня, Сингапура и Хорватии. Недавно общался с президентом Эквадора и другими государственными деятелями. И все они меня слушали со вниманием и обещали помочь. Так что люди теперь относятся ко мне совершенно по-другому, чем раньше. Хотя, конечно, в семье у нас все осталось по-прежнему.

О том, почему среди нобелевцев так мало россиян

Русская наука в прошлом была очень сильной. Она и сейчас на хорошем уровне, но не существует отдельной русской науки, есть только наука мировая. У всех ученых в мире, получивших Нобелевскую премию, есть одна общая черта. Знаете, о чем я говорю? Все они очень хорошо владеют английским. Это язык науки. Мы должны общаться на нем, это единственный способ понять друг друга. Мой родной язык — иврит. Однако мне нужно говорить по-английски, чтобы вы могли меня понимать. Так что русским ученым следует учиться говорить по-английски, причем с правильным произношением, словом, вести себя так же, как и все ученые мирового сообщества. И вам нужно публиковать свои работы в международных научных журналах. Русский язык, безусловно, красив, но вы никогда не получите Нобелевскую премию, если будет публиковать свои работы на русском, потому что люди на Западе не умеют читать по-русски. Они не могут ссылаться на ваши работы и цитировать их, если вы пишете по-русски. Нужно писать на английском, потому что это международный язык. Это очень простой, но в то же время крайне важный тезис.

В России есть, были и будут прекрасные ученые, но им нужно интегрироваться в мировое сообщество. Ученый, который говорит только по-русски, не может поехать в Соединенные Штаты и работать там в лаборатории, потому что его никто не поймет. Я хочу еще раз подчеркнуть этот момент, потому что я бы очень хотел, чтобы русские

*Член-корреспондент РАН
Сергей Григорьевич Псахье:
«Сейчас российская наука все больше вплетается в мировую. Если рассмотреть вопрос об академгородках, которые создавались прежде всего в Сибири, на Урале, на Дальнем Востоке, то это было сильным решением, т.к. позволило создать высокую плотность ученых на одной территории. Здесь очень важна концентрация: многие результаты были получены впервые именно в академгородках. Первые эксперименты на встречных пучках, например, были проведены в Институте ядерной физики в Новосибирске. Сейчас времена меняются, и будем надеяться, что теперь большие научные премии будут получать не только те российские ученые, которые уехали, как Андрей Гейм и Константин Новоселов, но и те, которые остались»*

ученые примкнули к мировому сообществу. Многие мои российские коллеги прекрасно говорят по-английски, но еще больше российских ученых вообще не говорят на этом языке или говорят очень плохо. В 1991 г., более 20 лет назад, я посетил Екатеринбург. Тогда он назывался Свердловск. Я читал там лекцию. Собралось очень много ученых, но никто из них не понимал по-английски ни слова. И там был переводчик. Он изучал язык по Шекспиру и переводил шекспировским языком. Было очень забавно. Я только в художественной литературе такие слова встречал. Я сказал ему, что в следующий раз, когда приеду, лучше обойдусь без переводчика.

Вам нужно учить английский. Это крайне важно. Российские ученые должны общаться с мировым сообществом, а главное средство общения — это, конечно, язык. ■

Подготовил Валерий Чумаков



УКРОТИТЕЛЬ БУДУЩЕГО

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР



РОССИЯ 24

очевидное
невероятное



ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

Электронные коммуникации, цифровая культура, миллиарды гаджетов, которые собирают данные о каждом нашем шаге... Человеческое общество еще никогда не было столь сложной — и при этом нестабильной — системой, как сегодня. Профессор социологии Швейцарского федерального технологического института в Цюрихе (ETH) Дирк Хельбинг считает, что связь «всех со всеми» может стать как нашим благом, так и проклятием. Новые технологии, симбиоз человека и компьютерного интеллекта облегчат жизнь.

Однако малейший сбой в системе биржевых торгов или волна «ретвитов» ведут к последствиям в реальном мире, которые мы пока не можем ни предвидеть, ни предотвратить. Впрочем, у профессора Хельбинга есть решение. О своем глобальном проекте моделирования будущего профессор рассказал Эвелине Закамской, автору и ведущей программы «Идеи, меняющие мир».

Проект журналов «В мире науки» и Scientific American в России

Исследователи расшифровали геном, но что сейчас происходит с человечеством на макроуровне, ученым еще только предстоит выяснить. В информационном обществе как в сверхсложной системе возникают такие явления, с которыми человечество еще никогда не сталкивалось. Герой очередного выпуска нашей программы «Идеи, меняющие мир» (совместного проекта телекомпании «Очевидное — невероятное» и телеканала «Россия 24») пытается снизить растущий уровень непредсказуемости. Уже несколько лет профессор Хельбинг руководит международным проектом *FuturICT*. За десять лет и €1 млрд он пообещал создать информационную модель планеты, которая позволит увидеть скрытые взаимосвязи происходящего на ее поверхности.

Но смысл идеи не просто в диагностике. Реализованная модель даст возможность проигрывать различные сценарии будущего по принципу «Что если?» до того, как бездействие или недальновидные стратегии политиков приведут общество к катастрофическим последствиям. Последствия наших действий можно будет просмотреть, как в машине времени. И, говоря языком Рэя Брэдбери, мы сможем вовремя обнаружить в настоящем ту маленькую бабочку, наступив на которую рискуем утратить родной язык или привести к власти диктатора.

И грянул гром

«Нельзя пускать дело на самотек. Мы находимся в исторической точке, когда в наших силах принять важное решение и внести вклад в будущее — определить, будет ли оно ярким или превратится в еще одно средневековье», — так Дирк Хельбинг описал остроту нынешнего момента в беседе с автором и ведущей «Идей» Эвелиной Закаемской. Человечество, по его мнению, стоит на пороге фундаментальных изменений. В ближайшее десятилетие будет произведено больше информации, чем за предыдущую тысячу лет. Согласно закону Мура, за это же время компьютеры достигнут возможностей, сопоставимых с показателями человеческого интеллекта. Гиперсвязи опутают все сферы жизни. Это даст гигантский прорыв в продуктивности. Но в развитии настолько сложной системы возникает определенная критическая точка, по достижении которой она начинает вести себя непредсказуемым образом. Переход произойдет не постепенно, а скачкообразно. И у человечества осталось не так много времени, чтобы к этому непонятному будущему подготовиться.

Сегодня одни из самых мощных компьютеров обслуживают фондовый рынок: во многом они уже сейчас ведут себя как люди, объединенные в сообщество. По мнению нашего героя, создаваемые при помощи новых технологий подобные цепочки связей одновременно становятся и потенциальными каналами мгновенного распространения катаклизмов. Самым ярким примером такого рода он называет «черный вторник» на американском фондовом рынке, знаменитый *Flash Crash* 2010 г. Непредсказуемый побочный эффект от работы программ высокочастотной торговли, которые осуществляют

сотни сделок за доли секунды, тогда привел к тому, что капитализация торгующихся компаний за 20 минут уменьшилась на \$1 трлн. И хотя рынок восстановился, события в цифровом пространстве имели разрушительные последствия в мире реальном. Изменилась структура акционерного капитала компаний, существенно пострадал капитал социальный (пресловутый кредит доверия), шоком и паникой наверняка было подорвано здоровье тысяч брокеров и инвесторов. А сколько еще побочных эффектов мы не в состоянии даже предположить?

Чтобы иметь возможность отслеживать корреляции между внешне не связанными событиями, Дирк Хельбинг предлагает создать глобальную систему аккумуляции и обработки данных обо всех сторонах жизни

Уже несколько лет профессор Хельбинг руководит международным проектом FuturICT. За десять лет и €1 млрд он пообещал создать информационную модель планеты, которая позволит увидеть скрытые взаимосвязи происходящего на ее поверхности

человечества. Эту часть проекта идеологи назвали «Планетарной нервной системой» (*Planetary Nervous System*): состояние экологии, колебание курса акций, сейсмическая активность, концентрация абонентов в ячейках сетевой сети, количество постов в соцсетях по определенным тэгам и сотни других различных замеров. Семантические алгоритмы позволят автоматически оценивать даже состояние общественного мнения, уровень удовлетворенности или агрессии в социуме, когда явная общественная активность еще не видна.

Собственно, в сборе и накоплении подобных колоссальных массивов данных (так называемых больших данных, *Big Data*) никакой новации нет. Они давно стали бизнес-активом, и в случае необходимости доступ к ним может быть приобретен для нужд самого *FuturICT*. Особенность системы Хельбинга в том, что она будет давать пользователю, не только архивную картину, но и текущую. «Вам больше не понадобится задавать вопрос *Google*, который будет искать ответ в своей базе, предлагая что-то из имеющихся данных. Вместо этого будет инициирован запрос на измерение необходимых

параметров в режиме реального времени с использованием Интернета и сети датчиков», — говорит профессор Хельбинг и напоминает, что только смартфон имеет около десяти встроенных средств фиксации происходящего.

Мозгом системы должен стать второй компонент — сверхмощный компьютерный «Симулятор живой Земли» (*Living Earth Simulator, LES*). Он будет, что называется, на лету анализировать непрерывно поступающий поток данных и выявлять скрытые взаимосвязи. Живой информационный слепок реальности поможет отследить еще не изученные системные феномены в глобальном «человейнике», которые сейчас упускаются при обработке архивов. Однако только к сбору, обработке и анализу информации идея Хельбинга не сводится. Главная

вас процесс. Если нужного для этого софта не найдется, пользователи сами смогут создавать необходимые надстройки, загружать их для общего пользования — для свободного распространения или за деньги. «Это приведет к созданию информационной и инновационной экосистемы, развивающейся за счет тех данных, которыми люди будут обмениваться», — обещает Дирк Хельбинг, и ему можно верить: он эксперт мирового уровня в области изучения сложных самоорганизующихся систем.

Глобальный перекресток

Олимпийский парк в Сочи — один из главных объектов зимней Олимпиады-2014. Как будут себя вести 90 тыс. людей на территории этого кластера в обычных и в форс-мажорных условиях? Поведение пешеходов — это системное явление.

Для того чтобы сделать безопасными такие крупные объекты, организовать движение, схему входов-выходов и пути эвакуации, предварительно проводится имитационное моделирование поведения толпы с использованием мощных компьютеров и специальных программ. Как сообщалось в специализированной прессе, для расчета характеристик сочинского парка был применен софт, использующий именно модель Дирка Хельбинга (ее также называют моделью социальных сил).

Изначально основные методы моделирования сложных систем разрабатывались физиками и математиками, но они



функция *LES* — моделирование будущего исходя из заданных условий и с разной степенью детализации картины. Правда, наш собеседник пояснил, что это будет не оракул и не хрустальный шар: «С помощью компьютерных программ *LES* сможет прорабатывать различные варианты развития сценариев: что произойдет, если я приму то или иное решение? Конечно, это не будет точным предсказанием, а скорее напоминает прогноз погоды, который работает лишь в течение ограниченного периода времени и не абсолютно надежен».

Третий компонент системы — глобальная открытая программная платформа (*Global Participatory Platform*), которая создаст идеальные возможности для краудсорсинга. Доступ к ней смогут получить ученые, программисты, политики, бизнесмены и рядовые пользователи. Дирк Хельбинг условно сравнивает этот компонент системы также с магазином приложений *AppStore*: «Люди смогут загружать сюда свои программы и данные, оставлять на них отзывы и ставить оценки качеству, комментировать». На основе предоставленного доступа к данным можно будет смоделировать любой интересующий

оказались применимы и к объяснению химических, биологических, экономических и социальных процессов. Сам Дирк Хельбинг окончил физический факультет Геттингенского университета, и его магистерская дипломная работа была посвящена как раз динамике пешеходных потоков. Этой темой он занимался на протяжении всей своей научной карьеры, разрабатывал алгоритмы управления трафиком и даже имеет патент на устройство самоорганизующихся систем светофоров.

Уличный поток — лишь один из примеров сложной многоагентной системы, к которым относятся также компании и более крупные людские сообщества. Это объясняет, почему Дирк Хельбинг в свое время заинтересовался социологией. Беседуя с Эвелиной Закамской на фоне книжных стеллажей в своем рабочем кабинете, профессор признался, что заняться моделированием социальных процессов его еще 30 лет назад вдохновила серия романов Айзека Азимова «Основание». Возможность понять движущие силы истории и предсказывать будущее — эта идея показалась молодому физика очень привлекательной.

Даже сейчас, на пороге своего 50-летия, член Академии наук Германии Дирк Хельбинг все еще похож на увлеченного молодого ученого. У него чрезвычайно широкий круг научных интересов: антикризисное управление, менеджмент катастроф, новая экономика, компьютерное моделирование экономических игр. Он стал энтузиастом междисциплинарных исследований и представляет свой проект публике как «ускоритель знаний», который, подобно коллайдеру, позволит сталкивать между собой частицы данных, чтобы получать новые знания об окружающем мире.

Как научный руководитель *FuturICT*, Хельбинг пропагандирует также тесное межнациональное и межкультурное взаимодействие. «У нас более 2 тыс. сторонников. Мы имеем междисциплинарные сообщества в 25 странах Евросоюза, но есть ученые и из США, Мексики, ЮАР, России, Китая, Сингапура, Японии и Австралии. Каждый день новые люди, включая творческих работников, политиков и бизнесменов, проявляют все большую заинтересованность в нашем проекте». Задача перед этим сообществом стоит сверхсложная, амбициозная, требующая финансирования на государственном уровне. Но Хельбинг уверен, что «каждые доллар, евро или рубль, которые мы вложим в “Симулятор живой Земли”, окупят себя с лихвой — ведь мы получим важнейшую информацию, расширяющую наши возможности в принятии решений». В Швейцарии, где живет и работает Дирк Хельбинг, подсчитали, что даже затраты на содержание местной службы прогнозирования погоды окупаются пятикратно. Что и говорить про возможность предупреждения таких серьезных глобальных проблем, как эпидемии, рост криминала и этнические конфликты.

Почему прогноз *LES* не может быть точным? Динамика социальных систем определяется не только свойствами элементов и связями между ними, но и фактором случайности. «Некоторые ученые, исследующие характер поведения человека и оперирующие огромным количеством данных о нашей повседневной деятельности, утверждают, что люди гораздо более непредсказуемы, чем элементарные частицы. Но все-таки не полностью. Как раз элемент непредсказуемости позволяет развиваться нашему обществу. Случайность нам жизненно необходима», — пояснил профессор съемочной группе «Идей».

Рассказывая об опасности глобальных кризисов, Дирк Хельбинг часто приводит примеры из собственного опыта моделирования поведения толпы. Возникновение давки в общественных местах — пример того, как ведут себя сложные системы. Ни один из членов толпы не хочет чужой смерти, но в какой-то момент возникает

каскадный эффект и ситуация выходит из-под контроля; то же и в более сложных системах. Жители многих стран Земли уже переживали блэкауты, когда авария на местной электростанции провоцировала цепную реакцию по всей энергосистеме и приводила к проблемам на уровне целого региона. Столкновения на дорогах, коллапс железнодорожного сообщения, обесточивание больниц, мародерство — однажды каскад таких событий может быть запущен и на глобальном уровне: например, стихийным бедствием, действиями киберпреступников или спекулятивной атакой на какую-то из валют.

Поводом к созданию мегасимулятора, собственно, стал экономический кризис в странах ЕС. Шок от тех событий привел многих ученых и общественных деятелей к пониманию того, что экономические модели прошлого



века неадекватны для описания реалий информационного общества. «Мы используем устаревшую теорию, и это только углубляет кризис», — неоднократно заявлял в своих интервью Дирк Хельбинг. Кроме того, он уверен, что необходимо отказаться от теорий, которые ставят в основу строго рациональное поведение и эгоистические мотивы мотивированного выгодой *Homo oeconomicus*. В условиях развитого информационного общества и большого количества взаимных связей на смену ему все чаще приходит *Homo socialis* — человек, более склонный к кооперации и альтруистическому поведению.

Дивный новый мир

В Интернете процессы кооперации и самоорганизации сейчас особенно заметны. Рекомендательные системы все больше вытесняются гибкими, репутационными и рейтинговыми. Для производства идей и контента

широко используется краудсорсинг. Один из главных вопросов, который сейчас волнует Хельбинга, таков: «Сможем ли мы построить наше общество аналогичным образом, как саморегулирующуюся систему? Конечно, это не произойдет само собой, а потребует четких правил игры. Это очень интересный вопрос — какие должны быть правила, чтобы такая саморегулирующаяся система существовала и развивалась?» Уже сейчас ясно, что социальные институты, налоговое и трудовое законодательство, авторское право к новым реалиям совершенно не готовы.

По мнению футурологов, большую часть квалифицированного труда скоро смогут выполнять компьютеры, и для человека изменится сам характер занятости. Исчезнет понятие постоянного места работы, люди будут

Изначально основные методы моделирования сложных систем разрабатывались физиками и математиками, но они оказались применимы и к объяснению химических, биологических, экономических и социальных процессов. Этой темой Дирк Хельбинг занимался на протяжении всей своей научной карьеры, разрабатывал алгоритмы управления трафиком и даже имеет патент на устройство самоорганизующихся систем светофоров

объединяться лишь для участия в краткосрочных проектах для выполнения креативных задач. С повсеместным внедрением 3D-принтеров пассивные потребители товара превратятся в его сопроизводителей. Личные данные, вероятно, станут объектом лицензирования и нашим собственным нематериальным активом, сформируется их рынок, мы будем обменивать возможность следить за собой на какие-то виртуальные блага. «Нам придется заново изобретать роль человека в новом мире. Вся наша жизнь изменится в течение следующих 10–20 лет», — предсказывает Дирк Хельбинг.

Грядущее царство больших данных часто сравнивают с обществом Большого Брата. Существует мнение, что от приватности в XXI в. человечеству придется отказаться. При таком количестве следящих устройств, фиксации цифрового следа интернет-сайтами и архивировании всего и вся анонимизироваться будет просто

невозможно. Но профессор Хельбинг полагает, что полная потеря личного пространства нам не грозит, потому что публичное и приватное — две стороны одной медали. Эти сферы не могут существовать одна без другой, они обе важны для функционирования общества и поддержания социального разнообразия — этой движущей силы инноваций.

В связи с предлагаемыми концепцией *FuturiCT* техническими решениями, конечно, возникает множество этических вопросов. Например, как быть с искушением информационного манипулирования, когда возможен вброс недостоверных данных в систему? На обеспокоенность Эвелины Закамской человеческим фактором профессор Хельбинг ответил туманно: «Важно строить так называемые плюралистические системы, которые позволят увидеть проблему с разных точек зрения. Что касается последующего принятия решений, то здесь все тоже упирается в чистоту личных мотивов: «Смысл не в том, чтобы симулятор сделал выбор за нас и сообщил, что именно нужно предпринять. Окончательный вывод делается на основе двух вещей — полученной информации и вашей собственной системы ценностей».

Но даже если задуманная учеными система позволит предотвратить техногенный или экономический армагеддон, еще остается опасность стать пленниками искусственно-интеллекта. «Нас может ждать сильное потрясение — например режим террора, когда компьютеры будут командовать, а мы превратимся лишь в выполняющие приказы шестеренки в глобальном часовом механизме», — предостерегает профессор Хельбинг. Впрочем, сам герой «Идей, меняющих мир» видит будущее скорее эпохой всеобщего креатива и виртуального творчества: «Люди смогут создавать собственные маленькие вселенные, соответствующие их личностям, окружению. Можно будет выбрать мир, который вам нравится, и жить в нем по несколько часов в день. Это обязательно произойдет!»

Нынешних школьников, которым предстоит провести взрослую жизнь в новом мире, этот прогноз Дирка Хельбинга наверняка обрадует. ■

Подготовила Ольга Платицина



Джон Барг

Сила подсознания

*Зигмунд Фрейд и представить себе не мог,
насколько бессознательные желания
и побуждения влияют на то, как мы
думаем и действуем*





ОБ АВТОРЕ

Джон Барг (John A. Bargh) — профессор психологии в Йельском университете. В его лаборатории изучают то, как бессознательное влияет на поведение и в какой степени существует свобода воли.



Когда психологи пытаются разобраться в нашем мышлении, они зачастую приходят к поразительному выводу: люди обычно принимают решения почти не задумываясь, а точнее еще до того, как подумают об этом сознательно. Когда мы решаем, как голосовать, что купить, куда поехать в отпуск и многое другое, большую роль играют неосознанные мысли, о существовании которых мы даже и не подозреваем. Недавние исследования показали, насколько сильно наше подсознание влияет на повседневные реакции. В одном из самых известных исследований, выявляющих значение бессознательного, изучали принятие решения о пригодности кандидата на государственный пост. Группе американских избирателей дали доли секунды на то, чтобы взглянуть на взятые из Интернета фотографии кандидатов на пост губернаторов и сенаторов от других штатов. Затем их попросили оценить кандидатов на основе данной мимолетной информации. Такой выборочный опрос довольно точно предсказал результаты последующих реальных выборов в этих штатах. В двух случаях из трех предсказание, основанное на кратком взгляде на лицо кандидата, было верным.

Уже более ста лет ученых занимает вопрос, как бессознательное влияет на наши мысли и поступки. Зигмунд Фрейд в большинстве своих работ рассматривал сознательное как рациональное мышление и эмоции, а бессознательное как нечто иррациональное, но современные когнитивные психологи не проводят такого полярного разделения. Оказалось, что оба типа мыслительных процессов помогают нам адаптироваться к меняющейся среде, обеспечивая выживание за счет броска мысленных усилий на актуальную проблему, позволившего во времена

каменного века охотиться на мастодонтов, в Средневековье участвовать в рыцарских турнирах, а в новом тысячелетии грамотно распорядиться акциями *Apple*.

Психологи постфрейдистской эпохи упростили деление на «Я» и «Оно», что позволило более прагматично изучать то, на что влияет наше бессознательное. Нобелевский лауреат Дэниел Канеман (Daniel Kahneman) описал современный взгляд на различия автоматических и контролируемых волей процессов. В его ставшей бестселлером книге «Думай медленно... решай быстро» Канеман пишет, что автоматические мыслительные процессы быстры, эффективны и, как правило, неосознанны, а потому не поддаются обсуждению или планированию. В них задействованы только простые стимулы: например, чтение слов на этой странице легко вызывает у вас в голове ассоциации с их значением. Иначе обстоит дело с контролируемыми процессами. Для них требуется целенаправленное и относительно медленное участие сознательного мышления — такое напряжение вы испытываете, например, когда заполняете налоговую декларацию.

Подобно фрейдовским «Оно» и «Я», автоматическая и контролируемая системы дополняют друг друга, но иногда могут и конфликтовать. Вам нужно быстро, не задумываясь, увернуться от автобуса, но при этом воздержаться от желания ударить безрассудного водителя.

В нашей повседневной жизни быстрых автоматических решений большинство, и это не случайно. Только очень небольшое число людей мы знаем достаточно хорошо, чаще всего нам приходится общаться с незнакомцами, которых мы, возможно, никогда больше не увидим, — это люди, стоящие в очереди в банк, кассиры, таксисты, официанты, страховые агенты, учителя и т.д. Бессознательное восприятие формирует ожидания относительно поведения и личности человека на основе минимальной информации. Согласно нашим ожиданиям официантки должны вести себя определенным образом и не так, как библиотекари или водители грузовика. Мы формируем такие предположения мгновенно, не задумываясь, руководствуясь социальным положением человека.

Наше бессознательное восприятие людей в течение дня — рефлекторная реакция. Нам приходится прикладывать сознательные усилия, чтобы отодвинуть необъяснимые и иногда необоснованные скрытые негативные чувства, которые мы можем испытывать к окружающим. Чем сильнее бессознательное влияние, тем больше придется приложить сознательных усилий, чтобы его преодолеть. Это касается в частности и наших привычек. Алкоголик приходит вечером домой и напивается, человек с лишним весом добирается до чипсов, и оба они легко отбрасывают мысль о воздержании.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

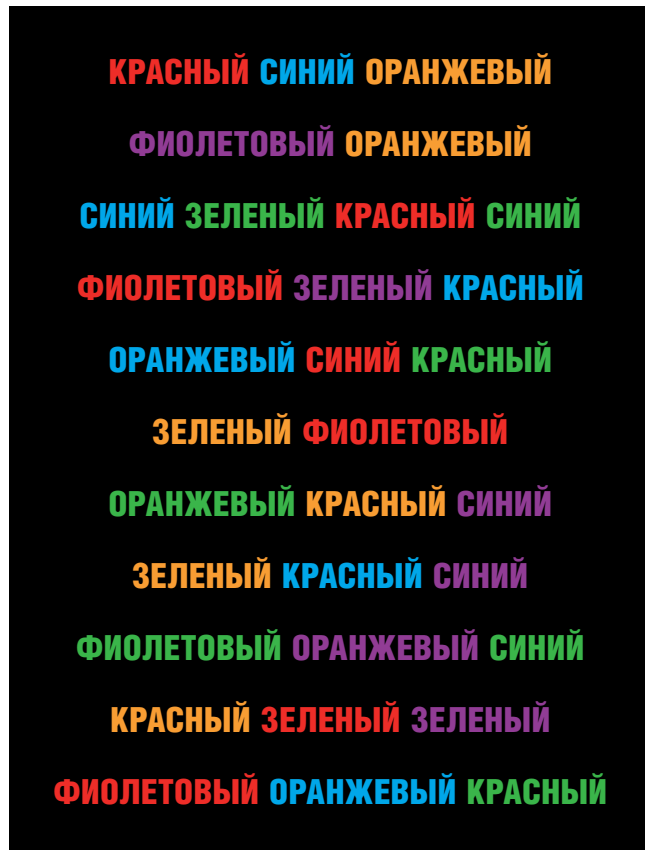
- Часто люди не задумываясь принимают решение, за кого они будут голосовать, что купить, куда поедут в отпуск, а также совершают множество других выборов в своей жизни.
- В основе обдумывания и планирования нашей жизни лежат бессознательные процессы, и это не случайно. Например, автоматические решения необходимы, чтобы уклониться от встречного автомобиля или автобуса.
- Однако поведение, управляемое бессознательным, не исчерпывается тем, что, выходя на перекресток, мы посмотрим в обе стороны. Неосознанные установки определяют многие аспекты нашего отношения к другим людям.
- Еще Зигмунд Фрейд много размышлял о значении бессознательного. Новейшие исследования показывают более реальную картину наших взаимоотношений с начальником или супругом.

Важно понимать, как на нас влияет бессознательное, чтобы не утонуть в побуждениях, которые сложно понять и тем более контролировать. Способность управлять собственным поведением — умение заводить друзей, войти в курс дела на новой работе, избавиться от алкоголизма — зависит не только от генов, характера и социальной поддержки; не меньше это обусловлено нашей способностью выявить и преодолеть автоматические побуждения и эмоции, влияющие на все аспекты нашей жизни. Чтобы проложить свой собственный жизненный путь, нам надо научиться находить компромисс с нашим бессознательным.

Рефлекторные реакции

Когда мы встречаемся с кем-то новым, наше первое впечатление формируется еще до начала разговора. Мы подмечаем расу, пол или возраст — черты, которые автоматически связаны с нашими внутренними стереотипами, касающимися того, как обычно ведут себя члены данной конкретной группы. Они агрессивны и ленивы или приятны и сообразительны и т.д. — такие представления о социальной группе в целом часто неверны в отношении конкретного ее представителя, стоящего перед нами и еще не успевшего сделать ничего, подтверждающего наше впечатление. Часто эти рефлекторные реакции сохраняются, даже если идут вразрез с нашими сознательными убеждениями. Многие люди, уверяющие, что хорошо относятся к меньшинствам, удивляются, когда социологи с помощью простого теста демонстрируют, что это не так. В тесте на скрытые ассоциации испытуемого просят охарактеризовать, какими качествами обладают объекты на экране компьютера: например, щенок может быть хорошим, а паук — плохим. После этого предъявляется серия лиц людей различных рас и предлагается классифицировать их как белых, черных и т.д. Здесь есть подвох: для первоначальной оценки и для последующих заданий на классификацию используются одинаковые кнопки. Левая может означать в одном случае «хороший» и «белый», а правая — «плохой» и «черный». В следующей серии кнопки меняли местами, так что левая означала хорошие объекты и черные лица, а правая — плохие и белые. Предвзятости белого испытуемого можно выявить, если ему легче и быстрее удастся выполнить задание в том случае, когда одна кнопка объединяет «черный» и «плохой», а другая — «белый» и «хороший». Многие испытуемые, сознательно придерживающиеся позитивного восприятия меньшинств и считавшие, что они одинаково и справедливо относятся ко всем людям, были сильно удивлены тому, как тяжело и медленно у них нажималась кнопка «хороший/черный».

Реакции такого типа усложняют взаимоотношения и затрудняют получение справедливого решения в суде, на работе и в школе именно потому, что эти реакции подсознательны. Мы не знаем о них, но эти чувства вмешиваются в то, на чем мы пытаемся в данный момент сосредоточиться. Вместо того чтобы распознать неосознанный расовый предвзятый, мы переключаем наше внимание на негативные черты и особенности этого человека. Руководитель приемной комиссии в колледже



Несоответствие: когда цвет букв не соответствует смыслу слова, оно читается медленнее за счет подсознательного отвлечения

может обратить внимание на не очень высокие оценки будущего студента из социального меньшинства, не осознавая, что не рассматривает так же строго тот же самый недостаток других абитуриентов. Хотя исследования бессознательного социального восприятия обычно фокусируются на выявлении стереотипов и предубеждений, на самом деле эта область гораздо шире. В целом люди с трудом разбираются в собственных положительных и отрицательных чувствах и часто не понимают их истинной причины. Существует классическая демонстрация этого эффекта, в которой показано, как погода влияет на то, как во время телефонного опроса люди характеризуют свою жизнь: когда погода хорошая, они чаще говорят, что все их существование солнечно. Более того, осознание этого эффекта приводит к немедленному изменению: когда проводящий опрос обращал внимание испытуемых на погоду снаружи, солнце или тучи больше не использовались при описании чувств.

Без контроля

Бессознательные мысли и чувства влияют не только на то, как мы воспринимаем себя и мир вокруг, но и на нашу повседневную деятельность. На протяжении десятилетий психологи спорили о влиянии бессознательного на поведение. Значительная часть XX в. в психологии прошла под влиянием Берреса Фредерика Скиннера

ПОЧЕМУ НЕ ВСЕ СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСПЕШНЫ

Недавно было показано, что некоторые эксперименты, где продемонстрировано влияние подсознательного на социальное поведение, например когда люди медленнее шли по коридору после того, как услышали слова, связанные с пожилым возрастом («Флорида», «бинго»), не удается провести повторно с тем же результатом. При этом, однако, забывают сказать, что во многих других исследованиях, опубликованных за последние десять лет, были успешно подтверждены и расширены исходные данные о влиянии бессознательного на поведение.

Эти исследования подтвердили, что бессознательные жесты или случайные слова, для которых ранее были сформированы четкие ассоциации, меняют поведение человека. Это означает, что подсознательное использует те же механизмы (рабочую память и целенаправленное поведение), которые используются и при сознательной деятельности, и что люди обычно неправильно понимают истинные причины поведения, вызванного бессознательными побуждениями.

В экспериментах, которые не удалось повторить, обычно пренебрегали процедурами, повышающими вероятность выявления влияния бессознательного на поведение. Первоначально во многих исследованиях слова использовались

для запуска определенного поведения. Но работы, в которых для его активации вместо словесных подсказок применяли естественные стимулы, например фотографии спортсменов-победителей, пользуются большим успехом. Это те типы стимулов, которые оказывают максимальный бессознательный эффект в нашей повседневной жизни.

Дальнейшая поддержка данной области социальной психологии была получена с помощью МРТ-исследований, в которых оценивали активность областей мозга при влиянии бессознательных сигналов на принятие решения и наше поведение. Эта работа дает некоторое представление о физиологических механизмах таких явлений.

На томограмме мозга видно, что области, обычно активирующиеся при восприятии шероховатой или гладкой поверхности, светятся и тогда, когда у человека возникают или не возникают трудности, т.е. когда общение с кем-то идет неровно или, наоборот, гладко. Одни и те же области среднего мозга реагируют на физическое тепло и на дружелюбие и щедрость, свидетельствующие о теплых социальных отношениях. Вопрос не в том, действительно ли бессознательное влияет на наше поведение и суждения и повторяемы ли эти эффекты (потому что это на самом деле так), а в том, почему некоторые исследователи воспроизводят эти результаты, а некоторые нет. Это важно для понимания того, как работают бессознательные социальные воздействия, и поэтому нужно обратить внимание на контекст и условия, необходимые для того, чтобы бессознательное влияло на поведение и мышление. Остается еще много работы. Тем не менее общий объем информации, собранной к настоящему времени, четко показывает, что влияние бессознательного на наши суждения, желания, эмоции и поведение имеет большое значение для общества в целом и для повседневной жизни каждого из нас.

(B.F. Skinner) и бихевиористской школы, настойчиво утверждавших, что наши действия полностью определяются звуковыми, зрительными и осязательными сигналами от окружающей среды, а сознательное намерение никакой роли не играет. Эта идея была реализована в классическом эксперименте, где крыса обучалась методом проб и ошибок, когда каждое нажатие на педаль приводило к получению гранулы корма. С точки зрения Скиннера почти все, что мы делаем, — просто более сложная вариация нажатия носом на педаль: нам надо всего лишь использовать аналог правильной педали, например вставить долларовую банкноту в кофейный автомат, и мы получим то, чего хотим.

Концепцию Скиннера опровергли исследования 1960-х гг. Тем не менее другая крайность, когда считается, что поведение всегда преднамеренно и никогда напрямую не вызывается сигналами окружающей среды, также ошибочна. Мы можем изменить свое поведение самым неожиданным образом, просто выслушав кого-то или пронаблюдав за кем-нибудь.

У людей есть врожденная склонность к имитации и подражанию чужому поведению — демонстрации эмоций, жестам и позам. В природе это проявляется у самых разных организмов при объединении в группу, так что косяки рыб, стада антилоп и стаи птиц координируют свое поведение таким образом, что движутся почти как единый организм. Склонность к спонтанной имитации

и подражанию действиям окружающих описана даже у очень маленьких детей. Психологи утверждают уже на протяжении почти ста лет, что подражание помогает нам перенять у родителей язык и другие формы поведения.

Однако подражание не исчезает по мере взросления. Существует так называемый эффект хамелеона, когда на вечеринке вы вдруг обнаруживаете, что повторяете позу и движения вашего собеседника: закидываете ногу на ногу, скрещиваете руки, чешете в затылке. Подражание будет продолжаться, пока вам не захочется взять следующий бокал и найти другого собеседника, чью позу и жесты вы опять начнете копировать, подобно хамелеону, сливающемуся с окружающей обстановкой. Повидимому, такое поведение может быть полезно, особенно если вы еще не разобрались, как правильно вести себя в данной социальной ситуации.

Латинская поговорка «Если живешь в Риме, живи по римским обычаям» целесообразна, потому что существенно снижает вероятность опасного или социально неадекватного поведения. И, как было показано в исследованиях Паулы Ниденталь (Paula Niedenthal) и Роберта Зайонца (Robert Zajonc), работавших в то время в Мичиганском университете, подражание имеет замечательный долгосрочный эффект: чем дольше пара вместе, тем сильнее партнеры похожи, отчасти потому, что они ежедневно бессознательно копируют позы и выражения лица друг друга.

Подражание формирует общественное сознание без необходимости вывешивать какие-то специальные предписания: спокойное ожидание в длинной очереди побуждает других вести себя так же; придерживая дверь для соседа, выгуливая собаку на поводке, выбрасывая мусор в урну, вы подталкиваете окружающих тоже поступать правильно. Бессознательное подражание усиливает чуткость по отношению друг к другу, «социально склеивает» даже незнакомых людей. Наиболее сильное единение возникает, когда двое или более людей одновременно заняты одним общим делом, маршируют ли они или поют в церкви. Исследования показали, что синхронное поведение укрепляет сотрудничество, даже если его участники впервые видят друг друга.

К сожалению, естественная склонность к подражанию — палка о двух концах. Психолог Кеес Кейзер (Kees Keizer) из Университета Гронингена вместе с коллегами показал, что одно правонарушение тянет за собой другое. После того как они разрисовали стену в переулке, количество мусора вокруг припаркованных там велосипедов увеличилось. Борьба с граффити и другими мелкими преступлениями, оказывается, может значительно улучшить качество жизни в городах. Это исследование подтвердило «теорию разбитых окон», которую отстаивал бывший мэр Нью-Йорка Руди Джулиани (Rudy Giuliani), в середине 1990-х гг. ратовавший за строгое соблюдение законов в отношении мелких преступлений — от разбрасывания мусора и перехода улицы в неполюбованном месте до вандализма: отчасти именно это помогло резко снизить преступность в то время.

Склонность к подражанию часто выходит за рамки простого копирования мимики и жестов настолько, что человек буквально превращается в другую личность. Когда мы встречаемся с кем-то или просто вспоминаем знакомого, у нас бессознательно может запуститься поведение, характерное для этого человека. В некоторых исследованиях было показано, что после предъявления слов, связанных с преклонным возрастом: «Флорида» (*среди жителей этого штата очень много пенсионеров. — Примеч. пер.*), «седой», «бинго» (*считается, что это игра преимущественно пожилых людей. — Примеч. пер.*) и им подобных, — студенты шли по коридору медленнее в соответствии со стереотипом, что немолодые люди слабые и медленнее двигаются. Кроме того, слова или изображения, ассоциирующиеся с медсестрой, усиливают стремление помочь, а связанные с политикой способствуют более затянутым выступлениям. Все эти эффекты, получившие название «прайминг» (от англ. *to prime* — «предшествовать, управлять»), возникают бессознательно, так что человек не догадывается о том, что они влияют на его поведение.

Исследования так называемой «угрозы подтверждения стереотипа» показали, что простое напоминание человеку о стереотипе в отношении, например, его расы или пола может повлиять на его успешность в школе или на работе. Клод Стил (Claude Steele) из Стэнфордского университета показал, что если студента перед экзаменом просят указать, к какой расовой или этнической

группе он принадлежит, то студенты, относящиеся к меньшинствам, после этого хуже справляются с тестом. Покойная Налини Амбади (Nalini Ambady), работавшая в Гарвардском университете, отмечает, что даже девочки дошкольного возраста хуже решают простой математический тест, если им перед этим вскользь напомнить, что они женщины. Широко распространенные позитивные стереотипы вызывают обратный эффект. В том же исследовании девочек-дошкольниц американки азиатского происхождения в среднем решали тест лучше, если им напоминали об их этнической принадлежности, и хуже, если о гендерной.

Недавно выяснилось, что результаты некоторых исследований невоспроизводимы. Причины, по которым исследование не удастся повторить, достаточно сложны и зависят, в частности, от особенностей методики. На самом деле бессознательное не всегда эффективно влияет на наше желание что-то делать. Многим знакома идея скрытой рекламы в кинотеатрах — слова «ешьте попкорн», незаметно мелькающие на экране и, как когда-то думали, повышающие продажи в буфете. Беспокойство по поводу скрытой рекламы возникло в 1950-х гг., когда вышел в свет бестселлер Вэнса Паккарда (Vance Packard) «Тайные манипуляторы» (*The Hidden Persuaders*). Как выяснилось, большая часть приведенных там данных не соответствовали действительности, но многие люди до сих пор верят в возможность влиять на поведение на подсознательном уровне. Последующие исследования показали, что если человек уже хочет что-то сделать, например утолить жажду, то скрытое сообщение о преимуществе какого-то определенного напитка может быть вполне эффективным. Однако и обычная реклама без каких-либо скрытых сообщений сама по себе влияет достаточно сильно. В одной недавней работе по изучению воздействия рекламы испытуемые смотрели пятиминутные фрагменты популярного комедийного шоу с миской крекеров. Оказалось, что любая реклама пищевых продуктов существенно увеличивала потребление крекеров. Реклама еды запускала перекус сама по себе, без каких-либо приемов, действующих на подсознание. Мы часто ошибочно полагаем, что можем контролировать воздействие рекламы на наше поведение только потому, что мы в полной мере осознаем ее содержание.

Переход физического в психическое

Некоторые исследования поведения и бессознательного посвящены тому, как окружающая среда влияет на состояние нашего сознания. В 1980-х гг. Фриц Штрак (Fritz Strack), работающий сейчас в Вюрцбургском университете в Германии, провел вместе со своими коллегами серию экспериментов, в которых показал, что бессознательной обратной связи от собственных случайных мимических движений — улыбки или гримасы неудовольствия — достаточно, чтобы человек решил для себя, нравится ему или нет объект, находящийся в поле зрения. Испытуемые держали карандаш зубами, так что активизировались мышцы, участвующие в улыбке, или губами, напрягая мышцы, работающие при хмуром



выражении лица. Физическое положение лицевых мышц вызывало соответствующее психологическое состояние.

Исследования этой области показали, что целый ряд физических действий и ощущений вызывают психологическое состояние, соответствующее этому поведению и чувству. Воспоминание о случае, когда вы причинили кому-то эмоциональную боль, может вызвать у вас желание сотрудничать и помогать другим людям для того, чтобы компенсировать плохой поступок. В одном известном исследовании после напоминания, вызывающего чувство вины, испытуемые должны были мыть руки, якобы для того, чтобы предотвратить распространение вируса гриппа по комнате, где проводится эксперимент. Кажется, что физический акт мытья рук «смывал» чувство вины. У людей, прошедших через эту процедуру, доброжелательность и готовность помочь пропадали; это явление назвали эффектом леди Макбет.

Аналогично защита от инфекции удовлетворяет и абстрактные социальные и политические потребности.

В одном исследовании консервативно политически настроенные испытуемые, получившие прививку от вируса гриппа *H1N1*, сообщали о более лояльном отношении к иммигрантам, чем те, кто не был привит, как будто ощущение защищенности распространяется на приезжих, которые воспринимаются как не несущие с собой угрозы культуре приютившей их страны. Метафоры используются, и когда мы описываем людей, с которыми регулярно сталкиваемся. Все мы употребляем словосочетания типа «тесная связь» или «холодный тон». Существует теория, что мы так легко оперируем этими метафорами потому, что наши абстрактные представления четко связаны с реальным миром. В экспериментах люди, которые чуть-чуть подержали в руках чашку с горячим кофе, считают других более «теплыми», доброжелательными и благодушными, а те, кто держали кофе в руке, — нет. Существуют еще другие исследования, выявившие, как физический опыт бессознательно и метафорически влияет на суждения и поведение. Оказалось, что

испытуемые, сидящие на жестких стульях во время переговоров, принимают более «жесткую», бескомпромиссную линию, чем те, кто сидит в мягких креслах. Держа в руках что-то шероховатое, люди оценивают встречу как нечто трудное, не прошедшее «гладко».

Мы склонны бессознательно оценивать практически все, с чем сталкиваемся, используя простые категории «хорошо/плохо». Бессознательные, автоматические реакции даже переходят на наши движения, желание приблизиться или отодвинуться от объекта. Основываясь на этой идее, клинический психолог из Амстердамского университета Рейноут Вьерс (Reinout Wiers) недавно разработал успешную терапевтическую процедуру для лечения алкоголизма и наркомании. Во время лечения пациенты должны были отодвигать от себя рычаг каждый раз, когда им предъявляли какое-то изображение, связанное со злоупотреблением алкоголем. Никаких дополнительных указаний, как оценивать смысл картинки, не было. По сравнению с контрольной группой те, кто отодвигал от себя рычаг, спустя год достоверно реже возвращались к своей пагубной привычке и чаще непроизвольно негативно реагировали на алкоголь. Неосознанные связи между движениями мышц и отказом способствовали развитию негативного отношения и внутренних рефлексивных реакций, помогающих пациентам отказываться от соблазнов после выхода из клиники.

Возвращение к Фрейду

Совсем недавно были проведены несколько экспериментальных работ, посвященные бессознательным целям и мотивациям. Их основной вопрос — «Чего хотят люди?» — долгое время был центральным для Зигмунда Фрейда. Современные теории о причинах поведения отличаются от тех, которые выдвигал австрийский невролог, поскольку основаны на изучении большого количества обычных людей, а не отдельных патологических случаев. Согласно современным представлениям, наши сознательное и бессознательное работают в виде единой системы, что отличается от взглядов Фрейда, который считал, что бессознательное действует само по себе, отдельно от сознательной активности.

На самом деле ученые, изучая психологию желаний, обнаружили, что независимо от того, осознаем ли мы поставленную перед собой цель или нет, движемся мы к ней одинаково. Это явление исследовали Маттиас Пессильоне (Matthias Pessiglione) и Крис Фрит (Chris Frith), работавшие в то время в Центре функциональной томографии благотворительного фонда *Wellcome Trust* в Университетском колледже Лондона. Испытуемых попросили в ответ на сигнал нажимать на рычаг насколько можно быстрее. Перед каждым тестом на сознательном или бессознательном уровне они получали информацию о вознаграждении. Более ценное вознаграждение (фунты вместо пенсов) ускоряло реакцию независимо от того, было это сообщение осознано или нет. Более того, использование томографии позволило показать, что в обоих случаях активировались одни и те же участки мозга.

Это и другие исследования свидетельствуют о том, что бессознательного восприятия стимулов может быть достаточно для формирования цели без какого-либо понимания того, как она возникла, сознательного обдумывания или проявлений свободной воли.

Бессознательное не только может подтолкнуть нас к определенному выбору, но и помогает найти мотивацию для достижения цели. Психологам давно известно, что люди, получившие власть в результате социального эксперимента, часто ведут себя эгоистично и аморально, ставя личные интересы на первое место. Обычно желание продемонстрировать власть в группе проявляется в виде серии слабых соматических сигналов, которые мы не осознаем. В одном исследовании участники, которым выпало случайно оказаться в профессорском кресле, проявляли меньше озабоченности тем, что люди о них думают, и в меньшей степени подавляли расистские и другие антиобщественные настроения, чем те, кто сидел за партой на ученических местах.

К счастью, многие люди ставят своей целью благополучие других, например родители ставят интересы ребенка выше собственных. Если власть активизирует любые бессознательные личные цели, то люди с подобной «социальной» ориентацией будут в большей степени помогать другим и в меньшей обращать внимание на себя. И действительно, как показали исследования, доступ к власти на бессознательном уровне усиливает альтруизм у этих людей. Кроме того, эти люди сильнее беспокоятся о том, что о них думают другие, и менее склонны к расовым предрассудкам.

Фрейд использовал тысячи слов, чтобы объяснить, почему наши несбывшиеся желания проявляются в образах и сюжетах, наполняющих наши сны. Современные исследования дают более правдоподобную картину того, как мысли и эмоции подсознательно формируют наше отношение к начальнику, родителю, супругу или ребенку. Это значит, что мы можем отбросить устаревшие понятия наподобие эдипова комплекса и принять как данность, что бессознательное постоянно присутствует в нашей жизни, спим ли мы в этот момент или бодрствуем. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Солмс М. Фрейд возвращается // ВМН, № 8, 2004.
- Йонг Э. Броня от предрассудков // ВМН, № 10, 2013.
- Automaticity in Social-Cognitive Processes. John A. Bargh et al. in *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 16, No. 12, pages 593–605; December 2012.
- The Selfish Goal: Autonomously Operating Motivational Structures as the Proximate Cause of Human Judgment and Behavior. Julie Y. Huang and John A. Bargh in *Behavioral and Brain Sciences* (в печати).
- Видео, где автор этой статьи рассказывает про влияние бессознательного на наше поведение, см. по адресу: Scientific-American.com/jan2014/unconscious

ГУМАНИТАРНОЕ ПОГРУЖЕНИЕ В ЕСТЕСТВЕННО- НАУЧНУЮ СРЕДУ

*Конвергенция наук и технологий стала визитной карточкой Курчатовского института и прежде всего его НБИКС-центра. И если научные прорывы на стыке естественных наук уже стали привычными, то объединение естественных и гуманитарных наук в единое целое до сих пор кажется чем-то диковинным. Тем удивительнее результаты такой конвергенции. О том, как это происходит и что из этого может получиться, мы беседуем с начальником отделения нейркогнитивных и социогуманитарных наук Курчатовского НБИКС-центра **Борисом Митрофановичем Величковским** и начальником лаборатории нейровизуализации когнитивных функций **Вадимом Леонидовичем Ушаковым**.*

Совместить несовместимое

— **Борис Митрофанович, у вас образование в области психологии и IT-технологий. Вы каким-то образом сумели объединить эти две, казалось бы, несовместимые области. Как вам это удалось?**

Б.М. Величковский: Вы знаете, я никогда намеренно их не объединял. Развитие науки в последнее десятилетие соединило эти и другие сферы научной деятельности помимо моих сознательных намерений. Я учился в физико-математической школе при мехмате МГУ. Затем в силу стечения обстоятельств попал на факультет психологии. Вместо последних курсов этого факультета мой учитель — выдающийся нейропсихолог XX в. Александр Романович Лурия — послал меня учиться на физический факультет Берлинского университета. Такой была исходная база моей профессиональной подготовки.

Работая позднее ассистентом Московского университета, я занялся прикладными проблемами человеческого фактора в военной авиации. Через какое-то время я стал профессором факультета естественных наук и математики в Дрезденском университете. И вот в последние годы я стал работать в уникальном научном центре — Курчатовском институте. Должен сказать, что Курчатовский институт изначально, хоть и не в такой явной форме, как сегодня, развивал междисциплинарные исследования. Как известно, руководство Курчатовского института поддерживало советских генетиков в период гонений на эту науку. Сегодня в нашем отделении есть лаборатория геномных и постгеномных исследований, включенная в изучение молекулярных механизмов развития и функционирования мозга. Во многом именно понимание физических основ ядерно-магнитных эффектов, заложенное в том числе и выдающимися курчатовцами первого поколения, обеспечило взлет когнитивных исследований последних лет.

— **Прикладные исследования тоже объединяют гуманитарные и технические науки?**

— Да, по сути дела, блок гуманитарных и социальных наук все теснее смыкается с высокотехнологичной естественно-научной средой. Каждый отдельно взятый ученый, разумеется, стремится найти свою «экологическую нишу» и хорошо делать свое дело на этом более или менее узком участке. Но наука как целое развивается только за счет взаимного оплодотворения подобных разрозненных областей знания и сочетания частных методов исследования. Многие из таких методов зародились в Курчатовском институте. Так, создание одного из них — метода магнитно-энцефалографии — связано с именем академика И.К. Кикоина. Сейчас это распространенный метод исследования, который обеспечивает высокую временную разрешающую способность регистрации мозговой активности.

— **Магнитная энцефалография — это что-то среднее между МРТ и ЭЭГ?**

— Не совсем. Мы помним из курса школьной физики, что там, где есть электрические процессы, есть и магнитные эффекты. В каком-то смысле метод магнитно-энцефалографии дополняет традиционный метод ЭЭГ, обеспечивая несколько более точную локализацию источников активности. Но, конечно, это ни в коей мере не приближается к той точности пространственного разрешения, которую мы имеем в случае метода МРТ и его варианта, особенно популярного в нашей области, — метода функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ).

— **В чем отличие функциональной МРТ от обычной?**

— В случае фМРТ мы видим не структуру мозга, а процессы активации отдельных его областей. В основе такой нейровизуализации лежит оценка изменения интенсивности процессов метаболизма кислорода в связи с решением той или иной задачи. Это не просто некие спекуляции о том, какие процессы или структуры могли бы участвовать в решении стоящей

перед человеком задачи. Мы действительно можем показать, что это за структуры. К сожалению, в случае метода фМРТ хуже обстоит дело с временной разрешающей способностью, поэтому мы здесь обречены, как и во многих других науках, на комбинацию нескольких методов исследований.

— **То есть, по сути, фМРТ — это та же МРТ, только в динамике?**

— Да, именно динамика — в смысле активации структур мозга и того, какие из них задействованы в решении тех или иных задач. Поэтому лаборатория, в которой мы сейчас находимся, так и называется: «Лаборатория нейровизуализации когнитивных функций».

Увидеть невидимое

— **Расскажите подробнее о методах нейровизуализации.**

В.Л. Ушаков: Существуют два способа нейровизуализации. Один — инвазивный, когда вы вынуждены вскрывать череп, погружать в мозг различные датчики, регистрируя активность нейронов. Второй — неинвазивный, когда вы получаете сигнал с помощью внешних устройств, не нарушая целостность организма.

Инвазивный метод обычно используют в экспериментах на животных. Если вам нужно знать, как у животного работают отдельные нейроны, вы вживляете в его мозг электроды. Недостаток этого метода в том, что когда вы вживляете электрод в какую-то зону, то регистрируете только локальный сигнал с этого ограниченного участка. Метод не позволяет увидеть, как работает весь мозг. А чтобы увидеть, что происходит в головном мозге, существует метод функциональной магнитно-резонансной томографии. Когда нейроны работают и передают сигналы друг другу, нейроны выделяют вещества, называемые нейромедиаторами. Попадая от одного нейрона на рецептор соседнего, нейромедиатор меняет мембранный потенциал, в результате чего возникает электрический импульс. Этот сигнал идет дальше, к другому нейрону. В тех местах, где выделяется нейромедиатор, находятся глиальные клетки, которые его тоже улавливают и дают

команду капиллярам головного мозга — они расширяются, и изменяется кровоток. Метод функциональной магнитно-резонансной томографии как раз и регистрирует эти локальные изменения кровотока на тех участках, которые оказываются задействованными в выполнении той или иной задачи. С помощью этого метода мы можем изучать работу различных систем головного мозга.

Есть еще два метода: электроэнцефалография и магнитоэнцефалография. Какие у них недостатки? В ЭЭГ электрический сигнал снимается с помощью электродов, которые регистрируют электрические колебания от происходящих внутри головного мозга процессов. Но поскольку ткани головы и мозга неоднородны, у каждой из них разная электрическая проницаемость — у костной ткани, у белого вещества, у спинномозговой жидкости и т.д., то сигнал приходит сильно искаженным. Попытка с помощью ЭЭГ восстановить источник электрической активности терпит неудачу. Магнитоэнцефалография локализует мозговые процессы несколько лучше, потому что там регистрируются магнитные поля, которые в решении нашей задачи более устойчивы. Недостаток МЭГ в том, что этот метод не может зарегистрировать сигнал в глубоких структурах, следовательно, тоже не способен отобразить системные механизмы работы головного мозга.

Теперь представим комбинацию этих методов. ЭЭГ и МЭГ регистрируют сигналы каждую миллисекунду. Разряд нейронной клетки — тоже процесс порядка миллисекунды, после чего клетка еще примерно пять миллисекунд восстанавливает свой потенциал. Значит, с помощью ЭЭГ и МЭГ мы можем регистрировать быстрые процессы, проходящие в коре, и оценить таким образом общее состояние головного мозга. Визуализировать же то, какие именно пространственные нейросети и структуры участвуют в решении данной задачи, помогает фМРТ. Комбинация этих методов, записанных синхронно, позволяет, причем совершенно неинвазивно, сделать видимыми нейронные механизмы, участвующие в решении задачи человеком на фоне определенного функционального состояния его мозга.



Обозреватель журнала «В мире науки» Виктор Фридман тестирует окуломоторный модуль интерфейса «глаз — мозг — компьютер»



Роботизированная рука тщательно отслеживает перемещения фокуса зрительного внимания испытуемого

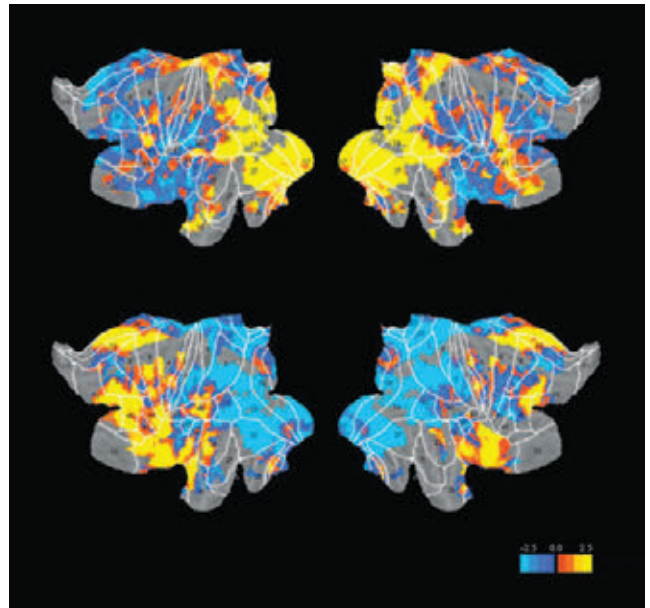
Понять и излечить неизлечимое

Б.М. Величковский: Позвольте мне сказать несколько слов про ту область, где я вижу большой исследовательский потенциал. Речь идет об уровне организации когнитивных процессов, имеющей, по-видимому, эволюционные основания. Дело в том, что в целом ряде случаев можно наблюдать удивительное сходство процессов развития в трех областях — фило-, онто- и микрогенезе. Так, во всех этих трех областях, несмотря на колоссальные различия масштаба временных событий, пространственная локализация объектов предшествует восприятию их идентичности. Наш мозг сначала отвечает на вопрос «Где?» и лишь потом на вопрос «Что?». Причина этого лежит в особенностях эволюционного развития структур мозга, связанных с процессами восприятия и действия.

Несколько более тонкий пример того же рода — это динамика развития восприятия при аутизме. Как известно, это очень специфическое нарушение когнитивных функций, которые связаны селективным образом со сферой социального интеллекта. При этом общий уровень интеллекта вне сферы социальных взаимодействий может быть высоким. Известно, что самый ранний признак опасности аутизма — отсутствие контакта «глаза в глаза». Если у младенца нарушен этот механизм, то через три-четыре года можно ожидать расцвета всех классических симптомов аутизма.

Мы какое-то время назад решили изучить, как аутисты разглядывают лицо человека. При предъявлении таких социально значимых стимулов проводился анализ движения глаз пациентов с аутизмом. Еще в середине 1990-х гг. нами был предложен метод построения так называемых «ландшафтов внимания». Регистрируя движения глаз, мы смотрим, где были сосредоточены зрительные фиксации. Зная параметры разрешающей способности сетчатки, мы можем построить функции, которые показывают, что же на самом деле привлекло внимание человека в данной ситуации. Оказалось, что в первые десятки и сотни миллисекунд ландшафты зрительного внимания на лице другого человека у аутистов и испытуемых контрольной группы не различаются. Но затем, начиная с 400 миллисекунд, возникают изменения. Они становятся наиболее выраженными через 600 миллисекунд. Это говорит о том, что в процессе микрогенеза восприятия лица у аутистов есть определенная структура, некоторый механизм, который может быть селективно нарушен.

Недавно в журнале *Nature* были опубликованы результаты исследований с младенцами, аналогичные нашим экспериментам со взрослыми испытуемыми. Оказалось, что у детей, которые через несколько лет оказываются аутистами, в первые месяцы жизни распределение зрительных фиксаций на лице другого человека абсолютно такое же, как у нормальных младенцев. Но примерно через четыре-пять месяцев — это аналог 500 миллисекунд микрогенеза — возникают значимые и диагностически важные различия. Иными словами, вновь имеются указания на присутствие структуры, функционирование которой специфическим образом нарушено. Можно предположить, кстати, что такой структурой, скорее всего,



Данные фМРТ свидетельствуют о различной работе головного мозга в режиме непосредственного восприятия (вверху) и при мысленном представлении (внизу) одного и того же действия. Цифры и линии маркируют анатомические зоны коры головного мозга человека, цвет обозначает уровень метаболической активности

выступает миндалина. Ее еще называют «эмоциональным компьютером» в мозге человека. Это все, несомненно, должно помочь в понимании механизмов аутизма.

— Как может понимание механизма аутизма способствовать в поиске возможного лечения?

— В первую очередь, это путь к ранней диагностике. Мы можем разработать методы превентивного лечения и изменения этих процессов — точно так же, как в случае многих генетических заболеваний. Скажем, изменение диеты позволяет преодолеть те или иные сложности в развитии некоторых заболеваний, связанных с генетическими дефектами. В поисках терапевтических подходов нельзя ограничиваться рассмотрением одних только мозговых механизмов. В прикладных когнитивных исследованиях есть несколько парадоксальное правило: «Не спрашивай, что внутри твоей головы, а спрашивай, внутри чего твоя голова». Изменение окружающей среды имеет огромное значение. Процессы развития связаны именно с нашим окружением, прежде всего социальным. И вполне вероятно, что со временем удастся найти такие формы взаимодействия детей с их социальным окружением, которые будут смягчать возможные последствия полномасштабного развития этого дефекта.

— Можно ли говорить о том, что внешние факторы влияют на развитие аутизма? И может ли своевременное изменение этих факторов предотвратить заболевание?

— Изменение внешних факторов, окружающей среды, разработка специальных форм и технологий социальной поддержки могут повлиять на эти последствия. Сейчас мы также очень много говорим о другом конце онтогенеза — о нейродегенеративных заболеваниях, которые



! Справка

Борис Митрофанович Величковский

- ✓ Доктор психологических наук, член-корреспондент РАН, профессор нейропсихологии, экспериментальной психологии, прикладных когнитивных исследований.
- ✓ Старший профессор Технического университета Дрездена по факультету естественных наук и математики.
- ✓ Начальник отделения нейрокогнитивных и социогуманитарных наук Курчатовского НБИКС-центра, заведующий кафедрой гуманитарных наук НБИКС-факультета МФТИ.

возникают на продвинутых этапах индивидуального развития. В частности, это болезнь Альцгеймера, связанная с тяжелыми нарушениями памяти. После 60 лет они очень значимые, и к 80 годам вероятность достигает почти 50%. Во всем мире идет поиск фармакологических препаратов для уменьшения вероятности возникновения заболевания. Но самое мощное средство, значительно отодвигающее, отсрочивающее статистический момент возникновения заболевания, — это двуязычие. Полноценный билингвизм сдвигает момент возникновения нейродегенеративных заболеваний примерно на пять лет. Нет ни одного фармакологического средства, которое было бы столь же эффективно в данном отношении. Каждый новый язык добавляет еще один год полноценной социальной и когнитивной жизни.

— Некоторые ученые говорят о прионной природе болезней Альцгеймера и Паркинсона. Что вы можете сказать на этот счет?

— В Курчатовском НБИКС-центре есть так называемые внутренние научные проекты. Один из этих проектов рассматривает несколько более обоснованную гипотезу латентной вирусной природы возникновения социально значимых нейродегенеративных заболеваний. Кстати, это тоже еще один пример комплексной программы исследований, развиваемой в нашем институте в последние годы по инициативе М.В. Ковальчука, которые, на мой взгляд, пока невозможны в других научных центрах. В этом конкретном проекте сотрудничают микробиологи, иммунологи, специалисты по нейропсихологии и нанотехнологиям. В частности, для того, чтобы надежно осуществлять диагностику подобных микробиологических факторов в организме человека, нужно значительно увеличить разрешающую способность средств диагностики. Только средства нанобиодиагностики позволяют это сделать. Для этой цели нашими коллегами нанотехнологами создаются перспективные биосенсоры, основанные на использовании углеродных нанотрубок. Их чувствительность может на несколько порядков превышать диагностические возможности традиционных иммунологических тестов.

— То есть теоретически можно в 50 лет сказать человеку, насколько он предрасположен к нейродегенеративным заболеваниям?

— Конечно. Это можно сделать уже сейчас. Другой вопрос, в какой степени люди сами заинтересованы в такого рода знании. Это уже индивидуальное решение каждого.

— Знать, чтобы успеть что-то предпринять, например. Понятно, что вряд ли кто-то в 50 лет начнет учить второй язык. Но что-то ведь можно сделать? Или это тот случай, когда сделать ничего нельзя в принципе и в эти 20 лет до начала развития заболевания лучше

о нем действительно ничего не знать?

— Об этом можно подробнее расспросить врачей и специалистов в этой области. Иногда следует подумать об изменении диеты и образа жизни. Большинство проблем возникают именно в связи с образом жизни, поэтому здесь должны быть предложены специальные программы, основанные на экспериментальных данных современных когнитивных исследований.

Постижть непостижимое

— Когнитивные исследования вполне можно было бы называть экспериментальной философией. Расскажу об одной из самых фундаментальных философских проблем, которая лежит сегодня в основе многих фундаментальных и прикладных когнитивных исследований. Это проблема свободы воли, естественно-научного объяснения перехода от понимания и оценки ситуации к принятию решения и осуществлению действия. Если мы, используя средства нейровизуализации, геномных и постгеномных исследований, строго естественно-научно перебросим мостик от когнитивных процессов к процессам волевого сознательного действия, то под вопросом окажутся основные постулаты социальных и гуманитарных дисциплин. Действие может иметь серьезнейшие моральные и этические последствия. При его последовательном детерминистическом объяснении любой преступник может когда-нибудь сказать: «А при чем тут я? В том, что случилось, виновата моя миндалина — маленькая подструктура моего палеокортекса. Если бы мне вовремя дали таблетку, которая бы уменьшила активность миндалины, то ничего бы не произошло. В чем, собственно, меня обвиняют?»

Переход от познавательных процессов к принятию решения и произвольному действию крайне интересует нас, как и многих других исследователей. Мы хотим уловить с помощью нашей аппаратуры момент зарождения действия, понять, когда, где и как совокупность нейрокогнитивных процессов приводит к принятию решения, за которым следует действие. Это нужно не только для того, чтобы ответить на философские вопросы, но и для

того, чтобы создать современные интерфейсы, которые связывают активность мозга с работой различных технических устройств. Для этого есть, в частности, серьезные медицинские основания. Дело в том, что существует целый ряд — порядка десяти — различных заболеваний, которые ведут к полному параличу человека, когда нет ни речи, ни каких-либо произвольных движений. При этом сознательная мысль работает. Но как ее декодировать?

Мы изучаем этот вопрос, чтобы дать таким людям возможность действовать с помощью различных протезов и инструментов. Так, сотрудники лаборатории нейровизуализации когнитивных процессов интенсивно изучают идеомоторные представления — процессы внутреннего проигрывания действий. Мы считаем, что в каком-то смысле такое проигрывание — особенность человека. Наше сознание — поле мысленных экспериментов, которые могут, но не обязательно должны приводить затем к некоторой внешней активности.

К числу наиболее выдающиеся научных достижений прошлого года по версии ведущих мировых научных журналов относится создание интерфейсов, обеспечивающих выделение электрофизиологических сигналов, сопровождающих идеомоторные представления, и их передачу техническим устройствам. При этом использовались инвазивные интерфейсы. Например, множество электродов вживлялись в сенсомоторные области мозга пациента и он научался двигать роботизированной рукой. Конечно, это не общий, а очень специальный случай, поскольку применение подобных технологий возможно лишь при достаточных медицинских показаниях и при тщательном контроле.

Мы, напротив, разрабатываем неинвазивные интерфейсы, считая, что если они будут быстрыми и точными, то смогут найти самое широкое применение. Допустим, в той же медицине есть ситуации, когда руки хирурга заняты работой с инструментами, но ему нужно что-то сделать дополнительно — например, вызвать какие-то данные о состоянии пациента в свое поле зрения или определить характеристики тех тканей, с которыми взаимодействуют его инструменты в теле пациента. Можно себе представить и другие ситуации, определенно-го рода работы, когда руки заняты: скажем, в условиях боевых действий. Очень быстрая и точная, может быть, обгоняющая мысль человека, передача информации, интенции соответствующим инструментом для нас очень важна. Мы пытаемся улучшить существующие показатели. В лаборатории нейроэргономики и интерфейсов «мозг — компьютер», возглавляемой кандидатом биологических наук С.Л. Шишкиным, мы несколько месяцев назад добились мирового рекорда скорости определения интенции с помощью метода электроэнцефалографии. Это абсолютно безопасный неинвазивный метод. Можно попытаться, я думаю, достигнуть здесь в ближайшее время субсекундного диапазона.

— Но как отличить интенции от каких-то отвлеченных мыслей? Человек, например, занят какими-то манипуляциями, ему понадобились

данные, а он взял и подумал о чем-то постороннем. Или вспомнил что-то. О жене, о вчерашнем футбольном матче, о завтрашнем утреннике у ребенка... Как отделить одно от другого, как понять, что вот это — интенция, а вот то — отвлеченная мысль, не имеющая отношения к вопросу?

— На самом деле это центральная проблема. Действительно, и в электрофизиологической активности мозга, и в движениях глаз мы ищем признаки находящихся под сознательным контролем движений и процессов, для того чтобы отличить их от процессов, которые к интенциональным процессам не относятся. Расскажу на примере движения глаз. Лет 20 назад мы впервые научились, не обременяя человека, регистрировать движения его глаз. И сразу возникла идея: а почему не использовать движение глаз для управления какими-то техническими устройствами?

Но человек делает за средний рабочий день свыше 120 тыс. саккадических движений глаз. Если каждое из них будет приводить к каким-то изменениям во внешнем окружении, это будет абсолютно сумасшедший мир. Проблема имеет техническое название: «проблема прикосновения Мидаса». Помните, был в греческой мифологии царь Мидас, который был очень жаден. И боги дали ему способность превращать в золото все, до чего он дотрагивался, разумеется, с фатальными для него последствиями. Управление с помощью движения глаз или некоторой физиологической активности похоже на прикосновение Мидаса: в общем случае это слишком хорошо, чтобы быть практически полезным. Мы сейчас нашли признаки произвольных интенциональных процессов и в электрофизиологической активности мозга, и в движении глаз. Речь идет о важном достижении в решении всего комплекса проблем, связанных с созданием новых технологий взаимодействия человека и технических устройств. Оно позволяет надеяться на создание в ближайшее время вполне эргономичных интерфейсов «глаз — мозг — компьютер». ■

Подготовил Виктор Фридман

! Справка

Вадим Леонидович Ушаков

✓ Кандидат биологических наук, доцент НИЯУ МИФИ.

✓ Начальник лаборатории нейровизуализации когнитивных функций Курчатовского НБИКС-центра.

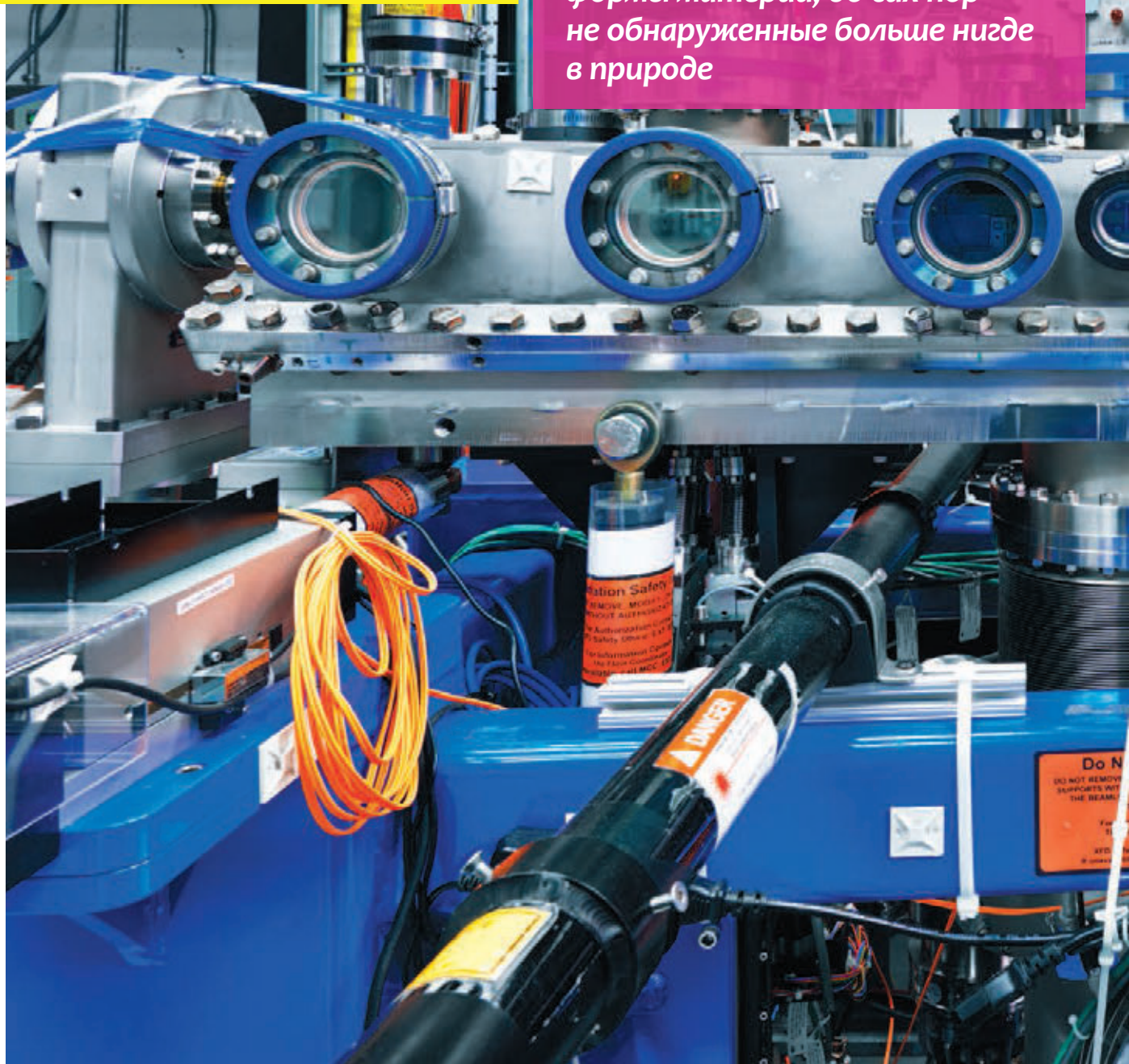
✓ Область научных интересов: нейробиология, нейроинформатика, молекулярная биология, нейропсихология когнитивных функций человека и животных.

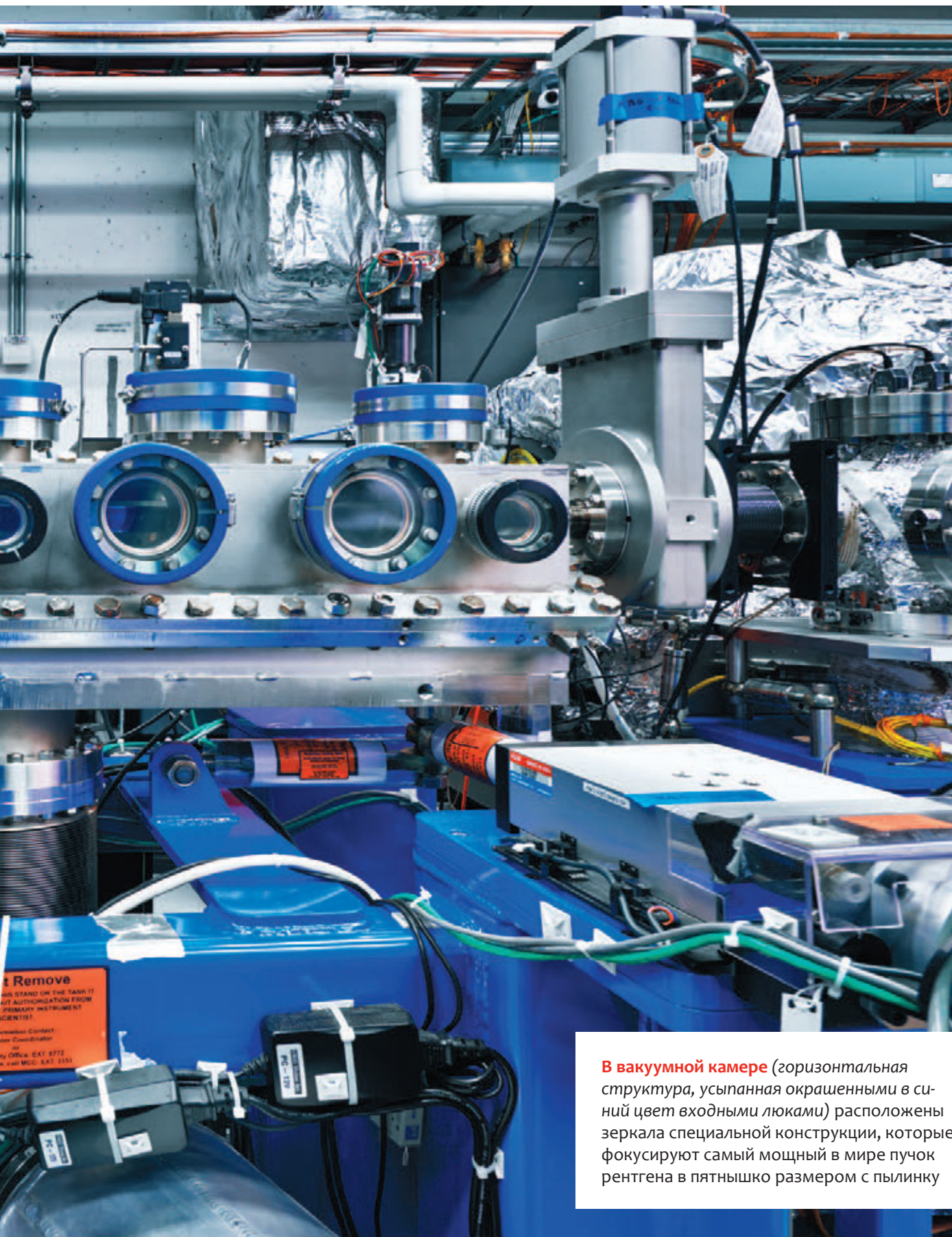


САМАЯ МОЩНАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ МАШИНА

Нора Берра и Филип Буксбаум

То, что было одной из идей противоракетного оружия в рамках программы «Звездные войны» 1980-х гг., сегодня стало удивительным устройством — микроскопом беспрецедентной разрешающей способности, источником мощнейшего излучения, позволяющим создавать экзотические формы материи, до сих пор не обнаруженные больше нигде в природе





В вакуумной камере (горизонтальная структура, усыпанная окрашенными в синий цвет входными люками) расположены зеркала специальной конструкции, которые фокусируют самый мощный в мире пучок рентгена в пятнышко размером с пылинку

ОБ АВТОРАХ

Нора Берра (Nora Berrah) возглавляет кафедру физики Коннектикутского университета и руководит научными исследованиями и постройкой диагностического оборудования на рентгеновском лазере LCLS Стэнфордского центра линейных ускорителей. Берра — специалист в изучении взаимодействия фотонов с атомами, молекулами и наносистемами, член Американского физического общества, обладатель премии Дэвиссона — Джермера, одной из самых престижных в области атомной физики и физики поверхностей, за 2014 г.



Филип Буксбаум (Philip H. Bucksbaum) — профессор естественных наук Стэнфордского университета и Стэнфордского центра линейных ускорителей, где он возглавляет PULSE Institute — лабораторию, созданную в 2005 г. для изучения ультракоротких процессов с помощью оптических лазеров, генерирующих ультракороткие пучки, и рентгеновского лазера LCLS. Член Американского физического общества, Национальной академии наук и Американской академии гуманитарных и точных наук.



Атом, молекула или пылинка, помещенные в фокус самого мощного в мире рентгеновского лазера, не имеют никаких шансов. Освещенная частичка вещества менее чем за одну триллионную долю секунды нагревается до температуры выше миллиона градусов Кельвина, такой же температуры, какую имеет солнечная корона. Атомы, например, неона, под воздействием такого экстремального излучения быстро теряют все свои десять электронов и, лишившись своей защитной мантии, разлетаются прочь друг от друга, словно выброшенные выстрелом из пушки. Для физиков эта цепь разрушений имеет особую привлекательность.

Удивительным этот процесс делает то, что лазер «выкипачивает» электроны у атома, начиная с расположенных ближе всего к ядру. Электроны, окружающие ядро атома в виде похожих на луковицу оболочек, по-разному реагируют на пучок рентгеновского излучения. Верхние оболочки почти прозрачны для рентгеновских лучей, поэтому весь удар радиации принимают на себя внутренние, подобно тому как кофе в микроволновке нагревается гораздо быстрее, чем сама фарфоровая чашечка с ароматным напитком. Два электрона этой оболочки отстреливаются прочь, оставляя за собой незаполненное пространство, — атом становится пустым внутри. Спустя несколько фемтосекунд (фемтосекунда — 10^{-15} с, одна квадриллионная доля секунды) другие электроны

затягиваются туда взамен утраченных, и цикл образования пустоты возле ядра и заполнения вакансии продолжается до тех пор, пока у атома не останется ни одного электрона. Этот процесс происходит также и в случае молекул и частиц твердого вещества.

Получающееся в результате экзотическое состояние вещества живет всего несколько фемтосекунд. В твердых телах оно быстро переходит в ионизированное состояние — плазму, называемую «горячим плотным веществом», которую обычно можно найти лишь в экстремальных условиях, таких, какие имеют место в ходе реакции ядерного синтеза, и в ядрах гигантских планет. Быстро исчезающие экстремальные условия, образующиеся в фокусе рентгеновского лазерного пучка, не имеют аналогов на Земле. Сам рентгеновский лазер столь же замечателен, как и экзотические явления, которые он позволяет получать. Построенный в Национальной лаборатории ускорителей Стэнфордского центра линейных ускорителей (СЦЛУ) и получивший название «Линейный ускоритель — источник когерентного излучения» (LCLS), этот рентгеновский лазер рождает в памяти реалии 1980-х гг., эры противоракетной системы, которую предполагалось создать в рамках программы «Звездные войны». Ее сторонники предлагали использовать рентгеновские лазеры для того, чтобы сбивать баллистические ракеты и спутники, тем не менее этот реально существующий рентгеновский лазер гораздо

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Рентгеновские лазеры в течение долгого времени оставались предметом научной фантастики, но вот уже четыре года назад первая такая установка, принадлежащая Управлению науки Министерства энергетики США, начала работать в Стэнфордском университете, где нашла широкое применение в научных исследованиях. Рентгеновский лазер, получивший название «Линейный ускоритель — источник когерентного излучения» (LCLS), подпитывается энергией самого длинного в мире линейного ускорителя элементарных частиц Национальной лаборатории ускорителей Стэнфордского центра линейных ускорителей.
- Экзотические состояния вещества, которые не встречаются больше нигде в природе, были созданы при бомбардировке атомов, молекул и твердых тел импульсами рентгеновского излучения высокой интенсивности.
- Действуя как свет стробоскопа, этот высокоскоростной лазер, «заморозив» движение атомов, запечатлел изображения белков и вирусов, зарегистрировал физическую и химическую трансформацию, которая происходит менее чем за одну триллионную секунды.



Пучок излучения рентгеновского лазера проходит через трубу, соединяющую два экспериментальных зала установки LCLS

АНАТОМИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ЛАЗЕРА

Рентгеновский лазер LCLS очень похож на лазерную пушку звездного корабля, который землянам еще только предстоит построить. Он питается энергией линейного ускорителя элементарных частиц — гигантской версии электронных пушек, нахо-

дящихся внутри старых телевизоров, — который выстреливает электроны со скоростью, близкой к скорости света. Сердцем этого хитроумного устройства служит ондулятор, который заставляет электроны двигаться зигзагом. Но всякий раз, когда

Задающий лазер

Задающий лазер генерирует импульсы УФ-излучения, которые выбивают электроны из катода тоже в виде коротких импульсов.

Ускоритель

Электрическое поле ускоряет электроны до энергии 12 млрд эВ. Лазер LCLS использует один километр, или одну треть, полной длины ускорителя СЦЛУ.

Компрессор пучка 1

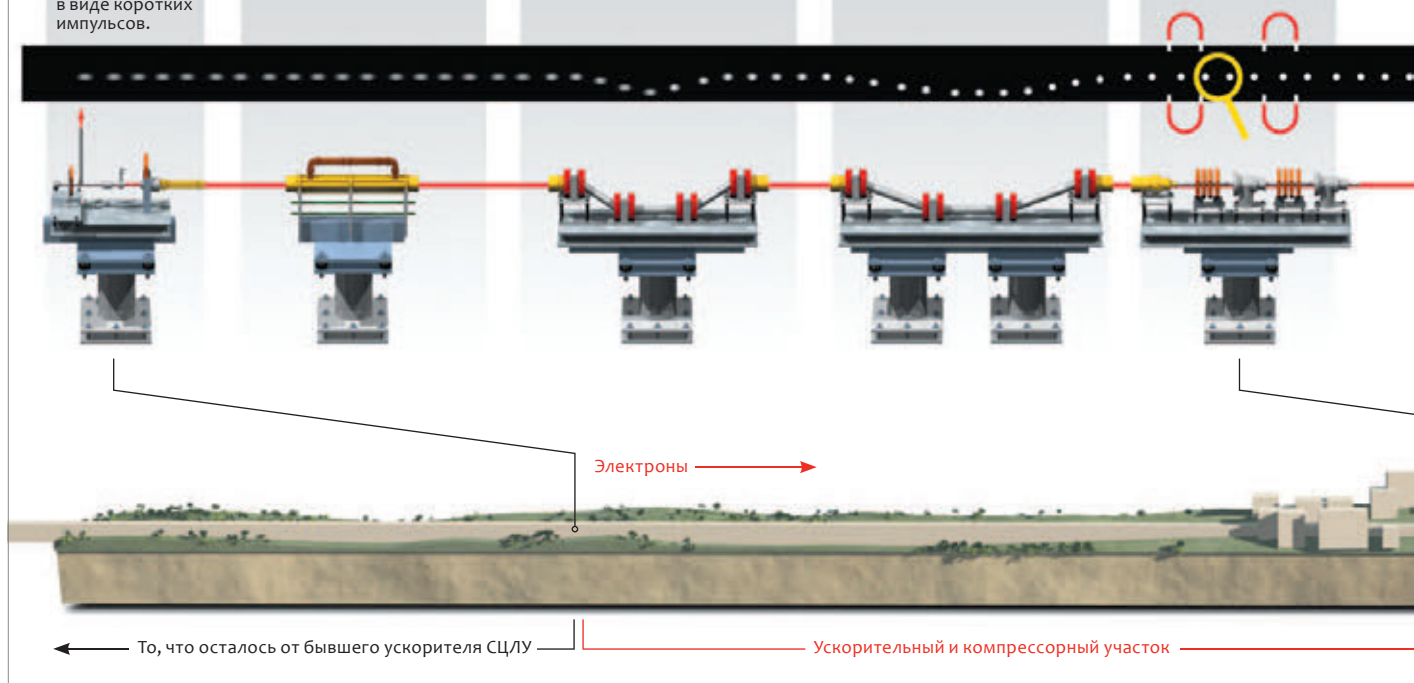
Траектория пакета электронов слегка искривляется в виде буквы S, что выравнивает скорости электронов, которые на входе немного отличаются друг от друга.

Компрессор пучка 2

После промежуточного ускорения пакет электронов влетает во второй компрессор, который длиннее, чем первый, поскольку теперь электроны имеют большую энергию (скорость).

Транспортный зал

Здесь магниты фокусируют пакеты, а диагностические устройства обеспечивают попадание пучка на нужную траекторию.



больше обязан своим появлением огромным машинам для сталкивания атомов, построенным примерно в то же время.

Установка создана на базе одного из первых ускорителей тяжелых заряженных частиц — линейного ускорителя СЦЛУ, работавшего в Стэнфордском университете по программам Министерства энергетики США. На этом ускорителе было получено немало открытий и Нобелевских премий, которые в течение многих десятилетий удерживали США на переднем фронте физики элементарных частиц. После проведенного в 2009 г. переоборудования в рентгеновский лазер LCLS эта установка стала для атомной физики и физики плазмы, химии, физики конденсированного состояния и биологии тем же, чем Большой адронный коллайдер (БАК) CERN для физики элементарных частиц: она позволяет подвергать разрушительному воздействию мощнейших импульсов энергии строительные блоки природы, в результате чего образуются новые формы материи, такие как «полые атомы», или же многократно увеличить масштабы квантового мира, если использовать ее в качестве

высокоскоростного микроскопа сверхвысокой разрешающей способности. Импульсы рентгеновского лазера LCLS могут быть настолько коротки (несколько фемтосекунд), что останавливают движение атомов, давая физикам возможность наблюдать течение химических реакций. Эти импульсы к тому же очень яркие, что позволяет нам получить фотографии белков и других биологических молекул, которые очень трудно изучать, если использовать другие источники рентгеновского излучения.

Тени атомов

Рентгеновский лазер представляет собой синтез двух основных инструментов, используемых сегодня в экспериментальной физике: источника синхротронного излучения и сверхскоростного лазера. Синхротроны — это кольцевые ускорители элементарных частиц. Циркулирующие внутри них электроны излучают рентгеновские лучи, которые попадают в инструменты, расположенные подобно лепесткам детской вертушки, по окружности. Нора Берра, один из авторов этой статьи, всю свою научную жизнь посвятила изучению того, что находится

траектории электронов отклоняются от прямой, они испускают излучение — в нашем случае рентгеновские лучи. Поскольку электроны движутся почти так же быстро, как и рентгеновские

лучи, которые они испускают, процесс становится самоподдерживающимся и в его ходе образуется луч необычайной чистоты и интенсивности.

Зал ондулятора

Последовательность магнитов чередующейся полярности побуждает электроны лететь зигзагом, заставляя их генерировать рентгеновский лазерный пучок

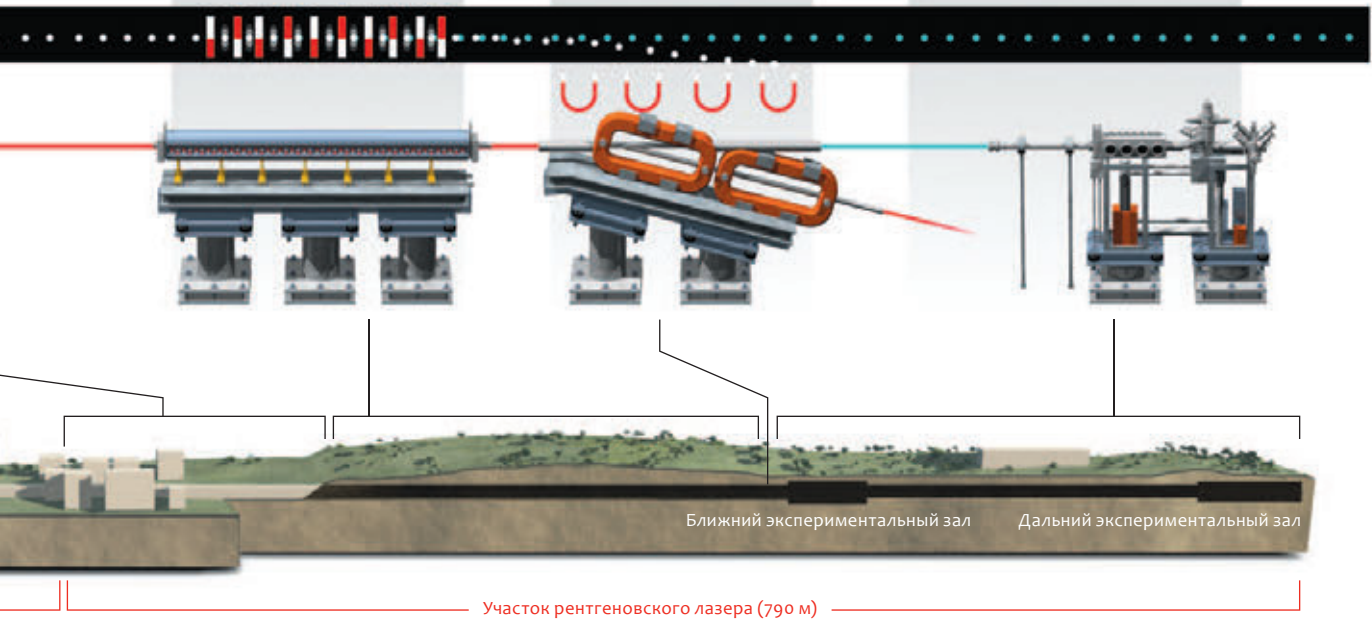
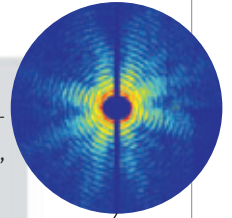
Приемное устройство электронов

Мощный магнит отклоняет электроны и дает возможность рентгеновскому излучению продолжать свой путь.

Экспериментальная камера лазера LCLS

Рентгеновское излучение выполняет задачу, которую перед ним поставили: «поджаривает» вещество, получает изображение вирусов (справа) или же делает все то, что физики заставляют его делать.

Изображение бактериофага, полученное с помощью рентгеновского лазера



глубоко внутри атомов, молекул и наносистем, используя рентгеновское излучение синхротрона. Рентгеновское излучение идеально подходит для этой цели. Длина его волны — порядка размера атома, поэтому при освещении рентгеновским пучком атомы отбрасывают тень. Кроме того, можно подобрать частоту излучения так, что оно будет оттенять специфические виды атомов — например, атомы железа — и показывать, где они расположены в твердом теле или в большой молекуле, например гемоглобина. (Именно железо окрашивает в красный цвет нашу кровь.)

Чего не позволяет сделать рентгеновское синхротронное излучение, так это проследить движение атомов в молекуле или твердом теле. Все, что мы наблюдаем, — это тусклые размытые очертания; импульсы недостаточно коротки или недостаточно ярки. Синхротронный источник дает возможность получить изображения молекул в том случае, когда они упакованы в кристаллы, где внутркристаллические силы удерживают их упорядоченными в рядах, вроде строя солдат в одинаковой форме, стоящих по стойке смирно на плацу.

Лазеры, со своей стороны, гораздо ярче, поскольку они образуют когерентное излучение: электромагнитное поле в лазере не хаотично по направлению, как поверхность бурного моря, а плавно колеблется с управляемой регулярностью. Когерентность означает, что лазеры позволяют сконцентрировать огромную энергию в крошечном пятне и включаться-выключаться за промежуток времени порядка фемтосекунды. Один из нас (Филип Буксбаум) использует ультракороткие импульсы оптического лазера в качестве стробоскопа для изучения движения атомов и стадий химических реакций.

Однако обычные лазеры излучают в видимом и ближнем к видимому диапазонах длин волн, что более чем в тысячу раз больше, чем необходимо для того, чтобы различить отдельные атомы. Так же как погодный радар видит грозные облака, но не в состоянии различить отдельные капли, обычные лазеры видят, как движется большая группа атомов, но не могут разглядеть отдельные частицы. Чтобы предмет отбрасывал контрастную тень, длина световой волны должна быть по крайней

мере столь же мала, как и наблюдаемый объект. Именно по этой причине нам требуется рентгеновский лазер.

Короче говоря, рентгеновский лазер позволяет преодолеть недостатки существующих научных инструментов, предназначенных для получения изображений материи в самом мелком масштабе. Но сделать такой прибор — задача не из легких.

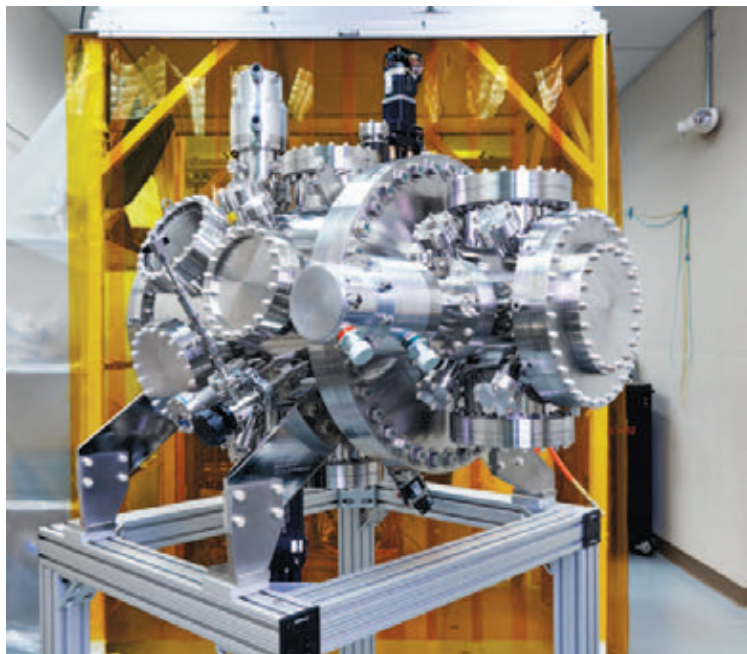
Лучи смерти

Одно время идея построить рентгеновский лазер казалась просто нелепой, учитывая, что изготовление любого лазера — задача не из простых. Стандартные лазеры работают потому, что атомы ведут себя как миниатюрные батарейки: они могут поглощать, хранить и испускать небольшое количество энергии в виде фотонов, или частиц света. Обычно они испускают свою энергию самопроизвольно (или, как говорят, «спонтанно»), но в начале XX столетия Альберт Эйнштейн открыл способ, как запустить этот процесс, получивший название вынужденного или индуцированного испускания. Если вы заставите атом поглотить определенную порцию энергии и осветите его фотоном, имеющим в точности такую же энергию, атом может испустить первоначально поглощенную энергию, образовав клон первоначального фотона. Два фотона (первоначальный и его клон), летя дальше, заставляют испустить энергию еще одну пару атомов, и так далее, наращивая армию клонов с помощью этой экспоненциально развивающейся цепной реакции. Результат — лазерный пучок.

Но даже в случае, когда условия подходящие, атомы не всегда клонируют фотоны. Вероятность, что данный атом испустит фотон, столкнувшись с другим фотоном, достаточно мала — у атома гораздо больше шансов спонтанно испустить энергию прежде, чем это случится. В обычных лазерах такое ограничение преодолевают, «закачивая» энергию в систему, чтобы перевести как можно больше атомов в возбужденное состояние, и используя зеркала, чтобы заставить клонированные фотоны бегать взад-вперед, набирая в свои ряды все больше новых «рекрутов». В типичном гелий-неоновом лазере, используемом в супермаркетах в сканерах для считывания артикула товаров, постоянный поток фотонов соударяется с атомами газа, и свет 200 раз проходит туда и обратно между зеркалами.

Для рентгеновского лазера каждый этап этого процесса оказывается намного более сложным. Фотон рентгеновского излучения обладает в тысячу раз большей энергией, чем фотон оптического диапазона, поэтому каждый атом должен, соответственно, поглотить в тысячу раз больше энергии. Атомы не удерживают свою энергию продолжительное время. Более того, не так-то просто изготовить рентгеновское зеркало. Хотя все эти препоны и не имеют фундаментального характера, чтобы создать условия для образования рентгеновского лазерного излучения, к установке необходимо подвести огромную энергию.

И действительно, первый рентгеновский лазер черпал свою энергию от испытательного подземного взрыва



Детекторы внутри вакуумной камеры позволяют получать изображения белков и клеток сверхвысокого разрешения

ядерной бомбы. Он был создан в рамках сверхсекретного проекта, получившего кодовое название «Экскалибур» и проведенного Ливерморской национальной лабораторией им. Лоуренса, расположенной к востоку от Сан-Франциско. Этот проект до сих пор остается секретным, хотя достаточно много информации о нем с тех пор просочилось в открытую печать. Это устройство было ключевым компонентом программы «Стратегическая оборонная инициатива» (СОИ), провозглашенной в 1980-х гг. тогдашним президентом Рональдом Рейганом и окрещенной в СМИ программой «Звездные войны», и должно было направлять лучи смерти на ракеты и космические спутники противника, чтобы сбивать их, не дав долететь до цели.

В те же самые годы в той же Ливерморской национальной лаборатории был построен первый неядерный лабораторный прототип рентгеновского лазера, получавший энергию от мощных оптических лазеров, построенных, чтобы проверять свойства ядерных боезарядов. Однако эта установка не была инструментом для проведения практических научных исследований, и перспектива того, что рентгеновские лазеры когда-нибудь станут обычным инструментом для проведения прикладных научных исследований, казалась весьма далекой.

Высокая наука не ржавеет

Научный прорыв, который наконец-то дал ученым возможность разработать рентгеновские лазеры для невоенного применения, родился в другом институте области залива Сан-Франциско, где воспользовались прибором, предназначенным для совершенно иных целей. В 1960-е гг. в Стэнфорде был построен самый длинный в мире ускоритель электронов, трехкилометровое здание

Штатные научные сотрудники работают рука об руку со сторонними научными группами в ходе напряженного марафона по 12 часов в день в течение пяти рабочих дней: каждая микросекунда на счету

которого при взгляде из космоса напоминает иголку, берущую начало в горах и заканчивающуюся в самом сердце университетского кампуса. Линейный ускоритель СЦЛУ ускоряет плотный сгусток электронов до скоростей, предельно близких к скорости света (разница — всего в один сантиметр в секунду). Эта машина позволила в свое время стэнфордским физикам получить три Нобелевские премии за экспериментальные открытия в области физики элементарных частиц.

Однако в конце концов она отслужила свое, и сегодня новые научные открытия в области физики элементарных частиц физики делают на БАК. Десять лет назад Стэнфордский университет и головное агентство Стэнфордского центра линейных ускорителей, Управление науки Министерства энергетики США, решили превратить часть устаревшей установки в рентгеновский лазер. В СЦЛУ ускоритель оснастили устройством, которое используется для генерирования рентгеновских лучей в современных синхротронах, — ондулятором.

Ондулятор состоит из последовательности магнитов чередующейся полярности, которые формируют знакопеременное магнитное поле. Электроны, пролетая внутри ондулятора, движутся по искривленной траектории и излучают рентгеновские лучи. В синхротроне, который представляет собой замкнутое кольцо, когда электрон вылетает из ондулятора, его траектория искривляется в дугу. Таким образом, частицы уходят с пути рентгеновского излучения, которое направляется затем на экспериментальные установки. Электроны продолжают носиться внутри камеры синхротрона, излучая вспышку рентгеновских лучей при каждом проходе через ондулятор.

Однако ускоритель СЦЛУ расположен строго вдоль прямой и имеет необычно длинный ондулятор (130 м). Электроны движутся по тому же пути, что и фотоны, и примерно с той же скоростью. В результате мы имеем субатомные гонки на выживание. Электроны не могут выскочить из пучка рентгеновских фотонов, которые они же и испустили, поэтому фотоны сталкиваются с ними снова и снова. При этом рентгеновские фотоны заставляют электроны испускать свои клоны посредством процесса индуцированного излучения.

В этом случае нет никакой необходимости в зеркалах, чтобы гонять излучение взад и вперед через электроны, поскольку они движутся сообща. Все, что требуется для

того, чтобы получить лазер, — это плотный пучок быстрых электронов и достаточно большое пространство, чтобы поместить там ондулятор необходимой длины. А в СЦЛУ есть и то и другое. Если все приборы выстроить в безупречную прямую, на выходе мы получим необычайно яркий рентгеновский пучок. В конце этой линии электроны заставляют отклониться в сторону, а фотоны, продолжая свой путь, попадают в камеру экспериментальной установки. Такая система получила техническое название «лазер на свободных электронах».

Хотя это и не оружие для «Звездных войн», *LCLS* — все-таки устройство, вызывающее опасения. Его пиковая интенсивность в фокусе 10^{18} Вт/см², в миллиарды раз выше, чем дает синхротронный источник излучения. Этот лазер может прожигать сталь. Его переменное электромагнитное поле может быть в тысячу раз больше, чем поля, удерживающие атомы друг с другом в молекулах.

В сердце вещества

Потребность в подобном лазере настолько велика, что удовлетворяется лишь каждая четвертая заявка на проведение на нем научных исследований. Штатный научный персонал лазера работает рука об руку со множеством сторонних групп студентов, аспирантов и научных сотрудников других университетов и лабораторий в ходе непрекращающегося марафона, идущего по 12 часов пять дней в неделю. Каждая микросекунда на счету.

Спектр возможных научных задач для рентгеновского лазера обширен. Чтобы дать минимальное представление о том, какие он предоставляет возможности, мы сосредоточимся здесь на двух научных проблемах, которые нам особенно интересны: как ведет себя материя в экстремальных условиях и что можно узнать с помощью сверхбыстрого фотографирования молекул. Эти две проблемы тесно связаны с фундаментальными процессами, изучаемыми в областях атомной и молекулярной физики и оптики — сферах нашей профессиональной деятельности.

Когда лазер *LCLS* создает полые атомы в молекулах и твердых телах, он использует свойство электронов внешних оболочек атома падать на более низкие энергетические уровни, чтобы заместить утраченные электроны внутренней оболочки атома. Это явление, называемое Оже-релаксацией, длится несколько фемтосекунд. Следовательно, если мы осветим систему импульсом рентгеновского излучения длиной в одну фемтосекунду, ни один из электронов внешних оболочек не успеет перепрыгнуть на незаполненные уровни внутренних оболочек. При таких условиях полые атомы станут прозрачными для любого из новых рентгеновских фотонов, даже если они очень большой энергии. Мы обнаружили на *LCLS* такую прозрачность не только у полых атомов, но и у молекул, и в более крупных образцах материалов.

Теоретически предполагается, что внутри гигантских планет, таких как Юпитер, температуры достигают 20 тыс. К, т.е. там в четыре раза жарче, чем на поверхности Солнца. Водород и гелий, основные компоненты планеты, вероятно, переходят в экзотические твердые

фазы необычайной плотности и структуры. Однако почти ничего не известно об их специфике. Даже коэффициент сжимаемости такого материала, т.е. то, как он реагирует на внешнее давление, измерить, как и вывести теоретически из основных физических принципов, достаточно трудно. До сих пор исследования в этой области в большинстве своем опирались на теоретические построения. Эксперименты, которые могли бы подтвердить справедливость этих моделей, можно пересчитать по пальцам.

Одними из первых экспериментов, проведенных на *LCLS*, были попытки воссоздать такие экстремальные условия. Лазерный луч колоссальной интенсивности может нагреть вещество с потрясающей скоростью, вызывая необычные эффекты. Например, впервые мы наблюдали, как многократные импульсы рентгеновского излучения коллективно могут заставить молекулы, состоящие из многих атомов, отдать электроны, которые прочно привязаны к атомным ядрам, в ходе процесса, получившего название многофотонного поглощения. Высокая плотность фотонов позволяет также выбить несколько электронов из одного атома, молекулы или частицы твердого тела, делая их полыми, как было описано выше, в ходе процесса, называемого последовательным поглощением. Яркий рентгеновский луч, кроме того, может быстро разрушить все связи в молекулах, которые, как предполагается, находятся внутри гигантских планет, включая воду, метан и аммиак. Изучение свойств вещества в экстремальных условиях помогло получить уравнение состояния — формулу, которая управляет плотностью, температурой и давлением, — для ядер гигантских планет и для физики явлений, происходящих при ударе метеорита.

Взрывая белки

Другое направление исследований — использование лазера в качестве высокоскоростной рентгеновской кинокамеры для получения изображений молекул и создания фильмов о физической, химической и биологической динамике — заполняет серьезный пробел в наших знаниях. Ученые знают удручающе мало о структуре множества биологических молекул — в частности белков клеточной мембраны и крупных макромолекулярных комплексов. Стандартная методика, кристаллография, начинается с выращивания кристалла, который должен быть достаточно большим и иметь не очень много дефектов, чтобы на нем происходила дифракция рентгеновского пучка синхротронного излучения. Полученное изображение позволяет раскрыть структуру молекулы. Недостаток этой методики в том, что рентгеновские лучи быстро разрушают молекулы, которые ученые изучают с их помощью. Чтобы компенсировать это, необходимо выращивать большие кристаллы, однако многие интересные нас молекулы, включая белки клеточной мембраны, очень трудно превратить в кристалл. Помимо всего прочего синхротронный метод медленный, а значит, не позволяет наблюдать переходные химические явления, которые протекают в фемтосекундном масштабе.

На первый взгляд лазер *LCLS* кажется не самым подходящим инструментом для такой задачи. Поскольку его излучение в миллиарды раз мощнее, чем излучение синхротронных источников, такая нежная материя, как белки или некристаллические структуры, не выдерживает даже одного импульса рентгеновского лазера и, взрываясь, превращается в горячий плазменный суп. Но, как ни парадоксально, эта разрушительная мощь — именно то, что нам необходимо. Поскольку импульс невероятно короток и ярк, он позволяет получить изображение прежде, чем молекула успевает взорваться. Поэтому, хотя лазер полностью уничтожает образец, он дает возможность запечатлеть четкий образ молекулы ровно за мгновение до ее гибели.

Эта идея, получившая название «дифракция перед разрушением», уже начинает приносить первые плоды. Ученые использовали фемтосекундную кристаллографию для получения дифракционных картинок нанокристаллов, белков и вирусов. В ходе последних работ были выявлены структуры белков, участвующих в развитии сонной болезни — смертельно опасного заболевания, вызываемого простейшими паразитами.


Сейчас, когда рентгеновский лазер *LCLS* проторил технологическую дорогу, лаборатории в Европе и Азии также планируют или уже строят собственные лазеры на свободных электронах. Это новое поколение машин будет более стабильным и обеспечит лучшее управление пучком. Одна из особенно важных задач — еще сильнее сжать рентгеновские пакеты. При длине импульса 0,1 фемтосекунды (100 аттосекунд или 10^{-16} с) мы, возможно, начнем наблюдать движение не только атомов, но и электронов внутри атомов и молекул. Новые устройства, вероятно, предоставят нам возможность управлять этим движением. Мечта о том, чтобы снять фильм, показывающий, как рвутся химические связи и возникают новые, вполне достижима. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Femtosecond Electronic Response of Atoms to Ultra-Intense X-rays. L. Young et al. in *Nature*, Vol. 466, pages 56–61; July 1, 2010.
- Femtosecond X-ray Protein Nanocrystallography. Henry N. Chapman et al. in *Nature*, Vol. 470, pages 73–77; February 3, 2011.
- Single Mimivirus Particles Intercepted and Imaged with an X-ray Laser. M. Marvin Seibert et al. in *Nature*, Vol. 470, pages 78–81; February 3, 2011.
- Double Core-Hole Spectroscopy for Chemical Analysis with an Intense X-ray Femtosecond Laser. N. Berrah et al. in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 108, No. 41, pages 16,912–16,915; October 11, 2011.
- Creation and Diagnosis of a Solid-Density Plasma with an X-ray Free-Electron Laser. S. M. Vinko et al. in *Nature*, Vol. 482, pages 59–63; February 2, 2012.
- Natively Inhibited Trypanosoma brucei Cathepsin B Structure Determined by Using an X-ray Laser. Lars Redecke et al. in *Science*, Vol. 339, pages 227–230; January 11, 2013.

12+ РЕКЛАМА

 www.naukatv.ru

 www.facebook.com/nauka20

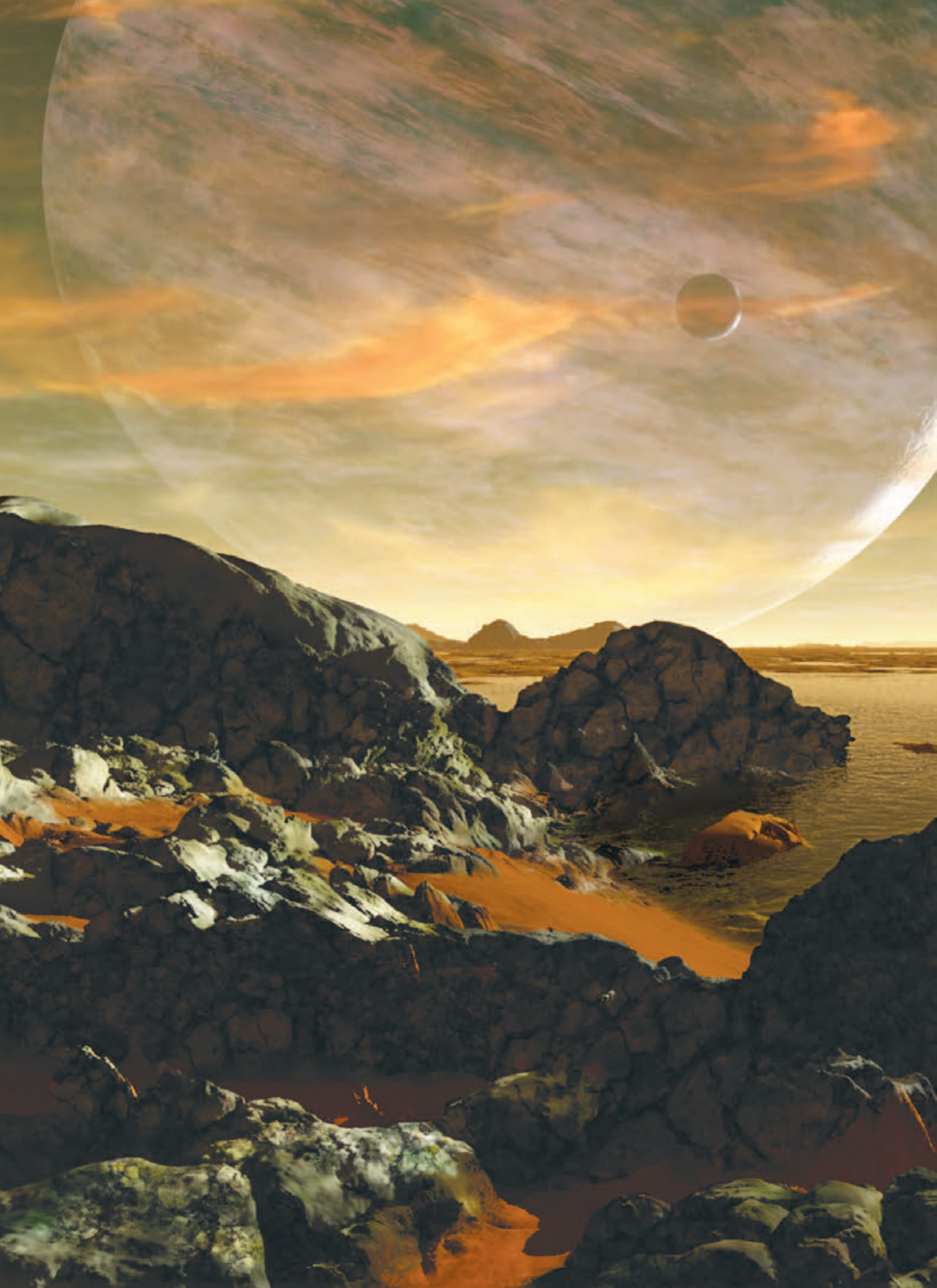


просто о
сложном



2.0

НАУКА 2.0
ТЕЛЕКАНАЛ





Ли Биллингс

Поиск жизни на далеких лунах

Спутники, обращающиеся вокруг планет, расположенных за пределами Солнечной системы, вероятно, составляют большую часть обитаемых островов в нашей Галактике — если только нам удастся их найти

ОБ АВТОРЕ

Ли Биллингс (Lee Billings) — журналист и писатель, живущий в Нью-Йорке. Его первая книга «Пять миллиардов лет одиночества» (*Five Billion Years of Solitude*) — это хроника научного поиска подобных Земле планет в разных уголках Вселенной.



Сегодня нам известно более чем о тысяче планет, обращающихся вокруг далеких звезд. По всей вероятности, еще более 100 млрд планет могут назвать Млечный Путь своим домом. Многие из известных экзопланет представляют собой газовые гиганты вроде Юпитера или Нептуна — враждебные для жизни места. Но подобно этим гигантам нашей Солнечной системы далекие экзопланеты, возможно, также окружены крупными спутниками. И если они действительно обладают таковыми, то, вероятно, именно спутники, а не планеты — основной приют жизни во Вселенной.

Передовой край поисков спутников экзопланет — экзоспутников — скрывается глубоко в подвалах Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра в мрачной комнате, заставленной компьютерами и опутанной сетью проводов. Повышая голос, чтобы перекричать шум охлаждающих вентиляторов, британский астроном Дэвид Киппинг (David Kipping) замечает, что практически вся компьютерная мощь в данный момент направлена на анализ единственной планеты, *Kepler-22b*, которая обращается вокруг солнцеподобной звезды, расположенной примерно в 600 световых годах от Земли. Эта удаленная планета получила свое название в честь космического охотника за планетами, телескопа «Кеплер» (NASA), который впервые ее заметил. Киппинг надеется, что при тщательном анализе данных, позволивших обнаружить *Kepler-22b*, можно также найти и едва различимые сигналы ее спутников. Он назвал свой проект «Охота за экзоспутниками с помощью "Кеплера"» (*Hunt for Exomoons with Kepler, HEK*).

На сегодня проект Киппинга — самая продвинутая попытка зарегистрировать спутник экзопланеты. Огромная вычислительная мощь просто необходима, рассказывает астроном, поскольку даже самый большой экзоспутник оставит ничтожный сигнал в данных. Поэтому он напряженно ищет признаки экзоспутников лишь

у нескольких тщательно выбранных целей. Возможно, он не обнаружит столько спутников, сколько нашел бы при быстром поиске среди большого числа объектов, но, как сам он говорит: «Я не уверен, что у меня не останется сомнений в результатах такой работы. Наша цель — тщательное, честное, надежное обнаружение, с которым согласится даже самый строгий критик».

У Киппинга есть все основания быть осмотрительным. Любое заявление об открытии спутника экзопланеты будет подвергнуто сомнению не только потому, что работа сложна, но и в силу того, что находка потенциально будет иметь далеко идущие последствия. Хотя бы потому, объясняет исследователь, что *Kepler-22b* находится в «зоне жизни» звезды, в области, где вода может быть в жидком состоянии. Планета настолько огромна, что, скорее всего, это малоприспособное для жизни, покрытое газовой оболочкой небесное тело, нежели похожая на Землю планета с твердой поверхностью. Но если *Kepler-22b* обладает массивным спутником, то эта «луна» — вероятно, вполне пригодное место для существования жизни и может стать возможной целью для будущих астрономических поисков внеземных жизни и разума.

«Спутники могут быть обитаемы, — продолжает Киппинг. — И если это действительно так, то открывается множество возможностей для поиска жизни там, где ранее ее никто не мог предположить».

Рождение спутников

Многие астрономы (наряду с писателями-фантастами) уже давно предполагали, что другие планетные системы будут зеркальным отражением нашей, с большим количеством покрытых льдом спутников, которые летают по орбитам вокруг холодных и гигантских планет, — подобно тому, что мы наблюдаем у Юпитера и Сатурна. Тем не менее после первых же открытий экзопланет в 1990-е гг. наши представления о них расширились: охотники за планетами стали находить газовые гиганты, сформировавшиеся далеко от светила, а затем каким-то образом мигрировавшие на более близкие к звезде орбиты, туда, где намного теплее. Некоторые даже оккупировали зоны жизни своих звезд. Не исключено, что часть спутников тех горячих планет-гигантов имеют твердую скалистую поверхность, защитную атмосферную оболочку и океаны, подобные земным.

Трое ученых из Университета штата Пенсильвания, Даррен Уильямс (Darren Williams), Джим Кастинг (Jim Kasting) и Ричард Уэйд (Richard Wade), первыми занялись детальным изучением вопроса, какова вероятность того,

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Астрономы ищут спутники с каменистой поверхностью, которые, возможно, обращаются вокруг далеких экзопланет.
- Такие экзоспутники могут быть заповедниками жизни — при условии, что они достаточно крупны, чтобы удерживать атмосферу.
- Эти «луны» можно искать, используя имеющиеся базы данных, но их присутствие дает столь слабый эффект, что требуются мощные компьютеры, чтобы его обнаружить.

что экзоспутник имеет условия для жизни, подобные земным. В своей статье, опубликованной в 1997 г. в журнале *Nature*, они исследуют, насколько большим должен быть спутник, расположенный в зоне жизни, чтобы он смог удержать достаточно плотную атмосферу и воду в жидком состоянии на своей поверхности. «Мы пришли к выводу, что спутники, уступающие размером Марсу, имеющему массу примерно в десять раз меньшую земной, не могут удерживать атмосферу на протяжении более чем нескольких миллионов лет», — говорит Уильямс. Ниже этого порога спутник не в состоянии обеспечить притяжение, достаточное, чтобы удержать атмосферу. У подобной луны-малышки атмосфера испарится под действием излучения со стороны ближайшей звезды.

Проблема еще и в том, что спутнику, сопоставимому по размерам с планетой земной группы, не так-то просто сформироваться. Астрономы считают, что большинство спутников образуются так же, как и планеты, — постепенно набирая массу из вращающегося диска, состоящего из газа, льда и пыли. Результаты моделирования процессов формирования спутника из газово-пылевого облака в большинстве случаев не дают чего-либо значительно большего, чем спутник Юпитера — Ганимед, самая большая «луна», которую удалось сотворить нашей Солнечной системе. А согласно исследованиям 1997 г., спутник должен быть в четыре-пять раз больше Ганимеда, чтобы постоянно удерживать атмосферу.

К счастью, природа изобрела и другие возможности появления массивных спутников. Например, наша Луна слишком велика для того, чтобы образоваться одновременно с Землей в результате постепенного сгущения общего газово-пылевого диска. Многие астрономы считают, что система «Земля — Луна» появилась в результате космической катастрофы — столкновения, произошедшего в Солнечной системе на заре ее существования. Полагают, что и Плутон со своим крупнейшим спутником Хароном также составляют парочку, возникшую в результате другого, намного меньшего по масштабу столкновения. Эти пары могли бы объяснить появление спутников другого типа. В процессе так называемого обмена в двойной системе гигантская планета, повстречавшись с парой небольших планет, захватывает одну из них в качестве спутника, тогда как вторая устремляется прочь. По крайней мере однажды такой обмен уже произошел в Солнечной системе: крупнейший спутник Нептуна Тритон летает по странной орбите, двигаясь в направлении, противоположном направлению вращения планеты-гиганта. Астрономы полагают, что Тритон — остаток двойной планетной системы, захваченный Нептуном.

На больших спутниках теоретически может быть вода в жидком состоянии, а значит и жизнь, даже если они обращаются вокруг планеты, расположенной вне зоны жизни звезды. Дополнительными источниками тепла могут служить свет, отраженный планетой-хозяйкой, ее собственное тепловое излучение, а также ее гравитационное поле. Подобно Луне, вызывающей приливы в земных океанах, газовый гигант своим тяготением

деформирует находящийся поблизости спутник, передавая ему приливную энергию, которая в конце концов в результате трения превращается в тепло. Этот эффект сродни нагреву металлической скрепки при ее многократном сгибании. Согласно результатам последней работы Рене Геллера (Rene Heller) из Университета Макмастера и Рори Барнса (Rory Barnes) из Вашингтонского университета, если орбита спутника лежит слишком близко к газовому гиганту, это может вызвать настолько сильной приливной разогрев, что атмосфера спутника полностью выкипит или даже сам он расплавится и превратится в шар из губчатой лавы. На более удаленных орбитах как раз достаточное количество тепла, вызванного приливным разогревом, и оно может создать на спутнике условия, вполне благоприятные для жизни, даже несмотря на значительную удаленность от согревающих лучей светила.

К тому же приливные силы могут изменить движение самого спутника настолько, что он всегда будет обращен к своей планете одним и тем же полушарием, подобно нашей Луне. «Представьте себе ночное небо такого синхронно вращающегося спутника, — говорит Геллер, рисуя нам необычную картину. — Вообразите, что вы находитесь на таком приливо захваченном спутнике, на том его полушарии, которое вечно обращено к планете. На вашем небосводе планета будет огромной и неподвижной. В "лунный полдень", соответствующий наивысшему положению звезды над горизонтом, та останется "за спиной" планеты и до вас не дойдет отраженный планетой свет. Вы увидите звезды, усеявшие все небо, за исключением черного диска прямо над головой. В "полночь", когда спутник на орбите расположен так, что звезда находится у вас "под ногами", освещенная часть поверхности планеты из полумесяца трансформировалась бы в полный круг и весь отраженный ею свет был бы направлен на вас. Так что в полночь ваше небо было бы освещено гораздо ярче, чем днем».

Стратегия поисков

Теоретически достаточно крупные, способные удерживать атмосферу спутники должны оставлять заметный след в данных, переданных «Кеплером». Начиная с запуска в 2009 г. и до возникновения проблем с гироскопом, вынудивших завершить исследования в прошлом году, «Кеплер» неустанно наблюдал за определенным участком неба, постоянно отслеживая яркость более чем 150 тыс. звезд. Он искал планеты, фиксируя их прохождения — так называемые «транзиты» — перед дисками своих светил: при пересечении планетой звездного диска она отбрасывает тень в нашу сторону. Каждое прохождение оставляет четко различимый, периодически повторяющийся провал в «кривой блеска» звезды, т.е. на графике изменения ее яркости со временем.

Самая мелкая из до сих пор обнаруженных «Кеплером» планет, *Kepler-37b*, очень мала — чуть больше нашей Луны. По мнению Киппинга, если «Кеплер» смог обнаружить планету размером со спутник, то сможет обнаружить и спутник размером с планету.

КАК СДЕЛАТЬ СПУТНИК

Ученые не ожидают, что подобная Юпитеру газовая планета может служить прибежищем жизни, но если у такой планеты есть крупный спутник, он-то как раз и может. Однако чтобы обеспечить условия для жизни, спутник должен быть настолько массивным, чтобы его гравитация могла удержать тонкий слой атмосферы. Разные механизмы формирования спутников могут привести к огромному различию в их размерах.

Агрегация из диска

Пример: спутники Юпитера

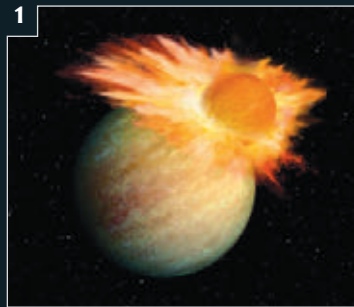
Считается, что планеты сформировались в околозвездном диске из пыли, газа и льдинок. Вокруг молодых планет могли образоваться свои диски, подобные вихрям в текущей воде (1). За миллионы лет вещество этих вторичных дисков сжалось в кольца и спутники (2, 3). Но так может родиться лишь спутник, не превосходящий размером Ганимед, спутник Юпитера — слишком маленький, чтобы удерживать атмосферу.



Столкновение тяжелых тел

Пример: Луна

Астрономы полагают, что вскоре после рождения Земли она столкнулась с телом размером с Марс (1). При этом в космос было выброшено много скальных пород и железа (2), которые затем остыли и образовали Луну (3). Теоретически при таком столкновении могут образоваться два небесных тела примерно равного размера. В этом сценарии двойной планеты «спутник» будет размером с «планету».



Захват из двойной

Пример: спутник Нептуна Тритон

Система из двух планет (возможно, сформировавшаяся в результате столкновения) может встретиться с большей по размеру планетой (1).

Когда пара пролетает мимо (2), большая планета может захватить одного из членов пары, а второго вытолкнуть вдаль (3). Захваченные спутники, отвоєванные у двойной планеты, также могут быть довольно большими.



Несмотря на то что Киппинг просеивает данные, полученные «Кеплером», сам он не числится членом научной группы «Кеплера» и его проект никак не связан с этой программой NASA. Фактически каждый может заниматься тем, что делает Киппинг: данные, полученные «Кеплером», находятся в свободном доступе. Астрономы-профессионалы, равно как и любители, уже открыли новые планеты, перелопачивая огромный объем этих данных. Подход Киппинга, при котором каждый может внести свою лепту, пригодился и для сбора финансовых средств — он собрал \$12 тыс. на сайте, созданном специально для этой цели, чтобы купить процессоры, которые стали частью Вычислительного центра им. Майкла Додда, названного так в честь самого щедрого мецената.

Стратегия поиска спутников Киппинга базируется на парадоксальной особенности гравитационного взаимодействия: в известном смысле не только спутники обращаются вокруг планет, но и планеты вокруг спутников, а точнее планета и спутник обращаются вокруг общего центра масс, хотя спутник быстро кружится вокруг планеты, а та лишь немного колеблется взад и вперед.

Представьте, что вы наблюдаете за удаленной системой «планета — спутник». Если спутник сместится вправо относительно планеты, то сама она, обращаясь вокруг того же центра масс, переместится немного влево. А теперь представьте себе, что система «планета — спутник» пересекает слева направо диск звезды. Планета будет располагаться левее того положения, где бы она находилась, не будь у нее компаньона. Этот сдвиг влево при движении планеты слева направо, возможно, на несколько минут задержит начало прохождения. При следующем прохождении этой же системы спутник, вероятно, будет располагаться на другой стороне своей орбиты, слегка смещая вправо точку, в которой находится планета, в результате чего прохождение начнется на несколько минут раньше.

Помимо смещения моментов начала прохождений обращающийся вокруг планеты спутник может изменять общую продолжительность прохождения. Отслеженный на многих орбитальных оборотах, этот «танец с переменным темпом», меняющий характер прохождений, служит искомой визитной карточкой экзоспутника.

Помимо этих временных эффектов достаточно большой спутник способен перекрыть путь лучам, идущим от звезды, добавляя свой собственный крайне малый вклад в эффект от проходящей перед диском светила планеты. Общий вклад системы «планета — спутник» в уменьшение блеска звезды немного отличается от эффекта одиночной планеты — за исключением случая, когда спутник находится строго перед или за планетой. В таком случае система «планета — спутник» перекроет больше света, чем сама планета. Астрономы могут воспользоваться этой разницей для того, чтобы сделать вывод о наличии спрятавшегося спутника.

И все же обнаружение любого из этих едва уловимых эффектов — необычайно трудная задача. Небольшое уменьшение яркости звезды может быть связано не только с прохождением экзоспутника, но и с более

прозаическими причинами. Каждое изменение на кривых блеска до сих пор лучше всего объяснялось такими простыми вещами, как солнечные пятна, флуктуации яркости звезды и погрешность приборов.

Еще хуже то, что одинаковые кривые блеска могут наблюдаться при весьма разных параметрах системы «планета — спутник», отличающихся друг от друга такими деталями, как размер спутника, период обращения и наклон его орбиты. Эта присущая задаче неопределенность делает крайне сложным поиск спутников на основе одних лишь временных характеристик.

Тем не менее если астрономам удастся на основе временных эффектов выявить конфигурацию орбит планеты и спутника, а также измерить прогиб кривой блеска, связанный со спутником, то они смогут установить массы спутника, планеты и звезды в этой системе. Связав полученные массы с оценкой размеров, рассчитанных по количеству света звезды, перекрытого планетой и спутником, астрономы могут определить плотность каждого небесного тела, приоткрыв этим путь к изучению состава, истории формирования и условий жизни на планетах и их спутниках. При тщательной обработке данных о многих прохождениях в каждой из таких систем, наблюдая флуктуации звездного излучения, можно прояснить даже более тонкие детали.

«Удивительно, как много информации может содержаться в кривой блеска, — размышляет вслух Киппинг, сидя в своем кабинете, расположенном несколькими этажами выше подземного вычислительного центра. — Что будет, если проходящая планета или спутник слегка приплюснуты или если у планеты есть кольца? Что будет, если атмосфера далекой планеты преломит или искривит лучи света, проходящие через нее? Подобные эффекты сразу будут заметны в данных. Невероятно приятно смотреть на звезды, эти мерцающие светлячки на ночном небе, и знать, что мы можем провести простое измерение яркости и выудить из него всю эту кипу информации».

В проекте Киппинга *НЕК* впервые указано на возможность выявлять спутники любой транзитной планеты. Как выглядела бы кривая блеска, если бы у планеты был спутник? С помощью алгоритма *НЕК* сгенерировано множество кривых блеска для различных гипотетических систем «планета — спутник» в широком диапазоне их масс, радиусов и орбит. Затем в поисках соответствия сквозь эту матрицу просеиваются данные, переданные «Кеплером», и шаг за шагом выделяются статистически вероятные признаки существования экзоспутника. Именно для этого трудоемкого метода проб и ошибок *НЕК* нуждается в мощных компьютерах. Это также объясняет, почему Киппинг предпочитает скрупулезно отбирать самые перспективные объекты из заснятого «Кеплером» колоссального числа экзопланет. Большинство из отобранных — это планеты сравнительно небольшой массы размером с Нептун, обращающиеся недалеко от звезды-хозяйки солнечного типа и совершающие оборот не более чем за шесть месяцев. Такие планеты подадут самый отчетливый сигнал о существовании спутника.

В рамках этого проекта планируется также изучение транзитных планет у красных карликов, которые заметно меньше, тусклее и многочисленнее, чем звезды солнечного типа. Их небольшой размер означает, что транзитные планеты и их спутники будут закрывать собой большую долю диска звезды, что сильнее скажется на изменении ее блеска. У сравнительно тусклой звезды зона жизни расположена ближе; поэтому любая планета с таким радиусом орбиты будет быстрее совершать полный оборот, давая астрономам возможность чаще фиксировать прохождения. «Работать с такими звездами нам гораздо удобнее, — поясняет Киппинг. — При удачных обстоятельствах мы, вероятно, сможем зафиксировать спутник массой в пять-десять раз меньше массы Земли».

Но даже при наихудшем исходе, если НЕК не удастся обнаружить ни одного экзоспутника, полученные данные позволят Киппингу и его коллегам по крайней мере установить верхнюю границу для числа планет, имеющих спутники большого размера. Уже сейчас можно сказать, что крупные спутники — большая редкость. «Например, если бы спутник радиусом вдвое больше Земли обращался вокруг транзитной планеты размером с Юпитер, то беглого взгляда на кривую блеска было бы достаточно, чтобы заметить эффект от его присутствия, — говорит Эрик Форд (Eric Ford) из Университета Флориды. — Поэтому с большой вероятностью можно сказать, что если бы подобный объект попал в поле зрения "Кеплера", то кто-нибудь его уже обнаружил бы или был бы в шаге от этого». Анализ, проведенный группой Киппинга, исключил возможность того, что *Kepler-22b* — один из первых объектов исследования — имеет спутник размером более половины размера Земли.

Другие астрономы, такие как Эрик Эгол (Eric Agol) из Университета Вашингтона, скептически относятся к тому, что собранные «Кеплером» данные позволят получить достоверные свидетельства существования экзоспутников, особенно если полагаться только на одни временные эффекты. «По моему мнению, для убедительного обнаружения потребуется непосредственное наблюдение прохождения спутника, — считает Эгол. — Но это находится на грани возможностей "Кеплера". Хотя, безусловно, природа всегда готова удивить нас».

Несмотря на все сомнения, Эгол признает, что он со своими коллегами также занят неофициальным поиском, который в сравнении с НЕК использует менее затратные компьютерные алгоритмы, чтобы просмотреть больше полученных «Кеплером» кривых блеска для поиска более явных эффектов. «На мой взгляд, нам следует в разумных пределах вести поиск у каждой из уже обнаруженных планет», — заключает Эгол.

Лунные линзы

Киппинг обращает внимание на то, что спутники увеличивают шансы встретить жизнь во Вселенной по целому ряду причин. Например, без Луны, говорит он, земной климат и времена года могли бы быть совершенно иными, т.к. Луна помогает нашей планете поддерживать стабильный наклон оси. Более того, в далеком прошлом,

когда Луна располагалась значительно ближе к Земле, ее мощное приливное влияние сыграло важную роль в рождении и расцвете жизни.

«Когда мы найдем планету размером с Землю в зоне жизни, одним из первых вопросов будет: "А есть ли у нее спутник?"», — замечает Киппинг. Ответ на этот вопрос поможет определить, в действительности ли эта планета настоящий близнец нашей или всего лишь кузина с едва заметными семейными чертами. «Интересно, неужели наша планета — счастливое исключение? Или же условия, подобные земным, вполне обычны? С выборкой из одного элемента мы не в состоянии дать определенный ответ. Если удастся найти нечто подобное за пределами Солнечной системы, мы получим об этом более четкое представление».

С появлением более зорких телескопов, чем «Кеплер», экзоспутники, вероятно, станут чем-то большим, чем просто маяками, отмечающими «отражения Земли» — близнецов нашей планеты, обращающихся вокруг соседних звезд. Наблюдая транзитную планету, подобную Земле, или транзитный спутник размером с Землю, с помощью достаточно большого телескопа на Земле или в космосе можно исследовать атмосферу этих далеких миров в поисках таких биомаркеров, как кислород, заполняющий атмосферу нашей планеты, говорит Киппинг.

Исследователь также полагает, что некоторые экзоспутники можно будет использовать для изучения характера поверхности их планеты-хозяйки. Астрономы уже используют транзитные планеты для изучения поверхности звезд, тщательно отслеживая яркость звезды во время прохождения планеты перед ее диском. «А когда спутник проходит перед обращенной к нам стороной планеты, вы используете ту же возможность, но теперь вы измеряете яркость поверхности планеты, — поясняет Киппинг. — Таким образом, в принципе, если воспользоваться совершенным телескопом будущего, можно начать наносить на карту континенты близнеца Земли, его моря и океаны, и все это только на основе того, как меняется яркость планеты при прохождении спутника над ее поверхностью. Иногда я думаю, что вероятнее всего именно так мы когда-нибудь получим нечто вроде фотографии одной из этих потенциально обитаемых планет. И это станет первым шагом в географии новых миров».

Перевод: С.А. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- The Hunt for Exomoons with Kepler (HEK): I. Description of a New Observational Project. David M. Kipping et al. in *Astrophysical Journal*, Vol. 750, No. 2, pages 115–134; 2012. <http://arxiv.org/abs/1201.0752>
- Five Billion Years of Solitude: The Search for Life among the Stars. Lee Billings. Penguin Group, 2013.
- Проект НЕК: www.cfa.harvard.edu/HEK

12+

НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

ОТКРЫТЫЙ КОСМОС

НА ПОЛНУЮ МОЩНОСТЬ

ЭКСПЕРИМЕНТ

24Т  ХНО

Научно-развлекательный телеканал о технике, технологиях и невероятных экспериментах

www.24techno.ru fb.com/24techno.ru vk.com/24techno 24techno.livejournal.com twitter.com/#!/24techno

Спрашивайте у вашего оператора платного телевидения

Телеканал
«24 Техно»
доступен всем жителям

С.-Петербурга*
в пакете общедоступного кабельного
телевидения ОАО «ТКТ»

и Москвы**

** в пакете общедоступного кабельного
телевидения ОАО «НКС»

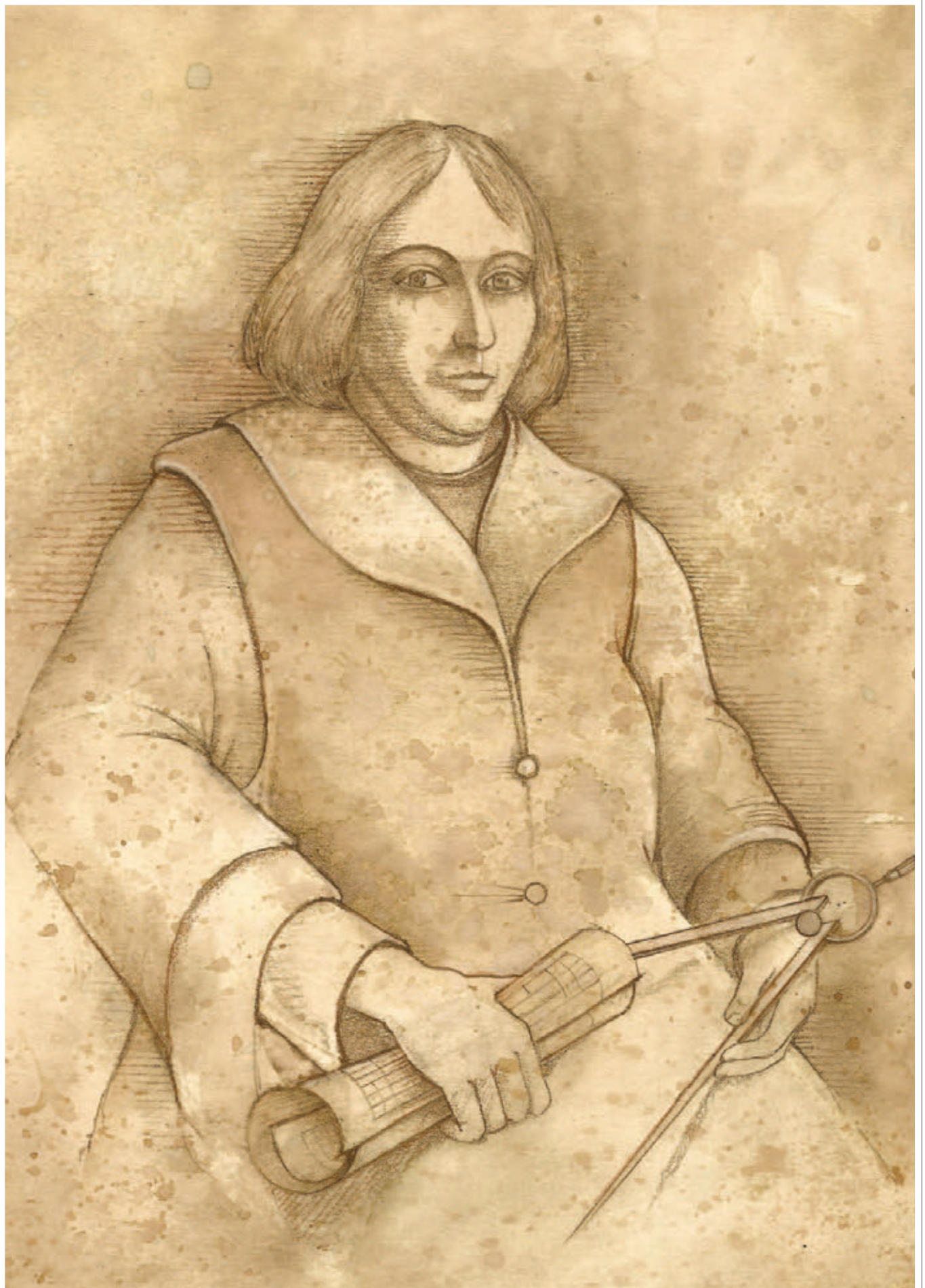
Кристофер Грэни и Деннис Дэниелсон

ДЕЛО

К

О П Е Р Н И К А

Революционное заявление Коперника о том, что Земля обращается вокруг Солнца, встретило неприятие не только со стороны духовенства: были свидетельства тому, что право на существование имеет альтернативная космологическая теория



ОБ АВТОРАХ

Кристофер Грэни (Christopher M. Graney) — профессор физики и астрономии из Общественного и технического колледжа Джефферсона в Луисвилле, штат Кентукки. Вместе со своей женой Кристиной переводит с латыни труды по астрономии XVII в.



Деннис Дэниелсон (Dennis Danielson) — профессор английского языка, работает в Университете Британской Колумбии; занимается исследованием культурного значения революционной теории Коперника. Недавно был приглашенным стипендиатом Университета Людвиг Максимилиана в Мюнхене.



В 2011 г. из Европейской организации по ядерным исследованиям (*CERN*), расположенной вблизи Женевы, был послан пучок нейтрино в Национальную лабораторию Гран-Сассо в Италии. Когда физики оценили время, за которое нейтрино преодолели расстояние в 730 км, разделяющее эти два научных центра, они с удивлением обнаружили, что скорость частиц превышала скорость распространения света в вакууме. Как отреагировало научное сообщество на эти невероятные данные?

Почти все как один оппоненты, будучи приверженцами теории Альберта Эйнштейна, согласно которой ничто в природе не движется быстрее света, заявили, что, скорее всего, в измерениях допущена ошибка.

Теперь попробуем перенестись на четыре столетия вперед, в будущее, когда идеи Эйнштейна уступили место более прогрессивным. И уже давным-давно экспериментально показано, что нейтрино на самом деле способны перемещаться быстрее света. Как же, оглядываясь на физиков XXI в., объяснить их нежелание принимать очевидные факты? Следует ли отсюда, что они — упертые ортодоксы, которым чужды новые идеи и которые неукоснительно придерживаются устоявшихся взглядов?

Мы надеемся, что наши ученые-консерваторы со временем получат более убедительные аргументы, чем представленные выше. Что касается их нежелания отказываться от кажущихся незыблемыми представлений — а ведь не исключено, что в конечном счете они будут признаны ошибочными, — то оно имеет научную основу, а вовсе не представляет собой обычное упрямство.

В истории науки подобные вещи случались не так уж редко. В XIX в. астрономы полагали, что галактика Млечный Путь — это целая Вселенная, и когда получили первое изображение галактики Андромеда, они были уверены, что перед ними отдельная звезда с зарождающейся планетарной системой, а вовсе не то, что нам теперь хорошо известно: находящаяся на большом расстоянии совокупность множества — возможно, до триллиона — звезд. Точно так же и Эйнштейн был уверен, что Вселенная неизменна, и исходя из этого ввел в свои уравнения космологическую константу. Оба предположения были вполне разумны — и оба неверны. В статье, опубликованной в нашем журнале в 2012 г., Дэвид Кайзер (David Kaiser) из Массачусетского технологического института и Анджела Кригер (Angela N.H. Creager) из Принстонского университета утверждали, что идея может быть ошибочной и в то же время продуктивной (*Кайзер Д., Кригер А. Как правильно ошибаться? // ВМН, № 8, 2012*). И, как всегда, время все расставляет по своим местам.

Что касается сверхскоростных нейтрино, то время для окончательных выводов не пришло. Однако здесь стоит вспомнить одну замечательную историю. Речь идет о Николае Копернике и его считающейся справедливой по сей день гелиоцентрической теории, согласно которой Земля поворачивается вокруг своей оси за 24 часа и совершает один оборот вокруг Солнца за год. Гелиоцентрическая система Коперника пришла на смену и стала полной противоположностью господствовавшей долгое время геоцентрической теории, которую во II в. н.э. сформулировал в своем труде «Альмагест» древнегреческий

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Революционная теория Коперника, согласно которой Земля обращается вокруг Солнца, перевернула господствующие более тысячи лет представления ученых и духовенства об устройстве мира.
- В течение многих десятилетий большинство ученых отвергали эту теорию — даже после того, как Галилео Галилей стал вести свои знаменитые астрономические наблюдения с помощью телескопа.
- Их возражения имели не только теологический характер. Результаты наблюдений давали подтверждение альтернативной космологии — «геогелиоцентрической» системе мира, предложенной Тихо Браге.

астроном Птолемей. В соответствии с ней центральное место во Вселенной занимает Земля, вокруг нее обращаются Солнце, Луна, планеты и звезды.

Свои революционные идеи Коперник изложил в 1543 г. в книге «Об обращениях небесных сфер» (*De revolutionibus orbium coelestium*), которую с большим интересом прочли многие ученые того времени, оставили свои комментарии и взяли на вооружение при проведении астрономических расчетов. Однако к началу XVII в., спустя 57 лет, не более дюжины авторитетных астрономов отказались от идеи неподвижности Земли. Большинство же по-прежнему придерживались привычной геоцентрической системы мира, к которой, если уж быть откровенными, мы сами до сих пор прибегаем в повседневной жизни, говоря, например, о восходе или закате солнца.

Казалось, дело сдвинулось с мертвой точки, когда Галилео Галилей в 1609 г. собрал телескоп и стал с его помощью наблюдать за звездами, Лунной и планетами. Однако истина так и не была установлена. С 1609 г. прошло уже очень много времени, но астрономы по-прежнему находят все новые аргументы против учения Коперника. Это наглядно показывает, что не следует безоговорочно принимать революционные идеи, даже если на первый взгляд они кажутся безупречными и в конце концов оказываются верными.

Новая космология Тихо Браге

Горячие споры и множество сомнений вызвала компромиссная модель, которую в 1588 г. предложил датский астроном Тихо Браге. Эта новая «геогелиоцентрическая» система мира представляла собой комбинацию учений Птолемея и Коперника и имела два основных преимущества: с одной стороны, она отвечала интуитивным представлениям об устройстве мира, с другой — согласовывалась с имеющимися фактами лучше, чем система Коперника.

Браге был чрезвычайно деятельной натурой. Он развернул обширную научно-исследовательскую деятельность, построив огромную,

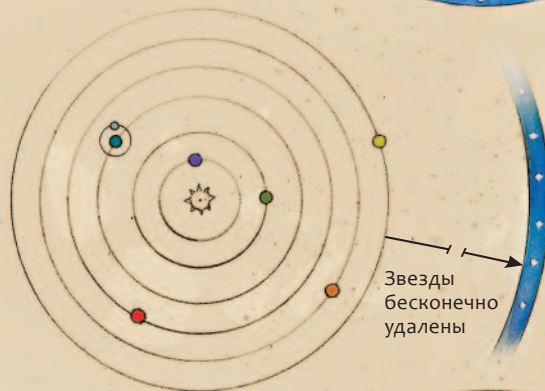
ТРИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ МИРОЗДАНИЯ

В XVII в. существовало три модели Вселенной. Согласно геоцентрической модели, центральное место во Вселенной занимает неподвижная Земля, вокруг которой обращаются Солнце, Луна, планеты и звезды. Считалось, что каждая планета совершает попятное (возвратное) движение по малому кругу, называемому «эпициклом», центр которого в свою очередь движется по большому кругу, дифференту, вокруг Земли. В гелиоцентрической модели, предложенной Николаем Коперником, строение Солнечной системы упрощалось, однако она содержала новые концептуальные проблемы, например получалось, что звезды бесконечно удалены от центра. Тихо Браге выдвинул компромиссную геогелиоцентрическую модель, утверждающую, что Солнце, Луна и звезды обращаются вокруг неподвижной Земли, а планеты — вокруг Солнца. Рассчитанные Браге расстояния до звезд были гораздо меньше.

Геоцентрическая модель

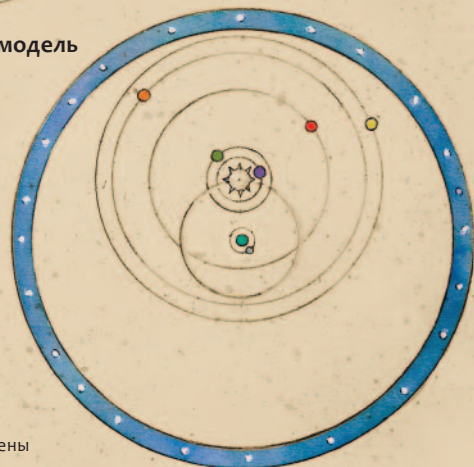


Гелиоцентрическая модель



Геогелиоцентрическая модель

- ☼ Солнце
- Земля
- Луна
- Меркурий
- Венера
- Марс
- Юпитер
- Сатурн



Планеты и их орбиты изображены без соблюдения масштаба

КАКОВ ЖЕ РАЗМЕР ЗВЕЗД?

Основной аргумент против модели Коперника был связан с размерами звезд. Когда мы смотрим на ночное небо, они представляются нам малыми телами неизменного размера. Зная этот видимый размер и расстояние до звезды, можно с помощью простых геометрических расчетов определить ее истинный размер (справа). Согласно геоцентрической модели Вселенной, звезды располагаются непосредственно за планетами и, следовательно, соизмеримы по размерам с Солнцем (ниже). Гелиоцентрическая теория Коперника утверждала, что они находятся чрезвычайно далеко. В этом случае они должны быть невероятно огромными — в сотни раз больше Солнца (внизу). Последователи Коперника не в состоянии были объяснить эти противоречащие здравому смыслу данные, не прибегая к божественным силам. На самом деле звезды находятся очень далеко от нас, их видимые размеры — всего лишь иллюзия, артефакт, связанный с особенностями прохождения света через зрачок глаза человека или объектив телескопа. Все это стало известно лишь спустя 200 лет.



Относительные размеры согласно подсчетам Тихо Браге

похожую на замок обсерваторию и оборудовав ее самыми точными приборами и инструментами, привлек лучших помощников, которых только можно было найти. Материалы наблюдений Браге за Марсом помогли его преемнику Иоганну Кеплеру в формулировании законов движения планет и объяснении природы эллиптичности их орбит. Оуэн Гингерич (Owen Gingerich), историк из Гарвардского университета, часто иллюстрирует значимость трудов Браге, ссылаясь на собранные в середине XVII в. немецким астрономом Альбертом Курцем (Albert Curtius, 1600–1671) данные по астрономии начиная с античных времен: основная масса накопленных в течение двух тысячелетий сведений в этой области получена Браге.

На этого в высшей степени образованного астронома произвела глубокое впечатление элегантность системы Коперника. Однако некоторые ее моменты его не устраивали. В частности, Браге беспокоило отсутствие физического обоснования причин, по которым Земля движется. (Браге жил более чем за 100 лет до появления физики Ньютона, которая дала объяснение этому явлению.) К тому времени были достаточно хорошо известны размеры Земли, а также вес шара, состоящего из горных пород, диаметром в несколько тысяч километров. Что могло заставить такое огромное небесное тело двигаться вокруг Солнца, если даже тащить по дороге груженую повозку стоит больших усилий?

В отличие от этого движение таких небесных тел, как звезды и планеты, объяснялось просто — еще со времен Аристотеля считалось, что все они состоят из эфира, которого на Земле не существует. Это вещество по своей природе совершает быстрое вращательное движение — так же как тележка совершенно естественно останавливается, если перестать тянуть ее изо всех сил. Браге говорил, что система Коперника «искусно обходит все то, что есть противоречивого в системе Птолемея <...>». Однако она допускает, что Земля — это массивное, медлительное, непригодное для движения тело — способна перемещаться так же быстро, как состоящие из эфира светила». В этом отношении астрономы Средневековья в чем-то сходны с современными астрофизиками, которые для объяснения наблюдаемых явлений прибегают к предположению, что большую часть Вселенной составляют «темная материя» или «темная энергия», о которых мы на самом деле ничего не знаем.

Кроме того, Браге не устраивало, как в системе Коперника представлено местоположение звезд. Как говорил Птолемей, небесная сфера «неизмеримо велика», потому что мы не наблюдаем суточного параллакса звезд — изменения их видимого положения, связанного с изменением углов и расстояний между ними и находящимся на Земле наблюдателем по мере их прохождения по небосводу с момента появления над линией горизонта и до захода. Отсюда с неизбежностью следовало, что

диаметр Земли бесконечно мал по сравнению с расстоянием до звезд. «В звездном масштабе Земля — это просто точка», — писал Птолемей.

Однако Копернику было известно, что мы не наблюдаем даже годичный параллакс — изменение видимого относительного положения звезд, обусловленное орбитальным движением Земли. Если бы Земля на самом деле обращалась вокруг Солнца, то отсутствие годичного параллакса означало бы, что диаметр ее орбиты (Коперник называл ее *orbis magnus*) бесконечно мал — «просто точка». В таком случае представление о размерах Вселенной в корне меняется — это кажется невероятным, но она «бесконечно велика».

Далее, Браге знал, что в модели Коперника большое значение придается размерам не только Вселенной в целом, но и отдельных звезд. Когда мы смотрим на ночное небо, то кажется, что каждая звезда имеет определенный размер (его оценили как Птолемей, так и Браге). Согласно сегодняшним представлениям, удаленные звезды — это яркие точечные источники света, а их видимые размеры — артефакт, связанный с особенностями прохождения света через круглое отверстие, например объектив телескопа или зрачок глаза.

В то время астрономы ничего не знали о волновой природе света. Пытаясь выяснить, действительно ли в том случае, если звезды находятся на расстояниях, которые рассчитал Коперник, их размеры должны быть сопоставимы с таковыми для *orbis magnus*, Браге пользовался элементарной геометрией. Тогда даже самая маленькая звезда будет казаться настолько больше Солнца, насколько грейпфрут больше точки в конце предложения. И в это тоже было очень трудно поверить — по мнению Браге, таких колоссальных звезд просто не может быть на свете. Как пишет историк науки Альберт ван Хелден (Albert Van Helden), «логика Браге была безупречна; его измерения не вызывали никаких сомнений. Сторонникам теории Коперника не оставалось ничего другого, как принять следующие из нее выводы».

Но вместо этого они стали ссылаться на могущество божественных сил. «Эти вещи, кажущиеся на первый взгляд абсурдными, таковыми вовсе не являются, поскольку божественные Мудрость и Величие далеко превосходят наше понимание, — писал последователь Коперника Кристоф Ротман (Christoph Rothman) в письме Браге. — Даже если Вселенная и звезды будут так велики, как вам хочется, они не смогут сравниться с безграничностью Создателя. Ведь чем могущественней повелитель, тем большие территории ему подвластны. Так можно ли говорить об ограниченности пространств, подвластных Богу?»

Не придавая значения подобным аргументам, Браге выдвинул свою собственную систему: Солнце, Луна и звезды в ней, как и в системе Птолемея, обращаются вокруг неподвижной Земли, а планеты движутся по орбитам вокруг Солнца, как у Коперника. Система Браге обладала определенными преимуществами геоцентрической. В ее рамках не было необходимости объяснять, как и почему движется громадная неповоротливая

Земля. Не было также никаких проблем с ненаблюдаемым суточным параллаксом — не нужны были чрезвычайно большие расстояния и звезды-гиганты; звезды, согласно Браге, располагаются непосредственно за планетами и имеют вполне приемлемые размеры. Однако в том, что касалось планет, системы Браге и Коперника с математической точки зрения ничем не отличались друг от друга. Таким образом, система Браге сохранила математическое изящество системы Коперника, избавившись при этом от всего лишнего и противоречивого, что было в системе Птолемея.

Начав вести наблюдения за небом с помощью своего телескопа, Галилей совершил множество открытий, которые очевидным образом противоречили древней космологии Птолемея. Он обнаружил спутники Юпитера, доказав, что во Вселенной может быть более одного центра вращения, наблюдал фазы Венеры, а это означало, что планета обращается вокруг Солнца. Однако всех этих открытий оказалось недостаточно для доказательства движения Земли вокруг Солнца, потому что они ни в чем не противоречили системе Браге.

Галилей совершил множество открытий, которые очевидным образом противоречили древней космологии Птолемея, однако их оказалось недостаточно для доказательства движения Земли вокруг Солнца, потому что они ни в чем не противоречили системе Браге

Недостающие аргументы

В середине 1600-х гг., как раз вскоре после ухода из жизни основоположников астрономии — Коперника, Браге и Галилея, итальянский астроном Джованни Баттиста Риччоли (Giovanni Battista Riccioli) опубликовал свод астрономических знаний своего времени, которому дал название (по примеру основополагающего труда Птолемея) «Новый Альмагест» (*Almagestum Novum*). Риччоли привел взвешенные аргументы за и против гелиоцентрической системы Коперника, а также доводы, касающиеся астрономии, физики и религии. Однако Риччоли считал, что два основных аргумента решительным образом не согласуются с теорией Коперника. Оба они имели научные обоснования и оба исходили из идей Браге. Ни на один из них в течение нескольких сотен последующих лет не находилось серьезных возражений.

Вместо того чтобы отказаться от своей теории перед лицом фактов, кажущихся неоспоримыми, приверженцы теории Коперника предпочли взывать к могуществу божественных сил

Первый аргумент состоял в том, что никто не мог обнаружить никакого влияния вращения планет на траекторию подброшенного вверх или свободно падающего тела. Браге интуитивно чувствовал, что такое влияние должно проявляться в отклонении траектории тела от прямой. Однако подобного отклонения не удавалось заметить вплоть до XIX в., пока французский ученый Гаспар-Гюстав де Кориолис (Gaspard-Gustave de Coriolis) не дал соответствующего математического обоснования.

Второй аргумент касался соображений Браге о размерах звезд, которые Риччоли скорректировал по результатам своих наблюдений с помощью телескопа. (Браге не пользовался телескопом.) Проведя многократные измерения диаметра звезд, он обнаружил, что они выглядят меньшими по размеру, чем предполагал Браге. Применение телескопа давало надежду на то, что наконец-то удастся зафиксировать годичный параллакс, но этого не произошло. Отсюда следовало, что звезды находятся еще дальше, чем считал Браге. Напрашивался очевидный вывод: как и утверждал Браге, звезды имеют колоссальные размеры.

Риччоли не поддерживал последователей Коперника в их склонности сводить все к божественному всемогуществу в подходе к этой научной проблеме. Будучи членом католического ордена иезуитов, он ни в коем случае не отрицал величия Создателя, но категорически возражал против обращения к нему в научных дискуссиях. «Даже если несостоятельность заключения невозможно доказать, более-менее образованный человек не будет утверждать, что оно ложно».

Итак, чтобы признать учение Коперника, не доставало достоверных научных данных, подтверждающих его революционные идеи о размерах звезд и Вселенной. В 1674 г. Роберт Гук (Robert Hook), куратор экспериментальной деятельности Лондонского королевского общества, вынужден был признать: «Вопрос о том, движется ли Земля или она неподвижна, остается нерешенным со времен Коперника, несмотря на то что он занимал умы лучших современных астрономов и философов. Среди них не нашлось ни одного, кто дал бы определенный ответ».

Во времена Гука большинство ученых приняли учение Коперника, хотя некоторые противоречия оставались неразрешенными. Никому по-прежнему не удалось

зарегистрировать годичный параллакс. Лишь в 1838 г. немецкий математик и астроном Фридрих Вильгельм Бессель (Friedrich Wilhelm Bessel) впервые получил достоверные данные о нем для звезды 61 Лебедя. Примерно в то же время выдающийся английский астроном сэр Джордж Биддель Эйри (Sir George Biddell Airy) разработал способ определения параллакса Солнца и представил полное теоретическое объяснение, почему звезды кажутся нам крупнее, чем они есть на самом деле, а Фердинанд Райх (Ferdinand Reich) успешно измерил отклонение свободно падающих тел, связанное с вращением Земли. И, конечно, физика Исаака Ньютона, идущая вразрез с системой Браге, объяснила наконец, почему движется «громоздкая и неповоротливая» Земля.

Во времена же Галилея и Риччоли наука, опирающаяся на результаты наблюдений, была на стороне противников системы Коперника. В конечном счете их взгляды были признаны ошибочными, но это не умаляет их заслуг перед наукой. Опровержение сильных аргументов оппонента было, есть и будет неотъемлемой частью любой дискуссии — так же как и частью того удовлетворения, которое дают научные изыскания. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Кайзер Д., Кригер А. Как правильно ошибаться? // ВМН, № 8, 2012.
- Measuring the Universe: Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley. Albert Van Helden. University of Chicago Press, 1985.
- The Telescope against Copernicus: Star Observations by Riccioli Supporting a Geocentric Universe. Christopher M. Graney in Journal for the History of Astronomy, Vol. 41, No. 4, pages 453–467; November 2010.
- Ancestors of Apollo. Dennis Danielson in American Scientist, Vol. 99, No. 1, pages 136–143; March–April 2011.
- Stars as the Armies of God: Lansbergen's Incorporation of Tycho Brahe's Star-Size Argument into the Copernican Theory. Christopher M. Graney in Journal for the History of Astronomy, Vol. 44, No. 2, pages 165–172; May 2013.



МАРТ 1964

Биология зрения. Исследователи систем зрения предположили, что сетчатка подобна фотографической пленке и что вся функция глаза состоит в формировании мозаичного изображения внешнего мира и передаче его в мозг в качестве основы для зрительного восприятия. Однако анатомические

исследования показали, что клеток-рецепторов в сетчатке намного больше, чем волокон в зрительном нерве, а это значит, что каждый рецептор не может передавать в мозг отдельное сообщение. В итоге предположение, что рецепторы сетчатки эквивалентны зернам фотоэмульсии, пришлось отбросить.

Фотохромное стекло. Обратимо темнеющее фотохромное стекло изобрели Доналд Стуки (S. Donald Stookey) и Уильям Армистед (William H. Armistead) из компании Corning Glass Works. В процессе охлаждения и повторного нагрева силикатного стекла в нем осаждаются кристаллы галогенида серебра. Они гораздо мельче аналогичных кристаллов в фотографической пленке, и в кубическом сантиметре стекла их содержится около 8×10^{15} . При воздействии света эти кристаллы за несколько секунд разлагаются с выделением металлического серебра, в результате чего стекло темнеет. При ослаблении или выключении света серебро за несколько минут или часов снова соединяется с галогеном и прозрачность стекла восстанавливается.



МАРТ 1914

Выставка блох. Американскому музею естественной истории повезло привлечь к изготовлению моделей одного из очень редких и искусных мастеров этого дела Игнаца Матауша (Ignaz Matusch). Его последнее произведение — восковая модель в масштабе 10000:1. И хотя эта модель вызы-

вает восхищение мастерством изготовления, она ничего не говорит об утомительных предварительных исследованиях, которые понадобилось провести. Каким бы это ни казалось странным, до сих пор не было сделано ни одного изображения живой блохи. На иллюстрациях в учебниках представлены только изображения мертвых насекомых. Обычным обывателям может показаться совершенно не важным, живая блоха была увеличена или мертвая, но энтомологам виднее.

Новый взгляд на древнее искусство. Морен-Жан (Morin-Jean) [псевдоним Жана Алексиса Морена (Jean Alexis Morin)], автор работы *Le Dessin des Animaux en Grèce* («Изображение животных в древней Греции»), одинаково искусно владеет кистью и пером. Три тысячи рисунков французского критика, один из которых представлен

здесь, знакомят зрителей с изображениями, отобранными из рисованных, резных и формованных росписей греческих и этрусских ваз, начиная с геометрических орнаментов, появившихся за 800 лет до н.э., и до рисунков времен упадка искусства в Северной Италии около 300 лет до н.э.

Размышления о войне. Предположим, что два года назад Великобритания, обиженная нашим вероломством в вопросе о канальных сборах (если бы оно не было исправлено), согласилась сохранять нейтралитет, когда Германия в результате приобретения базы в Вест-Индии бросила вызов нашей доктрине Монро в вопросе безопасности Панамского канала. Предположим, что Германия, освободившаяся от своих внутренних неприятностей, направила в Карибское море свою первую эскадру из 26 линкоров. Какую позицию мы должны будем занять? Этим 26 германским линкорам мы сможем противопоставить только 12.

Примечание: эти вопросы приобрели жизненно важное значение через четыре месяца, когда началась Первая мировая война.



МАРТ 1864

Патент на посудомоечную машину. Мы давно говорили, что тенденция в деле изобретательства направлена на облегчение


труда людей, и предсказывали, что не в таком уж далеком будущем изобретатели вторгнутся на территорию кухни. Это уже произошло, и мы представляем здесь то, что

можно назвать «семейной машиной», т.к. она предназначена для мытья посуды, очистки ламповых стекол, а также мытья и заточки ножей не по одному предмету, а по многу за раз, но за несколько операций. Эта машина очарует наших читательниц, которые, как мы с радостью узнали, живо интересуются наукой и в курсе всех новейших усовершенствований (мы располагаем несколькими патентными заявками от женщин-изобретательниц). ■



Природа в искусстве: в 1911 г. художник Жан Алексис Морен скопировал росписи древних керамических ваз из собрания Лувра, а в статье от 1914 г. журнал *Scientific American* воспроизвел его интерпретацию «жутких щупалец» каракатицы с микенской чаши, изготовленной больше чем за 1 тыс. лет до н.э.

Архи

A landscape photograph featuring a wind turbine in the middle ground, set against a dramatic sunset sky with orange and pink clouds. The foreground is dominated by a field of tall, golden-brown grasses, with a wooden structure partially visible on the right side. The overall scene conveys a sense of natural beauty and sustainable energy.

ЗАЛИВ ДЕЛАВЭР: после того как инженеры-строители восстановили протоки, несущие свежую воду в истерзанные солончаковые болота для того, чтобы там могло расплодиться больше рыбы, сама природа превратила остатки умирающих растений в разросшиеся пышной и здоровой зеленью поля

Текторы болот

Попытки восстановления заболоченных земель часто терпели неудачи, поскольку соответствующие программы были направлены на воссоздание экосистемы в первоначальном виде. Успехи последних лет были достигнуты после фокусирования усилий на одной-двух конкретных задачах, чтобы остальное сама довела до конца матушка-природа

Джон Кэри



ОБ АВТОРЕ

Джон Кэри (John Carey) — в прошлом старший корреспондент журнала *Business Week*, внештатный автор, пишущий о природе и окружающей среде. В ноябрьском номере 2012 г. журнала *Scientific American* была опубликована его статья о быстром изменении климата.



Джой Зедлер (Joy Zedler) тщательно рассчитала, чтобы три экспериментальных водно-болотных участка в дендрарии Висконсинского университета в Мадисоне были строго идентичны: параллельные болотные делянки длиной 90 и шириной 4,5 м были вырезаны инженерами-строителями внутри зеленого ландшафта. Подрядчики Зедлер засеяли все три полоски одними и теми же видами растений. Их цель — выяснить, как растительность будет поглощать и очищать паводковые воды во время бурь.

Кроме того, группа Зедлер сделала так, чтобы в каждый из трех испытательных участков попадало одинаковое количество воды из пруда, расположенного у начала болотных полосок. Экспериментаторы хотели измерить содержание питательных веществ в воде, поступающей в каждую делянку и просачивающейся из почвы в водоем в самом конце, и оценить устойчивость грунта, поглощение воды, а также производительность и разнообразие трав и других растений. Ученые ожидали, что все три болотца будут вести себя одинаково.

В данном случае ставки на успех эксперимента были выше, чем при реализации типичного университетского проекта. Сам город Мадисон был заинтересован в этом исследовании, поскольку городские власти стремились выяснить, как использовать водно-болотные угодья для замедления стока и очистки воды, образующейся в результате проливных дождей и текущей из города и его пригородов в озеро Уингра, страдающее из-за высокого уровня азотистых и фосфорных соединений в стоках. А вопрос о том, как извлечь наибольшую пользу от водно-болотных угодий, начиная с уменьшения ущерба от сточных вод и наводнений и заканчивая повышением биоразнообразия, с каждым годом становится более неотложным, поскольку во всем мире болота исчезают с устрашающей скоростью.

Зедлер, профессор ботаники и восстановления экологической среды Висконсинского университета, надеялась, что ее эксперимент позволит выявить новые

глубинные причины и взаимосвязи процессов, происходящих в природе. Однако спустя три года стало ясно, что это исследование подняло новые вопросы, которые ученые не могли предвидеть. «Система вела себя совсем не так, как мы предполагали, — рассказывает Зедлер. — Нас ждали сюрпризы». Поскольку участки были расположены на расстоянии метра друг от друга и засеяны одинаковыми растениями, ожидалось, что развитие их биосистем будет проходить единообразно, однако на одном из участков стал преобладать рогоз, или болотный камыш, тогда как на двух других бурно разрослись до 29 различных видов растений. При этом, несмотря на то что участок, заросший камышом, в целом произвел большее количество растительной массы, в остальном он показал намного худшие результаты, чем того ожидала Зедлер. Он не замедлял течение паводковых вод, не препятствовал эрозии почвы и в недостаточном количестве забирал питательные вещества из воды. Две другие полоски болот продемонстрировали больше ожидаемых полезных свойств — за исключением биопродуктивности.

Откуда такая удивительная разница? Группа Зедлер обнаружила, что слой глины под болотным участком с камышом был немного толще и поэтому хуже пропускал воду, чем под двумя соседними делянками. В результате вода запруживалась, а не просачивалась в почву. Это давало возможность воде, стекающей после дождей, и нутриентам устремляться дальше по протокам. В то же время камыш отбрасывал тень на стабилизирующую почву мох (прекрасно росший на соседних болотных участках), поэтому эрозия почвы оказалась выше.

Неожиданные результаты, полученные Зедлер, позволяют объяснить, почему усилия по восстановлению биосистемы не были эффективны. Важнейший урок, который можно вынести из проведенных исследований, заключается в том, что полностью восстановить экосистему бывшего болота — непосильная задача. «Мы не знаем, как это сделать, — говорит Дуг Уилкоккс (Doug

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Водно-болотные угодья в США и во всем мире продолжают стремительно исчезать.
- Проекты восстановления болот в основном заканчивались неудачами и миллионы долларов тратились впустую, поскольку предпринимались попытки воспроизвести все особенности экосистем в их исходном состоянии.
- Вместо этого ученым следует попробовать добиться одной-двух задач, например резко увеличить популяцию рыб или повысить качество воды, оставив все остальное таким, как оно есть.
- Все большее число рекреационных проектов, основанных на этом принципе, становятся успешными в заливе Делавэр, у побережья Луизианы и в других местах.



Дикие канадские журавли покидают пруд, в котором собирается дождевая вода. Этот пруд создан в ходе одного из первых проектов экспериментальных болот в Висконсинском университете в Мадисоне. Дождевая сточная вода, попадающая в этот водоем, вызвала неожиданное нашествие рогоза — болотного камыша (темно-зеленые участки на фотографии).

Wilcox), профессор болотоведения Блокпорт-колледжа Университета штата Нью-Йорк. — Слишком много переменных».

Вместо этого ученым следует сосредоточиться на одной-двух ключевых задачах, таких как восстановление земель, улучшение качества воды и увеличение численности рыбы, а также на разработке инженерных систем для оптимизации этих задач. Затем, когда основные инженерные работы будут проведены, необходимо предоставить природе возможность восполнить недостающее по ее собственному усмотрению.

Еще один урок: наблюдения за проектами по воссозданию водно-болотных экосистем следует осуществлять на протяжении многих лет, как это делает Джой Зедлер, продолжающая свой эксперимент. Это нужно, чтобы обнаружить неочевидные детали тех или иных процессов и иметь возможность при необходимости внести коррективы. Как замечает Уилкоккс, в отличие от автомобилей «к болотам не прилагается инструкция по эксплуатации и ремонту».

Тот факт, что мы не в состоянии привести заболоченные земли в их изначальное состояние, служит отрезвляющим напоминанием о том, что научные знания порой имеют границы. Но если поставить целью достижение одной-двух задач и выполнить их, это может стать важным шагом вперед. Вдохновляет растущее число успешных проектов, начиная с залива Делавэр и дельты Миссисипи и заканчивая Ираком и побережьем Гайаны. «Рекультивация сегодня дает гораздо лучшие результаты, чем раньше», — утверждает Уильям Митч (William J. Mitsch), директор Исследовательского водно-болотного парка Эверглейдс во Флориде.

Почки природы

Водно-болотные угодья очень ценны. Митч называет их «почками природы» и «экологическим супермаркетом, где все твари собираются вместе, чтобы поесть или быть съеденными». На бампере автомобиля Майкла Вайнштейна (Michael Weinstein), старшего научного сотрудника Технологического института Нью-Джерси, можно увидеть наклейку «Нет болот — нет морепродуктов». Он показал, что пищевая цепочка, берущая начало в топях болот, простирается далеко в прибрежные воды. «Водно-болотные угодья — это система нашего жизнеобеспечения», — утверждает он.

Заболоченные земли — еще и наш защитник. Природные катаклизмы вроде урагана «Сэнди» заставили многих осознать, что «осушение болот и борьба с дюнами — дурацкая идея», как говорит Джон Тил (John M. Teal), эксперт по солончаковым болотам, почетный научный сотрудник Вудс-Холского океанографического института. Например, даже остатки солончаковых болот в районе бухты Джамейка на Лонг-Айленде помогли ослабить там ярость урагана, тогда как полное отсутствие заболоченных территорий вокруг Манхэттена оставило город один на один с разбушевавшейся стихией. Помимо этого болота впитывают удобрения, уносимые с обрабатываемых земель. Попав в реки, они выносятся течением в прибрежные воды, вызывают их цветение — бурный рост вредоносного фитопланктона и цианобактерий — и способствуют образованию бескислородных «мертвых зон». Болота же ослабляют силу паводков и наводнений. Более того, как говорит Митч, «они, вероятно, лучшая на планете система связывания углерода» в форму плотной зеленой массы и богатой органикой почвы.

Болотно-водяные угодья быстро исчезали. Болотистые экосистемы осушали, чтобы на их месте выращивать пшеницу в Айове и солелюбивые злаки рода спартины в Делавэре, затапливали водой, чтобы создать пруды для вывода рыбы и креветок в Таиланде, засыпали, чтобы строить аэропорты и города по всему земному шару, и лишали их необходимых донных осадков, сооружая на реках дамбы. По оценке Митча, болота покрывали когда-то 4–6% суши, но половина из них уже потеряна.

Сегодня прилагаются согласованные усилия, чтобы сдерживать эту волну преобразований. Джессика Уилкинсон (Jessica Bennett Wilkinson), старший политический советник по снижению нежелательных последствий общественной организации «Охрана природы», подсчитала, что в США на защиту водно-болотных угодий ежегодно выделяется \$3,9 млрд только в соответствии с разделом 404 Закона о чистой воде. Этот закон требует от застройщиков или любых других лиц, уничтожающих болота, восстанавливать их либо создавать новые для компенсации утраченных.

Поддержание правильного водного режима — критически важное условие для восстановления мангровых болот, которые сегодня исчезают со скоростью более 1 тыс. кв. км в год

Гораздо больше средств было израсходовано в мире на проекты по высадке мангровых кустарников. К сожалению, деньги тратятся не очень разумно: по оценке Робина Льюиса (Robin Lewis), президента консультационной фирмы *Lewis Environmental Services*, в 90% случаев усилия по восстановлению мангровых болот терпят неудачу. «Мы утверждаем, что ежегодно миллионы долларов бесполезно тратятся на неудачные проекты, и почти такие же цифры мы имеем относительно попыток восстановления всех типов водно-болотных угодий», — говорит он. Анализ 621 восстановленного болота, проведенный недавно экологом, специалистом по болотам Дэвидом Морено-Матеосом (David Moreno-Mateos), в то время сотрудником Стэнфордского университета, показал, что предпринимаемые усилия не достигают поставленной цели — полной функциональности восстановленных болот, эквивалентной натуральным, — даже спустя 50–100 лет.

Одна из причин неэффективности таких проектов — большой разрыв между биологией и инженерной наукой. «Сотрудник биологического подразделения делает одно, а сотрудник инженерно-строительного отдела — другое, и оба они отчасти и правы, и неправы», — говорит Митч. За то, что во время инженерных

работ игнорируются требования биологов, в частности подвергаются критике мероприятия, проводимые Инженерным корпусом армии США, под эгидой которого ведется подавляющее большинство финансируемых федеральным правительством работ по восстановлению окружающей среды.

Предпринимаемые меры базируются на недостаточных знаниях, в них отсутствуют важные детали, которые Зедлер, Уилкоккс и другие ученые так скрупулезно выискивают. «Меня возмущает, что людей привлекают к восстановлению болот, не разработав прежде всего методы того, как это делать правильно», — говорит Уилкоккс.

Используйте воду правильно

Так как же это делать наилучшим образом? В каждом проекте исходная точка — сосредоточение всех сил на достижении одной-двух главных задач. Затем необходимо выбрать метод их решения. Один из основополагающих подходов, который, возможно, покажется очевидным, но которым зачастую пренебрегают, — правильный выбор водного режима. «Это не дебри физики элементарных частиц, — говорит Льюис, — а гидрология, гидрология и еще раз гидрология».

В ряде редких случаев творит чудеса и простое возвращение воды. Из-за войны, плотин и попыток Саддама Хусейна отнять у своих противников средства к существованию 90% из 19,7 тыс. кв. км болот на юге Ирака к 2000 г. были уничтожены. После свержения Хусейна в 2003 г. в ходе осуществления новаторского проекта «Возвращение Эдема» сюда начали возвращать воды Тигра и Евфрата. Болота вновь расцвели. Тысячи бывших жителей этих мест возвратились, чтобы заняться выращиванием азиатских буйволов, разведением рыбы и плетением тростниковых циновок. Однако выживание этой болотной экосистемы находится под вопросом: плотина, сооружаемая на реке Тигр в Турции, возможно, приведет к новому дефициту воды.

Поддержание правильного водного режима — критически важное условие для восстановления мангровых болот, которые сегодня исчезают с планеты со скоростью более 1 тыс. кв. км в год, говорит Льюис. Поэтому ученые стремятся помочь деревьям буйно разрастаться, чтобы они могли ослаблять штормовые волны и высокие приливы. Дополнительные полезные эффекты, которые при этом могут быть получены, станут бонусом.

При стандартном подходе осуществляющая тот или иной проект группа сооружает «ясли», высевает там растения, которые затем высаживаются на затапливаемых при приливе и обнажаемых при отливе береговых участках. «Эти проекты провозглашают успешными, но спустя три-пять лет высаженных деревьев не остается», — утверждает Льюис. Обычно это происходит потому, что в этих местах для них слишком много воды. «На самом деле мангровые деревья и кустарники большую часть времени проводят вне воды, — объясняет Льюис. — Именно это люди не понимали на протяжении десятилетий».

Когда специалист по восстановлению Джейми Мэйчин (Jamie Machin) приехал в Гайану в июле 2012 г., будучи в то время руководителем группы по развитию консультационной компании *Landell Mills*, он измерил уровни прилива на местах нескольких провалившихся в прошлом проектов. Прибрежные донные отложения находились в среднем на 20 см ниже. Корни деревьев и нижние части стволов слишком долгое время проводили в воде, что их медленно убивало. Мэйчин вместе с правительственной группой экологов занялся постройкой сооружений, называемых бунами или полузапрудами, и высаживанием в них трав рода спартины. Это должно удерживать донные отложения и способствовать поднятию уровня заливаемого прибоем побережья, уменьшая тем самым время, в течение которого стволы и корни деревьев находятся под водой. Только одно это должно помочь устранить дорогостоящую повторную посадку саженцев: по мере роста деревья будут производить побеги, которые попадут в воду и разнесутся течением, заполняя все новые побережья. «Если донные отложения концентрируются, в биологической системе достаточно таких побегов, чтобы мангры вернулись», — говорит Машен. И не нужно возводить полностью функциональную экосистему.

Аналогичным образом Льюис спасает 400 га мангровых болот в Национальном устьевом исследовательском заповеднике Рукери-Бей на юго-западе Флориды. Идущая вдоль берега дорога, построенная в 1930-е гг., отрезала значительную часть потока естественных приливных вод. Сильные дожди заполняют болото как ванну, препятствуя дыханию деревьев. Чтобы исправить гидрологическую картину, Льюис собирается установить под дорогой водопропускные трубы и очистить приливные каналы для стока, чтобы вода, приносимая ливнями, могла быстро стекать, а соленым водам Мексиканского залива ничего не мешало попадать в них во время прилива и покидать их при отливе. Главная цель — просто не дать деревьям погибнуть. Уже начали появляться и положительные побочные эффекты: измерения показали, что первая фаза проекта, затронувшая всего 2,5 га болот, не только улучшила здоровье мангровых деревьев, но и привела к существенному увеличению популяций манящего краба и рыбы снук. К моменту завершения проекта, как утверждает Льюис, планируется восстановить «популяцию чрезвычайно ценной рыбы в районе, где сегодня ее практически нет».

Примеры Гайаны и Флориды показывают, что природа может сама возрождаться, если восстановлен исходный водный режим. В противном случае для этого ей потребуется существенная помощь. Основной причиной утраты десятков тысяч гектаров осоково-злаковых болот, когда-то покрывавших берега озера Онтарио, была тактика удержания воды плотиной, чтобы сохранять высокий уровень водной глади озера для судоходства и производства гидроэнергии. В отсутствие маловодного периода вторгшийся рогоз — болотный камыш — полностью захватил территорию и уничтожил отличавшуюся



Депрессивные солончаковые болота в заливе Делавэр (вверху, 1998 г.) были рекультивированы путем прорытия новых брешей в близлежащих дамбах так, чтобы сюда могла поступать пресная вода и естественным путем образовывать приливные протоки, позволяющие растениям рассеваться и покрывать зеленым ковром все пространство (внизу, 2013 г.).

большим разнообразием осоково-злаковую экосистему. Сегодня регулирующие органы обсуждают иную тактику, которая позволит существенно изменять уровень воды в озере, снижая его в течение сезона естественно мелководья.

Цель — возвращение осоково-злаковой растительности — определяет следующий важный шаг: необходимо извести болотный камыш. Уилкоккс и его студенты весной срезают рогоз, они делают это в период, когда растением уже использованы запасы энергии для быстрого роста, но еще не начался активный фотосинтез, который может восполнить эти запасы. После этого они применяют гербициды, чтобы уничтожить любые появившиеся побеги.

История успеха

Сосредоточение сил на одной главной задаче при осуществлении работ, проходивших в заливе Делавэр, принесло хорошие результаты. Этот эстуарий когда-то был окружен солончаковыми болотами — экосистемой, кишавшей крабами, рыбой и другой водной живностью.

Однако голландские поселенцы построили здесь множество каналов и осушили тысячи гектаров, чтобы выращивать спартины для домашних животных. Сегодня поля этих солелюбивых злаков по-прежнему дают свободную от сорняков мульчу и материал для набивания матрацев, предназначенных для гробов.

На той стороне залива Делавэр, где находится Нью-Джерси, виднеются грозные очертания атомной электростанции «Салем», которой владеет коммунальный гигант — компания PSEG. Электростанция потребляет миллиарды литров воды в день и убивает миллионы мальков рыбы и других обитателей залива, засасывая их в систему охлаждения. В начале 1990-х гг. органы государственного регулирования потребовали от PSEG построить градири и прекратить кровавую бойню. Не желая тратить \$1–2 млрд, компания предложила альтернативный вариант: чтобы компенсировать потери рыбы, она восстановит солончаковые болота — всего более 4 тыс. га.

Ученые определили, что лучший способ резко увеличить популяцию рыбы — сделать отверстия в дамбах, которые пропустили бы в болото ровно такое количество воды, которое необходимо для образования лабиринта давно исчезнувших первичных и вторичных приливных каналов

Джон Балетто (John Balletto), бывший в то время руководителем природоохранного проекта компании PSEG, привлек экспертов по рекультивации высочайшего уровня. Они определили, что лучший способ резко увеличить популяцию рыбы — сделать отверстия в дамбах, которые пропустили бы в болото ровно такое количество воды, которое необходимо для образования лабиринта давно исчезнувших первичных и вторичных приливных каналов. Было важно не перестараться. «Если вы проектируете дренажную систему с учетом мельчайших деталей, система вынуждена будет работать так, как вы задумали, — объясняет Джон Тил. — Однако если вы позволите ей развиваться самой по себе, то она, скорее всего, будет стабильной».

Были прорыты основные каналы и несколько боковых ответвлений, а остальным протокам предоставили возможность развиваться самостоятельно. Предположение ученых о том, что природа быстро засеет все прибрежное

болото, оказалась верным. Увеличение популяции рыбы здесь сегодня больше, чем потери в результате работы атомной электростанции, а восстановленные болота, как говорит Тил, невозможно отличить от расположенных рядом естественных водно-болотных угодий, хотя основной целью было создание более комфортных условий для рыбы.

Компания PSEG продолжает вести наблюдения за болотами и устраняет проблемы, которые время от времени там появляются. «Спустя 20 лет мы все еще проводим доработки, — продолжает Тил. — После завершения большинства программ по восстановлению биосистем специалисты возвращаются через год, затем, возможно, через три, и на этом все». Делать все как следует стоит недешево, суммарные затраты на данный момент составили более \$100 млн. Но это намного меньше того, что требуется на сооружение градири, нужная для этого сумма составляет \$1 млрд и более.

Гималаи экосистемных сервисов

Успешно восстановлены тысячи гектаров солончаковых болот залива Делавэр. Но смогут ли ученые обратить вспять то, что директор Национального центра изучения болот Фил Тернипсид (Phil Turnipseed) назвал «величайшей экологической, экономической и культурной трагедией Североамериканского континента», — утрату прибрежных земель в штате Луизиана? Специалисты говорят, что за прошедшие 80 лет там исчезло более 4,5 тыс. кв. км водно-болотных угодий. Ответ на этот вопрос мы узнаем, возможно, уже скоро.

Правительство штата подготовило 190-страничный Всеобъемлющий генеральный план Луизианы по созданию устойчивого побережья, предусматривающий восстановление умирающих болот и создание новых главным образом за счет перенаправления насыщенного наносами водного стока Миссисипи на болота и побережье Мексиканского залива. Кроме того, регион ожидает миллиардов долларов от нефтедобывающего гиганта BP в качестве компенсации за разлив нефти из буровой платформы *Deepwater Horizon*. «Сегодня есть и план, и деньги, чего ранее никогда не было», — говорит Стив Кокран (Steve Cochran), директор программы «Восстановление дельты реки Миссисипи», проводимой Фондом защиты окружающей среды.

При подготовке плана была учтена необходимость сосредоточения на одной-единственной цели — воссоздании и сохранении сотен квадратных километров земли. Масштаб здесь на несколько порядков больше, чем у того, с чем приходилось работать раньше. Сделай все как надо, и появится шанс защитить побережье от штормов и в то же время вернуть к жизни огромный и очень продуктивный регион, который Джон Дэй (John Day), почетный профессор прибрежной экологии Университета штата Луизианы, называет «Гималаями экосистемных сервисов». Сделай что-нибудь не так, и с подъемом уровня воды Мексиканского залива Новый Орлеан, вероятно, превратится в современную Атлантиду и сотни тысяч людей из-за наводнения будут

Свидетельства утраты

50%

водно-болотных угодий утрачено в Северной Америке, Европе и Китае с 1990 г.

3,6 млн га

мангровых лесов утрачено во всем мире с 1980 г.

102 тыс. га

мангровых лесов исчезают ежегодно во всем мире

74%

растительности восстанавливаются в восстановленных экосистемах (по отношению к здоровым естественным угодьям)

вынуждены покинуть свои дома, оказавшись выброшенными на опустошенное побережье безо всякой надежды на возвращение.

Живой пример успешного воссоздания экосистемы — дельта Вакс-Лейк, обширная область новых водно-болотных угодий, искусственно созданная к юго-западу от города Морган-Сити (штат Луизиана) после того, как в 1942 г. военные строители начали перенаправлять насыщенный наносами водный поток реки Атчафалайа. «Это красивейшая территория с изумительными очертаниями и разнообразными пейзажами поросших ивняком берегов. — говорит Дениз Рид (Denise Reed), главный научный сотрудник недавно организованного Водного института Мексиканского залива в столице Луизианы Батон-Руже. — Почва там действительно твердая: на ней можно спокойно прыгать».

Рид и другие ученые, составлявшие генеральный план, предполагают, что аналогичный отвод водного потока за 50 лет приведет к образованию 500 кв. км новых болот. Однако скептики, такие как Джин Тернер (Gene Turner) из Университета штата Луизиана, убеждены, что эти цифры чрезмерно оптимистичны. Ученый утверждает, что даже в идеальных условиях для наноса земли, как показывает многолетняя история гидрологических наблюдений, результат составляет около одной пятидесятой от величины, полученной путем расчета по модели генерального плана. В ряде экспериментальных работ по уводу потока, которые продолжались в течение более десяти лет, намочить твердую почву так и не удалось. «Они тратят огромные ресурсы на проекты, которые, как уже доказано, ошибочны», — говорит он.

Тернер в меньшинстве. Тем не менее данные показывают, что критически важно наличие осадочных пород нужного типа и в достаточном количестве. Дельта Вакс-Лейк зиждется на песчаном основании из минеральных осадочных пород толщиной от 2 до 4 м, которое обычно возникает при больших прокопах в теле речной дамбы.

Небольшая брешь в дамбе позволит отвести поток, способный нести лишь мелкозернистые породы органического происхождения, которые, скорее всего, будут смыты уже следующим ураганом. Еще одна сложность состоит в том, что воды Миссисипи насыщены удобрениями, попадающими в реку с ферм Среднего Запада, что позволяет растениям пышно разрастаться, не пуская глубоко вниз стабилизирующие почву корни. Это делает вновь намоченные земли уязвимыми и неспособными противостоять штормам. Именно поэтому Тернер и другие специалисты выступают в пользу альтернативы изменения направления течений — заполнить каналы, прорытые нефтедобывающими компаниями, извлеченным грунтом, насыпав его вдоль них, чтобы ослабить силу морского прилива и тем самым помочь растениям развиваться.

Так же как чуть более толстый слой глины столь разительно повлиял на характер растительности крошечных участков болот, созданных Джой Зедлер в Висконсине, подобные детали окажут определяющее влияние на исход луизианского и других аналогичных ему проектов восстановления болот во всем мире. И хотя сложность задач по-прежнему ошеломляет, Зедлер отмечает, что ученые продвинулись уже достаточно далеко в понимании того, что требуется предпринять. «Мы не можем обратить время вспять, — говорит она, — но не можем и оставить попытки это сделать».

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Structural and Functional Loss in Restored Wetland Ecosystems. D. Moreno-Mateos et al. in PLOS Biology, Vol. 10, No. 1, Article No. e1001247; January 24, 2012.

■ Creating Wetlands: Primary Succession, Water Quality Changes, and Self-Design over 15 Years. William J. Mitsch et al. in BioScience, Vol. 62, No. 3, pages 237–250; March 2012.

■ Wetland Creation and Restoration. William J. Mitsch in Encyclopedia of Biodiversity. Second edition. Edited by Simon Levin. Academic Press, 2013.

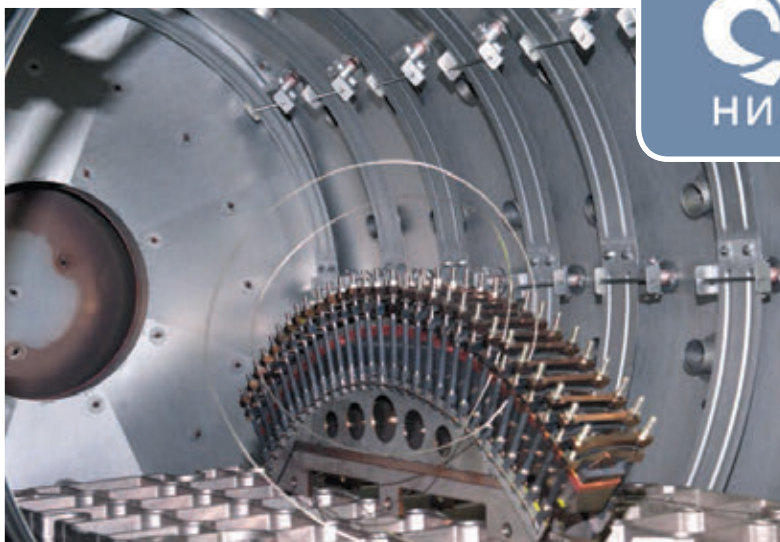


ITER

**КАК БАЗА
ДЛЯ РАЗВИТИЯ**



РОСАТОМ



Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова в Санкт-Петербурге был среди тех, кто стоял у истоков проекта ITER и принимал самое активное участие в разработках на всех этапах. И неудивительно, что сегодня НИИЭФА стал одним из ключевых разработчиков и поставщиков оборудования для главного мегапроекта XXI в. — и не только для него. Об истории этого сотрудничества и о планах на будущее мы беседуем с заместителем генерального директора института Валерием Аркадьевичем Беляковым.

— Валерий Аркадьевич, ваш институт НИИЭФА — активный участник проекта ITER. Расскажите о задачах института в рамках этого проекта и об истории этого сотрудничества.

— Сотрудничество между НИИЭФА и ITER зародилось не сегодня. Мы активно начали работать уже на фазе концептуального проекта — с 1988 г. Затем был инженерный проект — с 1992 по 1998 г. и вплоть до сегодня.

— В некотором роде ваш институт стал одним из основоположников этого сотрудничества?

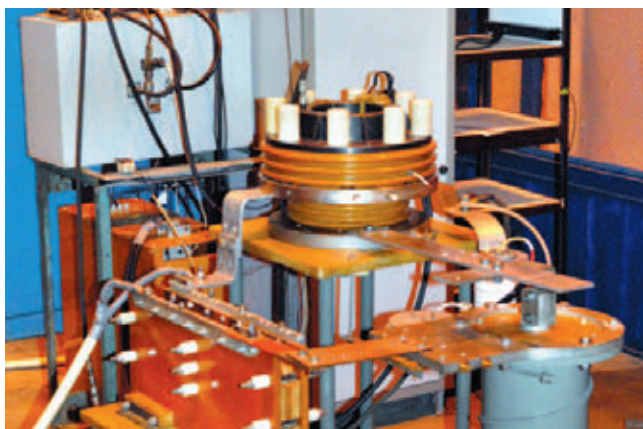
— Более того, директор нашего института Олег Геннадиевич Филатов в течение долгого времени, по крайней мере с 1992 по 2007 г., выполнял роль так называемого лидера домашней команды, т.е. это, по существу, координация всех работ в России по проекту и по НИОКР в его обоснование. Так что история длинная.

Пакетное предложение

— Если говорить более подробно о сотрудничестве с ITER, НИИ электрофизической аппаратуры обладает

хорошо подготовленными кадрами в области анализа различных систем реактора, в первую очередь электрофизических. К ним относятся системы, создающие магнитные поля: это магнитные катушки различного назначения, вакуумная камера, внутрикамерные элементы — дивертор, первая стенка. Кроме этого у нас довольно сильные позиции не только в России, но и в мире по созданию коммутационной аппаратуры для систем электропитания магнитной системы. Сегодня в рамках контракта между ITER и российским домашним агентством пакет по коммутационной аппаратуре, шинпроводам и резисторам самый большой.

Если говорить о том, чем НИИЭФА интересен ITER, то стоит посмотреть на состав изделий, которые мы разработали для экспериментального термоядерного реактора. Сейчас изготавливаются опытные образцы. Начиная со следующего года мы уже переходим на серийное изготовление отдельных устройств элементов систем ITER.



— Каких конкретно?

— У нас шесть так называемых пакетов, или шесть контрактов на изготовление отдельных систем. Наиболее крупный из них, как я уже сказал, — это коммутирующая аппаратура, резисторы, которые способны при выводе энергии воспринимать энергию до 50 ГДж (это огромная цифра), и шинопроводы. Мы должны поставить 4,5 км шинопроводов на *ITER*. Сейчас эта работа уже переведена в разряд серийного изготовления, поскольку шинопроводы должны быть установлены тогда, когда здание строится. Сейчас на *ITER* всю идет возведение зданий.

Следующий пакет относится к изготовлению и поставке так называемых диверторов. Это устройства, которые воспринимают тепловые потоки из плазмы, — высоконагруженный элемент, относящийся к высоким технологиям. Здесь мы должны поставить часть дивертора — его центральную сборку. Этот элемент представляет собой стальную опорную конструкцию, на которой закреплены паянные либо сваренные элементы, обращенные к плазме и воспринимающие нагрузку от 5 и до 20 МВт на квадратный метр.

Еще один пакет относится к проектированию и изготовлению панелей первой стенки. Это тоже высоконагруженная часть токамака, поскольку она контактирует напрямую с плазмой. Температура на поверхности — где-то порядка 660° С,

Грани сотрудничества

Оборудование, подлежащее изготовлению и поставке

ЭЛЕМЕНТЫ ОБОРУДОВАНИЯ	КОЛИЧЕСТВО
Коммутационная аппаратура	
Быстродействующие коммутационные аппараты для <i>SNU</i>	Более 140 аппаратов различных типов
Защитные аппараты с взрывным приводом (для <i>FDU</i> и <i>SNU</i>)	
Тиристорные выключатели и ключи	
Разъединители, заземлители	
Энергопоглощающие резисторы	
Резисторы для <i>SNU</i>	18 ГДж / 500 секций
Резисторы для <i>FDU</i>	50 ГДж / 800 секций
Система шинопроводов	
Алюминиевые шины (с опорами)	4500 м
Медные вставки для компенсации теплового расширения	2850 шт.
Медные шины для соединения аппаратов	400 м
Силовые коаксиальные кабели	40 км
Система измерения токов и напряжений обмоток	Более 100 датчиков
Устройства управления и контроля	~70 стоек управления

а температура основы, на которую опирается первая стенка и которая охлаждается водой, от 70° и до 130° С. Перепады огромные.

Были большие проблемы с пайкой, со сваркой, но мы их сумели решить. При этом мы вынуждены были построить в НИИЭФА специальный участок, или цех, где собрано все современное оборудование для пайки и сварки различного назначения.

Третий пакет в этом направлении работ — это тепловые испытания. Сейчас мы в НИИЭФА соорудили большой стенд для тепловых испытаний, оснащенный электронной пушкой с мощностью 800 кВт, на котором будут испытываться мишени дивертора, изготовленные в других странах — в Японии, в Европе. Они нам будут поставлять эти элементы, которые нужно будет нагружать до 20 МВт на квадратный метр. По существу, мы здесь играем роль ОТК. Мы либо даем разрешение на дальнейшее производство, либо останавливаем производство вследствие неудовлетворительных свойств сварки или пайки этих элементов.

Когда принималось решение о распределении заказов по всем странам, российские представители и я в том числе решили участвовать во всех ключевых технологиях, чтобы этот опыт мы могли в дальнейшем использовать для наших национальных проектов. Поэтому следующий элемент, за который мы взялись, — элементы вакуумной камеры. Это двухстеночная конструкция, которая имеет достаточно толстые стенки (от 50 до 70 мм). По существу, это первый барьер безопасности реактора. И материал использован своеобразный — сталь 316LN. При сварке таких толстостенных конструкций нужно было решить ряд технологических проблем. Сегодня большинство проблем решены, и мы уже сейчас вместе с нашим контрагентом — компанией MAN из Германии — приступаем к изготовлению первых патрубков для вакуумной камеры.

Последний пакет связан с изготовлением крупномасштабных катушек для создания магнитного поля. Одну из таких катушек, которая называется полоидальная катушка PFI, мы сами спроектировали и сейчас изготавливаем. Это катушка диаметром около 9 м и весом свыше 200 т, которая изготавливается из достаточно жесткого проводника, основанного на сверхпроводнике из ниобий-титанового сплава. И там нам тоже пришлось решить ряд вопросов. Мы здесь, на самом деле, оказались пионерами, поскольку остальные катушки такого же масштаба, может даже чуть больше, должна изготавливать Европа. Но Европа не сумела пока решить те проблемы, которые мы на сегодня решили, и передала часть работ в Китай. Такая интересная ситуация.

В целом в рамках сотрудничества НИИЭФА и ITER у последнего есть довольно большой спрос на наших инженеров, научных работников. Сегодня один из моих сотрудников — Александр Борисович Алексеев — назначен заместителем директора ITER и работает в Кадараше в этом качестве.

ITER — основные факты

1986 г.

- ✓ Начало переговоров по ITER

1988–1990 гг.

- ✓ Концептуальный (эскизный) проект ITER

1992–1998 гг.

- ✓ Инженерный (технический) проект ITER, начало НИОКР по ключевым проблемам и системам реактора

1999–2001 гг.

- ✓ Инженерный (технический) проект ITER со сниженной примерно в два раза стоимостью, проведение крупномасштабного НИОКР в обоснование проекта

2002–2005 гг.

- ✓ Доработка инженерного проекта ITER и завершение НИОКР в его обоснование

2006 г.

- ✓ Подписание Соглашения о строительстве ITER

2007 г.

- ✓ Создание Международной организации ITER

— Работа по этим шести пакетам ведется параллельно или это последовательный процесс — сначала с одним пакетом закончили, потом второй и т.д.?

— Работа ведется параллельно, потому что основная поставка на ITER начинается с 2015 г., и потом, в зависимости от пакета, первые поставки планируются на 2015–2016 гг. Заканчиваются поставки по коммутирующей аппаратуре в 2017–2018 гг. По первой стенке и дивертору завершение поставок ожидается в 2021 г. Все основные системы — магнитные катушки, коммутирующая аппаратура, патрубки вакуумной камеры — должны быть готовы к пуску реактора, который пока планируется на конец 2020 г.

— Европа довольно сильно отстает по графику, чуть ли не на два года. Это как-то сказывается на вашем производстве? Допустим, аппаратура готова, а ставить ее некуда.

— Это правильный вопрос. Действительно, когда отстает один из партнеров в крупном проекте, где задействованы семь участников, это создает трудности и для нас. Во-первых, мы пытаемся в срок изготовить и поставить на ITER оборудование. Это хорошо, но его надо где-то хранить. ITER уже обращается к нам с запросом о временном хранении оборудования на наших площадках.

У таких задержек есть еще одна негативная сторона. Любые задержки в проекте — дополнительные финансовые средства. Продукция начинает дорожать из-за того, что не поставляется вовремя. Трудности подобного характера возникли не только у нас, но и у наших партнеров. Особенно резко реагируют на это Корея,

Китай, в меньшей степени — Соединенные Штаты, поскольку у них более гибкий, чем у нас, график финансирования, и Индия.

С пользой для всех

— Вы затронули тему собственных наработок, своего ноу-хау. Чего еще в этом плане удалось добиться интересного? Как это оптимизировало процесс производства?

— Здесь нужно понимать, что *ITER* — это мегапроект, в него вовлечены лучшие силы из мира физиков и лучшие специалисты — инженеры, технологи, по существу, со всего мира. За исключением того, что мы приобретаем опыт производства оригинальных элементов (причем многие из них по своим параметрам превосходят аналогичные образцы), мы получили от государства, по существу, инвестиции в наше производство. Если посмотреть на наш станочный парк, на оборудование для пайки, сварки, для изготовления различных технологических элементов, то мы увидим, что НИИЭФА сегодня стал обладателем новейшего оборудования отечественного и импортного производства. В наше время никого не удивляют пятикоординатные станки. Это трудно себе представить, но такие станки уже широко используются. Применяются новые технологии, мы закупили установку для горячего изостатического прессования. У нас есть оборудование для сварки. Я точно не помню, но, по-моему, шесть или семь типов различных сварочных технологий. Самое главное — на этом проекте за это время выросло новое поколение инженеров, ученых, которые занимают сегодня ведущие позиции в своем секторе деятельности. У нас очень сильные лаборатории, которые занимаются электромагнитными расчетами, анализом криогенных систем, механическим и тепловым анализом. Выросло целое поколение молодых специалистов, которые умеют быстро и качественно проектировать с использованием трехмерной графики, используя современные графические пакеты.

Мы широко используем систему электронного документооборота. У нас развита система планирования, основанная на самом современном программном обеспечении. Мне кажется, что, возможно, это главный результат нашей деятельности в *ITER*, потому что это молодые ребята. У меня в центре два молодых начальника лаборатории — одному 27 лет, другому около 30 лет. Это нечто новое в нашей деятельности. Обычно начальниками лабораторий становятся после 30–35 лет, а эти ребята активные, сильные, потому что они имеют все современные инструменты для исследований. Мы постоянно обновляем компьютерный парк, сегодня инженера без компьютера не встретить.

Почему мы рассматриваем *ITER* не только как международный проект? Вообще говоря, мы его воспринимаем как инновационный проект. Я думаю, что в дальнейшем те знания, навыки, технологии, которые развиты в НИИЭФА, могут быть применены в совершенно других отраслях науки и техники. Это тоже очень важный итог.

— Уже на внутреннем рынке, в России?

— На внутреннем рынке, причем уже на мировом уровне. Это важно, особенно учитывая ситуацию с нашим валовым национальным продуктом, его динамикой. Появление такого рода инвестиций позволяет сказать, что НИИЭФА будет стремиться и имеет все возможности для того, чтобы повышать производительность труда, наращивать объем продукции самого высокого качества.

— Какого экономического потенциал у всего этого «богатства» — производственного, кадрового? Это может как-то дать толчок именно с точки зрения развития экономики или это все больше ориентировано на международные проекты?

— Потенциал таков, что нас приглашают в самые разные проекты, в том числе и российские.

— Какие интересные российские проекты у вас в разработке?

— Одно из последних приглашений — проект по созданию высокоскоростного грузового либо пассажирского транспорта на основе поездов на магнитной подушке. Если этот проект пойдет дальше, то станет хорошим началом для нашего развития и интересным проектом для страны. Кроме того, мы участвуем еще в двух мегапроектах. Первый проект — *XFEL*, лазер на свободных электронах, который сейчас сооружается в Германии, в Гамбурге на базе института *DESY*. Здесь мы участвуем в поставках теплых магнитов для этого комплекса. Второй мегапроект — это *FAIR* в Дармштадте, недалеко от Франкфурта, крупный заказ на поставку теплых магнитов. Конечно, в том, что нас признают в мире и приглашают к участию в этих проектах, есть и какая-то доля *ITER*, т.к. наш институт более детально начали узнавать за рубежом и по этой причине зовут в другие проекты. Может, будут еще интересные предложения, опять по магнитам. Пока еще идут разговоры, но это для медицины.

Безусловно, участие в проекте *ITER* будет помогать нам, если мы будем участвовать и в национальных проектах, которые развиваются, например, во ВНИИЭФ в Сарове, в ИФВЭ.

Нужно понимать, что у нас нет жесткой специализации. Люди, которые занимаются расчетами, конструируют, участвуют в подготовке, в наладке производства и в нем самом, по существу, одни и те же. Такой универсализм в свое время нам помог выжить, когда действительно было очень трудно, — в 1990-х гг. Мы брались тогда за любую работу, сейчас тоже не отказываемся — будь это УТС (управляемый термоядерный синтез), магниты для физики высоких энергий или другие проекты.

— Судя по всему, магниты — ваш конек?

— Это один из способов зарабатывать деньги, поскольку мы умеем достаточно хорошо делать прецизионные магниты. Подобных фирм в мире не так много. У нас есть сильный конкурент в Новосибирске, с которым мы делим рынки влияния. Он специализируется также и в термоядерных исследованиях, имеет большой опыт в производстве магнитов.

У нас довольно тесное сотрудничество со многими институтами. Например, мы плотно работаем с Курчатовским институтом, который сейчас подготовил предложения, в том числе с нашими помощью и участием, по национальной программе УТС. Сегодня закончили проектирование и начали производство систем для модернизации термоядерной установки Т-15. Нас приглашают участвовать в проекте термоядерного источника нейтронов. Мы будем участвовать и в национальном проекте гибридного термоядерного реактора — конечно, если правительство даст деньги.

— Но это пока еще далекое будущее?

— Все кажется далеким, но время летит быстро. У нас хорошие отношения с Дубной, мы участвуем и в их работах. В системе научных центров России НИИЭФА занимает прочную нишу сильной инженерной организации, готовой выполнить любые заказы на технику для физики плазмы, ускорителей и ускорительных комплексов.

Есть интерес к нам и за пределами *ITER* — в производстве циклотронов для медицины, томографов и другого оборудования. Довольно интересный проект, который мы развиваем, но пока он наталкивается

на недостаток средств и недостаток поддержки, — внутрисосудистые стенты. Мы стараемся работать во всех областях, где есть интерес к нам. По существу, мы коммерческая организация. Тем более сейчас мы реорганизованы в ОАО и обязаны зарабатывать себе на жизнь.

Хотя я должен сказать, что именно *ITER* сыграл огромную роль в тех преобразованиях и последних событиях, которые произошли в институте. Мы коснулись участия и в других мегапроектах и национальных проектах. Это важно, что в России существует сообщество научных подразделений, научных институтов, академических центров и таких инженерных организаций, как наша. Я вижу в этом успех не только *ITER*, *FAIR*, *XFEL*, но и других, национальных, проектов, которые развивают Дубна, НИЦ «Курчатовский институт» и другие институты. ■

Подготовил Виктор Фридман



! Справка

Валерий Аркадьевич Беляков — заместитель генерального директора ФГУП НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, директор Научно-технического центра «Синтез», доктор физико-математических наук.

- ✓ В 1969 г. окончил ЛПИ им. М.И. Калинина по специальности «Инженер-электрофизик».
- ✓ В 1968 г. начал работать в НИИЭФА.
- ✓ В 1977 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 2004 г. — докторскую.
- ✓ В 1992 г. приказом министра РФ по атомной энергии включен в состав Национальной дирекции *ITER*; в октябре 1996 г. назначен заместителем директора *ITER* по Российской Федерации.
- ✓ В 2003 г. назначен директором Научно-технического центра «Синтез», в 2004 г. — заместителем генерального директора НИИЭФА.
- ✓ В настоящее время — профессор кафедры теории систем управления электрофизической аппаратурой СПбГУ.
- ✓ Читает лекции в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете на электромеханическом факультете по специальности «Инженерная электрофизика и ТВН».
- ✓ Автор более 100 научных работ. Многократно выступал с докладами на международных конференциях, симпозиумах и рабочих совещаниях.



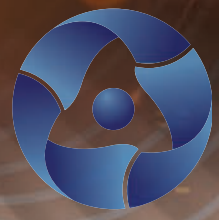
GE 5.720V

TANT
ACTION CORE

ANGEL
WB.NET

HIO

SEQUENCE
7.0



POCATOM

Единая программа

*В России десятки научно-исследовательских групп и институтов занимаются изысканиями в области термоядерного синтеза. Для более продуктивного и результативного проведения термоядерных исследований необходимо объединить все заинтересованные институты под единой программой для получения результата совместных трудов максимально быстро и эффективно. Сейчас эта программа находится в состоянии разработки: к 2023 г. планируется получение первого источника термоядерных нейтронов, а уже к 2030 г. первой пилотной термоядерной электростанции. О будущем российской термоядерной энергетики мы говорим с директором института физики токамаков НИЦ «Курчатовский институт», директором отделения физики токамаков-реакторов ГНЦ РФ ТРИНИТИ **Энгленом Атакузиевичем Азизовым.***

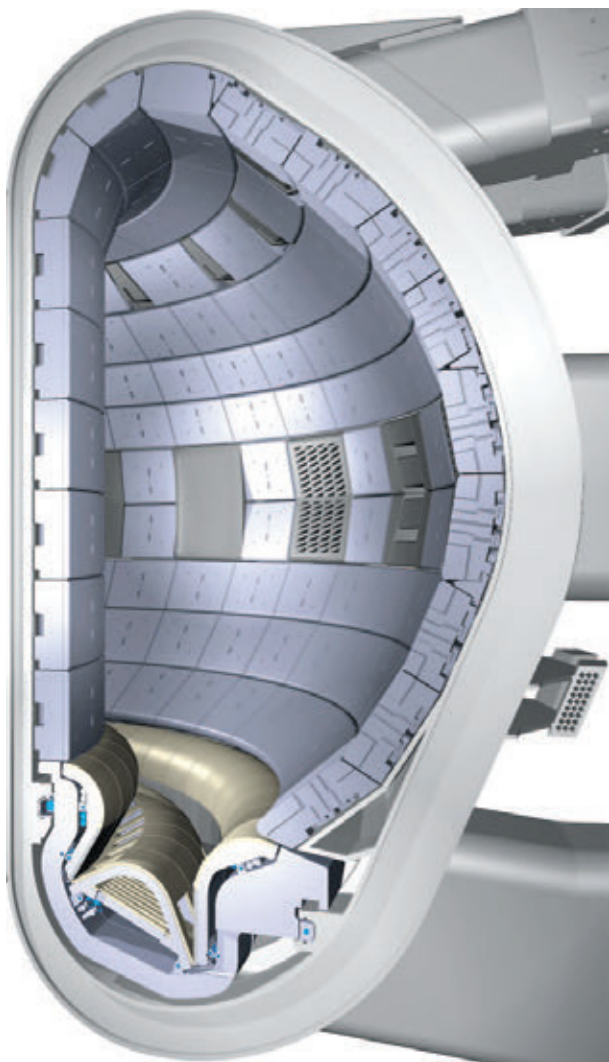
— Расскажите, пожалуйста, о программе объединения научных центров, занимающихся управляемым термоядерным синтезом.

— Программа сейчас находится в стадии разработки. Она проходит целый цикл обсуждений на разных уровнях. По ходу вносятся разные предложения, дополнения, изменения. Подробное всероссийское совещание состоялось 17–18 февраля в Курчатовском институте. В работу над программой вовлечено много институтов и организаций, каждая из которых должна выполнять ее часть в конкретные сроки и в рамках определенного финансирования. Сопоставить и согласовать все это непросто. К концу года мы должны представить разработанную программу «Росатому» и Министерству

образования и науки для окончательного утверждения на правительственном уровне. Научный руководитель программы — Евгений Павлович Велихов, президент Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

— Кто выступил инициатором этой программы?

— Сложно сказать, кто стал именно инициатором. Во-первых, научная общественность считает, что без программы, рассчитанной на длительную перспективу, мы просто не сможем правильно организовать научные исследования и разработки. Во-вторых, и «Росатом», и Курчатовский институт обеспокоены тем, что нам приходится работать без определенных целей и задач, одобренных правительством.



— И что должна изменить эта программа?

— Это документ, который охватывает все направления научных исследований и разработок на длительное время, он задаст вектор развития и объединит усилия различных групп ученых. Программа станет основой термоядерной энергетики как в чистом варианте, когда у нас происходит только выделение энергии за счет синтеза легких ядер, так и на основе так называемых гибридных вариантов, когда реакция синтеза и реакция деления объединяются в одном устройстве.

— Какие институты и организации можно назвать в качестве потенциальных участников этой программы и как будет разделена работа?

— Институтов много, я перечислю только часть. Это Курчатовский институт, институты «Росатома», институты РАН, кроме того МИФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ, СПбГУ, Новосибирский государственный университет и т.д. О разделении такого объема работы кратко не рассказать. Приведу некоторые примеры.

НИИЭФА им. Д.В. Ефремова в Санкт-Петербурге определяется как главный конструктор будущей установки, но основная его деятельность заключается в разработке конструкции и технологии создания вакуумной камеры и электромагнитной системы. НИКИЭТ будет заниматься бланкетом — внутренней стенкой нашей камеры. ВНИИНМ им. А.А. Бочвара будет подбирать материалы, а Курчатовский институт станет отвечать за технологическую составляющую бланкетом. И таких моментов много — когда каждый из институтов, участвующих в программе, должен сделать свою часть работы.

— Какую роль в этой программе играет ITER?

— ITER — это отдельная программа, направленная на создание технологической платформы будущей термоядерной энергетики в мире, но мы используем их научные и технологические достижения во внутренней термоядерной программе. ITER — научный фундамент, на котором мы строим свою программу с учетом как уже полученных, так и будущих экспериментальных данных.

— Для чего нужен этот источник термоядерных нейтронов?

— Сейчас не существует источников термоядерных нейтронов подобной мощности. Это будет первая демонстрационная модель такой установки. Он необходим как для научных исследований, так и для наработки топлива из урана-238 и тория-232, которое сейчас не используется, а также для отработки электрофизических и ядерно-физических вопросов, связанных со строительством пилотного реактора. Эти две программы строительства источника и пилотного реактора неразрывно связаны. Без источника развития термоядерного реактора невозможно.

— А есть какие-то трудности, возникающие в процессе реализации этой программы и достижения поставленных целей?

— Принципиальных трудностей в создании самой программы нет. Сейчас происходит согласование всех моментов, связанных с реализацией программы. Трудности начнутся тогда, когда мы будем проходить через органы, которые должны обеспечить финансирование этой работы. Это непростая задача, программа очень емкая и затратная. Но она имеет конечный результат. К 2030 г. мы должны построить пилотный реактор, т.е. на нем будут отработаны серийные технологии и осуществлен полный цикл: получение энергии, наработка топлива, утилизация отходов и другие задачи. Промежуточная цель — это демонстрационный источник термоядерных нейтронов, который мы должны построить к 2023 г. Правда, эти сроки будут действительны только в случае утверждения нашей программы. ■

Подготовил Бурхан Массалимов

Комментирует доктор физико-математических наук, начальник отдела перспективных научных проектов отделения физики токамаков-реакторов ГНЦ РФ ТРИНИТИ, член международной группы ITER А.В. Красильников:

ITER помимо своего прямого назначения, т.е. демонстрации принципиальной осуществимости использования энергии синтеза в промышленных целях, имеет еще несколько измерений, значение которых если не равно, то вполне сопоставимо с основной задачей проекта. К одному из таких измерений относится воссоздание или масштабное обновление, выведение на принципиально иной уровень тех производств, без которых невозможно своевременное изготовление порученных России компонентов будущей установки. Так, например, в Удмуртии, в городе Глазове, на Чепецком механическом заводе с нуля создано сверхпроводниковое производство, и сейчас, по оценке специалистов Международной организации ITER, наши сверхпроводники

по своим параметрам — одни из лучших в мире. Новый виток развития получило материаловедение, поскольку в пакет российских обязательств входит поставка одних из самых энергонапряженных компонентов установки — модулей первой стенки бланкета и центральных сборок дивертора. Существенное развитие в России получили исследования по разработке методов диагностики плазмы, систем генерации неиндуктивного, стационарного тока. Разработаны и успешно испытаны гиротроны с рекордными параметрами. Все это стало возможным благодаря участию России в международном проекте ITER. Полагаю, что это будет серьезной базой для реализации российской национальной термоядерной программы.

! Справка

Энглен Атакузиевич Азизов

Директор института физики токамаков НИЦ «Курчатовский институт», директор отделения физики токамаков-реакторов ФГУП «ГНЦ РФ ТРИНИТИ».

- ✓ Родился в Ташкенте. В 1954 г. поступил на физико-математический факультет ТашГУ, который окончил в 1959 г. По завершении обучения был направлен на работу в Институт ядерной физики АН УзССР, где занимался исследованием мощных разрядов в продольном магнитном поле. В 1961 г. поступил в аспирантуру ИАЭ в отделение физики плазмы. В 1979 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, утвержден в звании профессора.
- ✓ С 1967 г. работал в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова в отделе академика М.Д. Миллионщикова.
- ✓ В 1975 г. был переведен в ЦКБ «Алмаз» начальником отдела и заместителем главного конструктора по созданию крупных лазерных комплексов.
- ✓ В середине 1970-х гг. Е.П. Велихов и Б.Б. Кадомцев выдвинули идею проведения термоядерного эксперимента по достижению $Q = 1$ в токамаке с сильным магнитным полем и адиабатическим сжатием плазмы и предложили Э.А. Азизову организовать работы по этому направлению.
- ✓ С 1977 г. перешел на работу в филиал ИАЭ, где возглавил работы по созданию уникального комплекса установки токамак с сильным полем и адиабатическим сжатием плазмы, создав отдел импульсной энергетики.
- ✓ Под руководством Э.А. Азизова разработаны концепции компактных токамаков реакторного масштаба как для российской программы, так и в рамках международного сотрудничества. В настоящее время Э.А. Азизов — член Научно-технического комитета Международной



организации ITER. В 2009 г. назначен директором Института физики токамаков РНЦ (ныне НИЦ) «Курчатовский институт».

- ✓ За цикл работ по физике излучающих разрядов вместе с рядом ученых в 1981 г. удостоен Государственной премии СССР. В 2003 г. присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». В 2010 г. вместе с группой ученых удостоен Премии Правительства РФ по науке и технике.



ПОБЕДИТЬ РАК



В тот день, когда мы пришли в Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена (МНИОИ), на каждом сотруднике — от работников регистратуры до руководства института — красовались цветные ленточки, казалось бы, довольно легкомысленные для такого серьезного учреждения. Оказывается, как раз в этот день, 4 февраля, отмечался Международный день онколога, и МНИОИ решил принять в нем участие, проведя очередной День открытых дверей, когда пациенты могут получить бесплатную консультацию специалистов, а врачи — послушать лекции ведущих онкологов России. Такие ленточки принято надевать всем врачам и пациентам, которые солидарны с движением против рака. С вопроса, зачем нужны такие дни открытых дверей, мы и начали беседу с директором МНИОИ, членом-корреспондентом РАМН Андреем Дмитриевичем Каприным.

— Андрей Дмитриевич, обычно День открытых дверей — это что-то дежурно-показательное, формальное.

— Нет, у нас совсем не так. Надоело говорить, как все плохо, и мы решили действовать. Наш институт — главное онкологическое учреждение страны, а с прошлого года мы вошли в OECI — европейскую организацию, которая объединяет институты, борющиеся со злокачественными новообразованиями. Дни открытых дверей — часть нашей программы по борьбе с раком. Мало того: теперь мы стали принимать пациентов по субботам. Для многих такая первичная диспансеризация в выходной день очень удобна. На работу выходит весь коллектив, и мы принимаем 200–300 человек. Результат заметный. Скажем, среди пациентов, которых мы

принимали по поводу подозрения на заболевания молочной железы, выявили четыре случая непальпируемого рака. 15 февраля проведем такой День открытых дверей в гинекологии, а 1 марта — для больных с заболеваниями кожи. Мы решили сделать это традицией.

— Андрей Дмитриевич, вашему институту более 100 лет, и он стал одним из старейших в мире по решению онкологических проблем. Наверное, есть какие-то традиции, которые хочется сохранить навсегда?

— Да, действительно, наш институт старейший в Европе, а его история богата и чрезвычайно интересна. Рождение института связано с именем выдающего ученого, хирурга Льва Львовича Левшина. Будучи директором госпитальной хирургической клиники Московского





императорского университета, он обратил внимание членов Благотворительного общества России на печальное положение больных со злокачественными новообразованиями, уносившими ежегодно большое число жизней.

Петр Александрович Герцен, чье имя носит наш институт, руководил им с 1922 по 1934 г. П.А. Герцен — это особая эпоха в отечественной и мировой онкологии. Сегодня его именем назван целый ряд операций. Надо сказать, этот дух патриотизма сохранился и очень силен в институте. Здесь трудятся династии онкологов, и мы видим, что природа на детях вовсе не отдыхает — по крайней мере не в нашем случае.

— **В вашем институте много лет собирается так называемый «канцер-регистр» — документ, регистрирующий количество и эпидемиологию тех или иных онкологических заболеваний по регионам. Это дает возможность сделать какие-то важные выводы?**

— Да, это важно для того, чтобы принимать профилактические меры. И, надо сказать, такая «рука помощи» регионом всегда протягивалась. В рамках национальной онкологической программы наши консультанты побывали практически во всех региональных онкологических диспансерах. Всю консультативную помощь по работе с новым оборудованием оказывали именно сотрудники нашего института. Когда еще не было телемостов, скайпа, мы все равно искали возможность проводить заочные консультации: нам в конвертах присылали снимки, мы совещались, переговаривались по телефону, обменивались мнениями. Это было невероятно важно, хотя, конечно, это была куда менее точная диагностика,

чем сейчас. Сегодня, проводя телемост, например, с Хабаровском, мы обсуждаем тяжелых больных, при этом наши мнения по-прежнему далеко не всегда совпадают, идет спор, и это прекрасно. Ведь в споре рождается истина, если задача общая — помочь пациенту. Сегодня существует возможность воспринимать все то новое и важное, что есть в мировой онкологии. Мы часто ездим для обмена опытом в Европу, а те, кто живет на Дальнем Востоке, — в страны Азии, где развитие медицины также идет хорошими темпами. Мы стараемся впитать обе школы, перенять то лучшее, что в них есть.

— **Ваш институт называется московским, хотя на самом деле вы федеральное учреждение. Почему?**

— Московским он называется со времен купцов Морозовых, это как бы наш фирменный знак, хотя такое наименование и вправду уже давно не соответствует действительности. У нас традиционно хорошие отношения со столичным департаментом здравоохранения, мы всегда с готовностью подключаемся к любой онкологической программе.

— **Да и в фойе висит табличка, что институт был реконструирован благодаря поддержке тогдашнего мэра Москвы Юрия Лужкова. Еще я обратила внимание на огромную растяжку на входе в институт, где написано, что вы — национальный центр по онкологии репродуктивной системы: урология, гинекология, маммология. Это ведь тоже обязывает?**

— Это нововведение появилось благодаря приказу министра здравоохранения, на основе которого мы действительно стали национальным центром такого рода.

Это веяние времени, обусловленное значительным ростом случаев рака предстательной железы, шейки матки и молочной железы.

— С чем вы это связываете?

— Причин много, но одна из главных — повышение выявляемости. Большого прогресса удалось достичь, например, в онкологии молочной железы: раньше женщины с таким диагнозом чаще всего погибали, а теперь у нас появилась возможность помогать им на ранних стадиях. То же мы видим с урологией: становится повсеместным исследование на белок ПСА — простатоспецифический антиген, белок, который появляется в крови в процессе работы предстательной железы, и если этот показатель выше нормы, есть риск развития рака предстательной железы. Не в 100% случаев, однако повышение этого показателя должно стать тем сигналом тревоги, по которому врач обязан назначить дополнительные обследования. Раньше, когда анализа на ПСА не было, такие люди часто не доживали до старости, а сейчас у нас появилась возможность им помогать. На ранних стадиях — 95% излечиваемости. Нас даже радует, что процент заболеваемости растет: ведь вместе с этим продолжительность жизни не падает, а, наоборот, несколько повышается.

— То есть рост количества раковых больных вы связываете с большими диагностическими возможностями?

— Да, в первую очередь. Есть еще такая проблема, как старение населения, когда молодые люди стремятся уехать в Европу, а на родине остаются в основном пожилые, и у них шансы заболеть раком выше. Это заболевание в первую очередь людей в возрасте. Проблема не медицинская, а социальная. Мы не можем решить все проблемы в один день. Подчеркну еще раз: главный враг рака — это ранняя выявляемость.

— Посоветуйте мужчинам как уролог: сдавать им регулярно анализы на выявление уровня ПСА или лучше этого не делать? Ведь не секрет, что и среди ваших коллег находятся разные точки зрения.

— В западных странах, если мужчина в 45 лет не приходит на обследование и не сдает кровь на ПСА, его снимают с государственной страховки. Конечно, накажут и врача, если он не примет пациента, который в этот год должен был пройти обследование. Но и пациент не должен оставаться в стороне. И если такой пациент заболевает раком, ему скажут: а где вы были в 45 лет, когда надо было сдать кровь на ПСА? И не будут лечить за государственный счет. У нас такого нет, никого не накажут. Хотя мы всем говорим, что в 35 лет каждая женщина должна начинать проходить диспансеризацию у гинеколога и обследовать молочные железы. Сейчас много такой аппаратуры в обычных поликлиниках, и провести первичное обследование может каждый. Мужчина в 45–50 лет также может в обычной поликлинике каждый год сдавать кровь на ПСА и кал на скрытую кровь, чтобы врачи могли вовремя увидеть, не растет ли в кишечнике что-то нехорошее и злое. Ничего сложного и дорогостоящего в этом нет.

— Каким оборудованием вы можете сегодня похвастаться?

— Наш институт очень хорошо оборудован. Например, эндоваскулярное отделение, в операционной которого мы сейчас находимся, обладает аппаратом, позволяющим комбинировать методы ультразвуковой и компьютерной диагностики и рентгенологическое обследование. Это, по сути, многофункциональная операционная, где можно проводить диагностику в тех случаях, когда трудно найти опухоль и понять, как она питается, с помощью 3D-реконструкции оценить топографию органа и опухоли. Это и лечебная аппаратура, с помощью которой мы можем проводить, например, эмболизацию сосудов при кровоточащей опухоли и подготавливать тяжелого больного к химиотерапевтическому или хирургическому лечению. Это и хемэмболизация — подведение химиопрепаратов непосредственно к опухоли с последующим контролем ее состояния на этом же оборудовании.

Очень интересна диагностика. У нас есть различные аппараты компьютерной томографии — от 32- и 64-срезовых «рабочих лошадей», позволяющих в режиме сканера как бы «разрезать» тело на части, до 160-срезового аппарата экспертного класса, который демонстрирует удивительные вещи: при помощи контрастирования и перфузии распознает опухоль, узнает все о ее местоположении, кровоснабжении, находит даже самые маленькие опухоли в первой стадии, которые не всегда возможно обнаружить другими методами.

Присутствует мощная лучевая терапия: у нас есть все виды, кроме протонной, но мы надеемся, что получим и ее. Помимо современных линейных ускорителей с компьютерным планированием для так называемой прецизионной, или конформной, как ее еще называют, терапии, которая позволяет в наименьшей степени повреждать окружающие ткани, мы еще получили кибернож, который также должен расширить наши возможности и сделать лучевую терапию еще менее травматичной.

— Что это такое?

— Это радиохирургическая система, предназначенная для лечения различных новообразований и снабженная компактным линейным ускорителем электронов. При этом облучение опухоли производится не электронами, а фотонами, т.е. рентгеновским излучением, которое рождается при взаимодействии ускоренных электронов с материалом мишени ускорителя. Робот-манипулятор обеспечивает перемещение и наведение линейного ускорителя с высокой, или субмиллиметровой, точностью. Другая особенность этого инструмента — наличие ряда трекинговых систем, которые отслеживают расположение опухоли в пространстве, в том числе в режиме реального времени. Мы надеемся, что кибернож станет оружием номер один против рака легкого, против опухолевых процессов, развивающихся в трахео-бронхиальной зоне, когда крайне важно сохранить окружающие ткани, необходимые для жизнедеятельности. Мы надеемся расширить свои возможности также с помощью наших разработок.

— Какие у вас есть разработки?

— Например, мы выполняем эффективную внутритканевую лучевую терапию. Это так называемая брахитерапия, позволяющая сохранять орган. Она применяется, например, при раке предстательной железы, когда в пораженный опухолью орган внедряются источники иридия или йода-125 и больной к вечеру идет домой. При этом достигается одномоментная доза до 150 Гр — такая, которую дистанционно довести невозможно, не повредив кишку и мочевой пузырь, ведь эти органы располагаются близко. Мы делаем это и при некоторых поверхностных опухолях, когда не хотим потерять орган. Например, при такой редкой локализации, как рак полового члена: сами понимаете, к какой операции это приводит. В этой области нами разработаны очень интересные методики, позволяющие сохранить орган.

Есть разработки и по очень популярной сегодня фотодинамической терапии. МНИОИ участвовал в разработке различных красителей для оценки состояния пограничных лимфоузлов и был пионером таких разработок в нашей стране. Есть также интересные разработки в области генетики, где мы активно сотрудничаем с другими научными учреждениями, фундаментальными институтами. Сейчас мы делаем оценку количества циркулирующих опухолевых клеток в крови. У этого направления большие перспективы, потому что по-настоящему оценить качество лечения можно только с помощью генетических методик. Ведь бывает, что мы лечим пациента дорогостоящими и агрессивными химиотерапевтическими препаратами, а количество раковых клеток не падает, и нам трудно понять, идем ли мы верным путем.

— Речь идет о так называемом генетическом анализе опухоли и подборе эффективных химиопрепаратов?

— Следующий этап — определить количество опухолевых клеток, циркулирующих в крови нездорового организма, чтобы оценить изменения уже на фоне лечения, выяснить, достаточен ли уровень повреждения опухоли. Быть может, мы напрасно воздействуем на человека таким образом, надо остановиться и сменить индивидуальный план лечения?

— Но, как мы с вами знаем, к сожалению, бывают случаи, что, сколько ни меняй план лечения, ничего не помогло и человек погиб. Как вы думаете, удастся ли когда-нибудь полностью победить рак?

— Я думаю, что всем нам рано или поздно придется уходить. Что касается рака, то наш отец-основатель П.А. Герцен писал о нем так: «Неразумно и неправильно говорить о лечении рака вообще. Раки все разные. Надо понять, какой это рак, и лечить его соответственно». Казалось бы, прошло много лет, а фраза по-прежнему актуальна. Наша задача — пытаться найти ключик к этому коварному недугу. Удалось многое, но пока далеко не все.

— Существует расхожая фраза: «Дожил до своего рака». Хотя ведь есть долгожители, которые погибают вовсе не от рака. Скажем, академик Борис Евсевич Черток дожил до 99 лет и умер от пневмонии.

Моя бабушка в 96 лет умерла от последствий перелома шейки бедра и ничем до этого не болела.

— Здесь тоже существует определенный прорыв: мы приближаемся к пониманию влияния на организм многих генетических мутаций. Хирургически мы сейчас достаточно серьезно вооружены, но понимать, что происходит с клеткой с момента ее неправильного апоптоза, что становится тем триггерным механизмом, который запускает патологический процесс, — это было бы крайне важно. Когда мы будем видеть всю картину жизнедеятельности раковой клетки на всех этапах — от момента зарождения опухоли и до финала, тогда мы сможем регулировать и прерывать этот процесс. Не зря сейчас многие препараты — это так называемая таргетная терапия (от англ. *target* — «мишень»), т.е. четко направленная на конкретную цель: она разрывает некий механизм развития клетки, и именно такая терапия зачастую эффективна. Но пока она, как правило, пожизненная.

— Я знаю, что вы сами активно оперируете. Есть ли у вас какие-то свои фирменные методики?

— Я очень не люблю свою работу за то, что в ней, к сожалению, операции обычно оргауноносящие. Поэтому я увлечен разработкой различных способов замещения органов. Моя докторская диссертация — о замещении различными сегментами кишки удаленного при раке мочевого пузыря. Конечно, это очень большая операция на стыке многих специальностей. Мочеточники фактически лежат в брюшной полости, где нет мочевого резервуара, и создать его крайне сложно. Но иногда удается из различных сегментов тонкой кишки, других комбинаций сделать новый мочевой пузырь, превратить его в шар, соединить с уретрой и т.д. Это уже не чисто урологическая хирургия: там и прямая кишка, от которой нужно отойти, пересадить мочеточники в кишечный резервуар, а потом — нейрогенные тонкости, когда надо научить этот новый мочевой пузырь работать. Поэтому мы работаем и с колопроктологами, и с неврологами, которые помогают оценить состояние тазового дна. Бывает, этот мочевой пузырь содержимое не держит, и тогда надо работать с разными механизмами удержания мочи, в том числе так называемыми слинговыми методиками. А таким умением я обязан своим великим учителям, методики которых я свайвал и, может быть, развивал. Это академик Владимир Петрович Харченко, Николай Алексеевич Лопаткин, Олег Борисович Лоран, который был одним из родоначальников кишечной пластики, а я тогда еще молодым ассистентом у него учился, выхаживал больных. Без таких людей в нашей профессии состояться невозможно. Я об этом всегда помню.

— Вы не только активно оперирующий хирург и член-корреспондент Российской академии медицинских наук, но и член-корреспондент Российской академии образования — преподаете, читаете лекции студентам и тоже стараетесь их чему-то научить.

— Да, я веду кафедру урологии с курсом онкологии в Российском университете дружбы народов, и когда я вижу, что мне удалось увлечь своей специальностью молодых ребят, тоже испытываю большую радость.

Когда студент среди всего многообразия специальностей выбирает твою, и вот он уже с тобой в операционной, и ты понимаешь, что это родное лицо. И вдруг он уже окончил ординатуру, а потом — кандидат наук и заведующий отделением. Однажды он говорит: «Вы знаете, у меня папы не было и вы мне его заменили, — что может быть более ценным? Мы ведь не совсем нормальные люди, проводим на работе все свое время, и эти ребята с нами. Они учатся у нас, а мы — у них.

— **В Российском онкологическом научном центре на Каширке меня поразило большое количество объявлений, расклеенных на заборе вокруг здания и прямо на здании: «Вылечу рак травами», «Полностью излечу святой водой и молитвами» и т.д. У вас такого нет. Не клеят или срываюте?**

— Когда я год назад пришел сюда директором, вокруг нашего здания ходил человек, похожий на бутерброд, весь обклеенный листовками: «Лечим рак в Израиле». Мы его пригласили сюда и попросили больше не приходить. Надо сказать, что онкология — самая благодатная

почва для разного рода мошенников. Люди находятся в столь тяжелом моральном состоянии, что могут поверить кому угодно. Им кажется, что с этим диагнозом их жизнь закончена. А ведь это не так. Человек говорит: «У меня опухоль два сантиметра, мне конец!» И мне хочется сказать: «Чего ты боишься? Удобная локализация, метастазов нет, хорошая дифференцировка опухоли. Почему не жить?» Мы ее прооперируем, и человек на 25 лет об этом забудет. Но выращивают такое... Лопухи прикладывают, капусту, вы не представляете, что делают!

— **Не помогает?**

— Может быть, капусте и помогает. Человек пришел в поликлинику, а ему врач говорит: «С чем пришел? С раком? Так ты все равно умрешь». Увы, такое тоже бывает. Больной выходит мрачнее тучи, а на заборе написано, что его вылечат. И там ему улыбаются. Но, к сожалению, не каждая улыбка лечит. Хотя мы, врачи, должны больше улыбаться, и тогда нам будут доверять.

Беседовала Наталия Лескова



! Справка

Андрей Дмитриевич Каприн

Директор Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена (МНИОИ).

- ✓ Член-корреспондент РАМН и РАО, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ, один из ведущих специалистов Российской Федерации в области диагностики и лечения урологических заболеваний.
- ✓ На протяжении всей научно-лечебной деятельности А.Д. Каприн занимается разработкой современных методов хирургического и комбинированного лечения рака почки, мочевого пузыря, предстательной железы и других злокачественных новообразований. Применение на практике научно обоснованных оригинальных методик позволило А.Д. Каприну добиться важнейших успехов как в хирургическом, так и в комбинированном лечении самых сложных урологических больных, позволяющих не только увеличить основные показатели эффективности лечения, но и значительно улучшить качество жизни больных.
- ✓ Ежегодно А.Д. Каприным проводится более 200 сложных оперативных вмешательств по поводу различных урологических заболеваний. Важный раздел работы А.Д. Каприн — педагогическая деятельность и подготовка научных кадров в области урологии и онкологии.



Напоминание о давней трагедии:
фотография мальчика, заболевшего
натуральной оспой в 1915 г.

ОБ АВТОРЕ

Соня Шах (Sonia Shah) — научный журналист, автор книги «Лихорадка: как малярия царствовала на земном шаре 500 тыс. лет» (*The Fever: How Malaria Has Ruled Humankind for 500000*). Сейчас она работает над книгой о новых инфекционных заболеваниях.



Соня Шах

ПОКСВИРУСЫ: НОВАЯ УГРОЗА

Натуральная оспа побеждена, но теперь человечеству угрожают ее родственницы — обезьянья и коровья оспа

Десять тысяч лет назад, когда натуральная оспа только появилась, человеку оставалось уповать лишь на божью милость. Ее возбудитель, вирус, названный вариолой, вначале поражал слизистую носоглотки, а затем распространялся по всему организму. На теле появлялась сыпь — бледно-розовые пятна; они темнели, увеличивались до размеров горошины, уплотнялись, преобразовывались в пузырьки с сероватым содержимым. Температура поднималась до 40°, больной терял сознание и нередко погибал. За всю историю своего существования «рябое чудовище» унесло жизни трети инфицированных. В одном только XX в. от оспы умерло более 300 млн мужчин, женщин и детей.

К концу 1970-х гг. смертельно опасное заболевание удалось ликвидировать — прежде всего благодаря массовой противосспенной вакцинации населения, процедуре, сегодня напоминающей о себе лишь небольшими шрамами на предплечье. Лишившись пристанища — вируса натуральной оспы поражал только человека, — возбудитель исчез с лица Земли. Сегодня есть лишь две лаборатории на земном шаре, где он поддерживается: одна в США, другая в России. Если с этими образцами не произойдет ничего катастрофического — случайной утечки, генетической трансформации, — то вирус натуральной оспы никогда не будет представлять реальной угрозы.

Всемирная организация здравоохранения, провозгласившая в 1958 г. начало глобальной программы ликвидации оспы, в 1980 г. официально объявила о победе над ней; это произошло через два года после регистрации последней вспышки заболевания в Сомали. С тех пор массовая вакцинация населения земного шара не проводится, хотя в США после террористической атаки 11 сентября 2001 г. начали выборочно делать прививки некоторым военнослужащим. Таким образом, выросло не одно поколение людей, не знакомых с натуральной оспой — ни с самим заболеванием, ни с вакцинацией.

Здесь-то и таится опасность. Вакцина защищала от заражения не только вирусом натуральной оспы, но и его «родственниками», в том числе вирусами обезьяньей и коровьей оспы. В те времена, когда эпидемии оспы угрожали самому существованию человечества, этому положительному побочному эффекту не придавали значения.

Но сегодня, когда вакцинация практически прекращена, возникает вопрос: не могут ли эти плохо изученные патогены, которые, как и вирус натуральной оспы,

принадлежат к роду *Orthopoxvirus*, представлять новую опасность для человека? Здесь есть о чем беспокоиться. В отличие от человеческого вируса, обезьяньей и коровьей вирусы заражают грызунов и некоторых других животных, так что полностью избавиться от них невозможно. Число же случаев передачи их человеку в последние годы медленно, но верно растет, а кроме того, расширяется круг хозяев, что повышает вероятность их распространения по всей планете другим путем, чем ранее.

Как изменяется во времени вирусы коровьей и обезьяньей оспы, не знает никто, и вирусологи опасаются, что если изменения приведут к облегчению передачи патогенов от одной особи к другой, то дело может дойти и до человека. Это заставляет незамедлительно начать исследования потенциально патогенных вирусов, чтобы к моменту, когда худшие опасения оправдаются, быть во всеоружии.

Опасное разнообразие

История и биология поксвирусов дают некоторое представление о том, чего от них можно ожидать. 60% патогенов, несущих угрозу человечеству, в том числе и ортопоксвирусы, изначально имели других хозяев. Так, ближайший ныне существующий родственник вируса оспы человека, татерапоксвирус, выделен в 1968 г. из клеток африканской песчанки. Результаты молекулярных исследований дают основание полагать, что хозяевами эволюционного предшественника вируса натуральной оспы были живущие в Африке грызуны, возможно, уже и не существующие. Аналогично вирусы обезьяньей и коровьей оспы, несмотря на их название, паразитируют также в организме полевок, белок и других диких грызунов.

Когда предшественник вируса натуральной оспы впервые был передан человеку, он, скорее всего, не был столь контагиозен. Так считает микробиолог Марк Буллер (Mark Buller) из Сент-Луисского университета. Затем появился штамм, гораздо более мобильный. Вирус приобрел способность передаваться при чихании или кашле. Между тем люди стали жить гораздо плотнее, и распространение инфекции существенно ускорилось. Сочетание биологических и средовых факторов позволило вновь появившейся разновидности вируса оспы поражать огромное число людей по всему земному шару.

Однако легкость распространения поксвирусов не сопровождалась повышением летальности. Вирусологи до сих пор не могут объяснить, почему поксвирусы так сильно различаются по своей агрессивности. У большинства людей вирусы оспы коров, верблюдов и енотов вызывают лишь кожные проявления — образование наполненных вирусными частицами пузырьков, которые лопаются и исчезают сами по себе. В отличие от этого, вирус оспы обезьян, попав в организм человека, может быть смертельно опасен, однако далеко не всегда. Подтип, обнаруженный в бассейне реки Конго, приводит к летальному исходу 10% инфицированных, в то же время другая его разновидность — из Западной Африки — гораздо менее опасна, и заболевание почти никогда

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- 35 лет назад была официально провозглашена победа над натуральной оспой, и с тех пор вакцинация против нее не проводится.
- За это время значительная часть населения Земли утратила иммунитет не только к натуральной оспе, но и к заболеваниям, которые вызывают другие поксвирусы.
- Заболеваемость человека оспой обезьян и коров в последнее время неуклонно растет, что грозит новыми эпидемиями.

не заканчивается смертью. В 2003 г. этот западноафриканский штамм вызвал вспышку заболевания в странах Западного полушария, затронув шесть штатов США. Было госпитализировано всего 19 человек, в том числе ребенок, страдавший энцефалитом, и женщина, потерявшая зрение и проходившая подготовку к пересадке роговицы. Ретроспективные исследования привели к резервуару инфекции — грызунам, привезенным из Ганы, которые передали вирус щенкам африканских собак, в свою очередь заразившим хозяев. Такое посредничество позволило вирусу, обычно инфицирующему животных, которые редко контактируют с человеком, вызвать эпидемию среди людей.

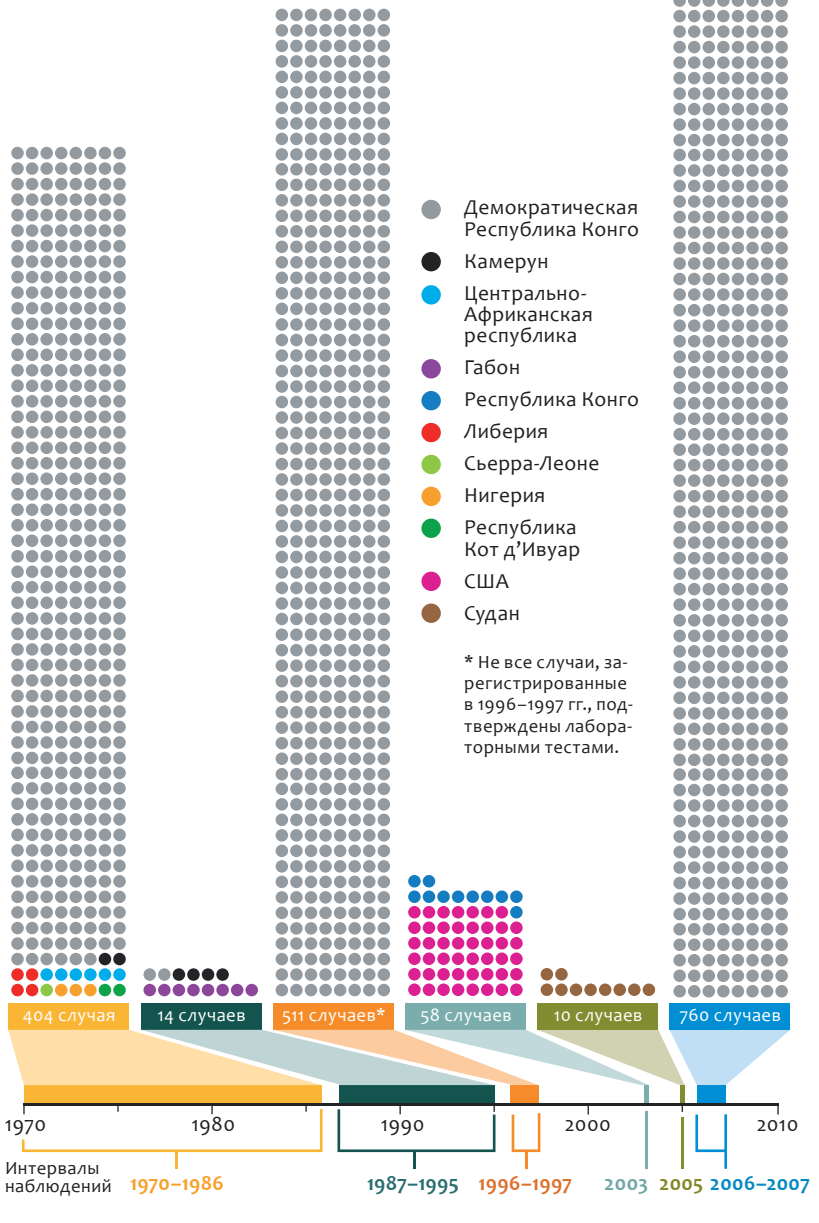
Столь сильные различия в тяжести заболеваний, возможно, связаны с минимальными генетическими различиями поксвирусов. Так, некоторые из них несут гены, кодирующие белки, которые влияют на способность иммунной системы реагировать на инфекцию. Сравнив эти гены у разных поксвирусов, микробиологи обратили внимание на один из них, обнаруженный у нескольких разновидностей. У наиболее агрессивных штаммов данный ген запускает синтез белка, который, по-видимому, блокирует координационную систему иммунной защиты, направленную на уничтожение вируса. Но аналогичный ген у штаммов вируса оспы обезьян из бассейна Конго (не столь опасных, как вирус натуральной оспы) кодирует белок гораздо меньшего размера. А у еще менее опасного штамма вируса оспы обезьян Западной Африки соответствующий ген вообще отсутствует. Таким образом, можно предположить, что короткая версия белка-блокатора у штаммов бассейна Конго каким-то образом связана с их меньшей агрессивностью по сравнению с таковой вируса натуральной оспы.

В ходе дискуссий по поводу того, каким образом разные варианты поксвирусов получили этот и другие гены, возникли кое-какие предположения относительно причины, по которой вирус оспы обезьян и его ближайшие родственники

Опасная тенденция

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ЧЕЛОВЕКА ОСПЕЙ ОБЕЗЬЯН РАСТЕТ БЫСТРЕЕ, ЧЕМ ОЖИДАЛОСЬ

Проследить за распространением вируса оспы обезьян, поражающего человека, крайне трудно: болезнь возникает в основном в глухих уголках планеты, где медицинская помощь недоступна, а выздоровевших трудно распознать. Между тем число людей, пораженных этим вирусом, неуклонно растет. Рост начался вскоре после того, как в 1980 г. была прекращена глобальная вакцинация населения земного шара, о чем свидетельствуют результаты периодически проводимых исследований. Эпидемиологи озабочены тем, что непрекращающиеся гражданские войны составляют голодающих людей поедать диких животных, возможно, зараженных каким-нибудь поксвирусом. Наблюдаемая тенденция может иметь далеко идущие последствия: новые штаммы поксвирусов постепенно адаптируются к человеку, и тогда повторения эпидемии не избежать.



SOURCES: "MONKEYPOX: AN EMERGING INFECTION FOR HUMANS" BY JOEL C. BREMAN, IN EMERGING INFECTIONS 4, EDITED BY M. L. SPECTOR, A. CRAIG AND J. M. HUGHES, ASM PRESS, 2000; "BREAKING NEWS: MONKEYPOX AFTER CESSATION OF SMALLPOX VACCINATION" BY MARY G. REYNOLDS AND INGER K. DANJON, IN TRENDS IN MICROBIOLOGY, VOL. 10, NO. 2, FEBRUARY 2012

в будущем могут представлять большую угрозу, чем сейчас. Может быть, гены, несущественные для репликации поксвируса, представляют собой копии генов клеток-хозяев, которые вирусы включили в свой геном на каком-то этапе эволюции? Однако в ходе нормального инфекционного цикла вирусные частицы никаким образом не могут контактировать с генетическим материалом зараженной клетки, находящимся в ее ядре.

Одно из возможных объяснений, как такое включение все же могло произойти, состоит в том, что человек (или другое позвоночное) был заражен одновременно поксвирусом и ретровирусом. Ситуация не представляется необычной. Известно, что ретровирусы повсеместно встраивают свои гены в ДНК клетки-хозяина. (Примерно 8% генома человека представлена ретровирусной ДНК.) Возможно, вследствие каких-то биохимических процессов, инициированных в клетке ретровирусом, поксвирус получил доступ к хозяйской ДНК и включил ее гены в свой геном.

Все, что нужно для трансформации вируса оспы обезьян в крайне опасный для человека патоген, — это несколько минимальных изменений в его геноме

Если это так, то последствия представляются катастрофическими. Сами по себе поксвирусы генетически стабильны и обычно мутируют медленно. Но если они получают возможность приобретать хозяйские гены, повышающие их вирулентность, то никто не сможет предсказать, на что будет способен поксвирус, не числившийся раньше опасным, при определенных обстоятельствах. Переход из категории почти безвредных в категорию крайне агрессивных может произойти гораздо раньше, чем ожидается сейчас.

«Младший брат» вируса натуральной оспы

Как представляется на сегодня, максимальную угрозу для человека из всех поксвирусов может нести в будущем вирус оспы обезьян. Вирусологи называют его «младшим братом» вируса натуральной оспы — отчасти потому, что он вызывает заболевание, клинически неотличимое от натуральной оспы. Впервые этот вирус был обнаружен у содержащихся в неволе обезьян в 1957 г., а по имеющимся данным, он широко распространен среди африканских грызунов. Вспышки заболеваний наблюдались только в Центральной Африке, а небольшие эпизоды — в США в 2003 г. и Судане в 2006 г.

Впервые о случаях заболевания среди местных жителей услышала эпидемиолог Энн Римойн (Anne W. Rimoin) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, когда в 2007 г. она находилась в Киншасе (Демократическая

Республика Конго). Было неизвестно, сколько человек инфицировано, каким образом это произошло и мог ли вирус распространяться дальше. Но она знала, что заболевание опасно для жизни, и хотела разобраться в ситуации на месте. Блондинка с ухоженными руками, Римойн никак не походила на женщин-аборигенов. Но она была знакома с историей Африки и местными обычаями, свободно говорила по-французски, которым владели и жители бывшей бельгийской колонии, знала некоторые местные наречия. Начала она с опросов. «Я просто обращалась к нужным людям и задавала им нужные вопросы, — рассказывала Римойн, — и мне стало ясно, что случаев заболевания гораздо больше, чем сообщалось в прессе».

Но как отыскать больных? Не удивительно, что при том уровне медицинского обслуживания, который существует в сельских регионах Конго, в поле зрения врачей попадали только те немногие из заболевших, кто оказывался в больнице. Выздоровевших же было невозможно идентифицировать, поскольку в их крови обнаруживались соответствующие антитела и нельзя было сказать определенно, образовались они в результате недавней инфекции или проведенной когда-то вакцинации. Чтобы локализовать очаг инфекции, следовало отыскать людей в острой стадии заболевания и выделить вирус из кожных пузырьков.

Римойн начала с организации исследовательской лаборатории в джунглях. Туда не вели никакие дороги, не было ни радио-, ни телефонной связи. Она наняла самолет, доставлявший ее в нужное место и обратно, и целыми днями колесила на мотоцикле или сплавлялась на каноэ, чтобы добраться до деревень в самых глухих уголках Конго.

Результаты, которые она получила, были, мягко говоря, тревожными. По сравнению с собранными ВОЗ в 1981–1989 гг. данными, число больных возросло в 20 раз. Но, по мнению самой Римойн, дела обстоят еще хуже. «То, что мы увидели, — лишь верхушка айсберга», — утверждает она. Ведь, в конце концов, проведенные 30 лет назад исследования были гораздо более масштабными, они хорошо финансировались, в них участвовало множество людей. Чем была по сравнению с ними небольшая группа энтузиастов! Как много случаев остались не выявленными?

Рост заболеваемости оспой обезьян

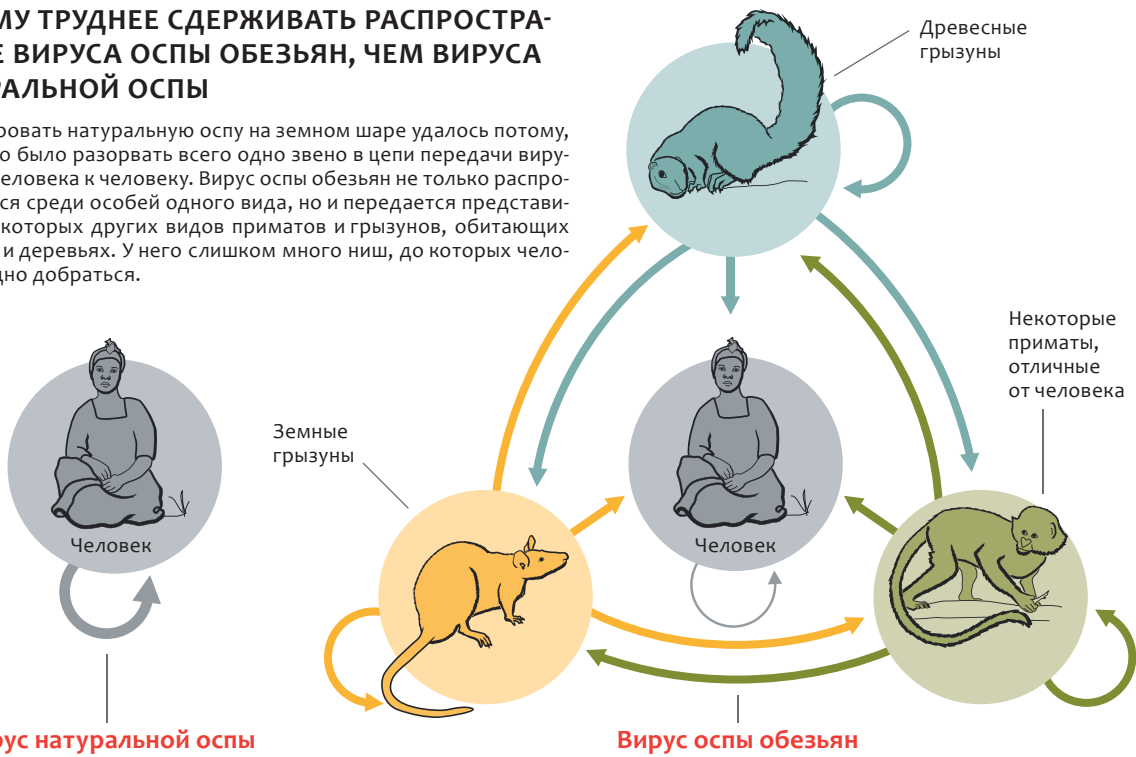
Несмотря на то что число больных оспой обезьян оказалось много больше ожидаемого, сам феномен был вполне предсказуем. Ведь большинство населения земного шара не получало вакцины от оспы (в Конго последняя прививка была сделана в 1980 г.).

Дальнейшие исследования показали, однако, что за этим стоит еще что-то. Эколог Джеймс Ллойд-Смит (James Lloyd-Smith), один из коллег Энн Римойн по Калифорнийскому университету в Лос-Анджелесе, использовал компьютерное моделирование для анализа процесса передачи обезьяньего вируса человеку. Основываясь на данных, полученных Римойн, он пришел к выводу,

Многообразие путей распространения инфекции

ПОЧЕМУ ТРУДНЕЕ СДЕРЖИВАТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИРУСА ОСПЫ ОБЕЗЬЯН, ЧЕМ ВИРУСА НАТУРАЛЬНОЙ ОСПЫ

Ликвидировать натуральную оспу на земном шаре удалось потому, что нужно было разорвать всего одно звено в цепи передачи вируса — от человека к человеку. Вирус оспы обезьян не только распространяется среди особей одного вида, но и передается представителям некоторых других видов приматов и грызунов, обитающих на земле и деревьях. У него слишком много ниш, до которых человеку трудно добраться.



что глобальный отказ от вакцинации против вируса натуральной оспы и, как следствие, утрата иммунитета к другим поксвирусам не могут объяснить наблюдаемого роста заболеваемости человека оспой обезьян. Чтобы сошлись концы с концами, число случаев передачи вируса от инфицированного грызуна человеку должно быть по крайней мере в пять раз больше, чем предполагалось.

Почему могла бы вырасти частота передачи вируса оспы обезьян человеку? Возможно, непрерывающаяся вырубка лесов для нужд земледелия привела к расширению контактов человека с инфицированными белками, мышами и другими грызунами. Кроме того, во время гражданской войны в Конго люди из-за недостатка пищи были вынуждены питаться мясом диких животных, которые могли быть инфицированы. В ходе проведенного в 2009 г. исследования обнаружилось, что примерно треть сельских жителей Конго едят мясо мертвых грызунов, найденных в лесу, и что примерно 35% случаев заболевания обезьяньей оспой приходится на сезон охоты и сельскохозяйственных работ.

Вирусологи озабочены тем, что с увеличением вероятности инфицирования людей вирус обезьяньей оспы лучше адаптируется к условиям в организме человека. Марк Буллер, занимавшийся исследованием способов заражения ортопоксвирусами человека и других животных, заявил, что вирус оспы обезьян «уже может убивать людей» и способен передаваться от человека к человеку. Все, что нужно для трансформации вируса оспы обезьян в крайне опасный для человека патоген, — это несколько минимальных изменений в его геноме.

Распространение вируса коровьей оспы

Появляется все больше сообщений и о заражении людей и животных вирусом коровьей оспы, изначально паразитировавшим в теле грызунов. На этот раз речь идет о Европе.

Обычно болезнь протекает в мягкой форме. После проникновения вируса в клетки и нейтрализации им немедленного иммунного ответа на чужеродного агента обрушивается залп антител, образуемых в организме, и вирус не успевает распространиться по всему телу. Исключение составляют люди с ослабленным иммунитетом — ВИЧ-инфицированные, онкологические больные или те, кого подготавливают к трансплантации. «У таких людей заболевание протекает очень тяжело и может привести к гибели», — говорит Малколм Беннет (Malcolm Bennett) из Ливерпульского университета в Англии. По оценкам специалистов, с 1972 г. число жителей США, восприимчивых к вирусу коровьей оспы и другим поксвирусам, увеличилось в 100 раз.

Беннет, ветеринар-патологоанатом, занимается изучением эволюции вируса коровьей оспы в дикой природе. По его словам, этот вирус обычно поражает рыжих и пашенных полевков, а также лесных мышей. От них он переходит к домашним кошкам, обычным охотникам на грызунов, а затем к хозяевам кошек, находящимся с ними в тесном контакте. Такова цепочка событий, ведущая к инфицированию человека вирусом коровьей оспы в Англии и отвечающая за половину всех случаев заболевания данной инфекцией.

Как и вирус оспы обезьян, вирус коровьей оспы начал «совершать набеги» на животных, выходящих за круг

SOURCE: "HUMAN MONKEYPOX: AN EMERGING ZOONOTIC DISEASE," BY SCOTT PARKER, ANTHONY NUARA, R. MARK L. BULLER AND DENISE A. SCHULTZ, FUTURE MICROBIOLOGY, VOL. 2, NO. 1, 2007

его обычных хозяев. С ростом численности рыжих полевок, обусловленным мягкими зимами, жертвами вируса часто становятся крысы. «Появляется все больше сообщений об участии этих животных в передаче инфекции обитателям зоопарков и домашним питомцам, — говорит Мэри Рейнолдс (Mary Reynolds), эпидемиолог из Центра по контролю распространения инфекционных заболеваний в США. — Это опасная тенденция, поскольку черные и серые крысы уверенно завоевывают земной шар». Если вирус коровьей оспы окончательно обоснуется в организме крыс, инфекция охватит миллионы людей, которые легко подхватят ее при укусе животным или контактировании с его экскрементами.

Давняя война между поксвирусами и человеком не кончилась после того, как в 1977 г. от натуральной оспы излечился последний больной. Сегодня медицина вооружена новыми методами борьбы с потенциальной опасностью, а вирусологи знают о патогене гораздо больше, чем раньше

Ортопоксвирусы давно известны как колонизаторы разнообразных видов животных. Так, вирус коровьей оспы, на основе которого получают вакцину против натуральной оспы, сегодня свободно циркулирует среди домашнего крупного рогатого скота в Бразилии и буйволов в Индии. «Некоторые штаммы этих вирусов ни разу не выделены и не изучены, — говорит Рейнолдс. — При благоприятных условиях они расширят круг своих жертв и проникнут в новые регионы. Некоторые станут патогенными для человека».

Во всеоружии

По мере увеличения числа людей, никогда не получавших вакцину против натуральной оспы, будет неуклонно расти заболеваемость оспой обезьян, коров и других животных. Уже сейчас нужно создавать новые вакцины и лекарства, сдерживающие распространение инфекции. К этому и приступили в США после инцидента с намеренным распространением возбудителя натуральной оспы. Новые вакцины и лекарства, по-видимому, будут защищать и от новых разновидностей поксвирусов, возникающих естественным путем. Но их производство и распространение, а также меры по предупреждению неизбежных побочных эффектов потребуют больших затрат. Такие вакцины, как *Bavarian-Nordic's Imvamune*, безопасны даже для людей с иммунокомпромиссным

состоянием, но в подобных случаях их следует применять в более высоких дозах и вводить в два приема, что удорожает вакцинацию. Один из новых препаратов, *ST246*, выпускаемых компанией *Siga Technologies*, предотвращает передачу ортопоксвирусов от клетки к клетке. Он пока не получил одобрения *FDA*, однако федеральные органы здравоохранения США уже закупили препарат в больших количествах.

В таких регионах, как бассейн реки Конго, где средств на закупку новых вакцин и лекарственных препаратов недостаточно, оптимальными на сегодня мерами могут быть контроль ситуации и просвещение населения. Так, благодаря осуществлению просветительской программы относительно распространения вируса оспы обезьян в Демократической Республике Конго распознать случаи заболевания теперь может 61% населения, а не 23%, как раньше. Продолжает свою работу и группа Энн Римойн; теперь вирусологи намереваются секвенировать геномы вирусов оспы, поражающих человека сегодня, чтобы проследить, как они меняются со временем. Чем быстрее будут выявлены заболевшие и чем точнее определена разновидность патогена, тем выше вероятность излечения и блокирования распространения инфекции, а также идентификации новых мутантных форм.

Давняя война между поксвирусами и человеком не кончилась после того, как в 1977 г. от натуральной оспы излечился последний больной — 27-летний работник одной из больниц Сомали. Сегодня медицина вооружена новыми методами борьбы с потенциальной опасностью, а вирусологи знают о патогене гораздо больше, чем раньше. И все это «оружие» должно быть наготове, если над человечеством нависнет реальная угроза новой эпидемии. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Extended Interhuman Transmission of Monkeypox in a Hospital Community in the Republic of the Congo, 2003. Lynne A. Learned et al. in *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 73, No. 2, pages 428–434; August 2005. www.ajtmh.org/content/73/2/428.full
- Monkeypox Virus and Insights into Its Immunomodulatory Proteins. Jessica R. Weaver and Stuart N. Isaacs in *Immunology Reviews*, Vol. 225, pages 96–113; October 2008. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2567051
- Major Increase in Human Monkeypox Incidence 30 Years after Smallpox Vaccination Campaigns Cease in the Democratic Republic of Congo. Anne W. Rimoin et al. in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 107, No. 37, pages 16,262–16,267; September 14, 2010. www.pnas.org/content/107/37/16262.full
- Сайт лаборатории Энн Римойн в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе с фотогалереей, публикациями и обзором прессы: www.ph.ucla.edu/epi/faculty/rimoin/rimoin.html

Вся пресса
в одном
месте!

 **PRESSA.RU**

ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ

Журнал
«В мире науки»
теперь
и на *pressa.ru*

Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА
из первых рук

5/6 (53/54) • 2013

ИЗ ОТ АВТОРА
К ЧИТАТЕЛЮ: ПУТЬ
ДЛИННОЮ
В 10 ЛЕТ

НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК

- ДНК НА ЗАМКЕ
- ДЕЛО БАЛКАНСКОЙ НЕФРОПАТИИ
- ФОТОХРОНИКИ ИРБИСКА
- ЗАМОРОЖЕННЫЙ ЗООПАРК

Новосибирские ученые разработали новый метод детекции Ки-антигена – ключевого белка, обеспечивающего активность системы репарации двуцепочечных разрывов ДНК, которые в значительных количествах возникают при радиотерапии раковых опухолей

В результате многолетних поисков был обнаружен токсин-убийца, вызывавший на протяжении многих лет тяжелейшие поражения почек у сербских крестьян и светских бельгийских дам

Джунгарские хомячки, родившиеся от гибридной суррогатной матери, которой были пересажены их эмбрионы из Сибирского криобанка, подтвердили гипотезу о том, что межвидовые гибриды могут быть хорошими реципиентами для эмбрионов родительских видов

ПОДПИСКА на 2014 г.
«Роспечать», индекс **46495**
«Пресса России», индекс **42272**

На сайте журнала:
www.sciencefirsthand.ru
В редакции: zakaz@infolio-press.ru

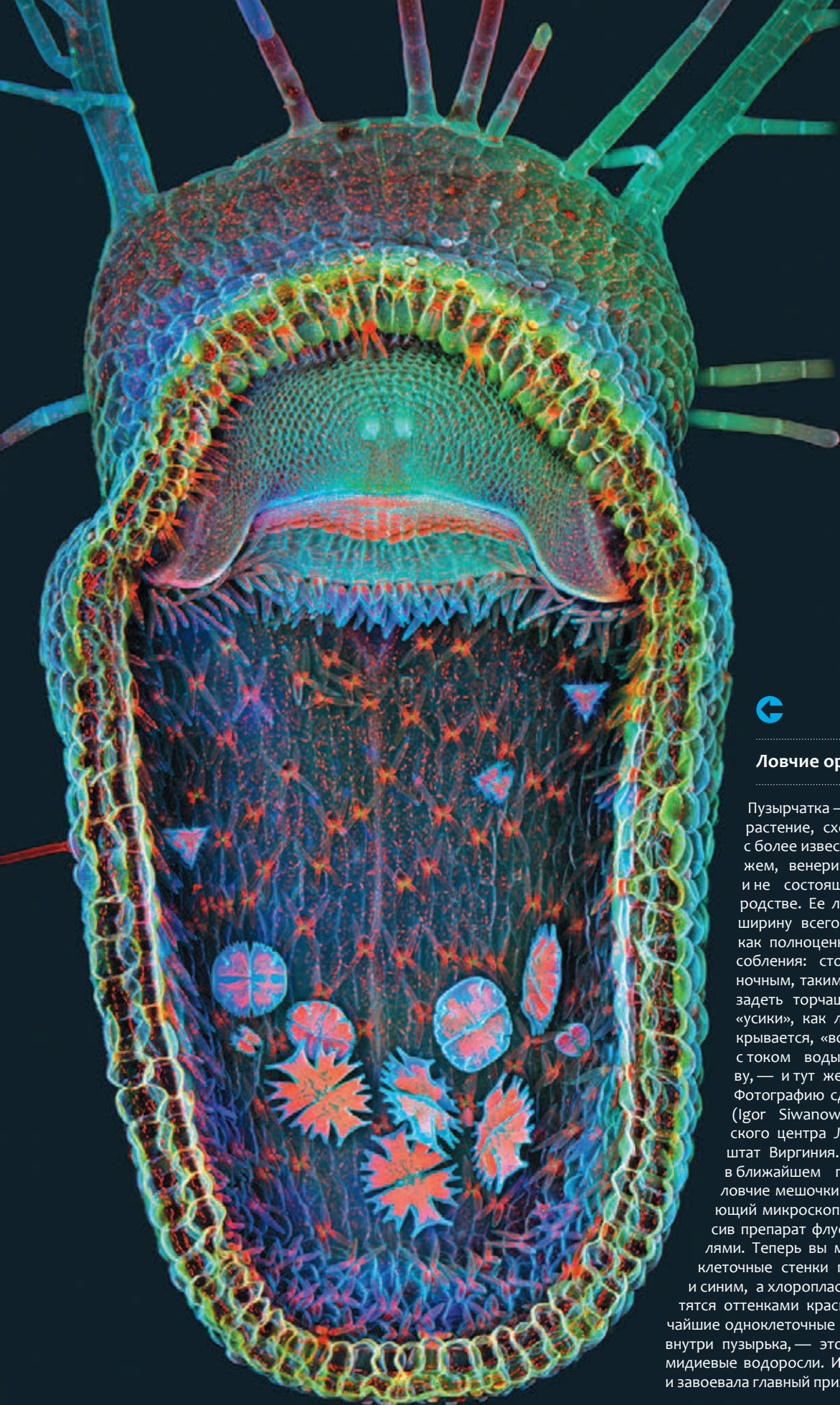
Феррис Джабр

ЖИЗНЬ ПОД ОКУЛЯРОМ

Техника и искусство макрофотографии помогают нам по-иному взглянуть на живой мир Земли и дают новое понимание его красоты

В XIX в. английский поэт Уильям Блейк написал знаменитые строчки, в которых дерзко призывал своих читателей «увидеть мир в одной песчинке и космос весь — в лесной травинке». Если бы он мог представить себе возможности современного микроскопа! Огромная разрешающая способность нынешних оптических приборов дала нам возможность увидеть доселе скрытый от глаз микрокосм, полный неподдельной красоты. Он скрывается под кожицей каждого зеленого листа, в крови, которая течет под нашей собственной кожей, в любых капле воды и комочке земли. Невероятные по своей эстетике — и научной значимости — снимки самых крошечных существ на планете и самых тонких деталей строения обычных организмов стали источником далеко идущих прорывов в изучении жизни как явления.

На нескольких следующих страницах вы вновь увидите лучшие фотографии, удостоенные призов и почетных грамот на очередном Международном конкурсе цифровой фотографии, организованном компанией *Olympus (Olympus Bio Scapes International Digital Imaging Competition)* в 2013 г. Его участниками были ученые, профессиональные фотографы и любители, занимающиеся макрофотографией в различных областях биологии. Их работы познакомят вас с необыкновенными охотничьими ловушками хищного растения пузырчатки, помогут заглянуть внутрь плаценты летучей мыши и увидеть там развивающиеся эмбрионы, узнать, что за странные «лица» прячутся в стволе пальмы и как кость динозавра превращается в миниатюрную пещеру, наполненную сверкающими драгоценностями. ■



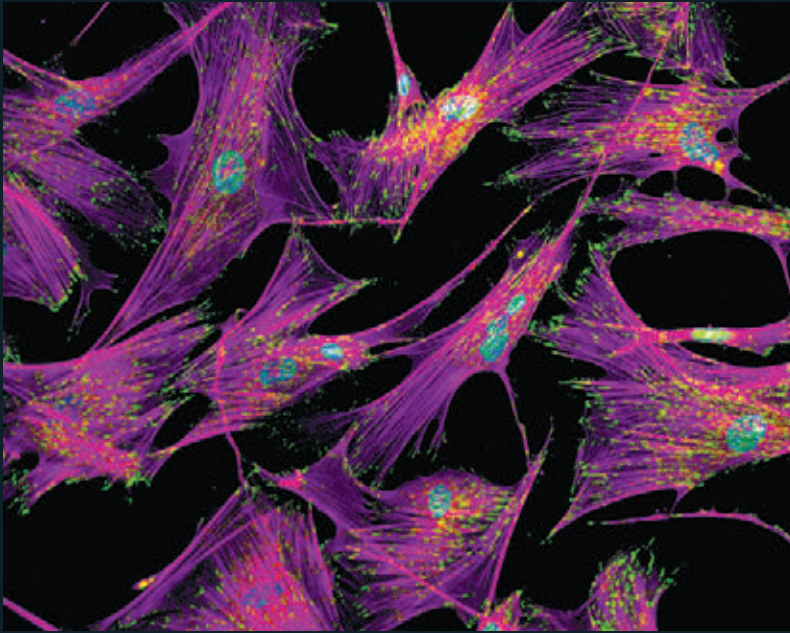
Ловчие органы пузырчатки

Пузырчатка — водное плотоядное растение, сходное по типу питания с более известной росянкой или, скажем, венериной мухоловкой, хотя и не состоящее в ними в близком родстве. Ее ловчие пузырьки имеют ширину всего 130 мкм, но работают как полноценные охотничьи приспособления: стоит мелким беспозвоночным, таким как дафния, например задеть торчащие из них крошечные «усики», как ловушка мгновенно открывается, «всасывая» в себя вместе с током воды незадачливую жертву, — и тут же захлопывается опять. Фотографию сделал Игорь Сиванович (Igor Siwanowicz) из Исследовательского центра *Janelia Farm* в Ашберне, штат Виргиния. Он выловил растение в ближайшем пруду и поместил его ловчие мешочки под лазерный сканирующий микроскоп, предварительно окрасив препарат флуоресцентными красителями. Теперь вы можете наблюдать, как клеточные стенки переливаются зеленым и синим, а хлоропласты внутри клеток светятся оттенками красного и голубого. Мельчайшие одноклеточные организмы, плавающие внутри пузырька, — это так называемые десмидиевые водоросли. Именно эта фотография и завоевала главный приз конкурса.



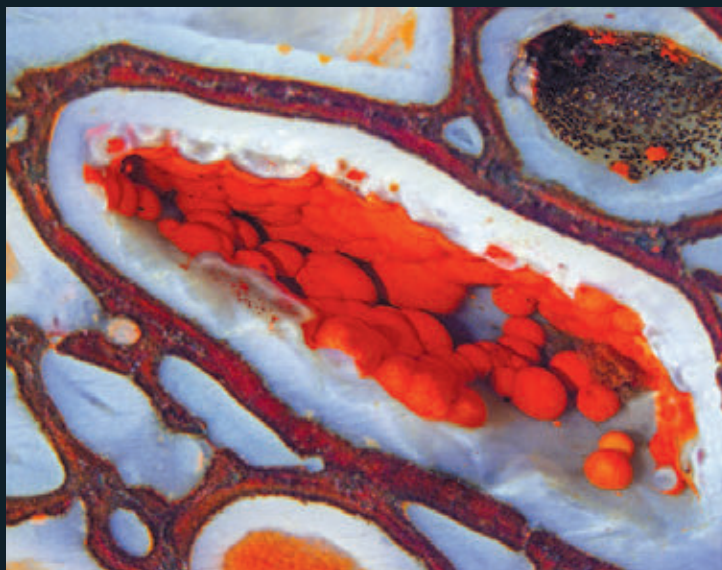
Клетки легких

Вместо того чтобы извлекать всевозможные стволовые клетки из человеческих эмбрионов, некоторые ученые наоборот возвращают взрослые клетки в недифференцированное состояние, из которого они могут затем снова стать клетками различных тканей. На фотографии Анкура Сингха (Ankur Singh) из Корнеллского университета показаны клетки человеческих легких, каждая около 130 мкм в длину, находящиеся в процессе обратной трансформации. Участвующие в этой процедуре антитела присоединяются к флуоресцентным белкам и образуют сложный протеиновый комплекс, называемый винкулином, с помощью которого растущие клетки могут прикрепляться к различным поверхностям. Винкулин дает характерное зеленое свечение, из-за чего актиновые волокна, придающие клетке устойчивую форму, становятся фиолетовыми. Эту сложную цветовую мозаику дополняют ядра клеток, окрашенные голубым.



Пальма с глазами

Глядя на срез ствола пальмы *Syagrus comosa* через микроскоп, можно подумать, что оттуда вас тоже разглядывают. Дэвид Майтленд (David Maitland) из Норфолка, Англия, сфотографировал старый препарат проводящей системы этого растения, приготовленный и окрашенный в красный цвет, видимо, еще в начале XX в. Сосудистые пучки, по которым снизу вверх и обратно транспортируются по стволу вода, сахара и питательные вещества, имеют на этой фотографии сверхъестественное сходство с черепами или масками Дня мертвых, отмечаемого в Латинской Америке. «Глазницы» образованы трубчатыми сосудами ксилемы, по которым идет восходящий ток жидкости. Длина каждого «черепа» от макушки до подбородка — около 620 мкм.



Кость динозавра

Дуглас Мур (Douglas Moore) поместил под стереомикроскоп срез кости динозавра возрастом 150 млн лет и размером с ладонь человека, чтобы изучить детали строения ее ячеистой опорной структуры (белый цвет на снимке). При увеличении в 32 раза на срезе становятся хорошо заметными округлые красные включения, которые похожи на эритроциты, содержащиеся у позвоночных в крови, но на самом деле это кристаллы диоксида кремния (кремнезема), окрашенные оксидами железа в различные оттенки красного. Присутствующая здесь форма кремнезема более известна как агат, именно она придает такие красочные оттенки жеодам в горных породах и фрагментам окаменевшей древесины. Точно таким же образом, вступая в реакцию с костью, диоксид кремния «агатизирует» ее, причем химический процесс, ответственный за это явление, уже несколько столетий остается загадкой для ученых.



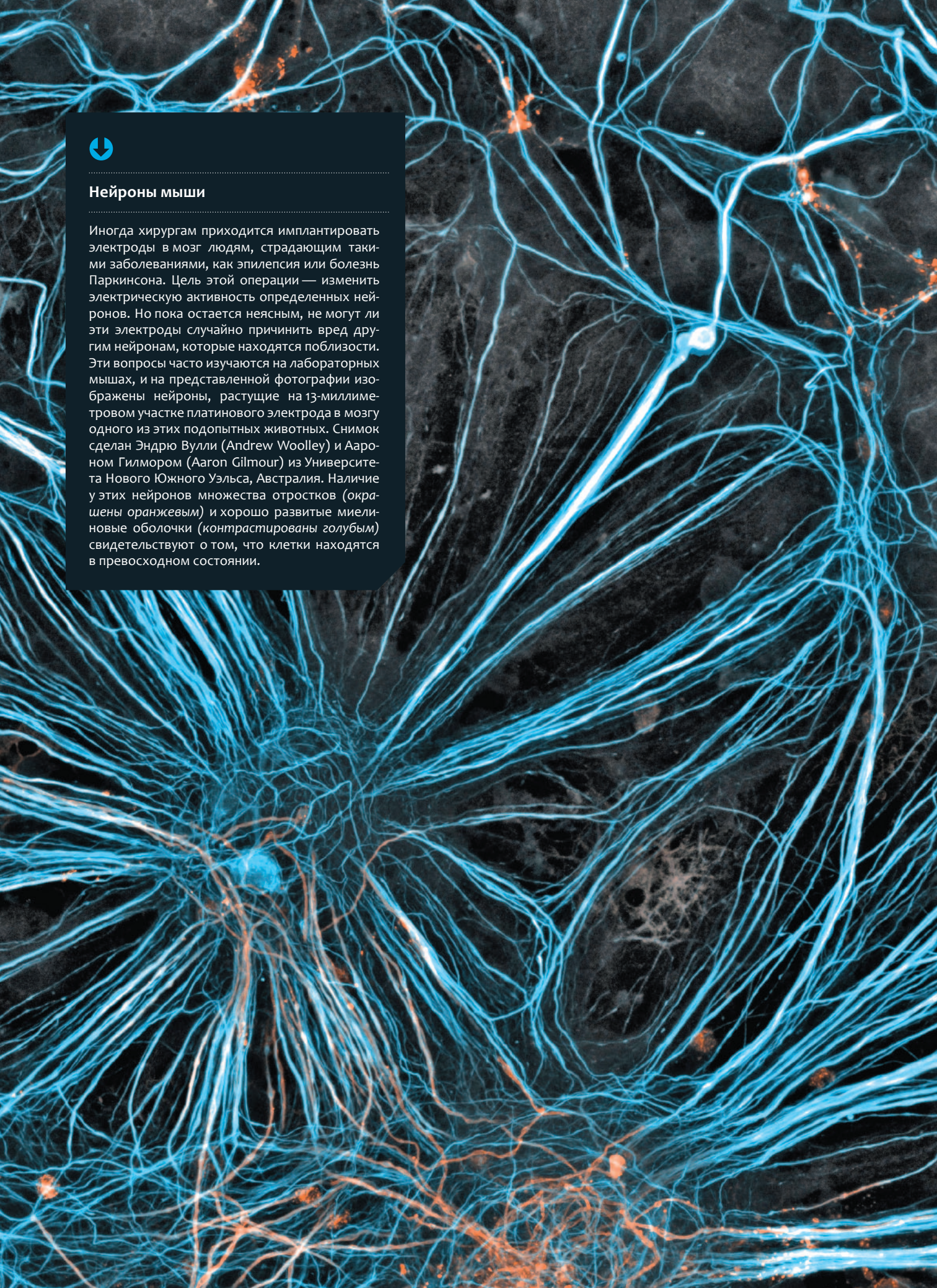
Эмбрион летучей мыши

Изображенный на фотографии сверху зародыш летучей мыши-мастифа (*Molossus rufus*) на самом деле не крупнее ластика на кончике обычного карандаша. Препарат был законсервирован в растворе поваренной соли и кислот на стадии развития, называемой «игра в прятки». По образному выражению Дорит Хокман (Dorit Hockman), работающей сейчас в Оксфордском университете, специалиста-эмбриолога и автора фотографии, это существо во время развития в материнской утробе некоторое время как бы прячет мордочку, прикрывая ее своими широкими крыльями. Дорит Хокман сделала снимок в ходе исследования, посвященного старому вопросу о том, как одинаковый набор зачатков костей в передних конечностях, общий для всех позвоночных, становится у летучей мыши основой кожистого крыла, в то время как у обычной мыши он превращается в «нормальную» лапку.



Нейроны мыши

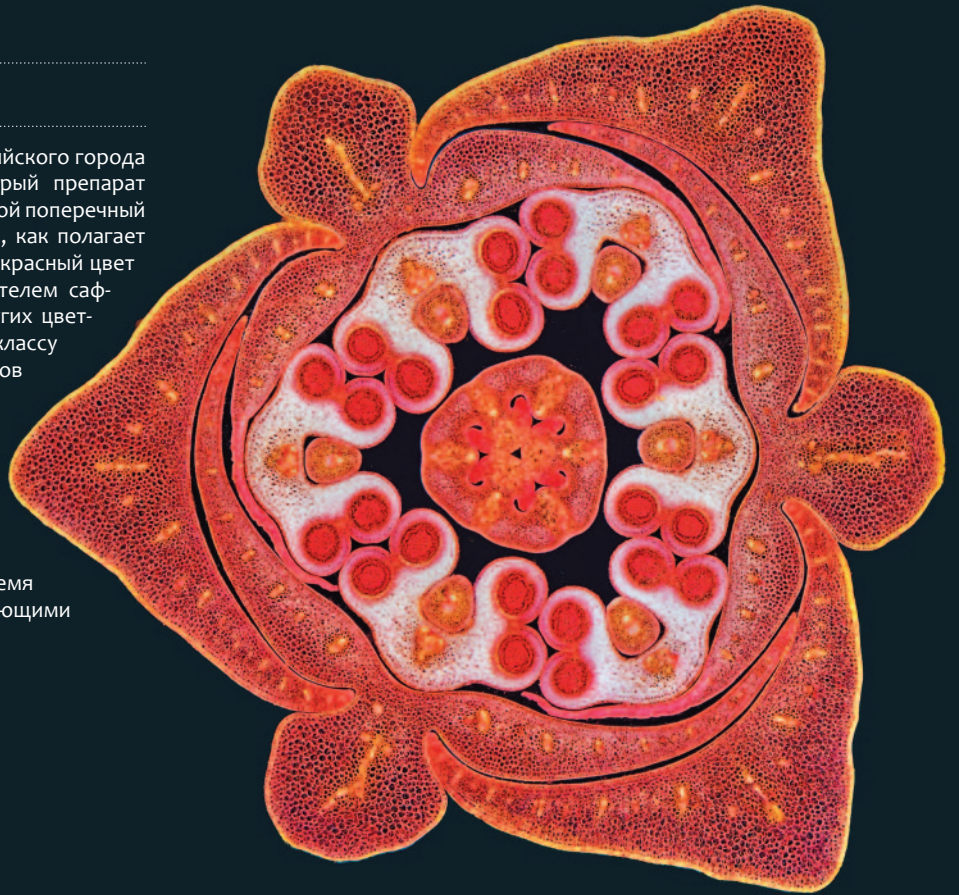
Иногда хирургам приходится имплантировать электроды в мозг людям, страдающим такими заболеваниями, как эпилепсия или болезнь Паркинсона. Цель этой операции — изменить электрическую активность определенных нейронов. Но пока остается неясным, не могут ли эти электроды случайно причинить вред другим нейронам, которые находятся поблизости. Эти вопросы часто изучаются на лабораторных мышках, и на представленной фотографии изображены нейроны, растущие на 13-миллиметровом участке платинового электрода в мозгу одного из этих подопытных животных. Снимок сделан Эндрю Вулли (Andrew Woolley) и Аароном Гилмором (Aaron Gilmour) из Университета Нового Южного Уэльса, Австралия. Наличие у этих нейронов множества отростков (окрашены *оранжевым*) и хорошо развитые миелиновые оболочки (контрастированы *голубым*) свидетельствуют о том, что клетки находятся в превосходном состоянии.





Бутон лилии

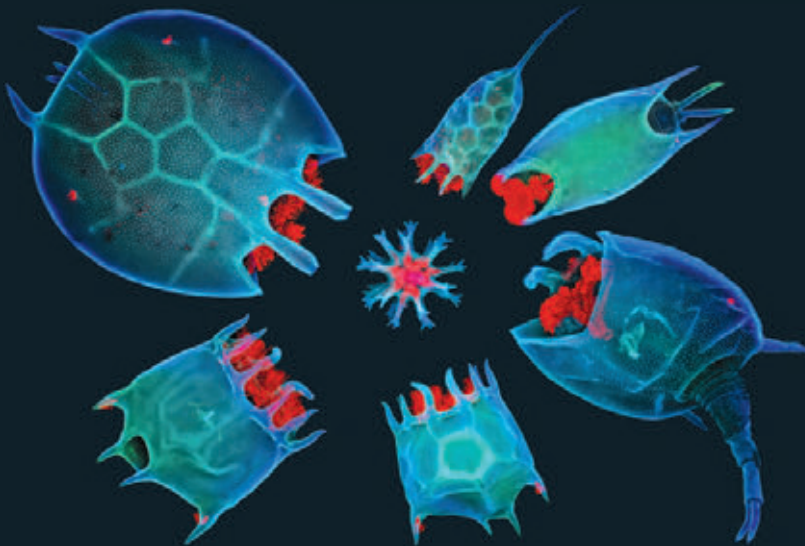
Спайк Уокер (Spike Walker) из английского города Пенкриджа сфотографировал старый препарат бутона лилии. Он представляет собой поперечный срез шириной примерно с палец и, как полагает автор фотографии, был окрашен в красный цвет специальным ботаническим красителем сафранином. Как и у большинства других цветковых растений, относящихся к классу однодольных, число всех элементов цветка у лилии кратно трем. В центре изображения находятся плодolistики, в которых созревают семена. Снаружи от плодolistиков расположены заполненные пыльцевыми зернами пыльники тычинок, а те, в свою очередь, окружены тремя лепестками и тремя крупными чашелистиками, защищающими цветок снаружи.



Коловратки

Шесть бронированных чудовищ, окружающих что-то вроде морской звезды на снимке, в действительности — всего лишь крошечные пресноводные беспозвоночные, известные под названием коловраток, так что самая крупная из особей, которых вы здесь видите (верхний левый угол снимка), едва достигает 205 мкм в ширину. Уже знакомый вам Игорь Сиванович обработал хитиновый экзоскелет коловраток, напоминающий по форме панцирь, флуоресцентным красителем, который дает под лучом лазерного сканирующего микроскопа голубое свечение. Красным пигментом на теле коловраток выделены реснички, или цилии, — короткие волоски, помогающие этим животным питаться и плавать. Звездообразная фигура в центре фотографии принадлежит одноклеточной зеленой водоросли десмидии. Как и все водоросли, она содержит хлорофилл и фотосинтезирует, а ее непривычная окраска объясняется тем, что в определенном диапазоне длины волн падающего света хлорофилл отсвечивает не зеленым, а красным.

Перевод: В.Э. Скворцов





И вновь о болезни Альцгеймера

Новый метод тестирования позволит выявлять заболевание на ранних стадиях. Поможет ли это пациентам?

Методы диагностирования болезни Альцгеймера, возможно, вскоре изменятся. До сих пор при постановке диагноза врачи опирались на такие признаки, как ухудшение памяти, асоциализация, расстройства мышления. Опытному специалисту было достаточно подобных данных для того, чтобы прийти к определенному заключению, но оно не всегда оправдывалось. В среднем у одного из пяти человек с такими признаками в действительности была другая форма деменции, а иногда и иная патология, например психическое расстройство. Чтобы поставить точный диагноз, нужно было взять пробу головного мозга, исследовать ее под микроскопом и подсчитать число белковых кластеров, так называемых амилоидных бляшек. Их аномально высокое содержание было бы веским основанием для постановки диагноза. Однако биопсия вещества головного мозга чревата осложнениями и обычно производится посмертно.

За последние десять лет разработаны новые методы сканирования головного мозга, позволяющие определить количество амилоидных бляшек у больного еще при жизни. Это ценное подспорье в исследовании патологических изменений, связанных с болезнью Альцгеймера, на самых ранних стадиях, до появления видимых симптомов. Получаемые данные достаточно достоверны, чтобы Управление по контролю качества пищевых

продуктов и лекарственных средств (FDA) разрешило применение одного из таких тестов, *Amyvid*, для обследования пациентов с когнитивными расстройствами.

Однако сомнения относительно роли амилоидов в развитии болезни Альцгеймера и практической ценности информации, получаемой с помощью сканирования, породили массу споров по поводу того, когда имеет смысл проводить *Amyvid*-тестирование. Не всякий, у кого количество амилоидных бляшек больше среднего, впоследствии заболеет, и сегодня нельзя предсказать, с кем именно это случится. Согласно полученным недавно данным, примерно у трети пожилых людей без когнитивных расстройств количество бляшек превышает среднее. А если человек будет знать, что риск заболевания у него повышен, это может навредить ему.

Одно из клинических испытаний, которое планируется провести в ближайшее время, имеет целью выяснить, дает ли положительный эффект прием экспериментального препарата пациентами, у которых при сканировании были выявлены амилоидные бляшки. Но даже если результат будет обнадеживающим, пройдет еще несколько лет, пока лекарство появится на рынке, а врачи тем временем должны будут выработать единое мнение о том, как правильнее всего использовать сканирование. Обследование может помочь при диагностике, но его прогностические возможности пока невелики.

Предыстория

Впервые корреляция между тем, что сегодня называют болезнью Альцгеймера, и образованием амилоидных бляшек была обнаружена более 100 лет назад. В 1906 г. немецкий психиатр Алоис Альцгеймер задокументировал наличие странных белковых кластеров в головном мозге умершего больного, страдавшего деменцией. К середине 1980-х гг. было установлено, что кластеры состоят из белка, называемого бета-амилоидом.

Нейроны здорового человека производят этот белок в большом количестве, но в каких целях — до сих пор неизвестно. На начальных стадиях болезни Альцгеймера и других нейродегенеративных расстройств молекулы бета-амилоида начинают связываться друг с другом, образуя увеличивающиеся со временем кластеры. Пока нет единого мнения, ответственны ли бляшки за утрату миллионов нейронов или же представляют собой побочный продукт другого, пока неизвестного процесса.

Так или иначе, они образуются задолго до появления видимых признаков деменции и их число по-прежнему считается основным показателем стадии развития болезни. Ученые из Университета Вашингтона в Сент-Луисе наблюдали за состоянием здоровья людей с редкой мутацией, при которой болезнь Альцгеймера со стопроцентной вероятностью развивается в молодом возрасте, и обнаружили у них амилоидные бляшки за 15 лет до появления характерных когнитивных расстройств.

Метод визуализации бляшек впервые попытались разработать более десяти лет назад в Питтсбургском университете. Пациентам вводили в небольшие количества радиоактивное вещество под названием *Pittsburgh compound B*. Оно попадало с током крови в головной мозг, где связывалось исключительно с амилоидными кластерами. Сканируя мозг с помощью позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), получали изображение, на котором была видна каждая бляшка, поскольку связанное с ней радиоактивное вещество испускало γ -частицы.

Основываясь на этих наблюдениях, компания *Avid Radiopharmaceuticals* разработала долгоживущее радиоактивное вещество *Amyvid*, благодаря чему время сканирования можно было увеличить. Через два года FDA одобрила применение *Amyvid*-теста, и сегодня его используют в 450 медицинских центрах США. Стоимость процедуры — \$3 тыс., а иногда и больше.

Сканировать или нет?

Как у FDA, так и у неврологического сообщества внедрение *Amyvid*-тестирования вызывает смешанные чувства. Официально метод был разрешен к применению только с целью исключения болезни Альцгеймера у пациентов с когнитивными расстройствами, что особенно ценно, когда их причина неясна. В январе 2012 г. экспертная комиссия, созданная Ассоциацией по исследованию болезни Альцгеймера совместно с Обществом ядерной медицины и молекулярной визуализации, выпустила руководство, в котором рекомендовалось обследовать этим методом пациентов только со слабо выраженными когнитивными расстройствами неизвестного

ОБ АВТОРЕ

Инфэй Чен (Ingfei Chen) — журналистка, живущая в Санта-Крузе, Калифорния. Ее статьи публиковались в *New York Times*, *Science*, *Smithsonian* и других журналах.



происхождения, а также тех, у кого деменция возникла раньше, чем это обычно бывает, или сопровождается атипичными симптомами (например, галлюцинациями и бредом). Поставить диагноз в таких случаях особенно трудно, и *Amyvid*-тестирование здесь было бы крайне полезно. Если количество обнаруженных с его помощью амилоидных бляшек невелико, значит болезнь Альцгеймера исключается и нужно искать другую причину.

Не рекомендуется проводить сканирование в тех случаях, когда никаких когнитивных расстройств у пациента нет. Амилоид-позитивный результат может не только деморализовать обследуемого и стать причиной депрессии, но и затруднить получение им медицинской страховки или водительских прав.

Несмотря на данные указания, кто-то из невропатологов может все-таки счесть результаты амилоид-сканирования достаточным основанием для постановки диагноза, и тогда пациента ожидают бесконечные тесты на наличие соответствующих симптомов. При том что никакого действенного лечения не существует, сканирование, лишь предполагающее наличие заболевания у пациента со слабо выраженными симптомами, может принести вред.

Одни эксперты полагают, что сканирование поможет пациентам и их близким подготовиться к предстоящим изменениям в образе жизни. Другие говорят, что никакого смысла в нем нет, если пациенту нельзя помочь. Дэниел Скворонски (Daniel Skovronsky) из компании *Avid Radiopharmaceuticals* вынужден признать, что вопрос оптимизации применения амилоид-тестирования пока не решен и это дело даже не завтрашнего дня.

Клинические испытания начались в декабре 2013 г. Врачи из 60 медицинских центров США планируют обследовать 3 тыс. здоровых людей пожилого возраста, чтобы выявить как можно больше амилоид-позитивных пациентов и затем, разделив их на две группы, в течение трех лет давать одним экспериментальный препарат соланезумаб (его назначают больным с уже поставленным диагнозом), а другим — плацебо.

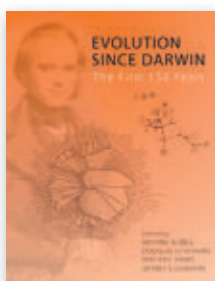
Прежде чем проводить ПЭТ-сканирование, необходимо убедиться, что участники испытания морально готовы к длительному ожиданию результатов тестирования и стойко перенесут известие о том, что амилоид-тест у них положителен. Испытания, которые завершатся к 2018 г., должны ответить на вопросы, эффективен ли соланезумаб и имеет ли смысл сегодня стараться диагностировать болезнь Альцгеймера на ранних стадиях. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

palgrave
macmillan

Книжное ОБОЗРЕНИЕ

Мы продолжаем обзор наиболее ярких новинок Palgrave Macmillan, дочерней компании британского издательства Macmillan Publishers, в состав которого входят Nature Publishing Group, выпускающая в том числе и журнал Scientific American. Проблемы экономики и вопросы эволюции стали в этот раз главным объектом нашего внимания



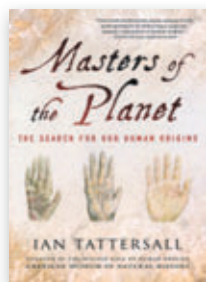
Начиная с Дарвина: 150 лет изучения эволюции. Составители: Майкл Белл, Дуглас Футуима, Уолтер Инс, Джефффри Левинтон (*Evolution since Darwin: The First 150 Years. Edited by Michael Bell, Douglas Futuyma, Walter Eanes and Jeffrey Levinton*)

Сборник эссе 39 ведущих биологов из пяти стран мира, написанных по результатам дискуссии, состоявшейся во время симпозиума в Университете Стоуни-Брук.

Ученые не просто рассказывают о своих исследованиях в области эволюционной биологии, но и размышляют о ее роли в системе современного знания. Эссе освещают историю эволюционной биологии, населения, генов и геномов, развития формы, приспособления и видообразования, изменчивости и филогении, палеобиологии, культурной и биологической эволюции человека. Отдельный аспект, специально предусмотренный составителем сборника, — приложимость теории эволюции к различным областям науки. Заключительная часть книги посвящена прогнозам. Проследившая развитие эволюционной биологии начиная с Дарвина, они рассматривают свои исследования не как итог, а как начало нового этапа работы в своих областях, а также в области молекулярной биологии и мультидисциплинарных исследований.

Дуглас Футуима. Эволюция (Douglas Futuyma. Evolution)

Книга известного американского биолога, профессора нескольких университетов, специалиста по эволюции травоядных насекомых Дугласа Футуимы предназначена не только для студентов-биологов, но и для тех, кому необходима систематическая информация по данному предмету. Начав с рассказа о первых шагах биологии, он показывает возникновение самой идеи эволюционного развития и закономерность появления теории Дарвина. Не ограничиваясь рамками биологии, он накладывает открытия биологов на историю развития жизни на Земле, работы этнографов и психологов. Книга построена как постепенное продвижение не только по историческим этапам, но и по уровням эволюционных процессов от генома к экологическим сообществам. Для облегчения восприятия текста книга снабжена объяснительным глоссарием и обстоятельной библиографией, а также системой исторических врезок, в которых рассказывается о главных открытиях и ученых, чьи работы стали этапами в изучении эволюции.



Иэн Таттерсолл. Хозяева планеты: поиски происхождения человека (Ian Tattersall. Masters of the Planet: The Search for Our Human Origins)

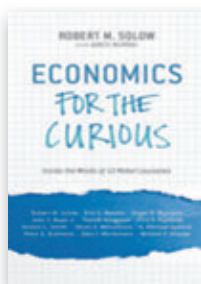
Известный ученый и почетный хранитель Американского музея естественной истории Иэн Таттерсолл — еще и яркий популяризатор своей науки, регулярно выступающий в телевизионных программах и научной периодике. Он адресует свою книгу школьникам и студентам, слушавшим его лекции в музее и Нью-Йоркском университете.

50 тыс. лет — лишь мгновение в эволюции жизни. Именно за это время человек разумный превратился в хозяина своей планеты. Подобно экскурсоводу, автор ведет читателя от первых находок окаменелостей и остатков жизнедеятельности первобытных людей к достижениям современной биологии и новейшим исследованиям палеогенетиков. Начав рассказ с того времени, когда человек начал передвигаться на двух ногах, Таттерсолл показывает, как постепенно сложилась то сочетание качеств, которое позволило человеку совершить прорыв в своей эволюции, потрясший наш мир и изменивший его навсегда.

Андре Брум. Составляющие и действующие лица мировой экономики (Andre Broome. Issues and Actors in the Global Political Economy)

Книга профессора политэкономии Уорикского университета (Великобритания) представляет собой попытку взглянуть на мировую экономику как систему сложных взаимодействующих между собой факторов. Свою

методологию автор излагает в обстоятельном введении, где выделяет ключевые фигуры и проблемы современного экономического процесса. В первой части он рассматривает основных действующих лиц мирового экономического процесса — правительства, неправительственные и общественные организации, форумы, рыночные и повседневные интересы. Вторая часть посвящена составляющим мировой экономики — глобальной торговле, денежному обращению, передвижению капитала, кризисам и борьбе за ресурсы, а также воздействию на экономику таких масштабных факторов, как загрязнение окружающей среды и глобальное потепление. Книга написана в доступной форме и читается не как научный труд, а как увлекательный рассказ о самых сложных проблемах современности.



Экономика для любопытных: что думают 12 нобелевских лауреатов. Составители: Роберт Солоу и Дженнис Мюррей (Economics for the Curious: Inside the Minds of 12 Nobel Laureates. Edited by Robert M. Solow and Jennice Murray)

Книга известных американских экономистов, ученика и преемника Пола Самуэльсона (первого американца — нобелевского лауреата по экономике) Роберта Солоу и его молодой коллеги Дженнис Мюррей, состоит из эссе, написанных 12 ведущими авторитетами современной экономической науки. Авторы, среди которых такие имена, как Пол Кругман, Эрик Маскин, Финн Кидланд, Вернон Смит и другие, не требуют особого представления. Книга дает ценную возможность узнать мнение этих блестящих специалистов по наиболее актуальным вопросам современной экономики и политики, взглянуть на экономическую науку XXI в. их глазами.

Диапазон тем включает как исторически сложившиеся и остросовременные проблемы, так и анализ современных экономических инструментов, восстановление экономики после войн, потрясений и кризисов, оптимальную тактику в условиях рецессии, использование природных ресурсов и реальные меры для повышения эффективности современной экономики. По сути, это краткое изложение эволюции экономической теории за последние полвека, представленное в легкой и доступной форме устами тех, кто ее творит. ■

Федор Капица

Более полную информацию об издательстве Macmillan можно найти на сайте: www.macmillan.ru

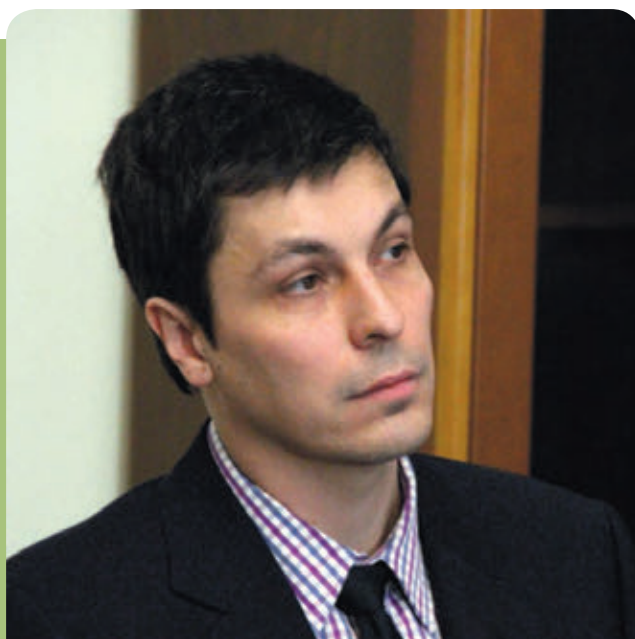


Молодая наука: будущее в настоящем

Итоги ежегодного российского конкурса молодых ученых подведены. Названы имена пятерых лауреатов, чьи работы были признаны лучшими в 2013 г. Позади волнения и сомнения, ожидание строгой оценки экспертной комиссии. Экспертам в этом году нужно выбрать из поданных 265 заявок самые сильные и перспективные. И вот четыре премии по 2,5 млн рублей вручены победителям. Лауреатов пятеро, потому что, согласно положению, премия может быть присуждена и группе ученых. Одна из премий досталась сразу двум молодым математикам.



Андрей Горобец



Алексей Полилов



Президент РАН Владимир Фортов собрал лауреатов Премии Президента РФ в области науки и инноваций за 2013 г. в историческом здании академии наук в Москве, чтобы поздравить их с этой высокой наградой. То, что встреча состоялась в знаменитом особняке над Нескучным садом, символично: многолетние традиции Российской академии наук заново воплощаются в работах молодых людей, но уже сложившихся ученых.

Герои дня — совершенно разные, но удивительно похожие друг на друга острым вдумчивым взглядом и манерой мгновенно выделять главное в задаваемых им вопросах. Они пока явно не осознавали себя звездами, слегка стесняясь внимания собравшихся журналистов, объективов телекамер. «Получить столь высокую награду в таком юном возрасте — мощнейший импульс, мы по-хорошему завидуем вам, это подчеркивает, что у вас большие перспективы. Я приглашаю вас сюда в будущем в качестве новых членов академии наук и надеюсь, что все свои силы вы будете отдавать научному поиску», — сказал Владимир Фортов.

Будущие академики охотно рассказывали о своих разработках, о том, что помогало и что мешало им в работе. С особенным волнением они говорили о тех, кто их вырастил, приобщил к сильнейшим научным школам, кто привил способность смотреть в корень и не сдаваться перед трудностями.

На эту встречу, чтобы поздравить своих молодых коллег, пришли академики Борис Четверушкин, директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, и декан биологического факультета МГУ Михаил Кирпичников. Они искренне разделяют радость своих учеников и не скупятся на похвалы — сегодня они более чем уместны. «Наука в принципе не демократична, как бы парадоксально это ни звучало. Тут массой не возьмешь, в науке

все решают индивиды. Эти ребята хотя и молоды, но уже прошли определенную школу жизни. И я надеюсь, что все эти награды и дифирамбы не вскружат им голову», — сказал Михаил Кирпичников. А Борис Четверушкин добавил: «Программы для суперкомпьютеров — это то, чем занимаются многие в нашем институте. Но вы понимаете — есть гора и есть вершина! У моих ребят в работах нестандартный подход, нетривиальные интересные находки. И как следствие — отличный международный рейтинг».

Старшие научные сотрудники ИПМ РАН Андрей Горобец и Александр Давыдов, получившие премию на двоих,



Наталья Баурова



Александр Давыдов



Владимир Новиков



Академик М.П. Кирпичников



Академик Б.Н. Четверушкин

уверены, что программирование для суперкомпьютеров — это не только самая увлекательная и сложная сфера прикладной математики, это будущее. Ведь сегодня известно всем: без этих машин, производящих триллионы операций в секунду, невозможны расчеты сложнейших процессов в веществе, создание математических моделей новых конструкций в авиастроении и космической отрасли, фундаментальные исследования в физике и медицине.

Премия молодые специалисты получили за цикл работ по созданию алгоритмов и программного обеспечения для высокопроизводительных расчетов на современных суперкомпьютерах. Суперкомпьютер принципиально отличается от всем известных «персоналок». В недрах электронного супермозга одновременно происходят миллионы процессов, в которых есть свои особые логика и архитектура. Каждый такой супермозг индивидуален, к нему надо найти подход. Иначе его действительно невероятные математические способности будут работать с мизерной результативностью. Андрей Горобец и Александр Давыдов нашли такие подходы, которые позволили при использовании 1280 графических процессоров достичь рекордной производительности — 640 терафлопс. Ими были решены уникальные задачи в области аэродинамики для авиастроения и ракетостроения. Полученные их коллективом результаты уже использованы в ЦАГИ, ЦНИИМАШ, ОАО «Авиадвигатель» (Пермь), ОКБ Туполева, ОКБ Сухого, ОКБ Камова, Российском федеральном ядерном центре ВНИИЭФ (Саров) — этот список «великанов» российской науки впечатляет.

Биолог Алексей Полилов — единственный в команде, кому премия была присуждена за абсолютно фундаментальную разработку. Выпускник биологического факультета МГУ, доцент кафедры энтомологии занимается

самыми маленькими из существующих в природе многоклеточными организмами. Миниатюрные, невидимые простым глазом живые существа населяют мир вокруг нас, и изучение принципов построения крохотного организма, его функций, развития, энергетики дает поистине фантастическую пищу для познания. Эти организмы остаются до сих пор крайне малоизученными, и Алексею удалось даже открыть новые ранее неизвестные науке виды. Это не просто классическая работа в биологии, это труд на стыке многих дисциплин — цитологии, эмбриологии, генетики, биомеханики.

Сейчас на смену лупе и биноклю энтомолога пришли инновационные методы сканирующей электронной и лазерной конфокальной микроскопии. Удалось обнаружить совершенно неизвестные ранее особенности внутреннего строения мельчайших насекомых и провести дифференциальный анализ изменений отдельных органов в процессе миниатюризации. Алексей Полилов впервые описал безъядерные нейроны, обнаруженные у этих животных, и доказал существование нервных систем, почти полностью построенных из безъядерных нервных клеток. Эти миниатюрные существа — по сути, крохотные живые машинки, на которых можно моделировать работу нейронных связей, изучать принципы работы сенсорных сетей, что, в свою очередь, открывает новые возможности для развития микроробототехники, нанооптики, генного конструирования. Эта работа выделяется своими нестандартными тонкостью и изяществом — и, конечно, принадлежностью к уникальной отечественной биологической научной школе.

По поводу недавнего студента своего факультета Михаил Кирпичников процитировал собравшимся слова заведующего кафедрой энтомологии профессора Рустема Жантиева: «Алексей — это тот человек, которого можно



ждать всю свою жизнь!» и от себя добавил, что очень рад, что премии удостоилась подобная работа. Ведь всем известна крылатая фраза: «Нет ничего более прикладного, чем хороший фундаментальный научный труд».

Наталья Баурова — молодая симпатичная мама двоих сыновей. При всем этом у нее уже немало титулов: она доктор наук и профессор Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). Ее работа — метод оценки состояния масштабных металлических конструкций (мостов, строительных каркасов, башенных кранов). Использование нового метода сможет предотвратить многие опасные ситуации. Суть проблемы в том, что задолго до того, как материал металлоконструкции начинает разрушаться, в его структуре возникают необратимые изменения на различных уровнях. И задача состояла в том, чтобы найти такие сенсоры, которые позволили бы своевременно заметить эти изменения и принять меры.

«У летчиков есть понятие "точка невозврата", — рассказывает Наталья. — При разрушении материалов тоже есть такая точка, она называется точкой бифуркации. И какие бы современные методы ни использовались, если материал уже прошел эту точку, то ресурс восстановленной конструкции будет весьма ограничен. Нашей задачей было разработать простой метод диагностирования, не требующий сложного аппаратного оформления».

Метод ультразвукового контроля, которым пользуются для диагностики металлоконструкций, сложен и дорог, требует точной техники и квалифицированного оператора. Наталья Баурова предложила принципиально другой, куда более простой подход — наносить на металлоконструкции особое углеродное волокно. Оценка долговечности производится при помощи сравнения значений электрического сопротивления на этапах сборки, монтажа, эксплуатации составных частей конструкции. Теперь в арсенале инженеров есть сама технология нанесения этих датчиков на металлоконструкции, прогноз структурных изменений, которые происходят в этих материалах, и математический аппарат, который позволяет рассчитать, когда материал приближается к опасной точке.

В этот раз впервые была вручена премия за работу по закрытой тематике. Как рассказывают эксперты, таких работ было подано 17, все очень сильные, и все они прошли во второй тур. Премию получил докторант кафедры систем сбора и обработки информации Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского Владимир Новиков. Этот скромный худощавый парень работал над своим проектом 11 лет. Тема работы — защита специальных информационно-вычислительных

комплексов и систем. Секретность материала не позволила Владимиру подробно рассказать о том, что ему удалось сделать. Он решил задачу высшей степени сложности, синтетическую, где применены не только математические, комбинаторные, статистические методы, но даже лингвистические — семантика, синтаксис. Известно, что его технологию с оригинальным нестандартным подходом уже в течение пяти лет поэтапно эффективно внедряют. «Сегодня это серьезная система, позволяющая надеяться на хорошие большие перспективы, — поясняет Владимир Новиков. — Поэтому она названа прогрессивной, она развивается, есть большой потенциал. Сейчас я занимаюсь написанием докторской диссертации, которая посвящена ее развитию».

Все лауреаты еще находятся в состоянии легкого шока, во власти свежих впечатлений от церемонии награждения в Кремле, радостно делятся планами, оживленно рассказывают журналистам о своих семьях, детях, хобби — от японского фехтования, которым, как оказалась, увлечена Наталья Баурова, до путешествий, альпинизма, скалолазания. Все они намерены продолжать работать в России. Андрей Горобец выразил мнение собравшихся очень простыми словами: «Нужно как-то донести до наших студентов, что помимо эмиграции и ухода в бизнес сейчас совершенно нормально можно работать и в науке. Вот мы берем проекты под лаборатории, берем гранты — а работать-то некому, все разбегаются по заграницам. У всех стереотип, что зарплата ученого — три копейки. А сейчас все уже совсем не так. Надо преодолевать этот штамп. Для тех, кто активно работает, здесь, дома, есть все возможности».

Екатерина Головина



Приглашенные на встречу журналисты

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 2014 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
России ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 3010181040000000225
ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Платательщик

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Платательщик

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;

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



Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Contributing editors:

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

Executive Editor:

Fred Guterl

Managing Editor:

Ricki L. Rusting

Managing Editor, Online:

Philip M. Yam

Design Director:

Michael Mrak

News Editor:

Robin Lloyd

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

Art director:

Ian Brown

President:

Steven Inchoombe

Executive Vice President:

Michael Florek

Vice President and Associate Publisher,

Marketing and Business Development:

Michael Voss

Vice President, Digital Solutions:

Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development:

Bruce Brandfon

© 2014 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:



Проблема радиуса протона

Мы думали, что знаем эту элементарную частицу. Однако недавний эксперимент по измерению радиуса протона показал, что, судя по всему, он меньше, чем ожидалось. Это может означать, что физики не понимают нечто важное либо о самом протоне, либо о квантовой электродинамике — до нынешнего момента самой проверенной и проработанной физической теории. При известной доле везения обнаруженная аномалия может привести к фундаментальной ревизии законов физики.

Помнить все

Ученые выяснили, что некоторые люди способны вспоминать детали события двадцатилетней давности так же хорошо, как если бы оно произошло вчера. Около 14 лет назад одна женщина рассказала о своей экстраординарной памяти на факты далекого прошлого. Эта история вызвала сотни отзывов от других людей, утверждавших, что они имеют схожие способности к запоминанию. Тестирование подтвердило их заявления. Сейчас нейробиологи изучают биологические основы такой превосходной автобиографической памяти.

Игры разума

Новейшие исследования показывают, что видеоигры обладают огромным образовательным потенциалом. Хорошая игра развивает сложные навыки высшего порядка — логическое мышление, способность к решению задач, навыки совместной работы, с чем традиционная педагогика зачастую не справляется. Но сегодня рекламная шумиха опережает реальные успехи. Разработчики игр в сотрудничестве с педагогами и учеными должны создать такие игры, которые помогли бы учиться и в которые хочется играть — как на уроках, так и после школы.

Никогда не говори «никогда»

Не удивительно ли то, что события, которые мы считаем экстраординарно редкими и предпочитаем называть чудесами, происходят весьма часто? Если собрать в одной комнате всего лишь 23 человека, вероятность того, что у двоих из них совпадет дата рождения, будет составлять более чем 50%. В лотереях периодически выигрывают одни и те же последовательности чисел. Странно? Математические законы больших чисел и комбинаций говорят, что нет.

Башковитые курицы

В последние годы ученые узнали, что средняя курица гораздо умнее, чем принято считать. Эти птицы хитры, способны к эмпатии и обладают развитыми коммуникативными навыками. То, что куры так умны, заставляет предположить, что подобная когнитивная развитость более распространена в животном мире, чем мы привыкли думать. Кроме всего прочего, этот вопрос имеет важный этический аспект, связанный с отношением людей к сельскохозяйственным животным.

Проект журналов
Scientific American
и «В мире науки» в России
на телеканале «РОССИЯ 24»

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР



ISSN 0208-0621
14003
9 770208 062001



«Кважартальный научно-информационный журнал»
SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки**

РОССИЯ 24

**очевидное
невероятное**

