

НЕЙРОБИОЛОГИЯ  
Как победить  
аутизм

ФИЗИКА  
Квантовая  
странность?

АСТРОНОМИЯ  
Тайны метеорита  
«Челябинск»

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC  
AMERICAN

# В мире науки

[www.scientificrussia.ru](http://www.scientificrussia.ru)  
[www.sci-ru.org](http://www.sci-ru.org)

№12 2013



# Начало времени

Эхо Большого взрыва



Журнал выходит при поддержке  
МГУ имени М.В. Ломоносова

12+

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ  
2013  
мировая  
наука



72



80

# СОДЕРЖАНИЕ

## Декабрь 2013

### Главные темы номера

#### Энергетика

##### ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТРИО

**Виктор Фридман**

В июне 2013 г. в Санкт-Петербурге Россия, Франция и США подписали Меморандум о взаимопонимании по созданию Международного центра исследований (МЦИ) на базе многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах МБИР. О проекте и о своем видении перспектив сотрудничества — руководитель Департамента ядерной энергетики КАЭ Франции **Кристоф Беар**



##### НОВАЯ ПЛАТФОРМА

**Виктор Фридман**

О российской стороне проекта МЦИ МБИР — заместитель генерального директора ГК «Росатом» **Вячеслав Першуков**

#### Идеи, меняющие мир: политические технологии

##### ЭКОНОМИСТ, КИЛЛЕР, ШАМАН

**Ольга Платицына**

Автора нашумевшей книги «Исповедь экономического убийцы» **Джона Перкинса** нельзя назвать ученым или автором какой-то оригинальной теории, однако разоблачение идей порой не менее действенно, чем их производство



#### Инновации

##### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОЛИНА МГУ: ЗДЕСЬ БУДУТ ЗНАНИЯ РАСТИ

**Наталья Лескова**

Скоро в университетском кампусе, как и в ведущих университетах мира, появится своя технологическая долина, которой уже придумали название — «Воробьевы горы». Об этом глобальном начинании мы поговорили с ректором МГУ **Виктором Садовничим**



##### 6 МАЛО НАУЧИТЬ, НАДО УДЕРЖАТЬ 24

**Валерий Чумаков**

Чтобы подготовить ученого, владеющего междисциплинарным знанием, образовательный процесс должен быть непрерывным — так считает заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт», директор Курчатовского НБИКС-центра **Павел Кашикаргов**



#### Лаборатория будущего

##### АКАДЕМИЯ НАУК КИТАЯ:

##### 10 ДОРОЖНАЯ КАРТА ДО 2050 ГОДА 30

**Ольга Персикова**

Китай — страна с миллиардным населением, быстро растущей экономикой и серьезными амбициями в области инноваций. На что сейчас делают долгосрочную ставку китайские ученые?



#### Космология

##### 14 ЭХО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА 36

**Росс Андерсен**

Ученые охотятся на гравитационные волны, готовясь впервые их поймать, а внимание научной общественности привлекают устройства, которые могут позволить астрономам наблюдать раннюю, скрытую, историю пространства и времени



#### Астрономия

##### 20 ТАЙНЫ МЕТЕОРИТА «ЧЕЛЯБИНСК» 46

**Сергей Воропаев, Андрей Елисеев и Дмитрий Петухов**

Челябинский метеорит — крупнейший подобный объект после Тунгусской катастрофы 1908 г. и бразильского события 1930 г. и единственный известный, вызвавший большое количество разрушений, при этом он не был обнаружен до входа в атмосферу Земли, что делает такие события особенно опасными для человечества





52



14

## СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ:

СОСТОЯНИЕ

МИРОВОЙ НАУКИ

2013

### ПЕРЕПУТЬЯ ИЗОБРЕТЕНИЙ

Научные открытия в современном мире все больше становятся коллективными. Возрастающий вклад ученых и инженеров всех континентов расширяет творческий потенциал человечества. Однако на этом пути ждут не только достижения, но и трудности

### КТО БУДЕТ ФИНАНСИРОВАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ МНОГООБЕЩАЮЩУЮ ИДЕЮ?

*Дэвид Каппос*

Миниатюрные роботы, персонализированные лекарства и другие способные изменить мир технологии пылятся в лабораториях, не встречая поддержки. Как решить эту проблему?

### МНОГОНАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАТЕНТНЫЙ БУМ

*Ли Бранштеттер, Франсишку Велозу и Гуанвэй Ли*

Почему рывок Китая в международном патентовании изобретений означает появление новой, международной формы исследований и разработок

### ПОКАЗАТЕЛИ ИННОВАЦИЙ

Как используют достижения науки развитые и развивающиеся страны

### ПОЧЕМУ МЕКСИКА НЕ МОЖЕТ СДЕЛАТЬ НАУКУ САМООКУПАЕМОЙ?

*Эрик Ванс*

Страна готова совершить прорыв в информационную экономику — но все еще упорно отказывается это сделать

### Нейробиология

#### ПОМОЩЬ ДЕТЯМ С АУТИЗМОМ

72

*Никогас Лэнг и Кристофер Макдугл*

Это заболевание остается медицинской загадкой, для него нет какого-либо явного способа лечения, однако существуют методики, которые могут улучшить ситуацию в долгосрочной перспективе

### 52 Физика

#### КВАНТОВАЯ СТРАННОСТЬ? ЭТО ВСЕ У ВАС В ГОЛОВЕ!

80

*Ганс Христиан фон Бейер*

Новая версия квантовой теории устраняет причудливые парадоксы. Какой ценой? Квантовая информация существует лишь в вашем воображении

### 54 История российской науки ВЛЮБЛЕННАЯ В КАМНИ

88

*Ольга Платицына*

«Прохорова Л.П.»: долгое время это был едва ли не единственный факт, известный о женщине — коллекционере минералов, собравшей на рубеже XIX–XX вв. систематическую коллекцию около 3 тыс. образцов минералов со всех концов света



60



62

## Разделы

От редакции

3

50, 100, 150 лет тому назад

87

События, факты, комментарии

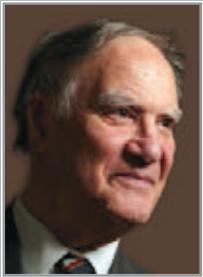
92

Книжное обозрение

94

ежемесячный научно-информационный журнал

**SCIENTIFIC AMERICAN** **В мире науки**



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

## SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

**Senior Vice President and Editor in Chief:**

**Executive Editor:**

**Managing Editor:**

**Managing Editor, Online:**

**Design Director:**

**News Editor:**

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

**Associate Editors:**

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon, Ferris Jabr, John Matson

**Podcast Editor:**

Steve Mirsky

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

**Art director:**

Ian Brown

**President:**

Steven Inchoombe

**Executive Vice President:**

Michael Floreck

**Vice President and Associate Publisher, Marketing and Business Development:**

Michael Voss

**Vice President, Digital Solutions:**

Wendy Elman

**Adviser, Publishing and Business Development:**

Bruce Brandon

© 2013 by Scientific American, Inc.

## НАШИ ПАРТНЕРЫ:



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



Российская Академия Наук



**Учредитель и издатель:** Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

**Главный редактор:** **В.Е. Фортос**

**Первый заместитель главного редактора:** **А.Л. Асеев**

**Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:** **С.В. Попова**

**Заместители главного редактора:** А.Ю. Мостинская

О.И. Стрельцова

В.Д. Ардаматская

Ю.Г. Юшквичоте

М.А. Янушкевич

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

Администратор редакции: О.М. Горлова

**Научные консультанты:**

доктор физико-математических наук, профессор П.К. Кашкаров;

кандидат геолого-минералогических наук Е.Л. Минина;

доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора

ГК «Росатом», директор Блока по управлению инновациями В.А. Першуков

**Над номером работали:**

М.С. Багоцкая, О.Л. Беленицкая, С.А. Воропаев, С.В. Гогин, Е.В. Головина, Д.А. Граб,

А.А. Елисеев, О.В. Калантарова, А.П. Кузнецов, С.А. Кузнецов, Н.Л. Лескова,

Д.И. Петухов, А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.Э. Сворцов,

В.П. Фридман, В.Ю. Чумаков, Н.Н. Шафрановская

**Верстка:** А.Р. Гукасян

**Дизайнер:** Я.В. Крутий

**Корректур:** Я.Т. Лебедева

**Президент координационного совета НП «Международное**

**партнерство распространения научных знаний»:** **Ю.С. Осипов**

**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», 143400, Московская область, Красногорский

р-н, п/о «Красногорск-5», а/м «Балтия», 23 км, полиграфический комплекс

Заказ №12 13-11-00275

© **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.

## Дорогие друзья!

**В** конце года принято подводить итоги, вспоминать самые заметные события, констатировать успехи и поражения.

Для Российской академии наук, всего научного сообщества уходящий год оказался очень тяжелым. Правительством страны был предложен план реформирования академии, который вызвал негативную реакцию научного сообщества, так как ставил под сомнение свободу научного творчества и отработанные десятилетиями механизмы принятия решений учеными. Такой радикальной реформы академия не знала за всю свою 300-летнюю историю.

В этой ситуации ученые встали на защиту науки. В полной мере были продемонстрированы мужество, сплоченность и одновременно взвешенность, готовность к диалогу. Благодаря этому удалось добиться многого. Путем сложных переговоров, дискуссий и обсуждений исходный вариант реформирования академии был значительно изменен и во многих пунктах улучшен.

Сегодня мы вступили в фазу практической реализации реформы, и наша главная задача — сделать так, чтобы она оказалась полезной для развития науки в стране. Уверены, что все вместе мы сможем ее решить.

Социологические опросы последнего времени свидетельствуют о том, что российское общество доверяет академии наук, уважает давние традиции и высокий профессионализм наших ученых (см.: «Кому доверяют россияне», стр. 4).

Дорогие читатели, уважаемые коллеги! Поздравляю вас с наступающим Новым годом! Желаю вам мужества, веры, терпения и оптимизма! Здоровья и счастья вам и вашим близким! До встречи в новом, 2014 году! ■



**Искренне ваш, Владимир Фортвов,  
президент Российской академии наук,  
главный редактор журнала  
«Scientific American / В мире науки»**

# КОМУ ДОВЕРЯЮТ РОССИЯНЕ?

**В** ноябре текущего года исследовательский холдинг «Ромир» совместно с Центром ситуационных исследований ИСПИ РАН провел очередной замер уровня доверия населения различным социальным институтам. По результатам летнего опроса мнение россиян относительно лидеров рейтинга доверия практически не изменилось. Наибольшим доверием респондентов пользуются православная церковь, президент, армия и российская наука в лице РАН.

Цель исследования — проверить, не стали ли июльские данные следствием «информационного шума» вокруг предстоящей реформы Российской академии наук. Полученные после принятия закона о реформе РАН результаты значимой динамики не показали. Лидерами рейтинга доверия остались те же институты практически с теми же показателями, что и летом.

По-прежнему лидирующую позицию в вопросе абсолютного доверия занимает православная церковь с 23% головсов респондентов. На второй строчке расположился институт президента (17%). Вооруженным силам полностью доверяют 15% опрошенных, что на 2% больше, чем минувшим летом. Российской академии наук свое полное доверие выразили 14% респондентов (диаграмма 1).

При этом сумма ответов «Полностью доверяю» и «Скорее доверяю» у лидеров по-прежнему превышает 60%. Президенту в общей сложности доверяют 66% россиян, церкви и РАН — по 64% опрошенных, армии — 61%.

Уровень доверия россиян к остальным фигурантам рейтинга несколько снизился за прошедшие несколько месяцев. Особенно ощутимо «сдали» позиции СМИ, которым теперь доверяет на 8% меньше россиян, чем летом; Госдума и Совет Федерации — по 9% потеряли оба института. На 16% меньше россиян доверяют местным органам власти (диаграмма 1).

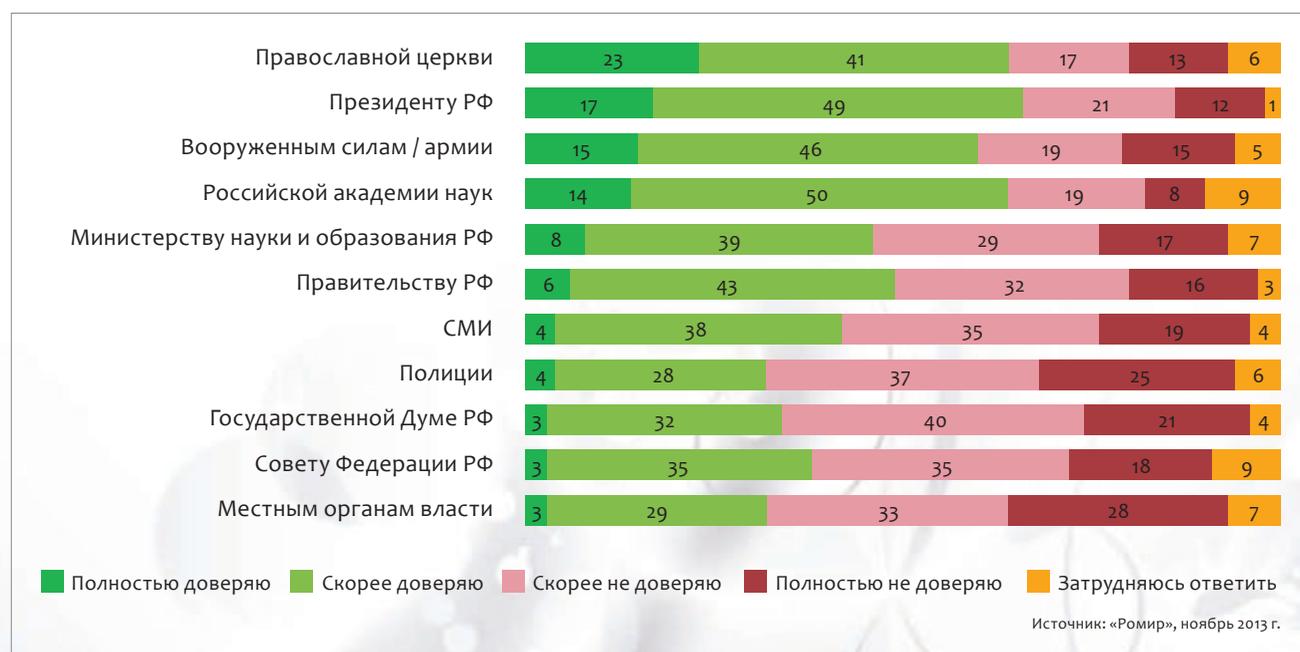
Возможно, такие изменения объясняются сезонностью. Летом россияне в целом пребывали в более благожелательном расположении духа, соприкосновения с социальными институтами были сведены к минимуму. С началом нового трудового и учебного года все вернулось на круги своя. Отсюда повышенный пессимизм в оценках.

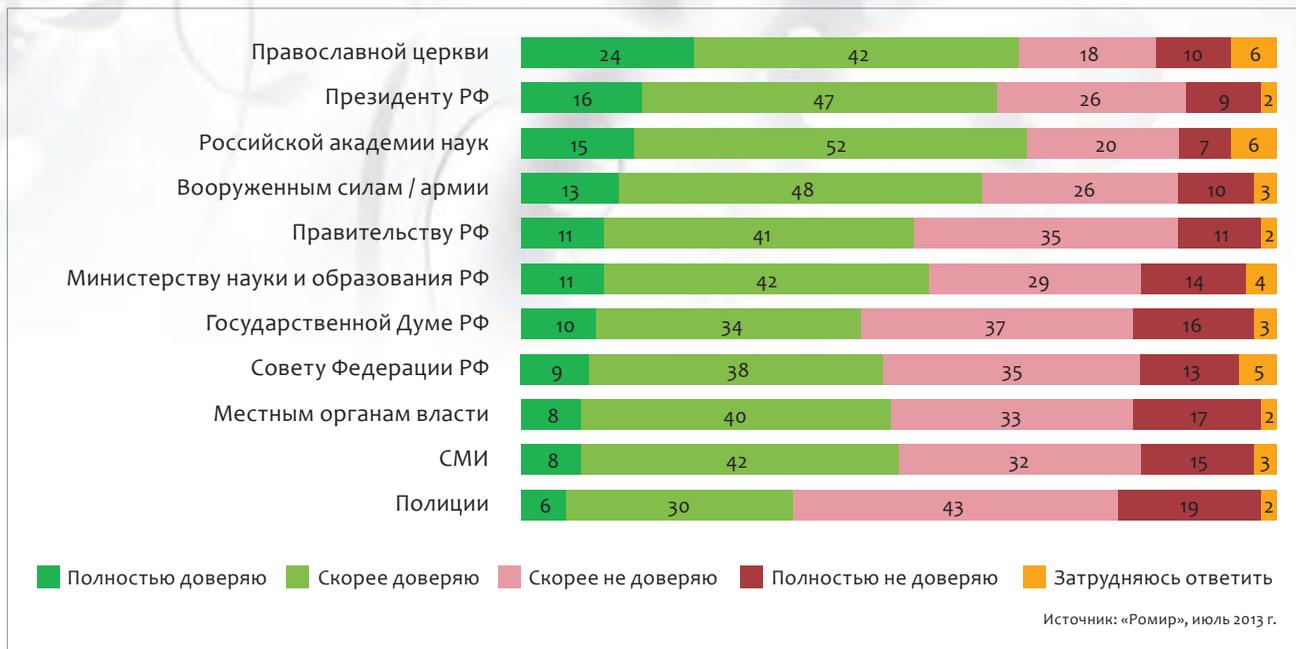
Наиболее четко это прослеживается на сравнительном графике изменений индекса доверия к различным социальным институтам. (Индекс рассчитывается путем вычитания числа «не доверяющих» из числа «доверяющих»).

Как видно на диаграмме 2, лидеры рейтинга доверия имеют соответствующие высокие индексы, которые практически не изменились за прошедшие месяцы. Более того, индекс доверия президенту даже повысился на 6%. Лидером по индексу доверия продолжает оставаться РАН.

Относительно законодательной власти мнение россиян резко изменилось. Индекс Совета Федерации упал с -1 до -15 пунктов. Индекс доверия депутатам нижней

**Диаграмма 1.** Насколько вы доверяете следующим социальным институтам? (%) Данные ноября и июля 2013 г.





палаты парламента также резко и ощутимо снизился с -9 до -26 пунктов. Тревожных значений достиг индекс доверия местным органам власти: -29 пунктов в ноябре против -2 пунктов в июле.

Неизменно низким остается как сам уровень доверия полиции (в ноябре 32%, в июле — 36%), так и индекс доверия правоохранителям. Летом показатель достигал отметки -26 пунктов, в ноябре же он опустился до -30 пунктов.

Исследовательский холдинг «Ромир» и ИСПИ РАН продолжат отслеживать уровень доверия населения к различным социальным институтам.

**«Ромир» — крупнейший российский независимый холдинг, специализирующийся на маркетинговых, социально-экономических и медиаисследованиях. Эксклюзивный представитель международной исследовательской ассоциации WIN/Gallup International в России и странах СНГ, что дает возможность проводить исследования почти в 100 странах мира. «Ромир» обладает собственной региональной сетью, состоящей из более чем 30 совместных компаний в ключевых регионах и бывших союзных республиках.**



В опросе приняли участие 500 респондентов в возрасте от 18 до 60 лет, проживающих в городах с населением от 100 тыс. человек в семи федеральных округах. Выборка репрезентирует взрослое городское население России.

**Диаграмма 2.** Индекс доверия социальным институтам (%). Июль–ноябрь 2013 г.





DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТРИО

*В июне 2013 г. в Санкт-Петербурге произошло знаменательное событие: ГК «Росатом», Комиссариат по атомной энергии (КАЭ) Франции и Министерство энергетики США подписали Меморандум о взаимопонимании по созданию Международного центра исследований (МЦИ) на базе многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах МБИР. О проекте и о своем видении перспектив сотрудничества нам рассказал руководитель Департамента ядерной энергетики КАЭ Франции Кристоф Беар*

## **Глобальный подход**

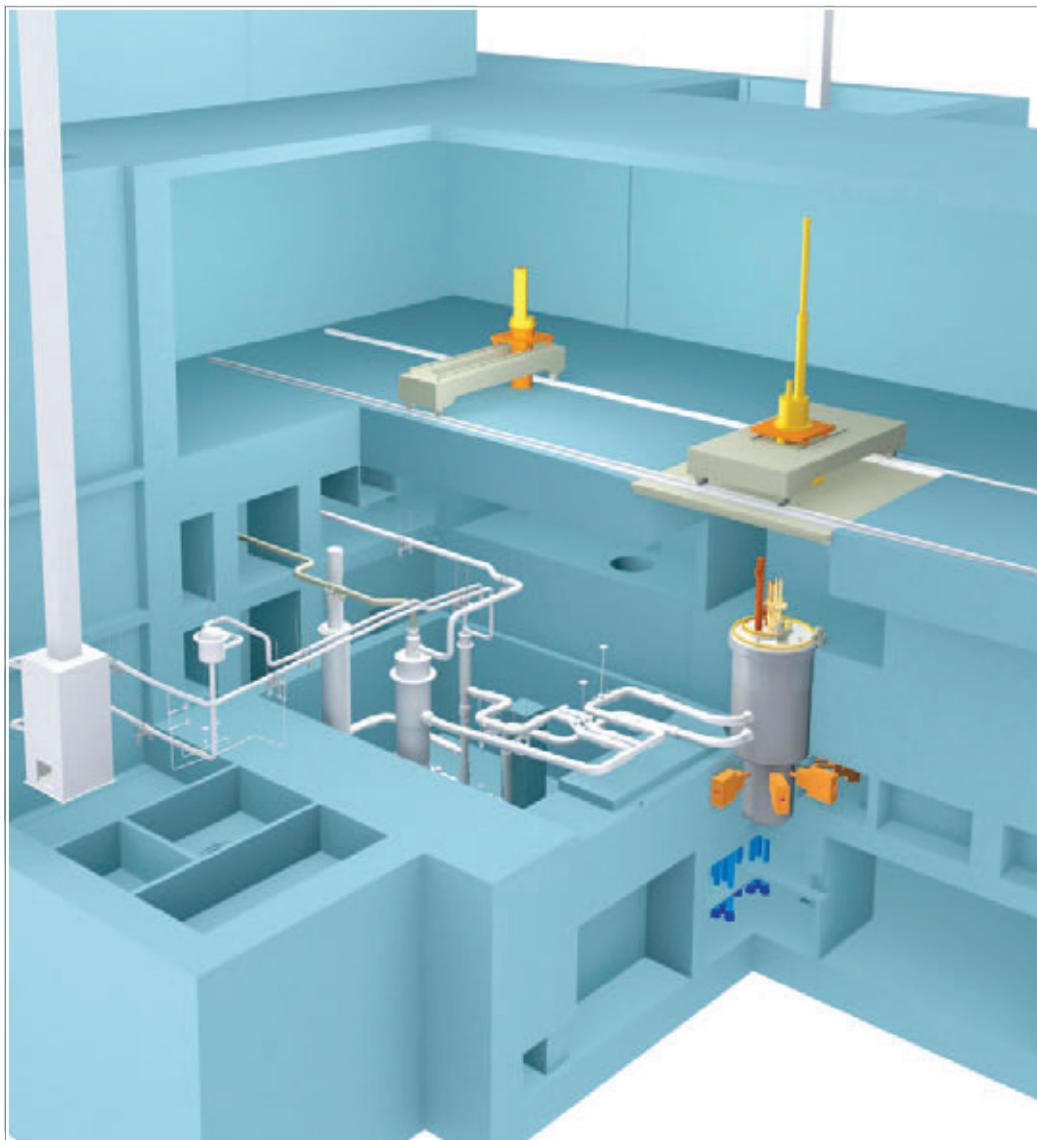
— Доктор Беар, как мы знаем, у Франции и у России богатый опыт в области реакторов на быстрых нейтронах. Обе стороны считают, что успешное развитие реакторов четвертого поколения станет основой для серьезных перемен в будущем атомной энергетике. Поделитесь, пожалуйста, с нашими читателями своими взглядами на устойчивое развитие атомной энергетике и на то, какой вклад могут внести в этот процесс реакторы на быстрых нейтронах.

— Я считаю, что устойчивое развитие атомной энергетике невозможно без использования облученного ядерного топлива и реакторов на быстрых нейтронах. Ведь менее 1% энергетического потенциала природного урана используется в легководных реакторах. Мы во Франции уже достигли первой стадии замыкания топливного цикла легководных реакторов, однако важно отметить,

что только реактор на быстрых нейтронах в состоянии работать на любом типе плутония. Так что первый шаг к устойчивому развитию — это легководный реактор с замкнутым топливным циклом, второй шаг — реактор на быстрых нейтронах с замкнутым топливным циклом.

— Расскажите вкратце о стратегии развития атомной отрасли во Франции в XXI в. Какова роль Комиссариата по атомной энергии в реализации современных подходов, каких результатов удалось добиться?

— Сегодня около 75% электроэнергии во Франции вырабатывается с помощью атома. Кроме того, мы уже занимаемся утилизацией плутония на легководных реакторах. Президент Олланд решил к 2025 г. снизить этот показатель до 50%, однако это не означает, что мы будем закрывать наши АЭС, — ведь потребность в электроэнергии к 2025 г. возрастет. Но самое главное — подтверждено направление на утилизацию отработанного топлива



**3D-модель**  
многоцелевого  
исследовательского  
реактора на быстрых  
нейтронах (МБИР)

и переработку плутония. Есть у нас и долгосрочные планы на международное сотрудничество, о котором я расскажу позже. Атомная энергетика определенно останется во Франции основополагающей на ближайшие десять лет.

**— Если сравнивать атомную электростанцию с другими типами электростанций, что вы можете сказать об эффективности, экологичности и т.д.?**

— Здесь нужно учитывать ряд параметров: стоимость, количество потребляемого топлива, независимость в выработке электроэнергии. Если оценивать стоимость ядерной энергии, производимой во Франции, то она вполне конкурентоспособна по сравнению с другими энергоносителями. А в плане потребления топлива эта разновидность вообще на первом месте, превосходя даже солнечную энергию, если учитывать полный жизненный цикл продукта.

**— «Росатом» объявил комплексный подход к постепенному развитию так называемой «новой технологической платформы», которая предполагает**

**параллельно развивать несколько концепций реакторов четвертого поколения, тесно связанных с вопросами закрытого топливного цикла. Поддерживаете ли вы такую инициативу российских коллег?**

— Во-первых, идея одновременного развития реактора и соответствующего топливного цикла очень важна. Я, конечно, полностью поддерживаю то, что делают мои российские коллеги. Во-вторых, встает вопрос: какой тип реактора на быстрых нейтронах нужно развивать? Мы решили не заниматься тяжелометаллическими реакторами и работаем над быстрыми газовыми реакторами. Тем не менее совместно развиваем реактор на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением и, безусловно, разделяем точку зрения российских специалистов. И, наконец, Франция и Россия при содействии других стран вместе разрабатывают три типа реакторов на быстрых нейтронах, которые были определены на форуме *Generation IV*. Так что это действительно глобальный подход.

### Совместными усилиями

— Вы согласны с тем, что технологические трудности, которые возникают на пути устойчивого развития, могут быть эффективно преодолены путем тесного научного сотрудничества между ведущими странами? Как бы вы определили текущее состояние и перспективы двустороннего сотрудничества между Францией и Россией в ядерной области?

— Безусловно, я разделяю эту точку зрения. Основной вопрос касается способности отдельной страны самой разработать полностью новый реактор и связанный с ним топливный цикл. Я думаю, что сотрудничество необходимо. У меня есть личные обязательства перед российскими коллегами в отношении разработки реактора на быстрых нейтронах, и мы составили план создания совместного реактора этого типа, который называется *RFFR — Russian-French Fast Reactor* (Российско-французский реактор на быстрых нейтронах).

— В июне 2013 г. в Санкт-Петербурге был подписан Меморандум о сотрудничестве между «Росатомом», КАЭ Франции и Минэнерго США с целью создания Международного центра исследований (МЦИ) на основе нового мощного исследовательского реактора на быстрых нейтронах (МБИР), который будет построено в России. Вы вошли в управляющий комитет проекта с французской стороны. Какова ваша оценка этой российской инициативы, и что вы думаете о целесообразности такого проекта?

— МБИР — важнейший инструмент исследований. Кроме того, он станет мощным ресурсом и для России, как не имеющий аналогов в мире. Я также надеюсь, что этот совместный проект даст возможность использовать новые виды топлива и материалов. Данный проект не менее важен и для нас. Мы начали совместную работу над научным аспектом МБИР, с большим нетерпением ждем начала реализации проекта и уверены в его перспективности.

— Поддержка и эксплуатация исследовательских реакторов требует серьезного финансирования, тем более для такого уникального проекта, как МБИР. Каким вы видите участие Франции в проекте МЦИ МБИР?

— Это требует серьезного обсуждения, и сейчас у меня пока еще нет четкой идеи. Что хотелось бы добавить: сейчас мы во Франции строим легководный экспериментальный реактор самого современного типа. Наши два реактора будут взаимодополняющими. Однако мы пока не обсуждали это с российскими коллегами.

— Чем продиктован выбор партнеров — России и США? И чего вы ожидаете конкретно от этого партнерства?

— Это очень просто. Во-первых, наши три страны — лидеры в ядерной энергетике. Во-вторых, МБИР станет инструментом, не имеющим аналогов в мире. Поэтому я уверен, что США, Россия и Франция смогут реализовать этот проект. ■



### ! Справка

**Кристоф Беар** — директор Департамента ядерной энергетики Комиссариата по атомной энергии и альтернативным энергоисточникам Франции. Работает в КАЭ с 1984 г.

✓ С 1997 г. — руководитель Департамента технологий обогащения ядерного топлива в Пьерлате.

✓ С 2004 г. — директор научно-исследовательского центра *CEA/DAM Ile de France*, где он отвечал за французские ядерные разработки в области военного применения и за борьбу с распространением ядерного оружия.

✓ С 2009 г. — директор Департамента ядерной энергетики КАЭ.



**POCATOM**

# НОВАЯ ПЛАТФОРМА

*В продолжение темы мы побеседовали также с Вячеславом Александровичем Першуковым — доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора Госкорпорации «Росатом» — директором Блока по управлению инновациями, членом правления ГК «Росатом»*

## Новая платформа

— Вячеслав Александрович, глава Комиссариата по атомной энергии Франции Кристоф Беар вкратце обрисовал нам французскую сторону проекта. Но я хотел бы попросить вас рассказать с самого сначала. Почему именно быстрые нейтроны?

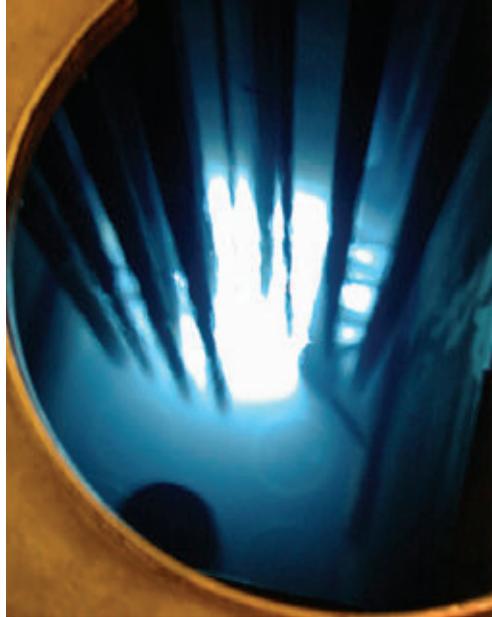
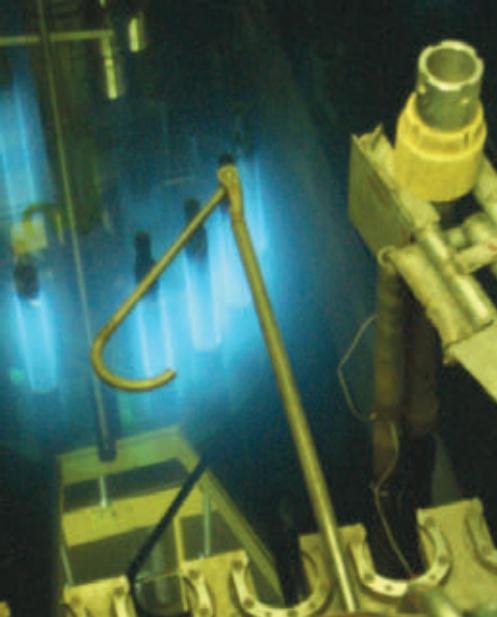
— Когда мы говорим о быстрых нейтронах, то затрагиваем очень серьезную тему, связанную с новой платформой атомной энергетики. И это основная задача, которая поставлена перед «Росатомом». Ту же самую задачу ставят перед специалистами правительства других стран, одна из которых — конечно, Франция. Почему быстрые нейтроны? Дело в том, что философия развития будущего атомной энергетики — это замыкание ядерного топливного цикла, уход от зависимости от изотопа урана-235 и вовлечение в топливный цикл энергетического плутония, представляющего собой энергетическое сырье. Для того чтобы это реализовать, нужно создать полномасштабную быструю атомную энергетику. Поэтому тематика быстрых нейтронов оказалась ключевой для перехода на новую платформу.

Фундаментальные понятия определены давно: Энрико Ферми показал возможность создания такой уникальной вещи, как замыкание топливного цикла с использованием энергии новых изотопов, которые образуются в ядерном реакторе. Потом советские ученые во главе с А.И. Лейпунским показали возможность создания энергетических быстрых реакторов. Советский Союз долгие годы неуклонно шел по пути развития быстрой тематики, и были реализованы проекты реакторов

БР-10, БОР-60, БН-350; сейчас эксплуатируется БН-600, и совсем скоро состоится пуск четвертого блока Белоярской АЭС с реактором БН-800. Это целая цепочка, позволяющая осуществить на практике идею замыкания ядерного топливного цикла. Ситуация такова, что реализовать ее с использованием воды в качестве теплоносителя, к сожалению, не удастся. Необходимо использовать жидкометаллические теплоносители, обладающие более высокими показателями по теплоемкости и теплоотдаче. У нас уже работают быстрые натриевые реакторы, и, в принципе, это мейнстрим в мировой практике. Но в России есть еще и другие варианты — свинец, сплав свинца и висмута.

— Часто приходится слышать, что это экономически нецелесообразная технология. Что вы можете сказать на этот счет?

— Все зависит от того, как считать и при каких сценарных условиях делать такие выводы. Самое правильное — брать в расчет весь жизненный цикл с учетом стоимости и исходного сырья и захоронения отработанного ядерного топлива. Во-первых, переход на замкнутый ядерный топливный цикл позволяет отказаться от урана-235 и, соответственно, в принципе от урановой горнорудной промышленности вообще, поскольку отвалного урана хватает на тысячу лет вперед, не нужно строить новые шахты и искать месторождения; во-вторых, вовлечение отработанного облученного ядерного топлива в замкнутый цикл дает возможность примерно в 25 раз сократить отходы, которые необходимо захоронить. Таким образом, если посчитать экономику замкнутого ядерного



топливного цикла с учетом отказа от затрат на добычу урана и сокращения в 25 раз количества отработанного ядерного топлива, которое требует захоронения, то получается, что это не такая уж и убыточная технология. Другой вопрос, что современные методы оценки основаны на дисконтировании денежных потоков (*DCF*, *discounted cash flow*), и через десять лет любой финансовый результат за счет дисконтирования будет равен нулю. Но эта школа монетаристов Чикаго не ориентирована на длительный жизненный цикл для ядерных технологий — примерно 50 лет, в будущем 60 лет. И если будущие доходы таким образом дисконтируются и нивелируются, то, наверное, что-то в методике неправильно, и говорить о неэффективности с использованием результатов, построенных на расчете *DCF*, вряд ли возможно.

## Центр коллективного пользования

— Совместный проект МБИР — это чисто исследовательский реактор?

— Наверное, стоит уточнить: МБИР — это не совместный проект, это проект, который Россия объявила международным. Другими словами, это центр, который мы специально делаем доступным для мирового сообщества, для стран, которые имеют атомную энергетику, с точки зрения развития их национальных атомных энергетических платформ. Разумеется, на не безвозмездной основе. Но весь объем капитальных вложений наша страна предполагает осуществить самостоятельно, без привлечения финансовых средств партнеров из других государств. Нам важно не только построить реактор, важнее то, зачем мы его строим и какие научные программы собираемся формировать. И здесь мы приходим к одному принципиальному выводу: практически все научные программы сегодня становятся международными, мир очень быстро обменивается информацией, поэтому с самого начала нами закладывается принцип совместного управления программой научных исследований на данном реакторе. Научные программы мы будем разрабатывать в кооперации с зарубежными партнерами, а также будем стремиться делать прозрачной систему управления Международным центром исследований МБИР, чтобы всем было ясно, каковы реальные затраты на эксплуатацию данной установки. Для

нас не существует задачи делать его сверхрентабельным в силу того, что мы стали монополистами, имеющими исследовательский реактор на быстрых нейтронах. Мы делимся своими возможностями со всеми странами мира. Поэтому научные программы будут совместными, управление операционной деятельностью — совместное, а вот собственность на установку будет российская, поэтому все капитальные вложения должны быть сделаны за счет Российской Федерации. Не важно, будет ли это федеральный бюджет или кредитные средства, но ответственность остается у нас.

— Какие конкретно исследования предполагается проводить на этом реакторе, и какие результаты вы ожидаете получить?

— Наши программы — продолжение того, что в настоящий момент делается на BOR-60. Это изучение новых видов топлива, а также поведения конструкционных материалов активной зоны в условиях сложных теплоносителей (таких как высокотемпературный газ, свинец, натрий, свинец-висмут). В таких условиях пока трудно эксперименты. Кроме того, есть определенные программы по развитию изотопной продукции. Мы увеличиваем интенсивность нейтронного потока, повышаем температуру облучения — и это область неизведанного в части технологических задач: не научных, а именно технологических, которые позволят обосновать использование реакторов на быстрых нейтронах в промышленных масштабах.

— В каких еще областях могут найти применение результаты этих исследований?

— В космонавтике, медицине, производстве изотопной продукции — и во многих других сферах.

— В Гатчине будет запущен реактор ПИК, тоже высокопоточный. В чем принципиальное различие между МБИР и ПИК?

— Разные спектры нейтронов и, соответственно, разные предназначения. ПИК — уникальный реактор, он прежде всего сделан для проведения фундаментальных исследований, а МБИР решает прикладные задачи, технологические. Там пишутся страницы в учебник физики, а здесь обосновываются промышленные, энергетические технологии.

## Всем миром

— Почему партнерами в проекте МЦИ МБИР стали именно эти три страны — Россия, Франция и США?

— В июне этого года в Санкт-Петербурге мы подписали тройственное соглашение. Выбор трех стран определяется уровнем развития атомной энергетики в каждой из них, а также опытом разработки и эксплуатации быстрых натриевых реакторов. И это даже несмотря на то, что в Америке развитие реакторов на быстрых нейтронах приостановлено исходя из политических соображений. Но Франция и Россия — по-прежнему лидеры, развивающие эту тематику. Кроме того, есть еще быстрая программа в Индии, ученые там работают на достаточно высоком уровне, однако их возможное участие в нашем проекте требует решения ряда специфических вопросов.

— То есть теоретически Индия еще может примкнуть к этому проекту? Как насчет других стран?

— В плане формирования научной программы это может сделать любая страна. Примерно в 2015 г. у нас будет создан управляющий комитет МБИР и начнется формирование научной программы на первый пятилетний цикл. После ее согласования и подтверждения безопасности эксплуатации реактора при ее проведении будут определены лимиты партнеров по загрузке экспериментальных каналов. При этом у нас будет своя национальная программа по загрузке МБИР, будут свободные коммерческие объемы времени облучения, которые мы как владельцы данной установки можем предоставлять в рамках двусторонних контрактов с заказчиками. Ими могут быть и частные партнеры, наподобие американской компании *Terra Power*, которая сейчас будет проводить свои эксперименты на БОР-60, это могут быть и Южная Корея, и Япония, и Китай. Главное, что будет международный центр исследований как точка

кристаллизации компетенций, позволяющая обеспечить все аспекты, связанные с нераспространением делящихся материалов и опасных радионуклидов. Это очень важно.

— Вы уже несколько раз упомянули коммерческую составляющую проекта...

— Коммерческая сторона присутствует, но не довлеет. Все-таки более важный момент — совместная программа экспериментов, обмен знаниями, результатами исследований, научная кооперация. Это задача непостоянная, потому что многие из результатов этой деятельности будут потенциально иметь коммерческий характер при их технологическом применении. Я думаю, что достичь на уровне управляющего комитета договоренностей о правильном позиционировании исследований каждой из стран в плане интеллектуальной собственности будет достаточно серьезной задачей. А договориться больше чем «на троих» — задача весьма непростая.

— Звучит почти как анекдот.

— Да это и объективно сложно. Двое могут договориться, трое — уже много, а когда больше — совсем трудно. Мы знаем это по *ITER*, где в проекте участвуют семь стран, — там проблема реально существует. В нашем случае Россия, Франция и США просто находятся в большом отрыве от остальных в плане компетенций по быстрым реакторам. Однако данный проект вполне может стать подспорьем для многих стран в развитии собственной атомной энергетики, и в этом смысле МЦИ МБИР представляет собой просто бесценный ресурс. Ведь не исключено, что в проекте со временем обнаружатся и другие возможности для многих стран, о которых мы сейчас даже не догадываемся. ■

Подготовил Виктор Фридман



## ! Справка

**Вячеслав Александрович Першуков** — доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора Госкорпорации «Росатом» — директор Блока по управлению инновациями, член правления ГК «Росатом».

- ✓ Родился в селе Магнитка Челябинской области. Окончил механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «Механика».
- ✓ В 1980–1995 гг. работал в Энергетическом научно-исследовательском институте им. Г.М. Кржижановского, где прошел путь от инженера до ведущего научного сотрудника.
- ✓ С 2005 по 2008 г. работал в должности технического директора компании *West Siberian Resources*.
- ✓ С 2008 г. — генеральный директор ООО «СН-Нефтегаз».
- ✓ С января по апрель 2011 г. — первый заместитель директора дирекции по научно-техническому комплексу Госкорпорации «Росатом», с июня 2011 г. занимает должность заместителя генерального директора — директора Блока по управлению инновациями.



**ЭКОНОМИСТ,  
КИЛЛЕР, ШАМАН**



*Джона Перкинса нельзя назвать ученым или автором какой-то оригинальной теории. Однако разоблачение идей порой не менее действенно, чем их производство. Воспоминания Перкинса о практике «экономических убийств» развивающихся стран в 1970-е гг. заставили очень многих пересмотреть свой взгляд на современную историю, экономику и геополитический расклад.*

*Критикуя политику глобальных корпораций, Перкинс претендует на то, чтобы изменить будущее человечества, поэтому в качестве героя очередного выпуска нашей программы «Идеи, меняющие мир», совместного проекта ТК «Очевидное — невероятное» и телеканала «Россия 24», бывший экономист, а ныне пропагандист «зеленых» идей выглядел вполне органично.*

**П**редметы быта жителей Анд, глиняные изделия индейцев кечуа из лесов Амазонии, колокольчики, ожерелья, копья, духовые трубки: всей этой экзотикой переполнен интерьер дома Джона Перкинса на небольшом острове недалеко от Сиэтла. На этот раз беседа героя программы с автором и ведущей «Идей» Эвелиной Закамской происходила в самой непринужденной обстановке. Хозяин расположился среди ковров и подушек на полу, и было очевидно, что неформальный контакт для него — привычный способ доносить самые серьезные идеи до собеседника.

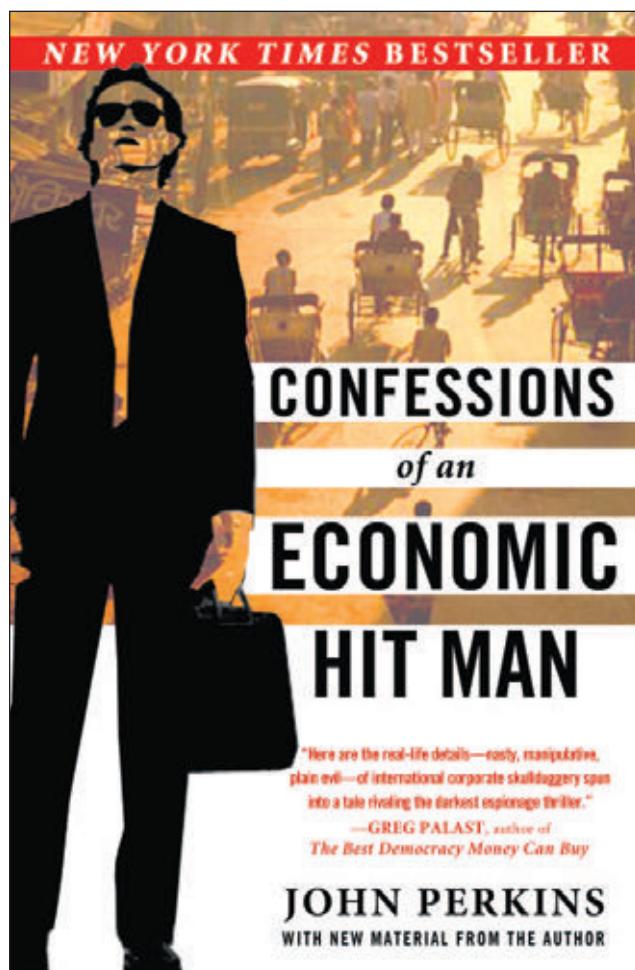
### Цифры как оружие

«Моей задачей было его коррумпировать», — откровенно признался на камеру «Идей» Джон Перкинс, вспоминая свое дружеское общение на яхте с президентом одной из стран третьего мира. Таких сюжетов, связанных с командировками в страны Латинской Америки, Персидского залива, Тихоокеанского региона, в книгах господина Перкинса десятки. Формально он работал главным экономистом консалтинговой фирмы и занимался обновлением прогнозов экономического роста для стран-заемщиц США и Международного валютного фонда («Будущее нужно рисовать самыми радужными красками, любым способом поддерживать спокойствие обывателей»). А по факту, как он утверждает, выполнял функции «экономического киллера» под покровительством Агентства национальной безопасности США (NSA/CSS), т.е. был частью хорошо отлаженного механизма по отъему сырьевых ресурсов у развивающихся стран в пользу глобальных корпораций и их подчинению политическим интересам Белого дома.

В 2004 г. Джон Перкинс опубликовал «Исповедь экономического убийцы», свою первую книгу, посвященную этой скользкой теме. В ней он на основе личного опыта и с массой красочных подробностей рассказал о том, как подобные ему формально независимые западные консультанты разными способами убеждают элиту развивающихся стран брать огромные — и заведомо невозвратные — кредиты на строительство инфраструктуры (электростанций, шоссе, аэропортов и технопарков). Непременным условием кредитования выступает допуск к проектам исключительно американских подрядчиков. Таким образом, большая часть денег никогда не покидает США, а просто перемещается из одного кармана в другой. Местная элита эксплуатируемых стран получает свой кусок за сговорчивость, а местное население — по большому счету только финансовую кабалу на поколения вперед и испорченную экологию. «Богатые становятся еще богаче, бедные — еще беднее. Однако со статистической точки зрения это считается экономическим прогрессом».

Книга имела грандиозный успех и 70 недель держалась в списке бестселлеров *New York Times*. Впоследствии она была переведена на четыре десятка языков, в том числе в 2006 г. вышла в свет на русском. За первым удачным опытом последовали еще две книги и один коллективный сборник. Во всех них главным объектом

критики Перкинса становится экономический рост. Сам профессиональный экономист, лично работавший с главой МВФ Робертом Макнамарой и имевший в подчинении штат из полусотни докторов наук и мастеров делового администрирования, Джон Перкинс называет идею экономического роста ничем не подкрепленной современной религией. «Основной принцип такой формы капитализма — непоколебимая вера в приватизацию природных ресурсов, наделение управляющих компаний неограниченными полномочиями и пропаганда жизни в кредит, которая приводит и отдельных людей, и целые страны к рабству в его современном обличье».



Перкинс констатирует, что, в отличие от войн прошлого, сегодня страны противостоят не друг другу, а глобальным корпорациям. Американскую элиту также нельзя в полной мере назвать национальной. В нашей программе он озвучивает достаточно смелое обвинение: «Все американские посольства по всему миру обслуживают интересы больших корпораций. Они работают не для американцев». То же касается и ЦРУ. «Руководители современных корпораций превратились в элиту, которая не в пример простым смертным неподотчетна никаким правилам. Исходя из этого сформировалась принципиально новая геополитика».

Себя же он считает истинным американцем. В числе его предков были индейцы абнаки, известный герой, борец за независимость США Итан Аллен и «крестный отец США» Томас Пейн. «Я очень лояльно отношусь к американцам, — признался он ведущей «Идей» Эвелине Закамской. — Я верю в американские идеи, но боюсь, что мы их погубили. Во время Второй мировой войны мы были героями для всего мира, а потом вступили в процесс корпоратократизации». Корпоратократия — это уже более персонафицированное зло. К этой группе он относит людей, «свободно курсирующих между глобальными корпорациями и правительством», — таких как упомянутый Роберт Макнамара или Ричард Чейни, бывший вице-президент США и руководитель нефтесервисной компании Halliburton.

*В 2004 г. Джон Перкинс опубликовал «Исповедь экономического убийцы». В ней он на основе личного опыта и с массой красочных подробностей рассказал о том, как подобные ему формально независимые западные консультанты разными способами убеждают элиту развивающихся стран брать огромные — и заведомо невозвратные — кредиты на строительство инфраструктуры*

Разоблачая деятельность влиятельных структур, Джон Перкинс при этом аккуратно избегает скатывания в конспирологию. Он категорически отрицает существование сознательного заговора и утверждает, что цементируют корпоратократию только общие цели и ценности. «Система подпитывается чем-то намного более опасным, чем заговор. Она приводится в действие не узкой группой людей, но концепцией, принятой как Евангелие <...>. Люди, превосходящие других в разведении пожара экономического роста, должны быть возвеличены и вознаграждены». Эта награда — особняки, яхты и личные реактивные самолеты — представляется всем остальным как образец для подражания, чтобы вдохновить на безудержное потребление и убедить, что разграбление планеты есть благо для экономики.

Сам посыл не оригинален, но ценность публичного выступления Перкинса была в том, что он один из немногих, кто объявил себя перебежчиком и имел право авторитетно критиковать негласно сложившуюся систему

с позиции «изнутри». Тысячи противников современной экономической модели получили возможность ссылаться на существование Перкинса как на объективный факт и цитировать его свидетельства как первоисточник. Это крайний пример, но в одном из своих аудиообращений Усама бен Ладен назвал «Исповедь» Джона Перкинса в числе трех книг, необходимых к прочтению для понимания текущих мировых событий.

### Человек меняет кожу

В отличие от многих профессиональных критиков западного гедонизма, с психологической точки зрения Джон Перкинс более убедителен, поскольку никак не похож на лису под недосозревшей виноградной гроздью. В процессе работы высокооплачиваемым «экономическим киллером» он сам в полной мере причастился к красивой жизни: «Те годы были восхитительны. Я путешествовал по всему миру, побывал на всех континентах, зарабатывал много денег. Красивые женщины, шикарные машины, хорошее вино — все это у меня было». Он преподавал в Бостоне и стал самым молодым партнером за всю историю существования фирмы. В Бостонской гавани у него была пришвартована роскошная личная яхта. Перкинс уверяет, что отказался от всех этих современных атрибутов успеха вполне сознательно, после многолетних депрессий, чувства вины, подавления внутреннего гнева и общения с духами-наставниками. Спорный вопрос — верить или нет его публично озвученным (и, надо сказать, очень идеалистическим) мотивам. Члены съемочной группы «Идей» лишь констатировали, что доверять его искренности и обаянию очень хочется.

«Я решил жить так, как живут индейцы шуара. Я ел их еду и пил их чичу — бражку, которую женщины готовили, пережевывая корни маниоки и выплевывая их в посуду, где и происходил процесс брожения. Обувь и одежда не просыхали целыми днями, пока я бродил по тропическим лесам. Я получал удовольствие от всего этого, ощущая себя бунтарем». Так Джон Перкинс описывает свои первые ощущения от жизни в Эквадоре, когда в 1968 г. он оказался в тропических лесах в составе американской правительственной организации «Корпус мира». Это было еще до того, как он — по его собственному выражению — продал свою душу корпорациям. На момент знакомства с аборигенами 23-летний выходец из небогатой консервативной республиканской семьи уже получил степень бакалавра делового администрирования в Бостонском университете, а также успел пройти изощренные тесты на пригодность в Агентстве национальной безопасности США (напомним, что Эдвард Сноуден — сотрудник именно этого ведомства). По словам Перкинса, первоначальным мотивом к сотрудничеству с АНБ было желание избежать призыва в армию и отправки во Вьетнам. Но неожиданно появилась альтернативная возможность уехать добровольцем в Эквадор в составе «Корпуса мира». Работающий в АНБ покровитель из числа родственников жены дал добро на такую замену: погружение в культуру перспективного региона повышало ценность Джона как потенциального сотрудника.

Так Перкинс на три года оказался внутри местной индейской культуры, к которой постепенно начал питать совсем не поверхностный интерес. Как он писал позднее, шаманы научили его техникам работы с сознанием (дословно — «превращениям», «психонавигации» и «путешествиям во времени»). Так что в 1970 г., когда по проекции АНБ ему предложили работу в бостонской фирме стратегического консалтинга *Chas T. Main*, языческие верования индейцев уже были частью его мировоззрения. По крайней мере так утверждает Перкинс в автобиографической книге «Шаманские техники личностных изменений» (1997). «В синем деловом костюме в тонкую полоску я сел за стол в окружении дюжины адвокатов и инвесторов и... отправлялся в шаманское путешествие». Все десять лет работы, связанной с подкупом чиновников, выполнением интимных поручений арабских шейхов, манипуляциями статистикой МВФ, Перкинс разрывался между этими двумя ипостасями. «Иногда я размышлял, не зашел ли слишком далеко. Много раз боялся, что начинаю терять рассудок и способность различать различные уровни реальности. Временами меня посещали сомнения — когда я вспоминал, что я выпускник школы менеджмента, и верх брала рациональная сторона моей личности». Как бы то ни было, автор этих строк проработал в *Chas T. Main* до 1980 г., а процесс раскаяния и искупления растянулся у него на следующие три десятилетия.

Сразу после увольнения Перкинс открыл частный бизнес, связанный с производством энергии из альтернативных источников. Несмотря на то что его фирме удалось в короткий срок занять одно из лидирующих мест в своем сегменте, он продал это перспективное дело. Позднее он откровенно называл успех своей компании на фоне банкротства конкурентов одним из тех чудесных совпадений, которые были платой заинтересованных структур за его молчание о прошлом. Тогда же, в 1982 г., он предпринял первую попытку написать «Исповедь» и впоследствии брался за работу еще четырежды. «Но угрозы и взятки останавливали меня», — пишет он позднее. «Взятками» Перкинс называет законно оформленные гонорары за якобы консультационные услуги. И надо отдать нашему герою должное за то, что он называет вещи своими именами. Сумма, выплаченная за несколько лет, составила около \$500 тыс., и в 1990 г. Перкинс полностью вложил эти деньги в новое дело своей жизни — некоммерческую организацию *Dream Change*, цель которой заявлена как «построение более безопасного мира для будущих поколений».

Далеко не все его альтруистические мотивации кажутся убедительными, что, впрочем, бывает со всеми раскаявшимися агентами: отношение к людям подобных профессий обычно предвзято. Объяснению своего извилистого жизненного пути с психологической точки зрения Перкинс уделяет немало внимания во всех своих книгах. Собственно момент прозрения автор всегда описывает по-разному: это и влюбленность в латиноамериканскую женщину, и инсайт в Тибете, и размышления о веках рабства на плантации сахарного тростника.

В нашей программе упоминается еще один подобный случай из его жизни: встреча с афганским беженцем на Уолл-стрит через два месяца после терактов 11 сентября. Это было не потрясение, но необходимый финальный толчок к написанию «Исповеди». Именно тогда Джон Перкинс осознал, что «все эти люди — миллионы в Эквадоре, миллиарды на планете — потенциальные террористы. Не потому, что они верят в коммунизм или анархизм или изначально злы, но просто оттого, что они пребывают в отчаянии».

Два года спустя рукопись была готова и по достоинству оценена крупными издательствами. Но печатать ее никто не решился: в лучшем случае Перкинсу предлагали ее беллетризовать в духе романов Грэма Грина. Отметим, что «Исповедь» никак не относится к жанру расследований и, возможно, ей не потребовалась бы серьезная



редактура. Текст не содержит ссылок на документы, зато изобилует диалогами и описаниями переживаний героя, что автору впоследствии часто ставили в упрек газетные критики. В конце концов книга была издана небольшим издательством и стала мировым бестселлером, а одна из голливудских компаний даже выкупила права на экранизацию: газеты писали, что «экономического киллера» сыграет Харрисон Форд. Но пока, как говорится, не сложилось.

### Вперед, к природе

К моменту, когда выйдет этот номер «В мире науки», Джон Перкинс снова будет находиться в любимых им амазонских джунглях. Накануне своего 69-летия герой «Идей, меняющих мир» везет в Эквадор очередную группу соотечественников на семинар по духовному росту и шаманским ритуалам изменения сознания. Самореализацией в сфере нью-эйдж Перкинс начал заниматься задолго до того, как была опубликована его «Исповедь». Многие годы он читает лекции, обучает желающих практикам шаманизма, написал несколько книг, в которых этнографические наблюдения тесно переплетены с его личным мистическим опытом. Он также продолжает

руководить работой некоммерческих фондов, ставящих своей целью изменение фундаментальных ценностей людей Запада и инициирование в обществе соответствующих перемен, занимается внедрением пермакультуры, «зеленых» технологий, защитой прав коренных народов и сохранение их традиционных религий.

Принимая в гостях съемочную группу «Идей», Перкинс продемонстрировал свое знакомство и с российскими традициями: «Пойдемте есть борщ», — в шутку предложил он Эвелине. На сайте его некоммерческой организации *Dream Change* Россия несколько раз упоминается в контексте проектов, связанных с возрождением малых народностей и шаманских культур Алтая, Тувы, Горной Шории, — правда, иногда с достаточно провокационными формулировками вроде упоминания об их «советской оккупации».



Хотя его часто называют экспертом по аборигенным культурам, изданные труды Перкинса на эту тему никак нельзя назвать научными. Это скорее заметки путешественника, личный дневник. Примечательно, что о прогрессивной роли науки в целом Джон Перкинс (или его лирический герой) часто отзывается с большим сомнением: «Научная система создала непреодолимую пропасть между биологическими видами». По его мнению, идея эволюционной иерархии разрушила естественную связь современного человека с Пачамамой («матерью-землей» в представлении индейцев кечуа). Бросая обвинения в лицо западному миру, герои его книг часто говорят, что хотят жить в джунглях или в пустыне в привычной им гармонии с природой, соглашаясь даже на сопутствующую высокую детскую смертность. Описывая процесс «экономического убийства» Ирана в начале 1970-х гг., Перкинс ссылается на то, что шах Мохаммед Реза Пехлеви делал ставку именно на внедрение современных научных достижений. «Представители разных наук, самые блестящие умы современности хлынули в Тегеран со всего света... Люди жили, как средневековые невольники, однако в воздухе витало предчувствие скорых перемен к лучшему. Жители Тегерана были

полны надежд». Для читателя логично сделать вывод, что западный научный мир тоже был невольным выгодоприобретателем в процессе борьбы за иранскую нефть.

Анализируя кризисные явления в своей последней работе «Экономический убийца объясняет. Почему рухнули финансовые рынки» (2009), Джон Перкинс утверждает, что «дело не в самом капитализме, а в его мутировавшей форме, которая, подобно вирусу, заразила слишком многих». Таким образом, происходящие на наших глазах кризисные явления — это ошибка идеологического порядка, а не системный сбой (Николая Кондратьева в своей книге он называет «каким-то русским математиком»), поэтому важно работать над изменением массового сознания, становиться более естественными, беречь природу, учиться сотрудничеству у тех, кто еще не разорвал свою связь с ней. Для российских зрителей «Идей» он озвучил предлагаемую стратегию так: «Давайте соревноваться с Россией, с Индией, с Китаем — и посмотрим, кто из нас станет самым “зеленым”, самым экологически ответственным. Давайте конкурировать на этом уровне!». Правильные слова, с ними не поспоришь.

Интересно, что хорошо образованный и эрудированный Перкинс с его предложением создавать новую мифологию на основе ценностей отдаленных аборигенных народов невольно сам становится иллюстрацией к еще более экстремальным конспирологическим теориям. Согласно некоторым существующим предположениям о сути посткапитализма, архаизация массового сознания, призыв вернуться к «истокам» и демонизирование прежних ценностей (индивидуализма, конкуренции и потребления сверх базовых потребностей) как раз и представляют собой столпы грядущего — пока малопонятного всем — мироустройства, причем для представителей нынешнего среднего класса мир этот будет совсем не прекрасен.

Но это дело будущего. Нынешняя ситуация, по наблюдениям Джона Перкинса, еще оставляет пространство для деятельности его бывших коллег и, соответственно, искусственного экономического роста. На вопрос Эвелины Закамской, какие страны сейчас находятся под прицелом, Перкинс упомянул Ливию и Египет (хотя об «арабской весне» он отзывается положительно). При этом интересно, что на глобальную арену вышел новый активный игрок: «Страны Латинской Америки наводнены экономическими убийцами, в том числе из Китая. Мой друг латиноамериканец говорит, что они бы предпочли брать займы у Китая, чем у США или Всемирного банка. Одна из главных причин такова: Китай не распространяет военное влияние далеко за пределы своего региона, поэтому его не воспринимают в качестве “плохого парня”, который выкручивает руки. Интересно, будут ли Китай продолжать такую политику или они отойдут от этой стратегии?» Возможно, Джон Перкинс когда-нибудь расскажет нам об этом в своей новой книге. ■

Подготовила Ольга Платицына

**ИДЕИ,  
МЕНЯЮЩИЕ  
МИР**

# Технологическая долина МГУ: здесь будут знания расти



*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова решил отдать новый Ломоносовский корпус площадью 100 тыс. кв. м под инновационные проекты. Мало того: скоро в университетском кампусе, как и в ведущих университетах мира, появится своя научно-технологическая долина, которой уже придумали название — «Воробьевы горы». Именно этому вопросу было посвящено совещание у ректора МГУ Виктора Антоновича Садовниченко*

**А**вторы новых проектов, архитекторы, руководство ведущих факультетов университета пришли в «ореховый кабинет» — зал совещаний на девятом этаже главного здания МГУ, чтобы рассказать о своем видении проекта, предложить варианты участия в нем, обсудить возможные проблемы.

Интерес к этой теме у сотрудников МГУ огромный. В просторном зале свободных мест не было. «Совещание будет коротким, может быть, на полчаса», — говорили нам в приемной ректора. Именно такими были первоначальные планы. Наступил вечер, а люди все

не расходились, спорили, пытались понять, какой должна быть идеальная технологическая долина, — ничем не хуже, а может и лучше, чем в развитых странах мира, но своя, другая, не такая, как у них. Виктор Антонович сразу заявил: «Мы не будем никого копировать, у нас есть собственный отромный потенциал».

Территория под научно-технологическую долину уже определена — обширное пространство за Фундаментальной библиотекой. Площадь — около ста гектаров. Неудивительно, что на этом лакомом месте многим хочется отхватить свой кусочек, убедив всех вокруг, что

именно его проект будет самым важным и нужным. Однако здесь ректор строг и требователен. В долину попадут только те, кто сумеет обосновать и доказать: предложенные им направления по-настоящему востребованы и способны сделать науку будущего, с которой мы опять окажемся «впереди планеты всей».

Заместитель декана химического факультета Александр Георгиевич Мажуга рассказал о создании биомедицинского кластера МГУ, подчеркнув, что развитие биомедицины сегодня имеет социальный характер. Например, в планах — создание Центра исследований рака, оснащенного современным оборудованием, лабораториями, центром экспериментальных животных, а также фармацевтического департамента с отделом клеточных исследований, центрами адресной доставки лекарств и геномного анализа, лабораторией митохондриальной инженерии. Речь идет о популярной сегодня персонифицированной медицине, когда по индивидуальному для каждого пациента молекулярно-биологическому ДНК-анализу можно будет подобрать лечение, эффективное именно для этого случая, и доставить необходимые препараты точно к пораженному недугом органу. Это будущее мировой медицины, и в МГУ полагают, что развиваться подобные технологии должны в том числе на профильных факультетах ведущего университета страны.

Василий Викторович Сазонов, представляющий факультет ВМК, рассказал о проектах в сфере информационных технологий. Для осуществления дерзких замыслов ИТ-специалистов, у которых есть 29 готовых проектов, на территории будет возведен высотный корпус с учебными аудиториями. Андрей Анатольевич Федянин, заместитель декана физического факультета, сообщил о проекте национального центра в области специальных технологий. «Задел советской военной науки на сегодня исчерпан, — констатировал Федянин. — Все ее оригинальные идеи реализованы. Это значит, что необходимо проводить специальные исследования для реализации новых специальных технологий, прежде всего для военных целей». При этом Андрей Анатольевич подчеркнул: то, что хорошо для военных, пригодится и для гражданских нужд. Речь идет о создании таких технологий, как электронная литография и литография фокусировки ионного пучка, фотолитография и атомная сборка, а также высокоточное литье и 3D-принтеры — устройства, использующие метод послойного создания физического объекта по цифровой трехмерной модели. «До недавнего времени 3D-принтеры, способные воспроизводить детали собственной конструкции, считались научной фантастикой, — пояснил А.А. Федянин. — Сейчас разработка такой машины ведется полным ходом, и сегодня принтер, разработанный английскими конструкторами из Университета Бата, уже производит более половины собственных деталей. Мы ни в чем не собираемся уступать английским коллегам».

Алексей Викторович Лукашин, заместитель декана факультета наук о материалах, рассказал о составе кластера, который будет вестись материалами и нанотехнологиями, в необходимости развития которых сегодня



*В.А. Садовничий и мэр Москвы С.С. Собянин обсуждают вопросы развития инфраструктуры МГУ*

не надо убеждать, наверное, уже никого. А Жанна Алексеевна Акоюн, заместитель декана факультета фундаментальной медицины, раскрыла собравшимся возможный образ новых медицинских университетских программ, в развитии которых важную роль будет играть тесная взаимосвязь с недавно открывшимся медицинским центром МГУ и виртуальной клиникой — направлением медицинской науки, которое во всем мире развивается бешеными темпами. Сюда входят симуляционные центры и тренажеры для студентов, а также возможность получать онлайн-консультации ведущих специалистов медицинской науки из любой точки мира. Все это обязательно будет у студентов-медиков МГУ.

Ирина Геннадьевна Шевцова, ассистент факультета ВМК, председатель совета молодых ученых, кандидат в мастера спорта по легкой атлетике, стала координатором такого важного направления, как спортивные сооружения в будущей долине «Воробьевы горы». МГУ и так не обделен спортивными залами и площадками. На их долю приходится 60 тыс. кв. м территорий — это больше, чем у любого другого университета мира. Однако руководство университета решило, что этого недостаточно, и приняло решение о возведении стадиона, который будет отвечать всем международным требованиям. По словам Шевцовой, в Москве такого нет.

Поздним вечером зашел разговор о суперкомпьютере. Создание этой удивительной умной машины Садовничий контролирует лично. «Мы не должны ждать, когда строители нас пригласят посмотреть, как у них получилось, — говорит ректор. — Мы должны сами каждый день находиться там и держать процесс под контролем». Может быть, именно поэтому у него все получается? Об этом и о многом другом мы спросили Виктора Антоновича, пока он не убежал к суперкомпьютеру.



Ректор МГУ им. М.В. Ломоносова В.А. Садовничий

— Виктор Антонович, вы уже точно знаете, каким содержанием наполните свою технологическую долину? Что, образно говоря, будет там расти?

— Этот вопрос находится в процессе обсуждения. Сегодняшнее совещание — не первое и не последнее. Однако ясно, что мы будем создавать те или иные объекты только под конкретные программы. Построим, а там посмотрим, что делать дальше, — это не наш путь. Думаю, уже к 2020 г. за Фундаментальной библиотекой на новой территории Московского университета будет построена научно-технологическая долина со своими жилыми корпусами и лабораториями, и это фактически будет новый университет. Общежитие для студентов надеемся открыть через два года. Научная долина рассчитана на решение сложных технических задач, над которыми будут трудиться группы амбициозных людей, готовых синтезировать новое научно-технологическое знание в фундаментальной и гуманитарной областях знаний. При этом для нас важно создать все необходимые условия, чтобы молодые ученые делали открытия, которые можно сразу запускать в производство. Речь идет о будущем не только МГУ, но и страны в целом.

— Насколько я понимаю, в замыслах не только студенческий городок, но и целая инфраструктура для выращивания будущих талантов — школы и, может быть, детские сады для маленьких гениев?

— Надо сказать, у нас при МГУ уже работает замечательная Физико-математическая школа им. академика А.Н. Колмогорова для одаренных детей. Мы хотим развить эту традицию и создать школы для одаренных детей в разных областях знаний. О детских садах пока не думали, но почему бы и нет? У нас много идей. Может быть, будут и служебные квартиры для молодых ученых, а значит, и детские сады для их детей, а насколько они окажутся талантливыми, покажет время. У нас стратегический замысел — сосредоточить в Ломоносовском

корпусе до 100 научных проектов, которые помогли бы нам совершить прыжок в науку будущего. Это задел для нашей будущей технологической долины. При этом мы понимаем, что осуществить задачу будет непросто. Мы находимся в центре Москвы, вокруг корпуса МГУ жилые дома, коммуникации, транспорт, и нам важно вписаться в эту инфраструктуру, увидеть логистику между строящимися и уже существующими объектами. С архитектурной, инженерной точки зрения осуществить все это будет довольно сложно, поэтому мы собираемся объявить тендер и выбрать ту строительную и инвестиционную компанию, которая наиболее убедительно докажет, что на это способна.

— Будете ли вы просить у города каких-то льгот, особых условий?

— В этом нет необходимости. Мы собираемся пользоваться внебюджетными средствами. Уже просчитано, что финансово это строительство осуществить мы в состоянии. Кроме того, у нас даже есть бизнес-план. Точнее, несколько.

— Мало того: вас поддержал В.В. Путин.

— Да, доверие президента страны радует, но одновременно ответственность становится еще больше.

— Прежде чем начать это обсуждение, вам пришлось провести серьезный анализ осуществления подобных проектов в других университетах мира. К каким выводам вы пришли?

— Главный вывод — что мы ничем не уступаем, а в чем-то опережаем их. Я остаюсь в полном убеждении, что МГУ — один из ведущих университетов мира. Но это не означает, что нам нечему учиться у других стран. Например, Ливерморская национальная лаборатория им. Лоуренса в США. Я был там десять лет назад специальным гостем, внимательно ознакомился с тем, что они делают. Оказалось, что нам удалось угадать и начать развивать у себя два направления, которые вскоре оказались крайне актуальными: суперкомпьютер и космические исследования. Наш суперкомпьютер ничуть не уступает тому, что есть на Западе, а по многим параметрам он мощнее. Что касается космоса, то МГУ, как известно, запускает свои спутники и ведет в этой области активные исследования. Но есть и минусы. За рубежом исследования Мирового океана находятся на самом высоком уровне, у нас пока этого нет. Ясно, что нам не обойтись без фундаментальной инженерии, без развития информационных технологий. Существует мнение, что такого рода специалистов надо приглашать из-за рубежа. С этим я не согласен. Думаю, мы справимся сами.

— Практически во всех университетах мира есть свои музеи. А у МГУ с этим как?

— У нас тоже есть музеи, но они не настолько открыты для широкой общественности, как хотелось бы. Для того чтобы демонстрировать архивы, коллекции, книги, нужны особые условия, которыми мы пока не располагаем. Это обидно, потому что у нас есть что показать. Например, уникальный гербарий, интересные коллекции камней и минералов, богатые архивные материалы. Если бы мы смогли создать свой музей, то МГУ стал бы настоящим кладом культурного богатства страны. Как

Гарвард, который гордится своими гербариями, или английский Лидс, где находится хранилище редких камней. Поэтому создание такого научного центра-музея также в наших планах.

— **А еще вы собираетесь строить «зеленые» корпуса. Что это такое?**

— Это корпуса полностью восстанавливаемым за счет солнечных батарей энергоснабжением, как в Тоттингемском университете или Ноттингемском.

— **По каким критериям вы выбирали те направления, которые будут представлены в долине?**

— Мы выбрали то, что представляется сегодня актуальным. Это 11 направлений от информационных технологий и биомедицины до космических исследований и гуманитарных наук. Очень важно понимать, зачем нам нужен тот или иной проект, что конкретно он даст. Например, в области биоинженерии намечены восемь проектов — это исследования материалов, препятствующих росту опухолевых клеток, или проект по исследованию «ионов Скулачева». Академик В.П. Скулачев — профессор МГУ, директор Института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ, биолог с самым высоким индексом цитирования среди российских специалистов, уже много лет изучает процессы старения, в результате чего совершил открытие — синтезировал вещество, способное замедлять этот губительный процесс в живых системах. Это вещество официально называется «ионами Скулачева». Еще один момент, на котором хочется остановиться, — технологические катастрофы. Много лет назад, вскоре после аварии на Чернобыльской АЭС, я общался с академиком В.А. Легасовым, который был одним из главных ликвидаторов в стране. Он предупреждал, что такие катастрофы будут случаться ввиду того, что появляются все более сложные системы, которые обслуживающий персонал из-за их сложности не сможет контролировать. Академик оказался прав. Это происходит на наших глазах и означает, что кто-то должен просчитывать такие системы, прогнозировать их поведение. Подобные проекты у нас тоже есть. Что касается наук о Земле, когнитивных исследований, экологических проектов, то в Ломоносовском корпусе уже сегодня есть хорошая база и люди, способные стать толчком к нашему последующему развитию.

— **Виктор Антонович, существует ли такой университет, который вы считаете образцом для подражания, так сказать, эталоном?**

— Однажды я оказался на вечере российско-украинской дружбы в Киеве. Все происходило накануне Нового года, и тогдашний президент Кучма произнес тост: «Наконец-то у нас елка выше, чем в Москве!» На что присутствовавший на торжестве Ю.М. Лужков, тогда мэр Москвы, ответил: «Может, у вас елка и выше, но у нас толще!» Я не хочу копировать лучшие университеты мира, снимать с них клише. Можно воспользоваться их опытом, что-то перенять, но для меня лучшим университетом всегда был и остается наш. Важно не просто настроить «как у них», а наполнить все это понятным нам содержанием.

— **В чем, на ваш взгляд, отличие МГУ от остальных университетов?**



Заседание рабочей группы по инфраструктурному развитию МГУ

— В нашем мощном, колоссальном потенциале. Люди — по-прежнему главное богатство. Я очень верю в нашу талантливую молодежь, такой нигде больше нет. Недаром не только наш университет, но и новый корпус носит имя М.В. Ломоносова: вслед за ним мы уверены, что «может собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов российская земля рождать». Однако здесь есть определенная опасность. Мы привыкли к своей исключительности, к тому, что мы лучшие. И это негативно сказывается на нашем будущем. Во-первых, мир шагнул далеко вперед, во многом мы отстали. Во-вторых, в стране тоже появляется серьезная конкуренция, и об этом нельзя забывать. В-третьих, самоуспокоение, самодовольство — это путь к стагнации, к саморазрушению. Нельзя успокаиваться, надо понимать, что нам предстоит очень многое сделать. Нам нужны те, кто не хочет успокаиваться на достигнутом, кто «ищет бури». Таким людям я говорю: «Бросайтесь сюда и старайтесь выплыть». Думаю, вместе у нас получится. Этот проект заставит МГУ собраться, встряхнуться — и прыгнуть в будущее.

— **Виктор Антонович, это ведь уже не первая попытка построить Кремниевую долину в нашей стране. И пока мы не можем сказать, что у кого-то это получилось. Почему вы думаете, что у вас получится?**

— Помню, в 1990-е гг. ко мне приходили деловые люди и предлагали приватизировать МГУ. Я им говорил те слова, которые запомнил еще в юности, работая в шахте. Тогда было трудно, но МГУ собрал свой коллективный интеллект и выстоял, не потеряв ни одного квадратного метра, ни одного научного направления, ни одного факультета. Наоборот, мы сделали огромный шаг вперед, открыв еще 20 новых факультетов, освоив новые инфраструктуры, но надо двигаться дальше. Если мы смогли тогда, думаю, сможем и сейчас. Один из моих коллег недавно был в Гарварде и по возвращении рассказал мне об одном разговоре с очень известным профессором. Тот интересовался, как у нас дела, какие новости и по-прежнему ли я ректор. Узнав, что никуда я не делся, профессор изрек: «Нам бы с нашими деньгами — и его». Что ж, мы готовы к взаимовыгодному сотрудничеству. ■

Беседовала *Наталья Лескова*

# МАЛО НАУЧИТЬ, НАДО УДЕРЖАТЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

*Для того чтобы подготовить ученого, владеющего междисциплинарным знанием, образовательный процесс должен быть непрерывным начиная с младших классов средней школы — так считает заместитель директора Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», директор Курчатовского НБИКС-центра профессор Павел Константинович Кашкаров*

— В соответствии с распоряжением правительства за НИЦ «Курчатовский институт» закреплены два крупных направления: индустрия наносистем и материалов, а также энергетика и энергосбережение.

**— Это ведь совершенно разные направления?**

— Не совсем. Они во многом сильно взаимосвязаны. Но это только два основных, определяющих вектора. В действительности каждое направление представлено десятками тем. В частности, идет разработка наноматериалов для ядерной и термоядерной энергетики.

**— И все это на базе Курчатовского института?**

— Многие из этих направлений реализуются в институтах, которые теперь вошли в состав НИЦ «Курчатовский институт». Это Институт физики высоких энергий в Протвине (ИФВЭ), Институт теоретической экспериментальной физики в Москве (ИТЭФ) и Петербургский институт ядерной физики (ПИЯФ). В последнем сейчас

заканчивается строительство уникального исследовательского нейтронного ядерного реактора ПИК.

Имея столько различных научных направлений, мы должны готовить совершенно разные кадры для многих подразделений. У нас на сегодня существуют 27 базовых кафедр.

**— В этих институтах НИЦ учатся студенты?**

— Конечно, ни один из них не представляет собой образовательную организацию. Это научно-исследовательские учреждения. Но они ассоциированы с ведущими университетами, в которых отдельные кафедры возглавляются сотрудниками данного НИИ, и вся научно-исследовательская работа студентов и аспирантов кафедры реализуется в базовых научных организациях. Все четыре наших института располагают аспирантурами по целому набору востребованных в них специальностей.

— **То есть получается конвейер: оканчивая базовую кафедру, студент-выпускник может поступить в аспирантуру того института, на базе которого эта кафедра была устроена.**

— Совершенно верно. Для нашего ядерно-энергетического комплекса кадры традиционно готовит Московский инженерно-физический институт. Это хороший мощный университет по данному направлению. Помимо этого мы недавно создали в МИФИ для поддержки наших исследований три абсолютно новые базовые кафедры: физики элементарных частиц, технической сверхпроводимости и ядерной медицины. И по всем этим направлениям мы готовим для себя соответствующие кадры.

Очень серьезная работа идет и в Санкт-Петербурге. Год назад ректор Санкт-Петербургского государственного университета Н.М. Кропачев пригласил директора нашего центра М.В. Ковальчука занять позицию декана физического факультета. Это было очень правильное решение, потому что сейчас в ПИЯФ НИЦ «КИ», как я уже говорил, достраивается самый совершенный в мире источник нейтронов — реактор ПИК. Там для работы потребуется до 500 специалистов.

— **Физиков?**

— Разных направлений, но преимущественно физических. Поэтому такой альянс СПбГУ и ПИЯФ НИЦ «КИ» представляется очень перспективным. Отмечу, что на физическом факультете СПбГУ 20 выпускающих кафедр, в том числе молекулярной биофизики, физики полимеров, физики Земли, атмосферы... Так что даже в рамках одного факультета мы можем готовить широкий спектр специалистов для ПИЯФ НИЦ «КИ». Безусловно, понадобятся и выпускники других факультетов СПбГУ. Очень важно, что, в соответствии с поручением президента России, для молодых специалистов ПИЯФ НИЦ «КИ» предполагается выделить до 150 квартир. И это только на начальном этапе. Мало кадры подготовить, их надо суметь закрепить. Тут нужно комплексное решение задачи.

— **На кафедре будут учить уже с расчетом, что выпускник пойдет работать на ПИК?**

— Конечно. В наибольшей степени это относится к кафедре нейтронной и синхротронной физики. Эту кафедру Михаил Валентинович Ковальчук создал в университете с научной базой в ПИЯФ НИЦ «КИ» еще до того, как возглавил весь физический факультет.

— **Но в Санкт-Петербурге ведь нет синхротрона.**

— Зато он есть у нас, в Москве. Этим летом мы пригласили на стажировку на Курчатowski источник синхротронного излучения (КИСИ) 15 студентов старших курсов, магистрантов кафедры. В проекте — строительство на площадке ПИЯФ НИЦ «КИ» суперсовременного синхротронного источника четвертого поколения. Вместе с реактором ПИК это позволит создать не имеющий мировых аналогов международный центр синхротронно-нейтронных исследований.

— **То есть выпускникам уже не нужно будет уезжать за тридевять земель: у них здесь прекрасная аппаратура, на которой они могут работать.**

— Для молодого человека это очень важно. Надо отдать должное: это заслуга нашего директора. Он перфекционист, у него не может быть среднего уровня, все должно быть сделано по высшему разряду. Поэтому и все лаборатории у нас в институте, и то, что сейчас делается в ПИЯФ НИЦ «КИ», как говорится, на уровне мировых стандартов. Одним словом, молодежи будет интересно и приятно работать в этих лабораториях.

— **Но просто физиков тут будет мало. Для работы подобной техники требуются инженеры, с которыми у нас, как известно, далеко не благополучно.**

— Правильно, поэтому у нас есть базовая кафедра в МГТУ им. Н.Э. Баумана. И в МИФИ инженерные дисциплины преподаются на хорошем уровне. Недавно совместно с РУДН была начата подготовка инженеров-нотехнологов. Но пока, конечно, во всех институтах НИЦ «Курчатowski институт» задача пополнения подразделений современными инженерными кадрами стоит достаточно остро.

### Людской конвейер

— Курчатowski институт всегда был мультидисциплинарным научным центром. Это мировая тенденция — трансформация исходно ядерно-физических национальных лабораторий и институтов в многопрофильные междисциплинарные научные центры. Они располагают мощнейшей экспериментальной базой, в том числе такими мегаустановками, как источники синхротронного излучения, нейтронные реакторы, ускорители частиц, которые задействованы в очень широком спектре исследований. Все центры такого масштаба, в том числе и Курчатowski институт, ассоциированы с большим числом образовательных учреждений, потому что один университет не может полностью закрыть их потребности в кадрах.

Вот тут и начинается то, что связано с абсолютно новым для нашего института трендом. Это то, что называется НБИКС-технологии: нано-, био-, информационные и когнитивные. Плюс еще сейчас выяснилось, что последствия реализации НБИКС-технологий, да и сам исследовательский процесс, имеют очень много социальных и гуманитарных аспектов. Поэтому наш центр называется «НБИКС-центр», где последнее «С» отвечает за социогуманитарные дисциплины.

Еще в 2005 г. М.В. Ковальчук обратился к ректору МГУ В.А. Садовничему с предложением создать на физическом факультете абсолютно новую, инновационную кафедру физики наносистем. Предложение было поддержано, кафедре довольно быстро сформировали и образование стало действительно междисциплинарным. В перечень читаемых курсов были добавлены дисциплины химического и биологического содержания, чтобы физики могли ориентироваться в смежных естественных науках. В учебную программу включен курс «Введение в когнитивные технологии», а информационные технологии на физфаке всегда преподавали хорошо. То есть специальные курсы читаются по всему спектру НБИКС.



## **Справка**

**Павел Константинович Кашкаров** — доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», директор Курчатовского НБИКС-центра. Родился в Москве. Выпускник физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (1971). Декан факультета НБИК-технологий МФТИ, заведующий кафедрой общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ, председатель докторского диссертационного совета МГУ, заместитель главного редактора журнала «Кристаллография» РАН.

- ✓ Научные интересы связаны с изучением физики взаимодействия лазерного излучения с веществом, физики системы пониженной размерности.
- ✓ Автор более 250 публикаций.
- ✓ Лауреат премии Правительства РФ в области образования (2012) и Государственной премии РФ в области науки и техники (2002), заслуженный профессор МГУ (2004).

### — Кафедра базовая?

— Да, студенты выполняют квалификационные работы на базе Института кристаллографии РАН. Основная часть выпускников распределяется в институт на работу либо продолжает образование в аспирантуре ИКРАН или физического факультета на кафедре. Кафедра полностью соответствует статусу базовой: ИКРАН наполнился молодыми сотрудниками, в том числе и кандидатами наук.

Кафедра физики наносистем, по сути, стала первым полигоном, на котором оттачивались принципы междисциплинарного образования, — когда при переходе

на каждую следующую ступень, в отличие от традиционной схемы, происходит не все более узкая специализация, а все большая интеграция дисциплин.

### — Разве такое возможно?

— Такое необходимо. Как физик скажу: ученых, которые непосредственно работают в области «чистой физики», не так много. Давно сформировались такие пограничные дисциплины, как геофизика, химическая физика. Весьма успешна деятельность физиков и в биологии. Даже люди, которые работают в области физики конденсированного состояния, начинают интересоваться объектами *soft matter*, в частности объектами живой природы.

### — Проще говоря — биофизикой.

— Многие физики работают в области биологии и химии. Так что физику нужны базовые знания по этим направлениям. Но давать их надо уже в институте, потому что постигать биологию в зрелом возрасте — очень неблагоприятное занятие. В книжках по биологии на каждой странице 50 новых терминов, запомнить их может только молодой. Опыт работы на кафедре физики наносистем в МГУ привел нас к концепции непрерывного естественно-научного образования, суть которой очень проста: важно, чтобы преподавание естественно-научного цикла не прерывалось.

Вот школа — она по определению мультидисциплинарна, там есть все: биология, физика, химия. Мы получаем на первый курс студента с достаточно широким спектром знаний в естественно-научной области. Важно не приостановить образование по каждой из этих линий. Опыт показал, что если перерыв в обучении составляет даже два-три года, то многое забывается и приходится все начинать сначала. Мы старались сократить этот интервал между школой и началом преподавания того или иного предмета до минимума. На физическом факультете это было непросто реализовать, поскольку это устойчивая структура с определенной программой и там нет возможности на младших курсах что-то регулировать. Михаил Валентинович Ковальчук поставил задачу — сформировать серьезную междисциплинарную образовательную структуру. Мы думали, где это можно сделать, и пришли к выводу, что оптимален Московский физико-технический институт. Еще в 2006 г. здесь при Курчатовском институте был создан факультет информатики и нанотехнологий МФТИ, на котором читали один-два курса из области нанотехнологий.

### — Немного.

— Да. Но это было начало. Преподавание уже с первого курса велось здесь — на территории центра. Студентам не надо было ездить в Долгопрудный, чтобы слушать общие курсы. Этот факультет показался нам оптимальной структурой для реализации упомянутой выше концепции. Мы с М.В. Ковальчуком его полностью реформировали в 2009 г. в факультет нано-, био-, информационных и когнитивных технологий. Была составлена абсолютно оригинальная учебная программа. Химию начали преподавать уже на первом курсе, пока не забылась, на втором шла общая биология и т.д. Параллельно читались курсы всего естественнонаучного блока. Но базой,

конечно, было фундаментальное физико-математическое образование. Мы пригласили читать лекции лучших профессоров из Физтеха и МГУ. Наши специалисты, работающие в этой сфере, тоже составили значительную часть преподавательского корпуса. Получилась очень хорошая взаимодополняющая программа. Если на уровне бакалавриата преподавались общие курсы — физика и математика, химия, общая биология, то уже в магистратуре шли дисциплины междисциплинарного характера: биофизика, биохимия, физическая химия и т.д. Читались очень серьезные курсы: молекулярная биология, основы генетики.

**— Разве возможно все это вместе усвоить?**

— Конечно, учиться на таком факультете непросто. Честно говоря, вначале мы опасались, выдержат ли молодые люди такую нагрузку. Но, к нашим удивлению и радости, оказалось, что им это очень интересно. Занятия идут здесь, на территории Курчатовского центра. Мы отдали под это целый этаж нового здания. Аудитории с микроклиматом, компьютерные классы — там есть все что надо. И от учебной аудитории до лаборатории пять минут ходьбы.

Особенность нашего факультета заключается в том, что мы в значительной степени ориентируемся на москвичей. Нам надо, чтобы большинство студентов впоследствии остались у нас.

**— И много остается?**

— Примерно половина. Сейчас, если пройти по лабораториям НБИКС-центра, там работает одна молодежь. И отзывы руководителей о них положительные. Что мне очень приятно, биологи отзываются о наших «конвергентных» ребятах с базовым физическим образованием лучше, чем о тех, кто окончил собственно биофак, — потому что они могут легко работать с любой аппаратурой. Сейчас все естественно-научные дисциплины широко используют физические методы. Если ты не понимаешь, как все это работает, ты не можешь использовать возможности прибора в полном объеме. И, напротив, зная, как все функционирует, правильно обрабатывая результаты, ты можешь на более простом приборе получить более интересные и точные результаты, чем на том, который в десять раз дороже. Так что мы очень довольны этими специалистами.

Еще одно наше ноу-хау, направленное на закрепление специалистов, заключается в том, что всех поступивших к нам на первый курс мы зачисляем на работу в Курчатовский центр.

**— Сразу?**

— Да. Во-первых, это упрощает проблему допуска на территорию. Второе — студенты свободно пользуются всей нашей инфраструктурой: библиотекой, поликлиникой, столовой и пр. Кроме того, статус сотрудника Курчатовского института позволяет поддерживать их и материально. Мы вначале зачисляем их на треть ставки, но постепенно доля увеличивается. Как

только человек приходит в научную группу и присоединяется к какому-то проекту, он начинает получать вполне нормальные для молодого специалиста деньги. У нас есть студенты, которые в месяц зарабатывают по 50 тыс.

**— В плюс к стипендии.**

— Опять же по инициативе директора центра Михаила Валентиновича Ковальчука у нас разработана целая система материальной поддержки всех уровней учащихся. Мы ввели 30 стипендий им. А.П. Александрова по 10 тыс. рублей. Для младшекурсников необходимым условием — отличная успеваемость, для старшекурсников — отличная и хорошая успеваемость плюс наличие публикаций, т.е. результатов научной работы. Аспиранты получают дополнительную стипендию от института все поголовно.

Есть у нас и система постдоков. Если ты окончил факультет, аспирантуру, успешно вовремя защитился, ты можешь быть оставлен на позиции постдока до пяти лет. Это очень неплохая зарплата с возможностью предоставления для иногородних комнаты в общежитии.

**— Эта комната может впоследствии перерасти в собственное жилье?**

— Для Курчатовского института в соответствии с поручением президента предполагается выделение жилья молодежи. Это сложная система, рассчитанная на примере Российской академии наук. Для того чтобы в эту программу попасть, надо обладать научным стажем, соответствовать определенным критериям. Но мы постепенно адаптируем эти программы под наших специалистов. Мы стараемся создать условия, которые в итоге закрепят вчерашних студентов в нашем учреждении. В первую очередь, это очень неплохая зарплата. Дальше — лаборатории с современным интерьером (евроремонт, системами кондиционирования, очистки воздуха), с новейшей аппаратурой, уровню которых многие западные исследовательские институты и университеты могут позавидовать, которыми руководят известные ученые.

**— То есть проблемы утечки мозгов для вас не существует?**

— У нас, скорее, сейчас приток мозгов: работают уже около 20 человек из тех, что вернулись, прожив от трех до 15 лет за рубежом. И, как говорится, нет худа без добра.

Курчатовский НБИКС-центр





В ядерно-медицинском подразделении Курчатовского НБИКС-центра



В геномном подразделении Курчатовского НБИКС-центра

То, что в 1990-е гг. уехало много специалистов в креативном возрасте (от 25 до 40 лет), привело к тому, что сейчас их ниша свободна. И молодые люди очень быстро продвигаются, достигая позиций заведующего отделом, лабораторией. Это уже карьера, когда ты еще относительно молод, а у тебя свое научное направление, научная группа, планы, результаты.

**— Но если все так эффективно, то почему остаются 50%, а не 100%?**

— 50% — это мы считаем от начала обучения, значительная часть отсеивается до завершения образования. К сожалению (и это общая тенденция), молодежь часто покидает высшие учебные заведения, не дойдя до степени магистра. Некоторые делают магистерские работы в каких-то других научных учреждениях, но это скорее исключение. Бесперывный конвейер «бакалавр — магистр — аспирант — постдок» выгоден и самому молодому человеку, и центру. Если ты продержал юношу в магистратуре два года, в аспирантуре — три, а скоро будет четыре — это уже пять-шесть лет. Если он еще по программе постдока остается у тебя на пять лет, вот тебе и десятилетие. Молодой человек отдал все свои силы — интеллектуальные и физические — центру. Это мировая практика: все научные учреждения мира держатся на аспирантах и постдоках. Иметь штатного сотрудника на Западе очень дорого, потому что возникает целый ряд обязательств: специальные страховки, жилье и многое другое. А аспиранты и постдоки — вроде как временные люди, они не настолько привязаны, поэтому не так напрягают бюджет учреждения. И это основная научная рабочая сила во всем мире.

**— Кроме того, это самая энергичная и креативная рабочая сила...**

— У нас даже после завершения работы в качестве постдока сотрудники почти все остаются, потому что к тому времени поднимаются на достаточно высокие научные должности и очень работой довольны. Активная образовательная деятельность всесторонне поддерживается и инициируется нашим директором. Он очень увлечен этим и понимает, что будущее любого центра такого масштаба связано с молодежью. Поэтому возрастает число молодых сотрудников, работающих руководителями отделов и даже лабораторий.

## Слово и дело

**— Сам Михаил Валентинович курсы студентам читает?**

— Совсем недавно читал курсы, связанные с рентгеновскими методами. Сейчас, конечно, его загруженность

такова, что времени просто не остается. Но он общается с молодежью, регулярно читает лекции о современных направлениях в науке, новых результатах, делится с ними своими идеями по конвергенции, по связи живого и неживого мира, и эти лекции пользуются неизменным успехом. Обладая качествами прекрасного оратора и очень контактного человека, он легко увлекает аудиторию. Вот факт для примера. Мы только недавно начали системно работать с Санкт-Петербургским университетом. На физфаке уровень абитуриентов по ЕГЭ был не очень высоким. В этом году мы приняли решение, что Михаилу Валентиновичу стоит прочитать лекцию для поступающих на первый курс. В конце июля мы приехали в Петербург, и он выступил. В итоге средний балл ЕГЭ вырос на физфаке на 30–40 пунктов. То есть он убедил ребят с хорошими результатами в том, что действительно надо идти на физфак, что это достойное место, что им обеспечены интересное будущее и яркая научная карьера.

## Единственный и повторимый

**— Еще ведь очень важно, кто придет к вам на первый курс.**

— Этим мы тоже давно озаботились. Мы начали работать чуть ли не с начальной школой. Пришедший из детского сада человек не знает, что такое химия, физика, математика. Для него есть природа, и в первых классах есть мультидисциплинарный предмет «Окружающий мир». Начиная с четвертого класса он делится на составляющие. Ученик видит, что люди искусственно нарезали знания на многие дисциплины, поскольку иначе освоить их невозможно. Это абсолютно правильный прием анализа путем выделения отдельных дисциплин. Важно, чтобы ты понимал, что природа едина, что это только метод познания, что все это про одно и то же, только на разных уровнях понимания и обобщения. Но уже классу к восьмому это понимание исчезает.

Мы начали эксперимент под названием «Курчатовская школа непрерывного междисциплинарного образования». Он был запущен совместно с московским правительством. Вначале реализовали его на базе одной из близких к нам школ, Центра образования № 2030. Они начали работу именно с младших классов, и дело пошло очень хорошо. Правительство Москвы существенно обновило в школе материальную базу кабинетов физики, химии, биологии и оснастило их по профильному уровню. Мы настояли на том, чтобы даже лабораторная мебель была «правильная». Для химического кабинета это



Лаборатория нейрофизиологии Курчатковского НБИКС-центра



«Горячие камеры» НИЦ «Курчатowskiй институт»

должна быть мебель с соответствующими сливами, кислотоустойчивая, для физического — чтобы было заземление, и т.д. Сейчас городской департамент образования решил, что пора включить в проект еще 37 школ. Очень много школьников приезжают к нам, смотрят лаборатории, ходят на экскурсии. Все это — важный компонент образовательной деятельности: от того, какого уровня студенты пришли на первый курс, зависит то, что мы получим через шесть лет.

— **Расширять деятельность собираетесь?**

— Уже расширяем. Не так давно мы активно участвовали в деятельности рабочей группы по доработке стандарта для старшей школы. Под руководством М.В. Ковальчука была собрана представительная команда. Я считаю, мы неплохо там потрудились — и через год предоставили вариант нового стандарта. Он был принят два года назад, значит, через восемь лет стандарт станет обязательным. В нем ввели целый ряд новых профилей, в том числе крупные естественно-научные, где на профильном уровне изучаются все предметы естественно-научного блока, а на базовом — гуманитарные. И наоборот: есть гуманитарный и социоэкономический профили, где гуманитарные дисциплины изучаются на профильном уровне, а естественно-научные предметы даются интегрировано.

— **Все в рамках бесплатного образования?**

— В наших документах черным по белому первой строкой написано, что в Российской Федерации школьное образование бесплатное. Обычно основной шум о том, что кто-то делает образование платным, идет от тех, кто никогда документа не читал, а только услышал про него и пытается как-то интерпретировать. Мне многие говорили: «Что вы наделали? Физику забыли!» Я отвечал: «Ты почитай! Там есть естественно-научный профиль, в котором физика стоит в блоке с естественно-научными дисциплинами». Может, это не очень типично для крупного научно-исследовательского института — опускаться почти до детского сада, но если хочешь иметь хорошего специалиста, то надо готовить его с самого раннего возраста, с начальной школы.

Важно, что НИЦ «Курчатowskiй институт» окружен такой образовательной оболочкой, которая становится источником кадров. Без этого ничего не получается.

— **Где-нибудь в мире есть аналог вашего НБИКС-факультета?**

— Когда мы в начале 2009 г. формировали программу факультета, то, естественно, поработали

с Интернетом — и нашли только короткие курсы в Индии. Мы до сих пор мониторим мировое университетское сообщество, не появились ли факультеты такого типа. В точности таких же пока нет. Конечно, есть учреждения, где преподают смежные дисциплины: биофизику, биохимию, но на этом пока все заканчивается.

— **Подобный НБИКС-факультет в России возможен только на базе Курчатowskiго института или его можно запустить где-то еще?**

— Конечно, можно. Есть только один нюанс: это не должно быть «меловое преподавание». Необходимы соответствующие лаборатории, лабораторная база. Но пока такой точки концентрации четырех направлений, как в Курчатowskiм институте, нет, пожалуй, нигде в мире. Поэтому преподавать НБИКС-технологии в других местах не так просто. В Новосибирском Академгородке, например, где рядом находится много научных институтов, физических, химических, биологических, создать подобный факультет вполне реально. Но это уже работа организационная.

— **У вас-то все вообще почти под одной крышей.**

— Да, все в одном месте — факультет, НБИКС-центр, и все под одним административным началом. Условия самые благоприятные. Нет никаких барьеров, они исключены с самого начала.

— **А профессура? Ведь для такого факультета должны быть специально подготовленные преподаватели?**

— В идеале да, но где их сейчас возьмешь, специально подготовленных? Мы очень тщательно отбираем преподавателей, берем лучших. Из МГУ целевым образом выбрали около десяти человек. Они все в своих курсах делают акцент именно на конвергенцию наук, т.е. преподают конкретную дисциплину в связи со всеми остальными. Постепенно им на подмогу и на смену приходят сотрудники НБИКС-центра, в том числе гуманитарии. Лекции по когнитивным технологиям, например, у нас читает член-корреспондент РАН Борис Митрофанович Величковский, по нейрофизиологии — член-корреспондент РАН Константин Владимирович Анохин. И можно быть уверенными, что через несколько лет преподавательские кафедры на факультете займут выпускники. У них уже складывается настоящий конвергентный тип мышления и работы в науке. ■

*Беседовал Валерий Чумаков*



**В** нашей новой рубрике «Лаборатория будущего» речь пойдет именно о потенциально революционных научных направлениях и исследованиях. Открывая рубрику, мы решили начать с Китая, страны с миллиардным населением, быстро растущей экономикой и серьезными амбициями в области инноваций. На что сейчас делают долгосрочную ставку китайские ученые?

Говоря о построении адекватной футуристической модели, глава Академии наук КНР Лу Юнсян сформулировал для своих коллег и подчиненных основной принцип

# ЛАБОРАТОРИЯ БУЩЕГО

## АКАДЕМИЯ НАУК КИТАЯ Дорожная карта до 2050 года

*Мегатренды в науке и технологиях — тема как увлекательная, так и рискованная. Оставляя отдаленное будущее футурологам, естественно-научное сообщество сегодня берется предсказывать картину научно-технического развития на 30–40 лет вперед. И это не прогноз, а скорее стратегическое предвидение, от адекватности которого тем не менее зависит очень многое. Вложив финансовый и интеллектуальный капитал в наиболее перспективные исследования, нация может обеспечить себе завтрашнее технологическое преимущество и лучшие условия жизни для следующих поколений*

следующим образом: главное — раскрепостить сознание и следовать объективным законам. История науки подсказывает, что открытия и прорывы могут быть сделаны только тогда, когда ломаются общепринятые стереотипы, но без увлечения фантазиями, кроме того, иерархически структурированные рекомендации по проведению исследований, финансовая поддержка и вовлечение талантливых ученых — главный залог успеха.

Оценивая потенциал того или иного направления, китайское научное сообщество отталкивается от общих прогнозов на долгосрочную перспективу. Яркий пример

такой дальновидности — энергетика. Подсчитано, что ископаемое топливо при развитии событий по отрицательному сценарию будет использоваться человечеством еще около 100 лет, при самых благоприятных обстоятельствах — около 200. Сначала будут исчерпаны запасы нефти и газа, а затем и угля. Люди будут вынуждены обратиться к возобновляемой энергии как к основному источнику, в то время как ядерная энергия будет играть роль дополнительного. Несмотря на такую отдаленную перспективу, в Китае считают, что описываемые проблемы требуют как фундаментальных, так и прикладных



*Исследования в области управления структурой материи сейчас фокусируются на следующих направлениях: управление отдельными квантами и небольшими квантовыми системами, лазерное излучение ультравысокой интенсивности и скорости и его точное измерение, квантовая информация и квантовые вычисления, новые материалы, явления и новые носители информации*

исследований уже сегодня. Всеобъемлющие структурные изменения в энергетике ожидаются в срок от 50 до 100 лет. В процессе такого перехода неизбежно решение многих сопутствующих научно-технических проблем — например, создание нового поколения фотогальванических элементов, солнечных элементов на основе сенсibilизированных красок, высокоэффективных фотохимических катализаторов и устройств, а также эффективных или высокоэффективных фотосинтетических видов растений, которые произведены путем генной инженерии. Они будут не настолько требовательны

к почвам и воде, смогут расти на склонах гор, в солончаках и полупустынных местностях, вырабатывая энергию для нужд человека. И это только один из примеров комплексного подхода китайских ученых к прогнозированию приоритетных областей научного поиска в долгосрочной перспективе.

В обнародованном еще несколько лет назад сводном докладе Академии наук КНР названы 22 научно-технические инициативы, имеющие стратегическое значение для страны в период до 2050 г. Большая часть этого списка связана с выполнением масштабных, но вполне прикладных задач в области модернизации, повышением международной конкурентоспособности Китая, обеспечением национальной безопасности и устойчивым развитием. (Кроме упомянутой «зеленой» энергии это технологии чистой, цикличной утилизации ресурсов, молекулярный дизайн, регенеративная медицина и т.д.). В Китае предполагают, что нынешний финансовый кризис аналогично кризисам 1857 и 1929 гг. ускорил общемировой прогресс науки и инноваций и в ближайшие 10–20 лет приведет к новому витку НТР. Вписаться в честный скачок — задача сложная, но это дает реальный шанс для возрождения китайской нации, для стратегического перехода в ее экономике от имитации к инновациям.

Имея в виду такое будущее, китайские ученые и китайское государство определили в научных исследованиях четыре направления, ведущие к важнейшим трансформационным прорывам, которые будут определять жизнь человечества на многие десятилетия вперед. Это исследование темной материи и темной энергии, контроль



структуры материи, искусственная жизнь и синтетическая биология, а также изучение механизма фотосинтеза. Остановимся подробнее на каждом из них.

### Темная материя и темная энергия

Благодаря созданию в последние десять лет высокоточной и мощной астрономической аппаратуры, включая наземные и особенно бортовые системы, космология сегодня перешла на новую ступень развития — началась эпоха прецизионной космологии. Так называемые космологические параметры, используемые для описания геометрии и динамического развития Вселенной, достигли точности измерений всего в несколько процентов. Это помогает решить многие научные проблемы, если учитывать, что современное понимание Вселенной все еще очень ограничено.

Недавние астрономические наблюдения показали, что на обычную материю, которую мы видим и чувствуем, приходится всего 4% общей плотности материи и энергии Вселенной. Оставшиеся 96% представляют собой темную материю (22%) и темную энергию (74%), и мы все еще крайне мало знаем об их характере. Раскрытие этой научной тайны несомненно станет огромным шагом вперед в представлениях человечества о Вселенной и приведет революцию в физике.

В Китае считают, что страна должна воспользоваться возможностью внести свой вклад в предстоящий научный прорыв. С этой целью КНР собирается приложить особые усилия в области разработки аппаратуры для изучения темной материи и темной энергии, датчиков частиц для использования в космосе и глубоко

под землей, а также нескольких крупных телескопов для установки в Антарктике. Предполагается, что сама эта аппаратура, а также полученные с ее помощью новые данные позволят Китаю занять лидирующее положение в области знаний о Вселенной.

### Управление структурой материи

Квантовая механика значительно расширила наше понимание структуры вещества, внося в XX в. решающий вклад в развитие высоких технологий. Все еще оставаясь на стадии наблюдения за явлениями природы,





человечество сегодня вплотную подошло к порогу эры управления. На основе точных наблюдений и глубокого понимания микромира возможен переход к управлению атомами, молекулами и электронами как составными элементами материи. Можно получать единичные фотоны и спины и управлять ими, проектировать и синтезировать новые материалы в зависимости от конкретных потребностей, а также управлять взаимодействием между микроскопическими частицами с целью воздействия на возникающие новые свойства материалов (сверхпроводимость, сверхтекучесть, колоссальное магнетосопротивление и колоссальное электросопротивление).

Итогом исследований должен стать прорыв в понимании материального мира с неизбежными последствиями для развития энергетики, информатики и материаловедения. По своей важности этот результат будет сопоставим со значением открытия законов квантовой механики и информатики для информационной революции XX в. В Академии наук КНР считают, что страна не должна упустить такую стратегическую возможность, и предлагают сосредоточить усилия на разработке передовых источников излучения, источников нейтронов, средств создания экстремальных условий (ультранизкая температура, ультравысокое давление, сверхсильное электрическое/магнитное поле и т.д.), средств создания прецизионных наноструктур.

Привлекая лучших исследователей и обеспечивая им финансовую поддержку, Китай собирается не только быстро сравняться в этой области с технологическими странами-лидерами, но и сделать важные оригинальные открытия в ближайшие 10–15 лет.

### **Искусственная жизнь и синтетическая биология**

Недавно появившаяся концепция «искусственной жизни» и прогресс в отрасли синтетической биологии создали потенциальные возможности для развития наук о жизни в целом. В качестве научной дисциплины синтетическая биология развивалась на основе теории биоинформации и биологии систем, а также методов геномики и биоинженерии.

Сегодня исследования сосредоточены в основном на выяснении свойств простых форм жизни, синтезе одноклеточных организмов, создании «фабрики клеток» или «молекулярных машин» для различных целей. Они помогают изучить также механизмы дифференциации и эволюции сложных живых систем, расшифровать взаимодействие между окружающей средой и генами в процессе эволюции. Появляется возможность понять механизмы программирования и перепрограммирования клеток в более сложных организмах, чтобы использовать эти правила в искусственном изменении жизни — например, при использовании эмбриональных стволовых клеток и внедренных мультипотентных стволовых клеток.

Таким образом, большое значение имеют достижения в методах, образующих научную платформу, в частности синтезе и характеристике биологических строительных блоков или вводе данных биологии систем в моделирование воспроизводства и сетей метаболизма. Возникнув сравнительно недавно, синтетическая биология в КНР развивается быстрыми темпами. По мнению китайских ученых, ближайшие задачи — это создание

в короткие сроки высокопроизводительной основы для синтеза молекулярных строительных блоков, разработка биологических молекулярных структур с высоким пространственным разрешением и анализа физиологических/метаболических сетей, воспроизведение в рамках схемы «инженерия» спроектированных биологических систем («молекулярная машина» или «фабрика клеток») с последующей оптимизацией через эволюцию в компьютерных моделях и в реальной жизни или в лаборатории.

Ожидаемые достижения не только существенно расширяют знания о природных законах и закономерностях, но и будут способствовать разработке новых методов, технологий, штаммов и зародышевых линий. Следует также уделять больше внимания вопросам, касающимся философии и методологии исследований искусственной жизни, ее этическому, правовому и социальному аспектам, биологической безопасности и возможному воздействию на окружающую среду.

## Механизм фотосинтеза

Используя солнечную энергию, а также неорганический диоксид углерода и воду в качестве основных субстратов, фотосинтетический организм производит синтез органических соединений с высвобождением молекулярного кислорода. Прямо или косвенно фотосинтез обеспечивает источники органических соединений, энергии и кислорода, необходимые для поддержания практически всех видов жизни на Земле. Достижения в понимании механизма фотосинтеза не только существенно повысят эффективность в сфере сельского хозяйства, но и окажут революционное влияние на фотобиологическое производство чистых видов топлива. Имитация механизмов фотосинтеза поможет найти новые способы овладения солнечной энергией и позволит осуществить переход к возобновляемым источникам.

Фотосинтез — это процесс, активизируемый светом, при котором вода при нормальной температуре и нормальном атмосферном давлении расщепляется на электроны, протоны и кислород. В фотосинтетической мембране эффективность перехода энергии составляет 94–98%, а квантовый выход при преобразовании световой энергии достигает почти 100%.

Исследованиям в области фотосинтеза уделяется особое внимание со стороны ученых и правительств развитых стран. Еще в 2002 г. в США были сформулированы цели на предстоящие 20 лет, направленные на значительное увеличение фотосинтетической эффективности использования солнечной энергии, а также разработан соответствующий перспективный план до 2030 г. В Китае подобные исследования осложнялись большим отставанием и недостаточной финансовой поддержкой, однако сейчас страна осознала необходимость сосредоточить ресурсы на этом направлении.

Ближайшая цель Китая в области исследования механизмов фотосинтеза — повышение эффективности использования световой энергии на 10–20%. В следующие два десятилетия ожидается прорыв в понимании

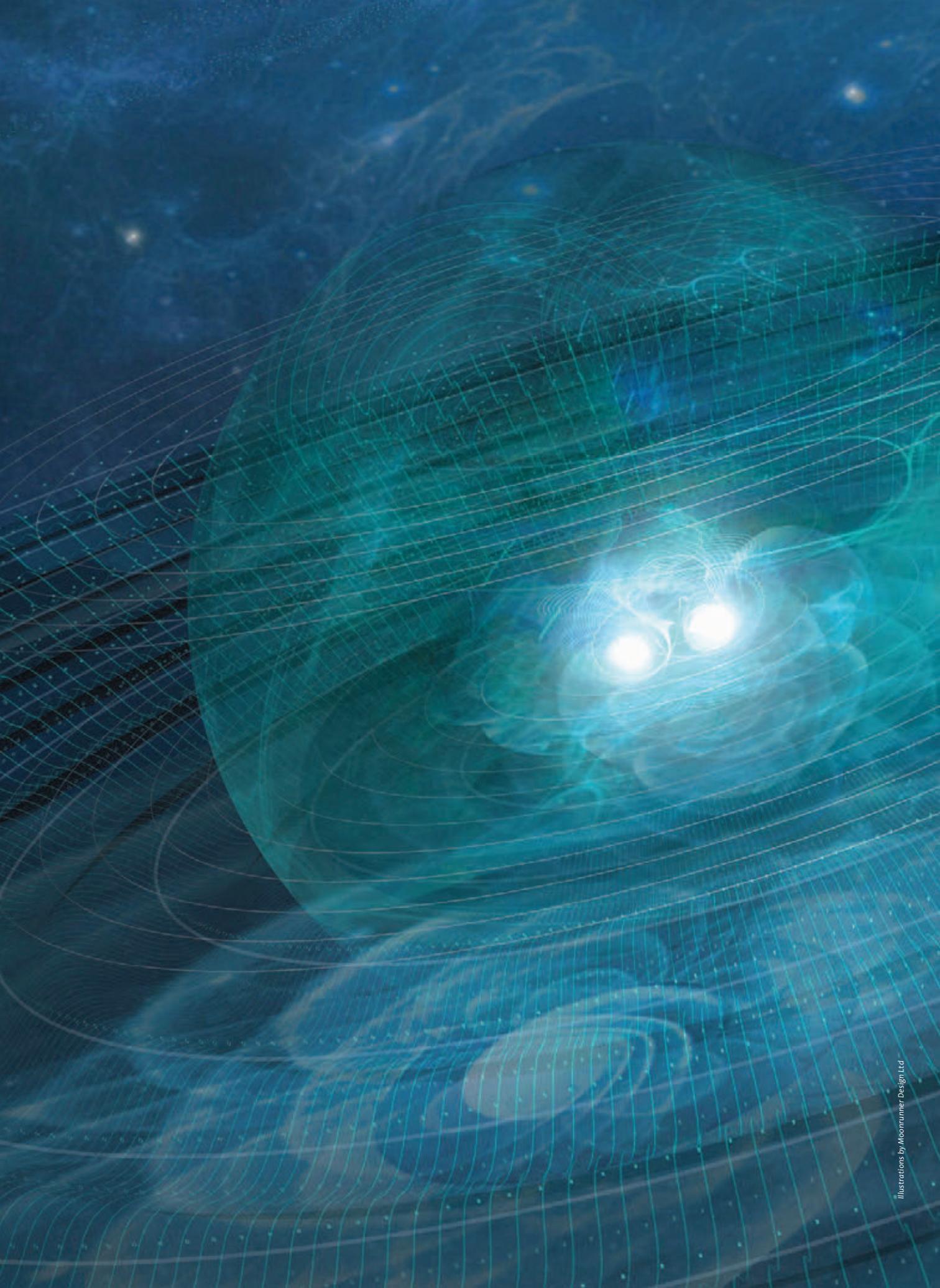
молекулярных и регуляторных механизмов фотосинтеза. В области производства биотоплива с использованием солнечной энергии главная цель на этот период — повышение эффективности фотосинтетической выработки водорода и биотоплива на основе водорослей, а также проектирование биологических солнечных элементов и разработка новых концепций, технологий, методов и моделей на основе независимых интеллектуальных качеств. Долговременной целью (в течение 20–30 лет) Китай ставит удвоение эффективности использования световой энергии в производстве основных сельскохозяйственных культур, таких как рис и пшеница. ■

*Подготовила Ольга Персикова по материалам  
Фундаментального сводного доклада Академии наук Китая  
«Наука и технология в Китае: дорожная карта до 2050 г.»*

## ! Основные научно-технические вопросы в области фотосинтеза:

- ✓ выявление молекулярных и регуляторных механизмов, участвующих в эффективном поглощении, преобразовании и передаче световой энергии;
- ✓ исследование метаболических сетей и факторов, регулирующих углеродную ассимиляцию;
- ✓ поиск потенциала поглощения, преобразования и передачи, а также специфических функциональных генов, участвующих в регулировании использования и преобразования световой энергии;
- ✓ повышение фотосинтетической эффективности урожая путем геномной модификации;
- ✓ создание биологических и биоимитационных устройств для преобразования солнечной энергии





Росс Андерсен

# Эхо Большого Взрыва

Ученые охотятся на гравитационные волны, готовясь впервые их поймать. Тем временем внимание научной общественности привлекают устройства, которые могут позволить астрономам лучше понять физические процессы, происходящие в черных дырах, и наблюдать раннюю, скрытую, историю пространства и времени

## ОБ АВТОРЕ

**Росс Андерсен** (Ross D. Andersen) — главный редактор интернет-журнала *Aeon*, автор многих популярных статей о науке и философии в различных изданиях, включая *Atlantic* и *Economist*.



**П**редставьте, что вам захотелось хоть одним глазком взглянуть на начало времен, на первые мгновения после зарождения нашей Вселенной.

Сначала вы построите превосходный телескоп, инструмент такой мощности, что он сумел бы различить самые окраины наблюдаемого космоса. Затем отыщете холодную высокогорную вершину, далекую от цивилизации, своими огнями заставляющей меркнуть звездное небо. Вы могли бы водрузить на вершине идеальную обсерваторию, оснастить ее самым большим зеркалом на свете, больше того, которое можно поднять в космос, и самыми продвинутыми детекторами. Потратив годы и миллиарды на это мероприятие, вы смогли бы поймать каждый фотон, идущий к нам из глубин Вселенной. Но какую информацию вы получите в итоге от этих фотонов? Представьте, что выдалась редкая ночь, одна из тысячи, когда Луна скрылась за горизонтом и небо распахнуло перед вами бархат чистейшего мрака. Какие сокровища заблестят на нем?

Их окажется совсем немного. Несколько планет, чьи орбиты вьются сквозь неизменный круговорот созвездий. За ними — близкие звезды, которые ярко светились бы на фоне тусклой россыпи слабых светлых точек. Темные уголки небесного свода озаряли бы галактики, некоторые из них — из невообразимой дали в сотни миллионов световых лет. Направив телескоп в нужную точку, вы смогли бы детальнее различить глубины космоса. Вы увидели бы первые звезды — гигантские пылающие шары водорода и гелия, освещающие юную Вселенную.

Но свет имеет границы. Он не способен показать нам всю Вселенную целиком. Вы можете не отрываться от телескопа все ночи напролет, но все равно никогда не увидите процессы слияния черных дыр, и вам никогда не откроется начало времени. В первые несколько сотен тысяч лет после Большого взрыва фотоны ранней Вселенной не могли распространяться свободно, а были связаны в сверхплотной среде с другими частицами, как

увязшие в грязи светлячки. Когда Вселенной исполнилось примерно 380 тыс. лет, ситуация изменилась: расширяясь все это время, Вселенная остыла настолько, что стала прозрачной для фотонов, а значит, стала доступной нашему телескопу. В этот момент рождения видимой нам Вселенной образуется так называемая поверхность последнего рассеяния — сферическая поверхность, с которой к нам со всех сторон приходит космическое микроволновое фоновое излучение (КМФИ). Изучение КМФИ — основная и важнейшая задача современной космологии. Поверхность последнего рассеяния — это своего рода временной барьер, отделяющий доступную нашим наблюдениям Вселенную от непроглядного мрака неизвестности.

На протяжении многих веков регистрация фотонов, идущих к нам из прошлого Вселенной, была основным способом ее изучения. Данные телескопов играли ключевую роль в решении задач космологии. Но свету не проникнуть в начало времен, какими бы гигантскими и сложными ни были наши телескопы. Для того чтобы заглянуть за поверхность последнего рассеяния, нужно обратиться к гравитации. Ее «следы» заполняют собой все пространство-время — это космологические гравитационные волны, вездесущее эхо гравитационных полей. Чтобы обнаружить гравитационные волны, необходимы принципиально новые инструменты, отличающиеся от обычных телескопов.

### Первые детекторы

История постройки гравитационно-волновых детекторов насчитывает несколько десятилетий. Однако все усилия по регистрации «гравитационного эха» оказались безрезультатными. На момент написания этой статьи наиболее технологичным и перспективным прибором можно назвать *LIGO* (*Laser Interferometry Gravitational Wave Observatory*), обошедшийся в \$570 млн. Детектор состоит из трех инструментов, два в штате Вашингтон и один в штате Луизиана. Каждое из устройств представляет

### ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Астрономы стоят на пороге новой эры. Вскоре Вселенную можно будет наблюдать не только с помощью электромагнитных волн, но и методами гравитационно-волновой астрономии.
- Гравитационные волны позволяют заглянуть в самые дальние уголки Вселенной, скрытые от телескопов, — например, за поверхность последнего рассеяния.
- В ближайшие годы гравитационно-волновые телескопы, работающие на земной поверхности, могут получить интересные данные. Кроме того, идет жесткая конкурентная борьба за то, какие именно технологии по реализации космических гравитационно-волновых детекторов будут использованы.

собой своего рода лазерную линейку, способную измерять длины порядка атомного радиуса. Принцип работы *LIGO* — это принцип работы лазерного интерферометра: два лазерных пучка выстреливаются по направлению двух перпендикулярных «плеч» интерферометра, а затем измеряется различие в пройденном пути (сдвиг фаз). В случае прихода достаточно низкочастотной гравитационной волны относительные длины плеч интерферометра будут меняться. Будут происходить продольные колебания плеч: сжатия и растяжения. По сути, *LIGO* — это небесный динамик, гигантский микрофон, способный уловить слабейший из сигналов — тихую симфонию новорожденной, скрытой от глаз Вселенной.

Первоначально, подобно многим далеко не очевидным феноменам в физике, гравитационные волны возникли из теоретических построений, как решения уравнений, а не как результаты наблюдений. Альберт Эйнштейн был первым, кто указал на необходимость существования гравитационных волн в рамках общей теории относительности. Он понял, что некоторые объекты во Вселенной настолько массивны и так быстро вращаются, что они могут разрывать ткань пространства-времени, порождая слабую рябь вокруг себя.

Насколько слабую? Эйнштейн полагал, что рябь столь малой интенсивности никогда не будет обнаружена. Однако в 1974 г. два астронома, Рассел Халс (Russell Hulse) и Джозеф Тейлор (Joseph Taylor), предположили существование гравитационных волн в оригинальном эксперименте, изучая некий астрономический объект, называемый двойным пульсаром. Пульсары представляют собой вращающиеся ядра давно взорвавшихся звезд, обладающие переменным блеском. Высокая регулярность периодов вращения и переменности пульсаров позволила астрономам использовать эти объекты как часы. В системе двойного пульсара сам пульсар и другой объект пары (в случае описываемого эксперимента — сверхплотная нейтронная звезда) вращаются относительно общего центра масс. Халс и Тейлор догадались, что если теория относительности верна, то вращающаяся пара должна порождать гравитационные волны, которые, распространяясь, должны были бы уносить часть энергии из двойной системы, что привело бы к уменьшению радиусов орбит вращения и к его ускорению. Ученые вычертили теоретическую траекторию возможного движения пульсара и в течение нескольких лет следили за ним, чтобы понять, действительно ли сжимается орбита или нет. Было не только обнаружено искомое сжатие, но и в целом теоретически рассчитанное движение пульсара полностью подтвердилось, что еще раз послужило блестящим доказательством теории Эйнштейна, а в 1993 г. привело к награждению Халса и Тейлора Нобелевской премией по физике.

Проблема детектирования идущих от пульсаров гравитационных волн состоит в том, что *LIGO* может распознать их только на последних этапах эволюции двойной системы, когда их орбиты значимо деформируются, в результате чего и происходит испускание наиболее мощных гравитационных волн, идущих через пространство

точно звуки гигантской невидимой погребушки, провозглашающей смерть двойного пульсара. Наша Вселенная велика и заполнена звездами, но слияние звезд в двойных системах — довольно редкое событие. Чтобы «слышать» такие сигналы регулярно, нужно, чтобы «ухо» охватывало гигантские области космического пространства. До недавнего времени *LIGO* был способен осуществлять поиск только в очень небольшой области, где искомого события нужно было бы дожидаться веками.

Однако первая сборка *LIGO* была своего рода «работой холостого хода» — это режим работы, при котором прибор работает не по инженерному заданию, без учета специфики поиска. Теперь же проектировщики *LIGO* знают, каким образом спланировать работу детектора. Чувствительность прибора повышена до такой степени, что в скором времени он окажется способным обнаруживать слияние в двойных системах на расстояниях в 500 млн световых лет, что позволит «услышать» сотни таких событий в год. Ученые надеются, что наблюдательное открытие гравитационных волн могло бы произойти уже в 2016 г., когда исполнится ровно столетие с момента их предсказания Эйнштейном.

### Атомные волны

Несмотря на немалую стоимость, амбиции проекта *LIGO* ограничены. В некотором роде это всего лишь доказательство того, что сама концепция поиска гравитационных волн жизнеспособна, это необходимый первый шаг на пути выведения гравитационно-волновых инструментов в космическое пространство. Земля — очень неподходящее место для таких сверхчувствительных телескопов: земная кора подвержена сейсмическим бурям, вызванным активными процессами внутри нашей планеты, а также движениями океанических масс. Все это нещадно сотрясается и дрожит, заглушая слабые вибрации гравитационных волн. Для того чтобы различить разнообразие гравитационных колебаний, необходимо вынести регистрирующий прибор в более спокойные условия, за пределы земной атмосферы.

В Центре космических полетов им. Годдарда *NASA* две группы инженеров высказались о возможности создания нужной установки в космосе. Одна из групп предложила усовершенствовать в течение десятилетий проект *LISA* (*Laser Interferometer Space Antenna*). *LISA* — дерзкий новаторский проект, по сравнению с которым *LIGO* выглядит не более чем детской игрушкой-конструктором. Для функционирования *LISA* требуется запуск на солнечную орбиту трех космических аппаратов: их положения на орбите зададут вершины треугольника со сторонами порядка миллионов километров. Расстояния между космическими аппаратами будут измеряться с помощью лазеров. При проходе гравитационной волны через плоскость этого гигантского треугольника положения аппаратов будут меняться, искажая соотношения сторон, что и выявят лазерные лучи.

Основной каркас *LISA* не принципиально отличается от того, что было предложено три десятилетия назад на фуршете одной конференции по физике в *NASA*:

родоначальники концепции свернули нужную фигурку из салфетки. Конечно, проекты этого космического инструмента были усовершенствованы и доработаны к тому моменту, когда дело дошло до его практического воплощения. В конце 1990-х гг. — начале 2000-х гг. проект *LISA* был заявлен как флагманский проект *NASA* после Космического телескопа им. Уэбба (*JWST*). Однако за прошедшие годы проект *JWST* поглотил большую часть бюджета *NASA*; кроме того, *LIGO* все не давал результата. Таким образом, стало затруднительным тратить миллиардные средства на гравитационно-волновые детекторы, подобные *LIGO* и *LISA*, и теперь им придется не один год дожидаться «зеленого света».

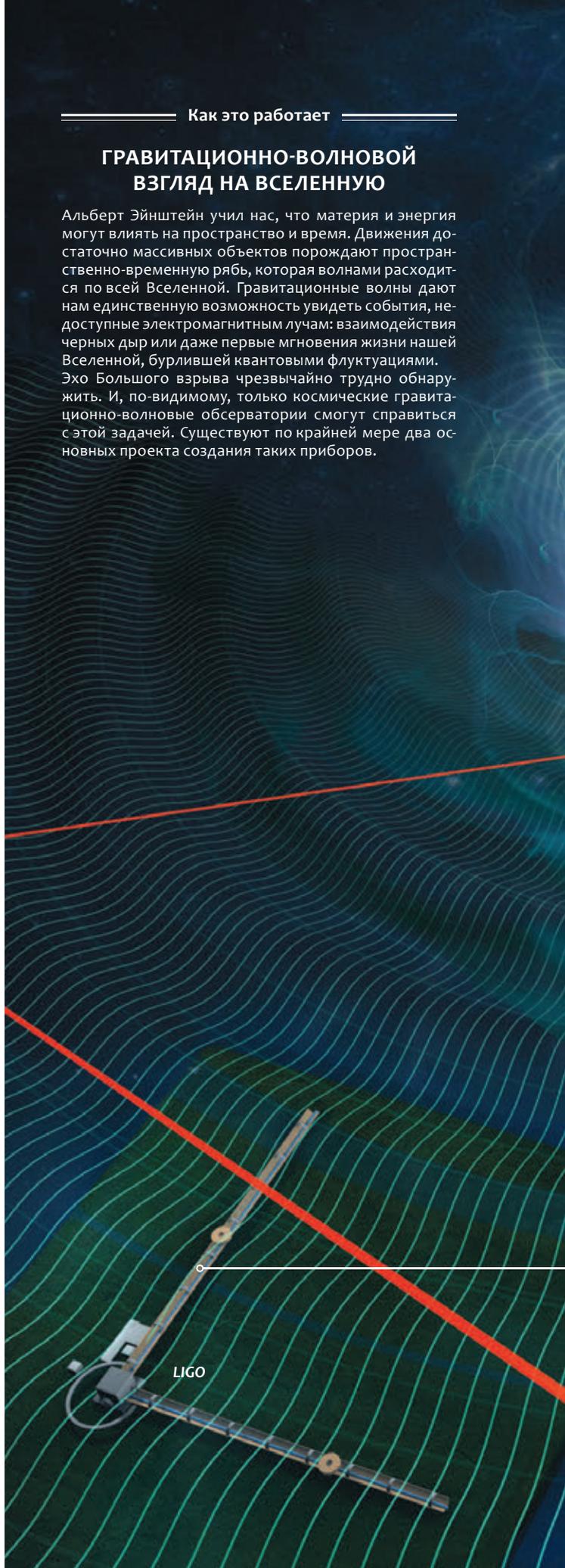
Эти задержки привели к тому, что стали предлагаться принципиально новые идеи того, как детектировать гравитационные волны. Небольшая группа ученых из отдела передовых исследований *NASA* недавно начала разработку нового типа гравитационно-волновых детекторов, основанных на технологии атомной интерферометрии. Работа велась в самой начальной стадии. Надо сказать, что руководители группы — Бабак Саиф (Babak Saif), инженер-специалист по интерферометрам, участвовавший в работе над *JWST*, а также Марк Касевич (Mark Kasovich), профессор прикладной физики в Стэнфордском университете, — были вовлечены и в другие проекты. Таким образом, размышления об атомной интерферометрии были для них чем-то вроде приятной формы интеллектуального досуга.

В феврале этого года автор настоящей статьи навестил Саифа в одной из лазерных лабораторий центра им. Годдарда, где он вел неспешное проектирование атомного интерферометра, по мнению Саифа, могущего улучшить чувствительность гравитационно-волнового детектора. В качестве одной из самых престижных научно-исследовательских космических лабораторий центр Годдарда наилучшим образом подходит для длительных и трудоемких академических проектов. Работа же Саифа была только в самом начале. Семья Саифа иммигрировала из Ирана в США, когда юноше было 17 лет. Они поселились на юге Виргинии, где Саиф начал посещать занятия по точным наукам в небольшом местном колледже. Молодой человек подрабатывал по ночам на автозаправке, а в школе проявил себя успешным учеником. В 1981 г. он перевелся в Американский католический университет с полной стипендией и получил там две ученые степени. Прежде чем Саиф оказался в центре Годдарда, он проработал десять лет в Научном институте космических телескопов, где разработал интерферометр для тестирования зеркал *JWST*. Интерферометр был необходим для проверки формы изгиба зеркала с точностью до нанометра, чтобы избежать ошибки телескопа «Хаббл», у которого зеркало оказалось чуть искривленным (что привело к абберации).

Идея Саифа и Касевича близка к концепции *LISA*: необходимо измерять расстояние между орбитальными космическими аппаратами. Однако в то время как *LISA* измеряет изменения расстояния путем совмещения

### ГРАВИТАЦИОННО-ВОЛНОВОЙ ВЗГЛЯД НА ВСЕЛЕННУЮ

Альберт Эйнштейн учил нас, что материя и энергия могут влиять на пространство и время. Движения достаточно массивных объектов порождают пространственно-временную рябь, которая волнами расходится по всей Вселенной. Гравитационные волны дают нам единственную возможность увидеть события, недоступные электромагнитным лучам: взаимодействия черных дыр или даже первые мгновения жизни нашей Вселенной, бурлившей квантовыми флуктуациями. Это Большое взрыва чрезвычайно трудно обнаружить. И, по-видимому, только космические гравитационно-волновые обсерватории смогут справиться с этой задачей. Существуют по крайней мере два основных проекта создания таких приборов.



## Атомный интерферометр

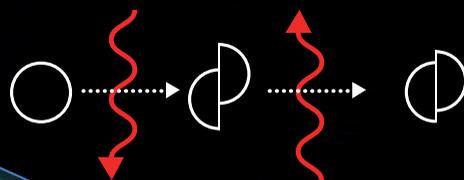
Новый подход к поиску гравитационных волн будет заключаться в использовании облаков сверххолодных атомов, которые расположены вне двух космических аппаратов, разделенных расстоянием 1 тыс. км. Вначале лазерные лучи создают суперпозицию из двух частей в каждом облаке, и каждая из двух частей облака обладает своей собственной скоростью. Потом, спустя 10 с, другой лазер производит обратный процесс, и обе части облака снова становятся единым целым. Когда атомные облака вновь перекрываются, их измеряет большее количество лазеров. Если в течение 20 с, которые требуются для выполнения процесса, между космическими аппаратами пройдет гравитационная волна, то это приведет к изменению расстояния между парами облаков на небольшую величину, придавая измеримое изменение конечного состояния системы атомов.

### Обычный режим работы

Лазерный импульс 1    Лазерный импульс 2



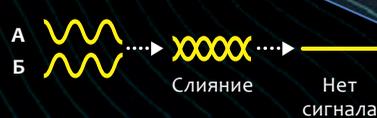
### Гравитационно-волновые искажения



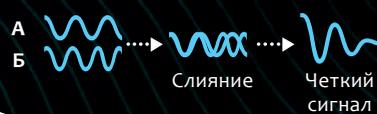
## Лазерный интерферометр

Стандартные гравитационно-волновые обсерватории, такие как наземный *LIGO*, технологически улучшенный для поиска гравитационных волн, а также *LISA*, будущий космический проект, работают по схожей схеме — сведением лазерных лучей в один. *LIGO* разделяет лучи на два пучка (А и Б), смещает фазу одного из них, а затем посылает лучи туда и обратно по перпендикулярно расположенным плечам интерферометра. *LISA* работает похоже, только использует равносторонний треугольник вместо двух перпендикулярных плеч. Когда лучи снова объединяются (желтый), то получается интерференционная картина, чередование темных и светлых полос. Если же гравитационная волна меняет относительную длину одного из плеч (голубой), то интерференционная картина изменится. Эффект очень слабый: процесс слияния бы неподалеку от нас, породил бы изменение четырехкилометрового плеча *LIGO* на величину менее диаметра протона. *LISA*, обладая плечами длиной в 5 млн км, могла бы легко обнаружить такой, и даже более слабый сигнал.

### Обычный режим работы



### Гравитационно-волновые искажения



LISA

Луч А    Луч Б    Зеркало

лазерных пучков, эти двое ученых предложили использовать атомы, находясь вне космических аппаратов. Поскольку атомный интерферометр измеряет расстояния между атомными облаками, а не космическими аппаратами, он должен быть гораздо меньших размеров. В текущей конфигурации плечи такого интерферометра в 5 тыс. раз короче плеч *LISA*.

Выгода такого технологического решения — в точности. Падающая гравитационная волна может менять расстояние между космическими аппаратами на триллионную часть миллиметра, и только атомный интерферометр почувствует разницу.

Не все ученые оптимистично настроены относительно этого прибора. Из-за ограниченности бюджета космических программ новый интерферометр встречает жесткую конкуренцию со стороны разработчиков *LISA*, поскольку концепции схожи: обе требуют точной координации движения космических аппаратов и обе используют интерферометры для выполнения высокоточных экспериментов. Саиф считает, что замена обычного интерферометра на атомный даст выигрыш в общей стоимости проекта, а также позволит уменьшить расстояния между космическими станциями (главный аргумент противников *LISA*) и увеличить чувствительность всей системы.

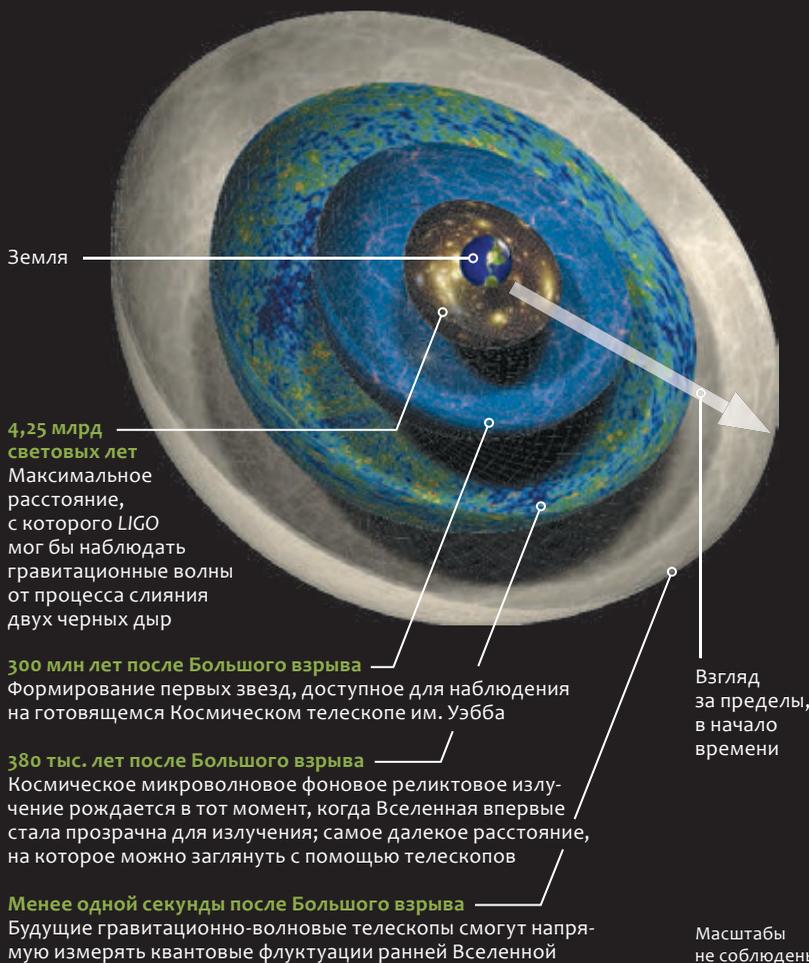
Команда *LISA* отвечает на эти выпады своими доводами. Они указывают на то, что сторонники внедрения новейших технологий часто недооценивают итоговую реальную стоимость. Цена проекта становится окончательно ясной только тогда, когда приборы начинают работу. Новые технологии непременно потребуют изменений и в смежных технологических проектах.

### Хлопоты со светом

В центре Годдарда я спросил Саифа, что заставляет его тратить свое свободное время на весьма спекулятивный проект, которому не суждено летать. Он ответил, что его очаровывает возможное существование новой физики. И еще он сказал, что уже в недалеком будущем он ожидает перехода от традиционной астрономии к гравитационно-волновой, другими словами, смены инструмент-фотона на инструмент-гравитон.

### ЧТО МЫ НАДЕЕМСЯ УВИДЕТЬ «ЗА ПРЕДЕЛАМИ»

Гравитационные волны способны проникать в те области Вселенной, которые не доступны электромагнитным лучам. Они могут доставлять информацию о черных дырах и способны даже проникнуть сквозь микроволновый фон реликтового излучения, который представляет собой барьер для световых лучей. Таким образом, гравитационно-волновая астрономия может помочь нам узнать то, что было раньше 380 тыс. лет от рождения Вселенной.



Действительно, гравитационные волны помогают свету «выполнять свои научные обязательства» — и не только в вопросе проникновения к «началу времен». Свет как переносчик информации обладает и другими ограничениями. Начать с того, что свет есть результат взаимодействия разных частиц. Приходящие к наблюдателю фотоны рассказывают о том, что во Вселенной происходят некоторые события, например превращение водорода в гелий внутри звезд. Но если мы захотим узнать, скажем, какого размера объект движется в космическом пространстве, нам следует объединить множество наблюдений отдельных событий по испусканию фотонов и собрать мозаику поверхностного слоя объекта.

Еще хуже то, что свет искажает наше представление о космосе в целом, потому что приходит преимущественно из термодинамически активных его областей.

Мощные, астрономически значимые источники света — это очень яркие события, такие как взрывы сверхновых. Та структура Вселенной, что мы видим, отражает именно такие энергетически мощные события, а потому страдает однобокостью.

Кроме того, световые сигналы недолговечны. Путешествуя по Вселенной, они часто ослабляются или даже вообще исчезают. Одни фотоны поглощаются гигантскими газовыми облаками, встречающимися на их пути, другие рассеиваются или навсегда пропадают в глубоких гравитационных ямах, самые глубокие из которых — сверхмассивные черные дыры, столпы космологической структуры, образующие многих галактик. Физика черных дыр особенно интересует астрономов — например, такие вопросы, как слияние двух черных дыр в одну. Однако процессы в подобных экзотических объектах надежно отгорожены от ученых горизонтом событий — воображаемой сферической поверхностью, характеризующейся тем, что даже свет не может вырваться с нее, а вынужденно движется к центральной сингулярности черной дыры.

Космологам приходится довольствоваться фотонами, которые черная дыра не успела поглотить, т.е. теми, которые находятся на некотором расстоянии от горизонта событий черной дыры. Эти фотоны излучает «пойманное» вещество, стремительно закручивающееся вокруг черной дыры и сильно искажающее пространство-время в ее окрестностях. К счастью, гравитационно-волновые сигналы не столь деликатны, как световые, — они не рассеиваются, не исчезают (вообще говоря, и рассеиваются, и исчезают, но из-за чрезвычайной слабости взаимодействия с окружающим веществом значительно менее интенсивно, чем фотоны. — Примеч. пер.) и слабоспособны к гигантским астрономическим объектам.

### Первичное эхо

Через несколько недель после моей поездки в Центр космических полетов им. Годдарда я навесил Дэвида Шпергеля (David Spergel), известного космолога, главу факультета астрофизики Принстонского университета, председателя Национального научно-исследовательского совета по космологии и фундаментальной физике, доклады которого играют важную роль в формировании долгосрочных приоритетных проектов по этим наукам в США. Рекомендации совета значимы для NASA; другими словами, Шпергель во многом отвечает и за планирование и реализацию научных космических миссий США.

В ходе нашей беседы Шпергель особо отмечал достоинства гравитационно-волновой астрономии. Он пояснил, что, в отличие от фотонов, для гравитационных волн Вселенная почти прозрачна. Не было такого периода в ранней Вселенной, который был бы скрыт от гравитационных волн какими-либо особенными условиями. Но как можно узнать, существовала ли «рябь пространства-времени» так далеко в прошлом?

По словам Шпергеля, «для того чтобы породить гравитационные волны, необходимо быстро закружить

большие массы, и один из способов это сделать — использовать механизм фазовых переходов». Фазовые переходы происходят в том случае, когда физическая система меняет свое состояние. Классический пример фазового перехода — замерзание воды, образование льда (т.е. кристаллических структур, обладающих меньшей симметрией, чем исходное «жидкое» состояние. — Примеч. пер.). Существуют и космологические фазовые переходы, которые могли происходить во Вселенной вскоре после Большого взрыва. Рассмотрим для примера кварки. В современной Вселенной кварки связаны в ядрах атомов, однако в первые микросекунды жизни Вселенной они составляли свободную кварк-глюонную плазму. С остыванием Вселенной произошел фазовый переход и образовались протоны и нейтроны.

**Если удастся обнаружить стохастические гравитационные волны, это откроет нам тайны фундаментальной физики. Мы сможем увидеть, на что был похож наш мир при энергиях на 13 порядков выше тех, что доступны на Большом адронном коллайдере**

По мнению Шпергеля, «если у вас фазовый переход первого рода, то в плазме будут формироваться пузыри, приводя к тому, что вокруг них вещество начинает быстро вращаться». (Для генерации гравитационных волн в кварк-глюонной плазме необходимо наличие квадрупольного момента, который, в принципе, может быть при фазовых переходах, однако такой механизм образования гравитационных волн вносит незначительный вклад. Спорно также и появление момента вращения при фазовых переходах. — Примеч. пер.) Фазовые переходы первого рода возникают внезапно, когда пузыри новой фазы формируются в областях старой фазы. Эти пузыри расширяются и сливаются, что приводит к полному исчезновению старой фазы, что и завершает фазовый переход. В результате процесса перехода от прежней фазы к новой могут рождаться гравитационные волны, существующие и до настоящего момента. Обнаружение гравитационных волн помогло бы понять физические процессы, происходившие в ранней Вселенной при их образовании.

Могут существовать и более «старые» гравитационные волны. В некоторых моделях инфляционных вселенных начало экспоненциального расширения совпадает с квантовыми флуктуациями пространственно-

временных пузырей, заставляющими некоторые области расширяться быстрее остальных. Эти флуктуации могли бы породить гравитационные волны, называемые стохастическими, которые могли бы образоваться, когда нашей Вселенной было меньше одной триллионной от одной триллионной от одной триллионной секунды от рода.

По словам Шпергеля, «рождение стохастических гравитационных волн в ранней Вселенной предсказываются многими инфляционными теориями». Если удастся их обнаружить, это откроет нам тайны фундаментальной физики. Мы сможем увидеть, на что был похож наш мир при энергиях на 13 порядков выше тех, что доступны на Большом адронном коллайдере.

Продвижение наших знаний на уровень детектирования стохастических гравитационных волн требует высоких ставок. Их обнаружение будет чрезвычайно сложно. Подобные исследования потребуют особенно чувствительных приборов и кропотливого анализа данных для того, чтобы отсеять «драгоценные» первичные

**Если бы удалось собрать сигнал из каждого уголка неба, тщательно отделить его от всевозможных шумов, то можно было бы получить полную гравитационно-волновую карту неба — основу будущих космологических тестов и главную цель для космологического анализа**

гравитационные волны от огромного количества гравитационно-волновых сигналов, бомбардирующих космический детектор. Если бы удалось собрать сигнал из каждого уголка неба, тщательно отделить его от всевозможных шумов, то можно было бы получить полную гравитационно-волновую карту неба — основу будущих космологических тестов и главную цель для космологического анализа.

Концепции миссии *LISA* и атомного интерферометра Саифа направлены на выявление не стохастических гравитационных волн, а «теоретически общепризнанных», например от слияния черных дыр. В дни расцвета проекта *LISA* его основатели мечтали о создании Обсерватории Большого взрыва, предназначенной как раз для поиска стохастических гравитационных волн. Однако такой идее нужны были десятилетия для практической реализации. По словам Саифа, он хотел бы изменить порядок задуманных *LISA* проектов и начать именно с поиска стохастических гравитационных волн. В научном

астрофизическом сообществе, заинтересованном в гравитационно-волновой астрономии, постоянно ведутся споры о том, какие из миссий важнее и реалистичнее. Большинство склоняется к исследованию единичных объектов.

«Слияние сверхмассивных черных дыр — это на сегодняшний момент реальный кусок хлеба с маслом для исследователей в области гравитационно-волновой астрономии, — говорит Шпергел. — Если мы не "слышим" слияния больших черных дыр, значит в нашем представлении о гравитации есть какой-то серьезный пробел. Но все-таки основополагающим должен быть космологический тест по выявлению стохастических гравитационных волн».

Таким образом, возглавляемый Шперелем комитет может оказаться на распутье: что выбрать — черные дыры или космологию? И чему отдать предпочтение — световому интерферометру или атомному? С запуском телескопа им. Уэбба, возможно, удастся высвободить часть средств для будущего амбициозного научного проекта, и к этому времени нужно четко определиться с выбором цели исследования и методов ее реализации.

Напоследок я спросил Шпергеля, как бы он поступил, окажись проект атомного интерферометра перспективнее *LISA*. Он ответил, что не уверен в победе концепции атомного интерферометра, которая, конечно, предоставляет широкое поле для размышлений. И еще Шпергел рассказал мне одну историю: «Я разговаривал со Стивеном Чу (Steven Chu) много лет назад, еще до получения им Нобелевской премии, о том, как делать большую науку, на что он мне ответил: необходимо ставить такие эксперименты, которые могли бы оказаться важными. Оба эксперимента по поиску гравитационных волн могут оказаться таковыми». ■

Перевод: О.С. Сажина

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Einstein's Unfinished Symphony: Listening to the Sounds of Space-Time. Marcia Bartusiak. Berkley Books, Penguin Putnam, 2000.
- Gravitational Wave Detection with Atom Interferometry. Savvas Dimopoulos et al. in Physics Letters B, Vol. 678, No. 1, pages 37–40; July 6, 2009.
- Проект *LISA*: <http://lisa.nasa.gov>
- Видео о том, как атомный интерферометр детектирует гравитационные волны, см. по адресу: [ScientificAmerican.com/oct2013/gravity](http://ScientificAmerican.com/oct2013/gravity)
- Горбунов Д.С., Рубаков В.А. Введение в теорию ранней Вселенной: в 2 т. М.: УРСС, 2008, 2010.
- Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. М.: УРСС, 2002.

# Жизнь на пути к потерям

Ущерб от бурь будет быстро расти даже в отсутствие изменений климата

К 2050 г. ущерб от экстремальных погодных явлений в США может в четыре и большее число раз превысить сегодняшний — причем даже без увеличения частоты и силы ураганов, торнадо и гроз. Дело в том, что население будет расти и богатеть, и все большее число американцев переселится в районы Восточного побережья, побережья Мексиканского залива и другие места с частыми и сильными штормами.

Частота погодных бедствий сильно различается от графства к графству (*верхняя серия карт*), но в целом по стране среднегодовой ущерб от всех них за последние 50 лет составлял от \$10 до \$13 млрд (не считая банкротств предприятий). По оценке заместителя директора Института изменений климата Ок-Риджской национальной лаборатории Бенджамина Престона (Benjamin L. Preston), к 2050 г. размер ущерба во многих округах удвоится, а в некоторых может возрасти в четыре-шесть раз и больше (*нижняя карта*). Если общество озабочено грядущими опасностями, говорит Престон, оно должно уделять больше внимания тому, куда переселяются люди.

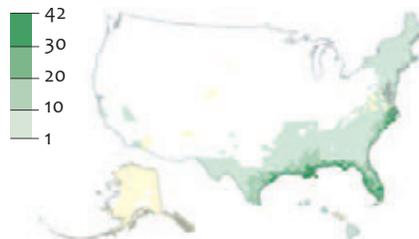
Перевод: И.Е. Сацевич

Сведения о том, где население растет больше всего, см. по адресу: [ScientificAmerican.com/aug2013/graphic-science](http://ScientificAmerican.com/aug2013/graphic-science)

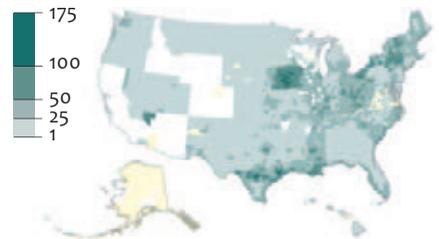
## Суровая погода (число нанесших ущерб событий за 1960–2008 гг. по округам)

Максимумы различных видов разрушительных природных явлений в разных регионах США, но суммируются они больше всего на Северо-Востоке

### Тропические циклоны



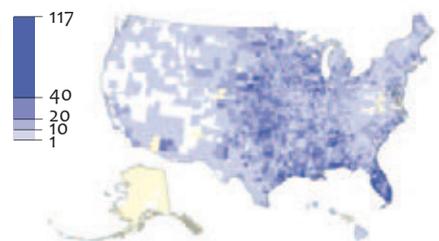
### Наводнения



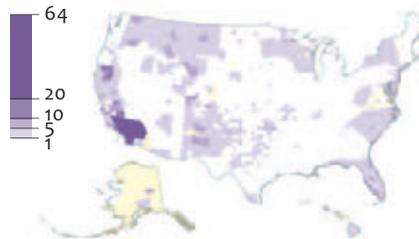
### Сильные бури (отличные от циклонов и торнадо)



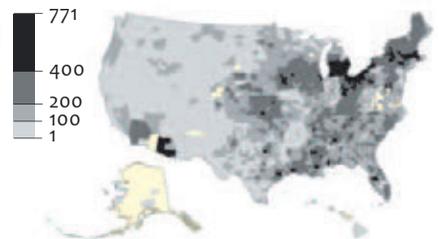
### Торнадо



### Лесные пожары



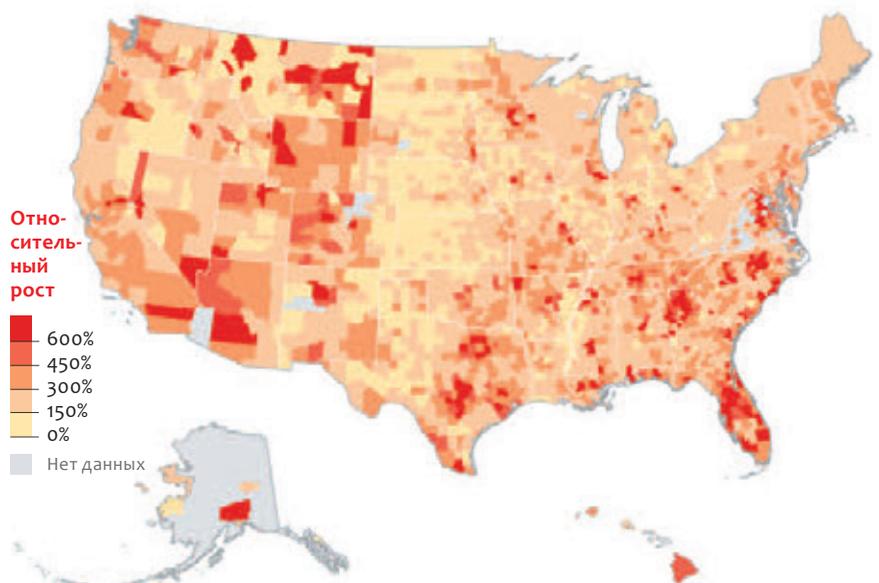
### Все события



□ Не отмечено ни одного    □ Нет данных

## Потенциальный рост экономических потерь (2009–2050 гг., по сравнению с фактическими потерями за 1960–2008 гг.)

В округах, где население и личные доходы существенно увеличиваются, потери от погодных бедствий могут возрасти намного больше



### Относительный рост

600%  
450%  
300%  
150%  
0%  
□ Нет данных

A dramatic photograph of a meteor streaking across the night sky. The meteor is a bright, glowing orange-yellow line that tapers as it descends towards the Earth's horizon. The horizon is a thin, glowing blue-green line, and the background is a dark, starry sky. The overall scene is captured from a low angle, looking up at the meteor as it approaches the Earth.

# Тайны метеорита «Челябинск»

**ОБ АВТОРАХ**

**Сергей Александрович Воропаев** — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ГЕОХИ РАН.

**Андрей Анатольевич Елисеев** — кандидат химических наук, доцент химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

**Дмитрий Игоревич Петухов** — младший научный сотрудник факультета наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова.

*15 февраля 2013 г. примерно в 09:20 утра по местному времени Екатеринбурга в атмосфере Земли над Южным Уралом (Россия) можно было наблюдать ярко светящийся объект, который взорвался в воздухе над Челябинском на высоте примерно 20 км. Общая мощность взрыва была примерно эквивалентна взрывной мощи 400 тыс. т тротила, что в 20 раз больше энергии атомных бомб, взорванных над Хиросимой и Нагасаки*



**15** февраля 2013 г. обломок астероида вошел в атмосферу Земли над Россией примерно в 09:20 утра по местному времени (03:20 по всемирному времени UTC) с расчетной скоростью 18 км/с. В результате нагрева при торможении в атмосфере он превратился в ярко светящийся болид. Объект взорвался в воздухе над Челябинском на высоте примерно 20 км с последующими яркой вспышкой, генерацией мощной ударной волны и выпадением обломков. По оценкам, начальная масса космического пришельца была 11 тыс. т, а размер от 17 до 20 м в поперечнике. Метеорит «Челябинск» — это крупнейший объект, вошедший в атмосферу Земли после Тунгусской катастрофы 1908 г. и бразильского события 1930 г., и единственный известный, вызвавший большое количество разрушений. При этом объект не был обнаружен до входа в атмосферу, что делает такие события особенно опасными для человечества.

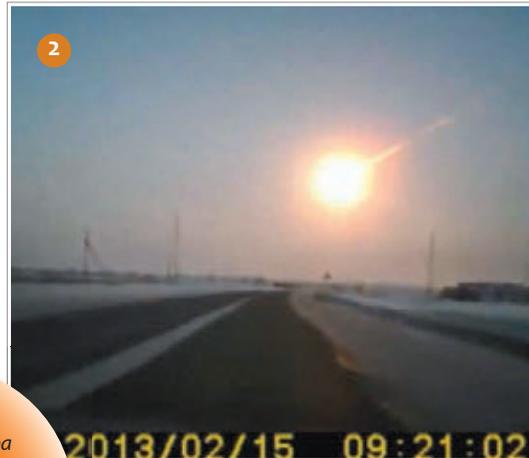
19 февраля 2013 г. Институт геохимии и аналитической химии Российской академии наук (ГЕОХИ РАН) отправил экспедицию сотрудников лаборатории метеоритики для сбора вещества метеорита в районе населенных пунктов Депутатский, Первомайское и Емангелинка, около 40 км к юго-западу от Челябинска. Было собрано 3,5 кг фрагментов метеорита и проведен анализ минералогических фаз, химического и изотопного состава. Главный результат заключается в том, что метеорит «Челябинск» — это обыкновенный хондрит или, более точно, принадлежит типу LL5-S4 W0 по международной

классификации. Предварительный анализ траектории и орбиты показал, что метеорит был обломком одного из членов астероидной группы Аполлоны, чьи орбиты пересекают земную орбиту с внешней стороны.

Результатам детального научного анализа генезиса и эволюции метеорита посвящен специальный выпуск журнала «Геохимия» (№ 7 за август 2013 г., под редакцией академика Э.М. Галимова, издательство «Наука/МАИК»).

В данной статье мы представим только часть исследований, а именно — наши собственные результаты, касающиеся структурной композиции ключевых минеральных групп и околоземных астероидов.

В качестве основного метода исследования мы использовали комбинационное рассеяние света, возникающее при неупругих столкновениях фотонов и колебаниях кристаллической решетки минерала. Этот эффект был открыт в 1928 г. советскими физиками Г.С. Ландсбергом и Л.И. Мандельштамом и независимо от них индийским ученым Чандрасекхарой Венкатой Раманом, получившим за него в 1930 г. Нобелевскую премию. Дело в том, что любые замещения атомов в узлах кристаллической решетки, фазовые переходы, связанные с изменением группы симметрии, и иные деформации кристаллической структуры, влияющие на локальные внутренние



1. Внешний вид прибора электронно-рентгеновского микроанализа

2. Падение метеорита «Челябинск»

колебания, имеют существенное влияние на рамановский спектр и позволяют уверенно идентифицировать различные трансформации минералов. В последнее десятилетие приложения спектроскопии комбинационного (рамановского) рассеяния света вызывают значительный интерес в связи с возможностью «неразрушающего» определения состава минеральных зерен, изучения фазовых превращений и влияния примесей на их физико-химические свойства. В лабораториях ведущих космических агентств исследуется возможность применения небольших рамановских спектрометров в качестве аналитических инструментов на борту межпланетных исследовательских посадочных модулей для будущих полетов на Луну, Марс и астероиды.

Установление корреляций между параметрами комбинационного спектра и химического состава минералов представляет собой важную цель для точной кристаллохимической характеристики состава метеоритов на микроуровне и в то же время делает возможным

непосредственный анализ состава поверхности планетных тел в космических исследованиях, что называется, «в полевых условиях». Но вначале необходима независимая проверка результатов рамановской спектроскопии в земных условиях хорошо зарекомендовавшими себя аналитическими методами. Для «сверки» была выбрана комбинация сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (илл. 1). При длинном и сложном названии суть метода очень проста. В результате облучения образца пучком электронов (вместо обычного света, как в оптическом микроскопе) атомы поверхностного слоя вначале возбуждаются, а затем «высвечивают» энергию возбуждения каждый на своей, характерной только для данного элемента, длине волны. Осталось увязать «картинку» электронного микроскопа с распределением элементов по интенсивности спектров излучения — и карта химического состава образца с микронным разрешением готова.

Для метеорита «Челябинск» спектры комбинационного рассеяния были сняты с предварительно полированного шлифа (илл. 3), неподготовленных поверхностей свежих разломов и размолотого порошка, состоящего из частиц размерами около 20–100 мкм (илл. 4). Образцы были любезно представлены М.А. Назаровым и К.А. Лоренцом, сотрудниками лаборатории метеоритики ГЕОХИ РАН. Они отличались по фактуре, минеральному составу и композициям фаз. В основном различие касалось степени переработки исходного вещества метеорита ударным воздействием, произошедшим в далеком прошлом с родительским астероидом из группы Аполлоны. Тем не менее оливин, пироксен и полевой шпат были основными минералами во всех исследованных образцах.

Рамановская спектроскопия в целом подтвердила, что метеорит «Челябинск» может быть описан как

Для снятия спектров комбинационного рассеяния использовался прибор *Renishaw InVia Reflex Spectrometer System*. Возбуждение колебаний решетки осуществлялось с помощью лазерного излучения мощностью 300 мВт с длиной волны 785 нм. В отдельных случаях также использовался лазер мощностью 100 мВт с длиной волны 532 нм. Рамановский спектрометр имел разрешение  $1\text{--}2\text{ см}^{-1}$ . Для получения спектров использовался высокоэффективный спектрограф с фокальной длиной 250 мм (> 30% поступления рассеянного света). Диаметр лазерного пятна варьировался от 1 до 300 мкм в фокальной плоскости в зависимости от объектива и длины излучения.

обогащенный силикатами обыкновенный хондрит, состоящий в основном из форстерита ( $Mg_2SiO_4$ ) и энстатита ( $MgSiO_3$ ) (рис. 5, распределение элементов *Mg*, *Si* и *O*). Оба минерала — конечные члены серии твердых расплавов магнезиально-железистых силикатов различных структурных типов. Энстатит, представитель ряда пироксенов (силикаты с каркасной структурой кристаллической решетки), может быть получен из форстерита при избытке оксида кремния в следующей реакции  $Mg_2SiO_4 + SiO_2 \rightarrow 2MgSiO_3$ .

Вышеупомянутые силикаты — типичные компоненты метеоритов и межзвездной пыли. Так, в 2005 г. форстерит был найден в кометной пыли, возвращенной с космического зонда *Stardust*. В 2011 г. мелкие кристаллы форстерита наблюдались инфракрасным спектрографом космического телескопа *Spitzer* в облаках газа и пыли вокруг протозвезды *HOPS-68* созвездия Орион.

Также было показано, что, помимо силикатов, одна из основных минеральных фаз метеорита «Челябинск» — альбит ( $NaAlSi_3O_8$ ), натриевый полевой шпат, алюмосиликат группы плагиоклазов (рис. 5, распределение элементов *Na* и *Al*). Это конечный член ряда твердых расплавов с содержанием менее 10% анортита ( $CaAl_2Si_2O_8$ ), причем последний представляет собой один из основных минералов лунного грунта. Присутствуют в большом количестве сульфиды железа, пирротиты, с переменным содержанием железа  $Fe_{1-x}S$  (для *x* от 0 до 0,2), где конечным членом ряда выступает  $FeS$  (троилит). Данные минералы могут быть найдены и на Земле, но более распространены в метеоритах, в частности в составе выходов с Луны и Марса. Кроме того, в спектрах комбинационного рассеяния были обнаружены оксиды железа — магнетит ( $Fe_3O_4$ ) и титаномагнетит ( $Fe_2TiO_4$ ) (илл. 5, распределение элементов *Fe*, *S* и *Ti*).

Однако если вышеупомянутые минералы типичны для каменных метеоритов, то обнаружение кальцита ( $CaCO_3$ , группа карбонатов) было неожиданностью. В химии под карбонатами понимаются соли угольной кислоты, характеризующиеся присутствием карбонатных радикалов,  $(CO_3)^{2-}$ . В геологии и минералогии термин «карбонат» может относиться как к карбонатным минералам, так и к карбонатным породам (которые сложены преимущественно из карбонатных минералов), и в обоих случаях в составе доминируют карбонатные радикалы. Карбонаты чрезвычайно разнообразны и многочисленны в осадочных и метаморфических горных породах. Наиболее распространенный минерал — кальцит или карбонат кальция,  $CaCO_3$ , как наиболее стабильный полиморф. Другие полиморфные модификации — минералы арагонит и фатерит. Кальцит начинает превращаться в арагонит при температуре около 600° С и давлении около 12 тыс. атмосфер, и, наоборот, арагонит переходит в кальцит при охлаждении и уменьшении давления. Кальцит и арагонит наблюдались ранее в образцах метеорита *Vaca Muerta* (предполагается, что он выходец с астероида Веста) в виде небольших глобул диаметром 5–10 мкм.

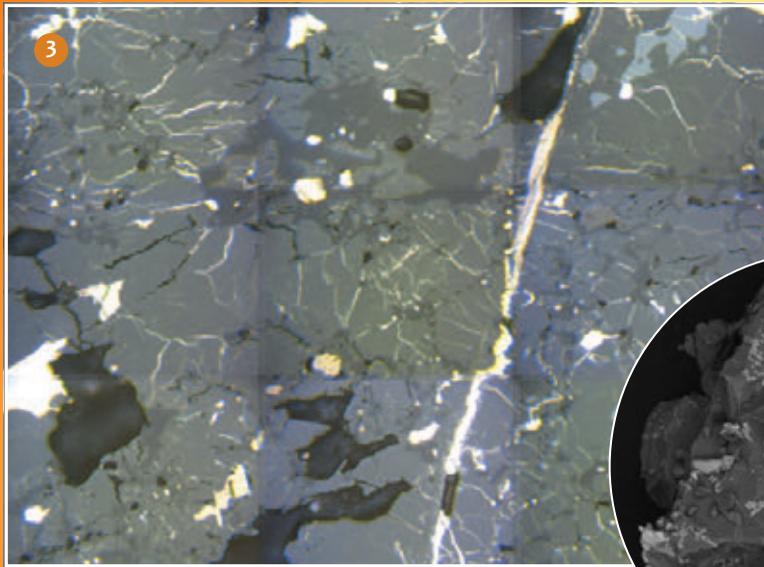
Хотя кальцит обладает другой группой пространственной симметрии, чем арагонит, оба показывают

Для сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии образцов использовался микроскоп *Leo Supra 50VP*, совмещенный с детектором *Oxford-Instruments X-Max*. Рабочие параметры микроскопа при проведении измерений были следующие: низкий вакуум ( $N_x$ , 40 Па), энергия электронного пучка — 15 кВ, рабочее расстояние — 7 нм. Использовался *VPSE*-детектор с увеличением от 200х до 2500х. Был применен рентгеновский микроанализ для получения спектров переизлучения с последующей привязкой к изображению поверхности образца. Разрешение по энергии детектора достигало 129 эВ для линии *K-alpha Mn* (5898,8 эВ).

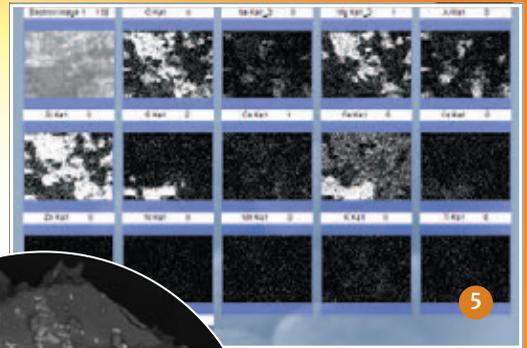
схожие спектральные пики, 1086 и 1084  $cm^{-1}$ , обусловленные симметрией связей карбонатного радикала. Тем не менее их спектры комбинационного рассеяния существенно отличаются для низковолновых мод, которые более чувствительны к структурным изменениям. Для целей однозначной идентификации полезны колебательные моды карбонатных связей возле 282  $cm^{-1}$  в кальците и возле 207  $cm^{-1}$  в арагоните. Минеральная фаза кальцит была найдена по рамановским спектрам, снятым для нескольких метеоритных частиц (илл. 6). Спектры комбинационного рассеяния содержат характерные пики вблизи 1086  $cm^{-1}$  и 282  $cm^{-1}$ , что показывает наличие кальцита и отсутствие арагонита.

В дополнение к линиям, характерным для кальцита, снятый спектр содержит серию спектральных пиков около 286, 586 и 1108  $cm^{-1}$ . Поиск по базам данных спектров комбинационного рассеяния неорганических соединений показал наилучшее совпадение для редкого минерала — паризит. Данные элементного анализа также подтверждают наличие зерен с повышенным содержанием кальция (илл. 7). Паризит представляет собой фтор-карбонат редких земель, содержащий церий, лантан и кальций:  $Ca(Ce,La)_2(CO_3)3F_2$ . Это в основном цериевый минерал, но иногда в его структуре присутствует и неодим. Точное происхождение обнаруженных карбонатов нам не ясно и составляет одну из тайн происхождения метеорита «Челябинск». Известно, что соли угольной кислоты формируются, когда положительно заряженные ионы кальция,  $Ca^+$ , взаимодействуют с отрицательно заряженными ионами кислорода в ходе следующих реакций:  $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$ ,  $2Ca^{3+} + 3CO_3^{2-} \rightarrow Ca_2(CO_3)_3$ .

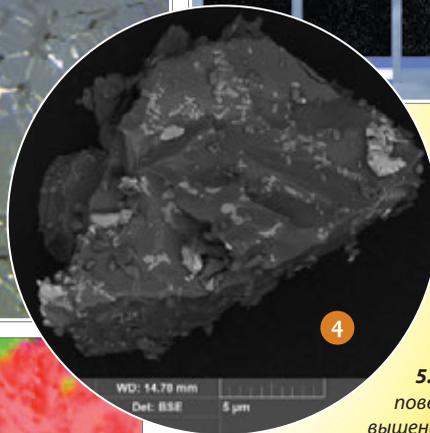
Поскольку температура плавления *Ce* и *La* низка, около 800° С и 920° С соответственно, то пары этих редкоземельных металлов могли быть подхвачены потоками горячих газов вблизи протосолнца. При наличии оксидов углерода  $CO$ ,  $CO_2$  и  $CO_3$  и переноса газами компонентов в холодную зону (расстояние от Солнца в три-четыре радиуса орбиты Земли) возможны вышеупомянутые химические реакции с последующей кристаллизацией минеральных зерен.



3



5

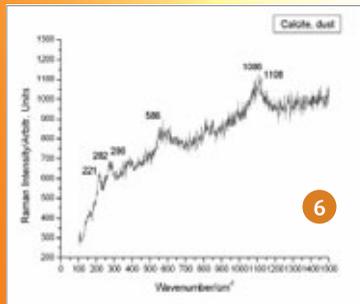


4

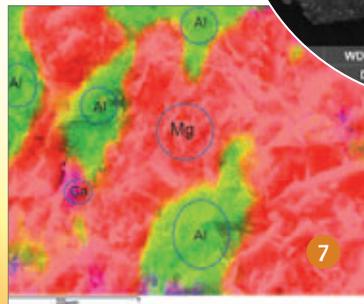
3. Изображение шлифа метеорита в оптическом микроскопе

4. Изображение микро-частицы метеорита в электронном сканирующем микроскопе

5. Карты химического состава поверхности по элементам: повышение интенсивности спектра отвечает увеличению концентрации



6



7

6. Рамановский спектр метеоритной частицы с присутствием кальцита

7. Карта поверхности метеоритной частицы: красный цвет — магний (Mg), зеленый — алюминий (Al), фиолетовый — кальций (Ca)

Присутствие фтора (F) может служить подтверждением этой гипотезы. С точки зрения космологии, фтор относительно редок во Вселенной: среднее содержание — 400 мкг/кг. Внутри звезды вновь создаваемый фтор будет быстро ликвидироваться в силу ядерного синтеза: либо с водородом с продуктами в форме кислорода и гелия, либо с гелием с продуктами синтеза в виде неона и водорода. Присутствие фтора вне звезд — это своего рода загадка, т.к. необходимо, чтобы он избежал фторуничтожающих ядерных реакций. В звездах Вольфа — Райе (голубая звезда в 40 раз тяжелее Солнца) сильный звездный ветер уносит фтор от звезды и водород или гелий не успевают его уничтожить. В асимптотической ветви звезд-гигантов (тип «красные гиганты») термоядерные реакции происходят в виде импульсов и конвекции, поднимающей фтор из внутренних областей звезды. В настоящее время есть наблюдательные данные, подтверждающие указанный механизм у красных гигантов. В космическом пространстве фтор обычно существует в форме фтористого водорода — HF. (Это соединение было предложено в качестве шаблона для поиска хранилищ водорода во Вселенной.) В дополнение к HF одноатомный фтор также наблюдается в межзвездной среде. Катионы фтора были обнаружены в планетарных туманностях и звездах, включая наше Солнце.

Современные минералогические наблюдения, анализ химического и изотопных составов, изучение абсолютной (по изотомам свинца  $^{207}\text{Pb}$  —  $^{206}\text{Pb}$ ) и относительной (по изотомам  $^{26}\text{Al}$  —  $^{26}\text{Mg}$ ) хронологий вещества обычных хондритов показали, что их происхождение совместимо с моделью ударных волн. В работах коллег из Института метеоритики Гавайского университета (группа под руководством Александра Крота) убедительно доказано, что первичные гранулы (хондры) и вещество матриц примитивных хондритов образовались в результате ряда волн нагрева, проходивших через все внутреннее пространство протопланетного диска (расстояние от Солнца — один-четыре радиуса орбиты Земли) в интервале 1–3 млн лет после формирования самого первого и древнейшего вещества — тугоплавких кальциево-алюминиевых включений (CAI). Аккреция хондритов закончилась около 2–4 млн лет после образования хондр. Было обнаружено также, что хондриты различных классов формировались последовательно во времени. Имеющиеся данные показывают, что существует ряд временных интервалов, по крайней мере 1–2 млн лет, между образованием CAI, хондр и самих хондритов. Эти интервалы могут отражать природу механизмов формирования хондр и хондритов, которые непонятны до настоящего времени. Есть ряд других фундаментальных открытых вопросов

по динамике солнечного протопланетного диска. Например, интересна возможность формирования системы Земля — Луна из общего газопылевого облака (гипотеза академика Э.М. Галимова), а не в результате столкновения гигантского астероида и протоземли.

Анализ минеральных фаз метеорита «Челябинск» предоставляет дополнительные данные для лучшего понимания газо- и гидродинамики солнечного протопланетного облака. Основная фаза — это оливин (форстерит) с преимущественно магнезиальным составом  $Mg_2SiO_4$ . Кроме того, «Челябинск» содержит ортопироксен (энстатит) с присутствием натриевого полевого шпата (альбит). Их парагенезис и текстурные соотношения согласуются с моделью образования в зоне горячего края аккреционного диска, расположенной близко к протосолнцу, с последующим переносом в зоны повышенного содержания оксида кремния и пониженной температуры, что позволяет сформироваться кристаллам пироксенов. Хотя в целом минеральная матрица оказалась довольно однородной, можно было наблюдать включения зерен сульфидов железа (пирротит) и оксидов железа (магнетит и титаномагнетит). Кроме того, методы рамановской спектроскопии позволили выявить редкие минеральные фазы, которые трудно зафиксировать стандартными оптическими способами. В частицах перемолотых пород были обнаружены включения карбонатов, причем способ подготовки образцов исключает возможность их поступления из земных источников. Приведены доказательства наличия кальцита, причем никаких следов арагонита (высокотемпературный полиморф) не было найдено. Присутствие карбонатов нетипично для обычных (LL) хондритов, в отличие от углистых хондритов, что выделяет метеорит «Челябинск» из общего ряда. Сочетание всех вышеперечисленных минеральных фаз в родительском теле астероида было возможно только в случае значительной турбулентности в зоне формирования околоземных объектов, таких как астероидная группа Аполлоны и система Земля — Луна. В настоящее время проводятся детальные исследования поставленных вопросов. ■

*Сергей Воропаев, Андрей Елисеев,  
Дмитрий Петухов*

**Авторы благодарят сотрудника  
ГЕОХИ РАН А.А. Бурмистрова  
за помощь в получении  
SEM-изображений микрочастиц  
метеорита и сотрудника компании  
ООО Renishaw К.В. Понкратова  
за информацию об аналитических  
возможностях прибора InVia Reflex  
Spectrometer System**

С помощью современных методов анализа, перспективных с точки зрения будущих планетных исследований, были определены основные и вспомогательные минералы метеорита «Челябинск». Падение произошло 15 февраля 2013 г. над Челябинском и впервые в истории нанесло значительный урон городским зданиям. Комбинационные спектры показали наличие оливина, пироксена, полевого шпата, магнетита, сульфидов железа и кальцита. Сравнительный анализ проводился на тонком полированном шлифе и на необработанных поверхностях свежего излома одного из обломков метеорита. Весовые содержания элементов и вариации химического состава внеземного вещества были подтверждены независимым методом электронно-рентгеновского микроанализа. Состав и соотношения различных минеральных зерен дают ценную информацию о характере процессов на различных стадиях образования вещества в протосолнечном облаке пыли и газа, из которого около 4560 млн лет назад формировалась Земля и околоземные астероиды.

### Свежие данные

Недавно были получены дополнительные данные по изотопному датированию пород метеорита «Челябинск». Дело в том, что долгоживущие радиоактивные изотопы, *Rb* (рубидий), *Sm* (самарий), *U* (уран) и другие, с периодами полураспада более миллиарда лет, хранят всю историю произошедших событий. Каждая космическая катастрофа оставляет свой след в виде изменения соотношений «родительских» и «дочерних» изотопов, так называемой изохроны. Особенно полезны оказались результаты изотопных исследований *Sm-Nd*, проведенные в ГЕОХИ РАН группой профессора Ю.А. Костицына. Изотоп редкоземельного металла самарий-147 превращается в изотоп неодим-143 с периодом полураспада 106 млрд лет, и поэтому основная изохрона уверенно показывает возраст родительского тела астероида — 4,56 млрд лет. Но в ряде образцов метеорита «Челябинск» измерения *Sm-Nd*-концентраций обнаружили дополнительный линейный тренд, наклон которого отвечает возрасту примерно в 290 млн лет. Это значит, что именно тогда произошел удар, отколовший от основного астероида кусок весом около 11 тыс. т и отправивший его в долгое космическое путешествие к Земле. Следы этого удара мы наблюдали в виде темного расплава в прожилках метеорита, и именно такая «рыхлая», обломочная структура, возможно, спасла Челябинск от страшного удара. Будь кусок астероида монолитнее, он мог бы выдержать перегрузки при падении в атмосфере и не взорваться на высоте 20 км над городом. Все это заставляет еще раз задуматься о нашей связи с космосом, о том, как хрупок наш мир на Земле и как мы должны ценить его.



# ПЕРЕПУТЬЯ ИЗОБРЕТЕНИЙ

Многие считают, что изобретения — это порождения отдельных умов. Такое романтическое представление имеет мало общего с творческими процессами, которые стоят за технологиями, формирующими облик современного мира. Эти процессы все больше становятся коллективными: в их основе лежат не столько одиночные идеи, появившиеся в чьей-то голове, сколько совокупности множества идей, возникших в социальной сети различных умов. Растущая связанность мира и все возрастающий вклад ученых и инженеров всех континентов расширяют творческий потенциал человечества. Наш специальный репортаж посвящен именно этим достижениям, но в нем отмечены и трудности, которыми они чреватые.

Редакция

## ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Идеи из научных лабораторий обычно выводят на рынок крупные корпорации, но в будущем эта задача все больше станет переходить к содружеству правительств, коммерческих фирм и университетов.
- Для обеспечения эффективности такого сотрудничества государств и организаций потребуются новые правила.
- Китай — восходящая звезда в сфере инноваций, но более внимательный взгляд позволяет заметить, что большая часть работ выполняется международными корпорациями, работающими на китайской земле.
- Хотя страны могут различаться по уровню технического развития, их можно сравнивать с точки зрения эффективности использования научных исследований.
- Мексика испытывает трудности в том, что касается превращения ее динамичных исследований в промышленные технологии, но нынешнее правительство пытается изменить это положение, в частности привлекая эмигрировавших ученых обратно в страну.

Дэвид Каппос


 Научная политика

# КТО БУДЕТ ФИНАНСИРОВАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ МНОГООБЕЩАЮЩУЮ ИДЕЮ?

*Миниатюрные роботы, персонализированные лекарства и другие способные изменить мир технологии пылятся в лабораториях, не встречая поддержки. Вот как можно решить эту проблему*

Современный мир завален широчайшим ассортиментом продуктов и услуг, возможностей лечения, гаджетов и льгот, появляющихся на сцене в темпе, который немногие из нас способны воспринять. Эти поразительные новшества изумляют и восхищают нас, а затем мы начинаем зависеть от них. Как мы жили до появления GPS, телефонов с фотокамерами, сканирования мозга и хирургии с использованием лазера?

Все то, что создает нам удобства, укрепляет здоровье и обеспечивает безопасность, — плоды фундаментальных открытий, сделанных десятки лет назад в областях материаловедения, биологии, химии, информационных технологий и ряде других. И темп появления новых открытий в академических и государственных лабораториях

не снижается. Более того, выход на широкую научную дорогу таких стран, как Китай и Индия, дает основания ожидать еще более быстрого развития науки в будущем.

Однако большая наука не превращается в революционные технологии автоматически. Это требует времени, денег и терпения — вещей, дефицитных в наше время. В самом деле, на пути к практическому применению сделанных в лабораториях открытий встает все больше и больше трудностей. И если мы не возьмемся за их преодоление, светлое будущее вряд ли наступит. Во многих отношениях мы живем за счет вчерашних вложений.

В последнее время оскудели источники финансирования двух очень важных, однако и затратных этапов на пути из лаборатории на рынок. Первый — использование новых

научных концепций для перспективных (но спорных) разработок, а второй — применение новых технологий для получения реальных продуктов, требующих испытаний и доработки для вывода на рынок. Проведением фундаментальных исследований через эти две «долины смерти» занимались до сих пор лаборатории крупных корпораций, но они в последнее время почти перестали в полном объеме играть свою роль. Венчурный капитал не принял от них эстафету, отдав предпочтение проектам, не грозящим риском, но в итоге не дотягивающим до уровня результатов фундаментальных исследований.

Эта тенденция стала буквально вытеснять инновации за рубеж. «Сырые» технологии требуют больших вложений для вывода на рынок, а задача часто бывает непредсказуемой. Особенно подвержены копированию,



ветную систему и персонального помощника для айфонов, выпущенную в 2011 г. В ее основе лежат пять лет исследований, выполненных государственным Агентством передовых оборонных исследовательских проектов (DARPA), на которые было выделено \$150 млн. Разработкой Siri руководила компания *SRI International*, а участвовали в ней 22 организации, включая Массачусетский технологический институт (МТИ), Университет Карнеги — Меллона и Стэнфордский университет. *SRI* продолжала разработку этой технологии до тех пор, пока не передала ее автономной компании *Siri* с поддержкой венчурным капиталом. К тому времени, когда Стив Джобс купил *Siri* для *Apple* в 2010 г., *Siri* потратила \$175 млн и семь лет на разработки.

*Siri* — это нечто гораздо большее, чем новинка для смартфонов. Возможности переработки информации, необходимые для понимания и обработки речевых вопросов, например о местонахождении ближайшего кафе *Starbucks*, и ответа на них, могут вскоре позволить получать ответы на гораздо более важные вопросы. Вообразите, что вы можете проконсультироваться с подобным *Siri* устройством по поводу опухоли, которую вы только что обнаружили у себя в груди, и быть уверенными в правильности ответа. Такие скрытые возможности часто обнаруживаются в ходе превращения идеи в продукт.

Пример *Siri* показывает, как кажущийся простым путь от НИОКР до рынка может оказаться длинным и извилистым. Более крупные новшества в области чистой энергетики или фармацевтики часто требуют десятилетий работ и миллиардов долларов. Многие из технологий завтрашнего дня, потенциально способные изменить облик общества, лежат под сукном, не получая поддержки. Персонализированные лекарственные препараты, ориентированные на конкретного пациента и его заболевания, могут со временем облегчить страдания миллионам людей. Однако на разработку таких специальных средств требуются огромные затраты времени и финансов, решиться на выделение которых

причем способами, которые часто не дают возможности использовать законы о праве на интеллектуальную собственность, новшества в двух крайне важных направлениях — связи и экотехнологий. НИОКР в области прорывных технологий, как правило, менее привлекательны, чем вложения в сферах, где основные трудности уже преодолены. К сожалению, возможности ускоренного проталкивания прорывных технологий крайне редки.

Сегодня мы стоим перед необходимостью построения более открытой, свободной и демократической системы поддержки открытий на долгом пути к рынку — системы более надежной и лучше приспособленной к технологиям нашего века. Былую корпоративную щедрость придется заменить сотрудничеством правительств, университетов и бизнеса. Для достижения этой цели нам нужна новая культура инноваций, где поддерживать движение идей будет сотрудничество множества менее крупных игроков.

### **Siri и другие скрытые возможности**

Американская наука и НИОКР — ведущая сила в мире. За период с 1996 по 2011 г. число созданных в США цитируемых документов в научных публикациях, включая статьи, обзоры и труды конференций, выросло с 310 тыс. примерно до 470 тыс. в год. Это намного больше, чем в любой другой стране, причем наблюдаемый рост также значительно больше, чем в любой другой стране, кроме Китая. Доля публикаций работ, в подготовке которых участвовали кроме американцев работники хотя бы из одной другой страны, выросла за тот же период примерно с 21 до 30%, что иллюстрирует, в частности, рост числа международных совместных разработок — результат улучшения средств связи и расширения совместного использования данных. Эти цифры впечатляют, но есть основания для беспокойства.

Чтобы понять, в чем дело, рассмотрим *Siri* — дерзкую вопросно-от-

в нынешней нормативной среде очень трудно. Еще одна ждущая своего часа очень перспективная технология — миниатюрные роботы, которые можно было бы вводить в артерии для удаления бляшек. Крошечные беспилотные летательные аппараты, сегодня лабораторные игрушки, могут со временем сыграть большую роль в сфере прогноза погоды и контроля качества воздуха. В свете сокращения финансирования из федерального бюджета и ориентации корпоративных лабораторий на разработку продуктов, которые могут быть выпущены на рынок в ближайшем будущем, кто будет финансировать такие технологии?

### Прежняя система: лаборатории крупных корпораций

Во второй половине XX в. мостом между исследованиями и рынком служили лаборатории крупных корпораций. Один из последних важных примеров корпоративного финансирования — создание напряженного кремния, технологии, которой мы обязаны поразительным улучшением характеристик микропроцессоров в последние два десятилетия. Напряженный кремний — это средство повышения эффективности кремниевой электроники. Технология основана на нанесении германия на кремний, в результате чего в кристаллической решетке последнего увеличиваются межатомные расстояния, что улучшает характеристики схем. Идея напряженного кремния родилась в Корнеллском университете в конце 1980-х гг. Она привлекла внимание ученых из *AT&T Bell Laboratories*, которые искали более подходящие полупроводники для телефонных коммутаторов. Компания вложила в эту спорную технологию большие средства, хотя и было неясно, какой будет отдача. В 1996 г. ведущий исследователь Джин Фицджералд (*Jene Fitzgerald*), работавший тогда в МТИ, основал компанию *Amberwave Technologies* для коммерциализации продукта. Чтобы создать процессор *Pentium 4 "Prescott"* на основе напряженного кремния, компании *Intel* понадобились еще семь лет и миллионы долларов.

## МОЩЬ МНОЖЕСТВА УМОВ

### Чтобы использовать огромный и растущий мировой потенциал новых идей, нужны новые правила

В тропических лесах Центральной Африки группа ученых и студентов из США, Габона, Великобритании, Германии, Франции и Нидерландов разрабатывает план охраны природы, учитывающий изменение климата и развитие экономики региона. В эту группу, финансируемую Национальным научным фондом США, входят биологи, специалисты по сельскому хозяйству и социологи. Сотрудничество людей разных специальностей и национальностей, имеющих общие цели и общие источники финансирования, становится нормой в науке и технике. Разнородность исследовательских групп ускоряет инновации, возможно, потому, что люди с разной подготовкой видят одни и те же проблемы с разных сторон и поэтому могут корректировать потенциальные скрытые предубеждения друг друга.

Однако под поверхностью этого растущего единения и расширяющихся возможностей наблюдаются подводные течения. Государства выделяют средства на науку и образование в соответствии со своими собственными приоритетами, но приобретенные в результате знания не становятся достоянием одного государства. Как отдельной стране поддерживать существование и развитие своей машины инноваций во взаимосвязанном мире без границ? Как странам, вынужденным сотрудничать друг с другом, договориться об общих принципах сотрудничества, стандартах качества конечного продукта и свободном доступе к нему? И кто гарантирует выполнение странами этих договоренностей? Таковы насущные проблемы научной политики наших дней. Если путь к разработке принципов научного сотрудничества стран не будет найден, мировая наука будет хромать.

Ученым, работающим в международных группах, особенно в новых для всемирного дела науки, нужны этические стандарты исследовательской практики и другие ясные нормы проведения исследований. В их число должны входить способы оценки достоинств научных предложений и гарантии возможности обмена получаемыми результатами

и архивирования этих результатов при обеспечении секретности, конфиденциальности и прав на интеллектуальную собственность. Нам нужны ясная политика и надежная финансовая модель обеспечения свободного доступа к публикациям и данным, в частности для акционеров университетов, библиотек, профессиональных объединений и издателей.

Организации, финансирующие исследования, и правительства стран во всем мире начали решать эти проблемы. В 2012 г. Всемирный научный совет (*GRC*), состоящий из руководителей организаций, материально поддерживающих науку и технику, примерно из 50 стран из разных частей мира, собрался для выработки общих принципов оценки научной значимости. Совет разрабатывает общие нормы, исходя из интересов спонсоров исследований, и сегодня рассматривает способы вовлечения научных учреждений, особенно ведущих университетов мира, в обсуждение этих норм. Подобные усилия по созданию прочной и гармоничной структуры, в рамках которой могли бы успешно сотрудничать ученые разных специальностей, представляют собой важный шаг к формированию глобальной культуры инноваций. Наш долг как преподавателей и исследователей перед налогоплательщиками всего мира состоит в том, чтобы на основе государственных затрат на науку создавать максимум инноваций. Группе в тропических лесах Центральной Африки нужны стандарты, которые помогли бы ей успешно выполнить свою научную и общественную миссию. Эти стандарты нужны всем, кто трудится на пользу нашего общества и нашей жизни на ниве науки.

Субра Суреш

Субра Суреш (*Subra Suresh*) — президент *Университета Карнеги* — Меллона, бывший директор *Национального научного фонда* и учредитель *Всемирного научного совета*.

Примеров технологий, которые определяют образ нашей жизни и которые не увидели бы свет без поддержки лабораторий крупных корпораций, множество. Идея гидравлического разрыва пластов родилась еще в 1800-е гг., но ее широкое внедрение в практику началось лишь после того, как в 1940-х гг. ее взяла

на вооружение компания *Stanolind Oil*, подразделение компании *Standard Oil* в штате Индиана. А для того чтобы эту технологию можно было использовать для добычи природного газа из недоступных ранее залежей, потребовались еще многие десятилетия разработки. Извилистый путь трехмерной печати начался

с исследований струйной печати в компании *Siemens* в 1950-х гг. и продолжался через Медицинскую школу Стэнфордского университета, компанию *IBM*, бумагоделательную компанию *Mead*, приведя в итоге к компании *Hewlett-Packard* и другим изготовителям принтеров.

Путь от научного прорыва к практической реализации и успеху на рынке долог, непредсказуем и требует множества итераций. Сегодняшние компании, ориентированные на продукт, едва ли выдержат все это. Необходимо найти способ решать подобные задачи. Спад исследований, проводимых большими корпорациями, уже ощущается и в США, и в других странах.

### Под прессом обстоятельств

Давление рыночной конъюнктуры уже уменьшило инвестиции в технологии солнечной энергетики и электротранспорт. В отношении информационных технологий и техники связи Национальная академия наук предупреждает, что «внимание к долгосрочным федеральным программам, направленным на фундаментальные прорывы, ослабло, переключившись на краткосрочные программы, постепенный прогресс и эволюционные продукты, где главная цель — совершенствование существующих продуктов и услуг». Как отмечает Ассоциация телекоммуникационной индустрии, США больше не лидируют в интенсивности НИОКР, отступив на восьмое место в числе стран, входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития: «Последние 35 лет главным спонсором фундаментальных исследований было федеральное правительство <...>, поскольку лишь немногие лаборатории корпораций могли и дальше выдерживать затраты на эти исследования и сопряженные с ними риски. Предписания корпораций требуют конъюнктурных НИОКР с более быстрой отдачей».

Подобная картина наблюдается и в странах Европы и Азии. Корпоративные вложения в прорывные исследования в этих странах не только не растут, но даже уменьшились, в основном по той же самой

причине — из-за давления конъюнктуры и сокращения бюджетов. В США хотя бы есть некий венчурный капитал для смягчения удара, Европа и Япония находятся в худшем положении.

Новую динамику породил рост Китая и Индии. Эти страны смогли оживить исследования, но они способны представить собой угрозу странам с высоким уровнем развития технологий. Китай имел возможность вкладывать миллиарды долларов государственных средств в исследования продуктов, разработанных на основе фундаментальных исследований, выполненных в США, Европе и Японии, что позволило ему создавать новые рабочие места и добиваться успехов в экономике. К тому времени, когда плоды таких исследований выходят на рынок, срок действия патентных прав обычно уже истекает, поэтому Китай мог не считаться с ними. На деле, поскольку коммерциализация результатов фундаментальных исследований также создает интеллектуальную собственность, Китай мог не платить за изобретения, сделанные на основе фундаментальных исследований, которые были выполнены в других странах.

Не более утешительна и стратегия Индии. Она фактически национализировала многие важные патенты в пользу своей фармакологической промышленности. Распространит ли она этот подход на другие отрасли, пока неизвестно.

Однако в развитии Китая и Индии есть и положительная сторона. Поскольку эти страны поддерживают все большую долю ученых всего мира, естественно ожидать, что в них будет больше прорывных исследований. От этого выиграют потребители всей планеты. Даже если Китай создаст какие-то продукты на основе исследований, выполненных, скажем, в США, это будет лучше, чем в случае, если их не создаст никто.

### Как преодолеть спад исследований

В отсутствие крупных корпоративных спонсоров США должны пересмотреть, в частности, свой подход

к поддержке вывода результатов исследований на рынок. Поскольку некоторые части трудного, дорогостоящего и непредсказуемого процесса инноваций требуют существенной поддержки со стороны федерального правительства, правительств штатов и местных властей, нам придется чем-то пожертвовать в том, что касается свободной конкуренции.

Недавний крах компании *Solyndra*, занимавшейся солнечной энергетикой, и производителя гибридных автомобилей компании *A123 Systems* создал дурную славу программе федеральных вложений в коммерциализацию технологий, но продолжать такие вложения необходимо. Вашингтону нужно расширить круг своих ставок и финансировать широкий круг объектов — от правительственных научных лабораторий до поддерживаемых из частных средств новых технологических компаний, имеющих хорошие условия для превращения результатов исследований в продукты и услуги. Ведь Интернет вырос из исследований, проводившихся министерством обороны, глобальная система местопределения *GPS* была создана на основе исследований военных, а огнестойкая ткань, применяемая ныне пожарными, разработана в *NASA*. Когда Национальный научный фонд отмечал в 2010 г. свое 60-летие, он перечислил 60 открытий, сделанных при его финансовой поддержке, в том числе магнитно-резонансную томографию, волоконную оптику, сверхпроводники и криптографию.

Но федеральная поддержка — лишь одна сторона дела. Необходимо поощрять также сотрудничество с важнейшими университетами с использованием как общественных ресурсов из федеральных учреждений, так и вложений времени и средств частного бизнеса.

Подобные государственно-частные исследования — не новость, но до сих пор они ограничивались в основном небольшими второстепенными проектами, многие из которых недофинансировались. Университетские подразделения по переносу технологий слабо объединены с важнейшими операциями научного сообщества.

Организуемое государством сотрудничество финансируемых правительством ученых с частным бизнесом с целью формирования новых компаний (и ценных рабочих мест) пока не столь широко, чтобы охватывать вложения, начинающиеся с самых ранних этапов исследований.

Однако некоторые полезные модели уже возникают. Так, программа «Исследования для передовых производств в Пенсильвании» (RAMP) связала Университет Карнеги — Меллона и Университет Лехай с рядом пенсильванских компаний с целью разработки новых технологий и ускорения обмена знаниями между исследовательскими подразделениями университетов и частным бизнесом. Инвестиции RAMP охватывают, в частности, промышленные технологии трехмерной печати и процесс производства биоматериалов на основе плазмы крови.

Структуры для поощрения партнерства создают и другие штаты. В 2012 финансовом году штат Огайо выделил \$25 млн на финансирование государственно-частных лабораторий мирового уровня, занимающихся разработкой передовых материалов, регенеративной медициной, топливными элементами и альтернативными источниками энергии. В 2005 г. Техас создал Фонд новых технологий для поддержки частных компаний, занимающихся коммерциализацией результатов исследований, проводимых в университетах штата и Космическом центре им. Дженсона NASA в Хьюстоне.

### Деньги для дальнего пути

Примеров такого сотрудничества должно быть больше. Как побудить к участию в них государственных и частных игроков? Для решения этой задачи Национальный рекомендательный совет по инновациям и предпринимательству, созданный министерством торговли США, собрал вместе предполагаемых лидеров промышленности, венчурного капитала и университетов и выдвинул ряд рекомендаций по стимулированию сотрудничества таких групп. Федеральные учреждения могут предоставлять возможности для

проведения новаторских исследований, связанных с высоким риском, а промышленность и университеты могут увеличить стратегические инвестиции в развитие технологий, представляющих для них взаимный интерес. И все они могут открыть программы по налаживанию взаимодействия преподавательского состава и студентов университетов с потенциальными партнерами из промышленности, приемчивыми руководителями и источниками финансирования «проверки концепции».

Федеральные учреждения способны помочь университетам включать инновационные компоненты в заявки на гранты. Университетам, использующим свою интеллектуальную собственность в сотрудничестве с промышленностью, могут быть предоставлены налоговые льготы. Одновременно университетские подразделения по внедрению технологий могут добиваться максимума отдачи от открытий для общества, а не максимизации доходов самих университетов.

Кроме того, необходимо усовершенствовать нашу нормативно-правовую среду. В таких жестко регулируемых, но быстро развивающихся отраслях, как «зеленая» энергетика, нормативная база, оставшаяся со времен, когда данные были скудными, а их обработка занимала много времени, создает ненужные препятствия для инноваций. Исключение узких мест ускорит и удешевит прогресс.

Европа и Азия приняли меры по стимулированию новаторов. Франция, Китай и Япония ввели налоговые скидки, зависящие от объема НИОКР, компенсирующие компаниям расходы на НИОКР. В отличие от этого в США налоговые скидки предоставляются по отдельным статьям. Дело это настолько сложное, что многие компании не желают с ним связываться. Продолжающееся развитие Европейской исследовательской зоны, созданной в 2000 г. и возобновленной в 2007 г. для концентрации усилий на основе единого мнения о направлениях развития до 2020 г., привело к увеличению инвестиций в НИОКР и расширению

сотрудничества европейских стран. Возможно, США стоит создать подобную федеративную организацию для стран обеих Америк.

Цель, лежащая в основе этих идей, — внесение в культуру таких изменений, которые приведут общество к пониманию важности инвестиций в долгосрочные проекты и порождению весомых стимулов. Если мы все сделаем правильно, то создадим инновационную экосистему, которая продолжит превращать плоды фундаментальной науки в преобразующие технологии будущего. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

*Дэвид Каппос (David J. Kappos) был заместителем министра торговли США и главой Патентного бюро США, а в начале 2013 г. перешел в качестве партнера в юридическую компанию Cravath, Swaine & Moore. Он работает также во Всемирном совете проблем системы интеллектуальной собственности Всемирного экономического форума.*

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Funding Breakthrough Technology: Case Summary: Inkjet Printing. Jonny Thompson. Cambridge Integrated Knowledge Center, 2009.

■ Hydraulic Fracturing: History of an Enduring Technology. Carl T. Montgomery and Michael B. Smith in *Journal of Petroleum Technology*, pages 26–32; December 2010. [www.spe.org/jpt/print/archives/2010/12/10Hydraulic.pdf](http://www.spe.org/jpt/print/archives/2010/12/10Hydraulic.pdf)

■ Inside Real Innovation: How the Right Approach Can Move Ideas from R&D to Market — And Get Economy Moving. Jene Fitzgerald, Andreas Wankerl and Carl J. Schramm. World Scientific Publishing, 2010.

■ Рейтинг стран по доступности венчурного капитала в 2011–2012 гг. (данные Всемирного экономического форума): [www3.weforum.org/docs/FDR/2012/20\\_Pillar\\_7\\_Financial\\_access\\_FDR12.pdf](http://www3.weforum.org/docs/FDR/2012/20_Pillar_7_Financial_access_FDR12.pdf)

Первое разумное телевидение

Одни лишь  
задумываются

другие  
изобретают!



Такой науку вы еще не видели!

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



Исследования  
и разработки

Ли Бранштеттер, Франсишку Велозу и Гуанвэй Ли

# МНОГОНАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАТЕНТНЫЙ БУМ

1985

1990

*Почему рывок Китая в международном патентовании изобретений означает появление новой, международной формы исследований и разработок*

Страны обычно не начинают создавать какую-то совершенно новую технологию без достижения высоко-го уровня благосостояния — в частности, пока производство и доход на душу населения не приблизятся к уровню богатейших мировых держав. Китай — по-прежнему довольно бедная страна. Так, в 2010 г. размер дохода на душу населения составил здесь менее одной трети зафиксированного в США. Тем не менее, по официальным данным, в период с 1996 г. по 2010 г. расходы китайского бизнеса на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) ежегодно возрастали на 26,2%. Причем число патентов, выданных за этот период патентным ведомством США китайским изобретателям, увеличилось на 4628%. Как это произошло?

Внимательное изучение показывает, что владельцами большинства патентов на изобретения, выданных в США в период этого недавнего патентного бума, выступают вовсе не китайские фирмы, а многонацио-

нальные корпорации. Иными словами, местные китайские компании по-прежнему отстают от своих международных конкурентов по количеству изобретений, патентуемых на крупных иностранных рынках.

Подъем экономики в других азиатских странах происходил совсем иначе, чем в Китае. С самого начала их появления в качестве важных инновационных центров компании Японии, Тайваня и Южной Кореи были владельцами и организаторами почти всех американских патентов, которые выдали их изобретателям, обосновавшимся в США. В Китае все происходило по-иному — по нескольким причинам. Во-первых, Китай более широко открыл свои границы для иностранных компаний и сделал это на более ранней стадии своего экономического развития, чем многие его азиатские предшественники. Во-вторых, большие размеры и быстрый экономический рост Китая с самого начала побудили многонациональные корпорации создать там научно-исследовательские центры, рассчитывая гарантировать успех на этом

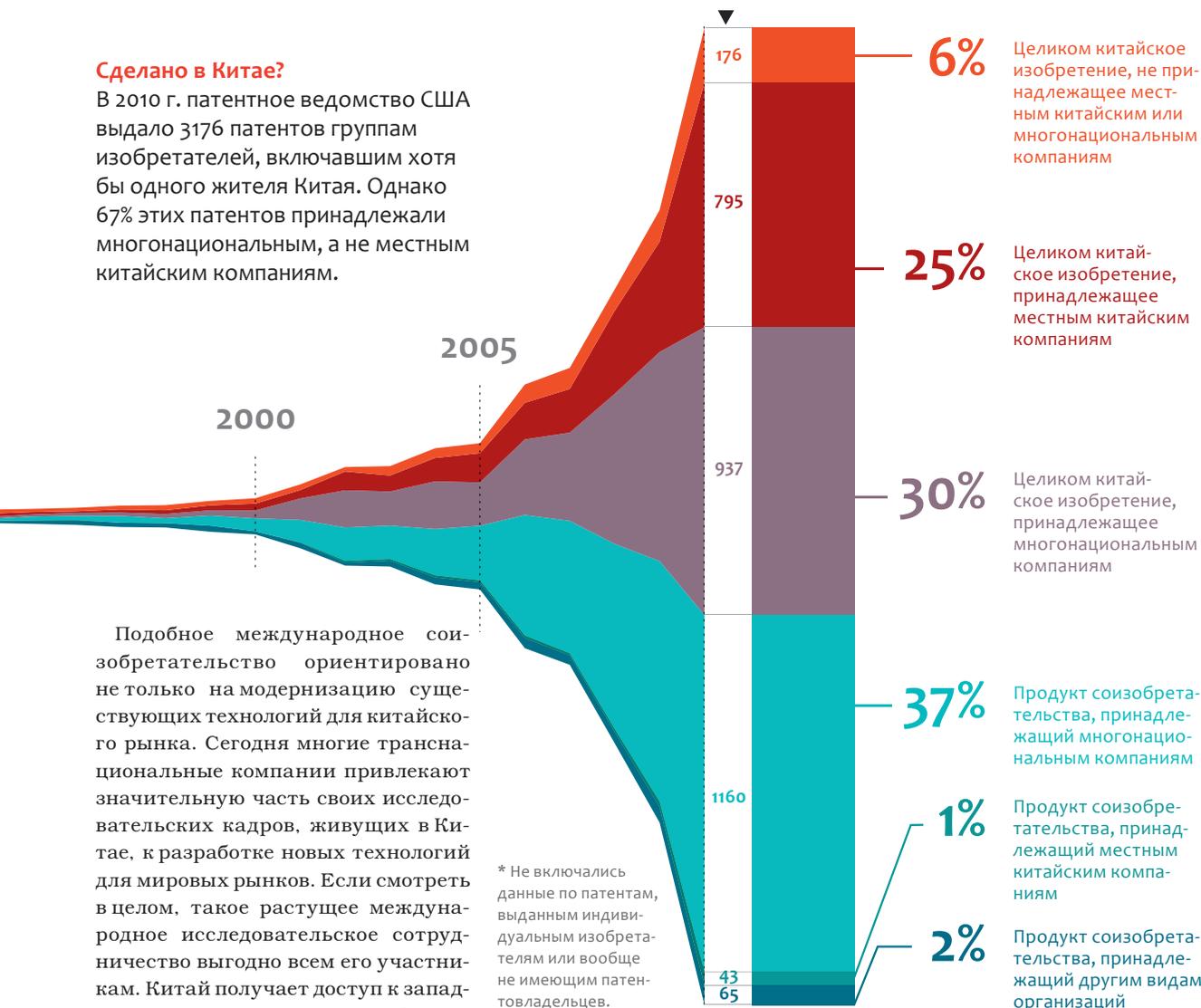
важнейшем формирующемся рынке. В-третьих, благодаря Интернету живущие в Китае инженеры могут сотрудничать в осуществлении исследовательских проектов со своими коллегами по всему миру, в чем то близко к реальному времени. Этот ряд обстоятельств обеспечил более высокую степень исследовательского взаимодействия между китайскими участниками НИОКР и их продвинутыми региональными партнерами, чем в тот период, когда Тайвань и Южная Корея создавали свою инновационную экономику.

В своем исследовании мы отметили это прямое международное взаимодействие, которое можно проследить в самой патентной документации. Большинство выдаваемых в США и относящихся к Китаю патентов принадлежат многонациональным компаниям, а работой по их подготовке фактически занимаются международные группы изобретателей, отдельные участники которых проживают вообще за пределами Китая. Мы рассматриваем это явление как интернациональное «соизобретательство», и такая же картина отчетливо просматривается в патентах, выдаваемых китайским изобретателям Европейским патентным ведомством (ЕПВ).

## ЧИСЛО ПАТЕНТОВ, ВЫДАННЫХ В 2010 Г.\*

### Сделано в Китае?

В 2010 г. патентное ведомство США выдало 3176 патентов группам изобретателей, включавшим хотя бы одного жителя Китая. Однако 67% этих патентов принадлежали многонациональным, а не местным китайским компаниям.



Подобное международное соизобретательство ориентировано не только на модернизацию существующих технологий для китайского рынка. Сегодня многие транснациональные компании привлекают значительную часть своих исследовательских кадров, живущих в Китае, к разработке новых технологий для мировых рынков. Если смотреть в целом, такое растущее международное исследовательское сотрудничество выгодно всем его участникам. Китай получает доступ к западным технологиям, приспособляя их для удовлетворения потребностей своего населения, а весь мир получает пользу от потока изобретений, порожденных мощным сочетанием природного китайского инженерного таланта и многонациональных знаний в области НИОКР.

К сожалению, другие аспекты сегодняшней экономической обстановки в Китае в какой-то мере сдерживают энтузиазм иностранных многонациональных корпораций. Мы слышали жалобы их руководителей на нарушения патентов и кражу секретов производства. Мы даже знаем о случаях, когда китайское правительство и государственные или спонсируемые государством фирмы оказывали давление на многонацио-

\* Не включались данные по патентам, выданным индивидуальным изобретателям или вообще не имеющим патентовладельцев.

нальные компании, чтобы те передали чувствительную технологию неким независимым китайским «партнерам».

Тем не менее мы уже видим примеры возникновения такого рода международного соизобретательства не только в Китае, но также в Индии и в Восточной Европе. Этот феномен означает появление в мире чего-то нового: международного разделения труда в области НИОКР, которое обеспечивает соединение опытных инженеров в странах с развивающейся экономикой и технологических знаний признанных транснациональных компаний. Польза подобной тенденции очевидна: фактически это может стать важным средством

решения огромных технических проблем, стоящих перед человечеством в XXI в.

Перевод: А.Н. Божко

**Ли Бранштеттер** (Lee Branstetter) — адъюнкт-профессор экономики и государственной политики в Университете Карнеги — Меллона. **Франсишку Велозу** (Francisco Veloso) — профессор факультета проектирования и государственной политики того же университета, декан Школы бизнеса и экономики в Католическом университете Португалии. **Гуанвэй Ли** (Guangwei Li) — докторант Колледжа Хайнца в университете Карнеги — Меллона.

# ПОКАЗАТЕЛИ ИННОВАЦИЙ

Как используют достижения науки развитые и развивающиеся страны

С 2007 г. экономисты Корнеллского университета, бизнес-школы INSEAD и Всемирной организации интеллектуальной собственности публикуют Всемирный индекс инноваций (ВИИ) — сводку инновационных возможностей и достижений экономических систем разных стран мира. Издание 2013 г. охватывает 142 экономические системы, представляющие 94,9% населения Земли и 98,7%

мирового валового внутреннего продукта. Как измерить столь абстрактный показатель, как инновация? Авторы ВИИ используют 84 параметра — от политической стабильности и возможности создания нового бизнеса до числа изменений в «Википедии», вносимых страной в год.

Новости 2013 г. таковы: затраты на НИОКР во всем мире возросли после спада во время глобально-го финансового кризиса. Ведущие

позиции занимают, как и следовало ожидать, все те же страны с наиболее высоким уровнем дохода, в частности наиболее благополучные страны Европы. Страны БРИК — Бразилия, Россия, Индия и Китай — опустились ниже. На новых рынках затраты на НИОКР растут быстрее, чем в богатых странах. Впечатляющих успехов среди сравнимых по масштабу стран достигли такие неожиданные игроки, как Коста-Рика, Уганда и Молдова.

Перевод: И.Е. Сацевич

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ The Global Innovation Index 2013: The Local Dynamics of Innovation. Edited by Soumitra Dutta and Bruno Lanvin. Cornell University, INSEAD and WIPO, 2013. <http://globalinnovationindex.org>

■ Индекс Nature Publishing: [www.natureasia.com/en/publishing-index](http://www.natureasia.com/en/publishing-index)

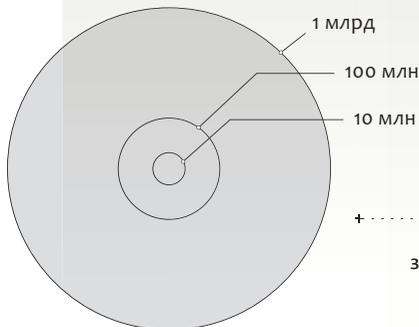
SOURCE: THE GLOBAL INNOVATION INDEX 2013: THE LOCAL DYNAMICS OF INNOVATION, EDITED BY SOUMITRA DUTTA AND BRUNO LANVIN. CORNELL UNIVERSITY, INSEAD AND WIPO, 2013. Graphic by Pitch Interactive

### ОБОЗНАЧЕНИЯ

Цвета названий стран соответствуют индексу эффективности инноваций, т.е. отдаче инноваций в стране относительно вложенных в них средств.

- **ЭФФЕКТИВНЫЕ ИННОВАТОРЫ**  
Эффективность вложений в инновации выше средней
- **НЕЭФФЕКТИВНЫЕ ИННОВАТОРЫ**  
Эффективность вложений в инновации ниже средней

### ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ



### Самые передовые из бедных

Из числа стран с малым уровнем дохода на душу населения больше всех выиграли Уганда (с удивительно высоким уровнем вложений в НИОКР извне) и Коста-Рика (третья страна в мире по числу регистрации новых предприятий на душу населения).

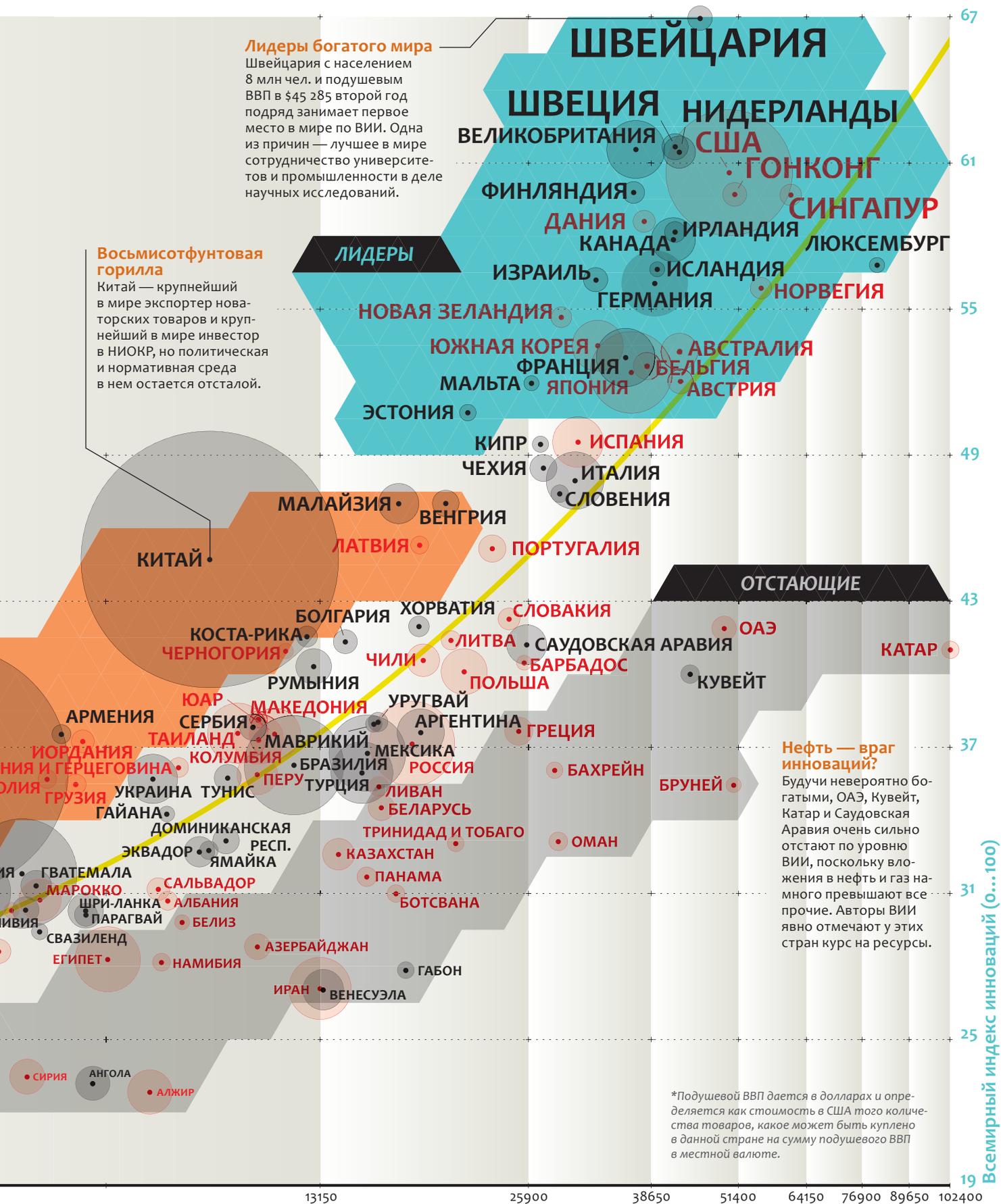
### Больше из малого

Молдова с населением 3,6 млн чел. довольно бедна (подушевой ВВП составляет \$3534). Но она хорошо использует то, что имеет, занимая второе место в мире по числу регистраций торговых марок на душу населения.



Подушевой ВВП\*

400



**Лидеры богатого мира**  
Швейцария с населением 8 млн чел. и подушевым ВВП в \$45 285 второй год подряд занимает первое место в мире по ВИИ. Одна из причин — лучшее в мире сотрудничество университетов и промышленности в деле научных исследований.

**Восьмисотфунтовая горилла**  
Китай — крупнейший в мире экспортер новаторских товаров и крупнейший в мире инвестор в НИОКР, но политическая и нормативная среда в нем остается отсталой.

**Нефть — враг инноваций?**  
Будучи невероятно богатыми, ОАЭ, Кувейт, Катар и Саудовская Аравия очень сильно отстают по уровню ВИИ, поскольку вложения в нефть и газ намного превышают все прочие. Авторы ВИИ явно отмечают у этих стран курс на ресурсы.

\*Подушевой ВВП дается в долларах и определяется как стоимость в США того количества товаров, какое может быть куплено в данной стране на сумму подушевого ВВП в местной валюте.



Трансфер  
технологий

Эрик Ванс

# ПОЧЕМУ МЕКСИКА НЕ МОЖЕТ СДЕЛАТЬ НАУКУ САМООКУПАЕМОЙ?

Страна готова совершить прорыв  
в информационную экономику — но все  
еще упорно отказывается это сделать

**В** 2008 г. казалось, что Энрике Рейно (Enrique Reynaud) поймал жар-птицу за хвост. Маститый профессор молекулярной биологии самого большого и ведущего университета Мексики собирался открыть первую собственную компанию — *Biohominis*. Это был мексиканский вариант фирмы *23andMe* — лаборатории, которая могла предоставить клиенту важную информацию о его генетической предрасположенности к гипертонии, диабету и другим заболеваниям.

Во многом *Biohominis* была кульминацией мексиканской традиции в биотехнологии, которая ведет свою историю с лауреата Нобелевской премии мира Нормана Борлоуга (Norman

Borlaug), который здесь, недалеко от озера Тескоко, положил начало «зеленой революции». Деятельность компании *Biohominis* отчасти базировалась на полимеразных цепных реакциях, используемых при генетическом тестировании, кроме того, разрабатывались методы выявления рака, проблем с обменом веществ и вирусов у человека и животных.

С этой целью в компании *Biohominis* собралась блистательная группа генетиков. Мария Тереса Тусье Луна (María Teresa Tusié Luna), специалист по генетике диабета второго типа — по числу страдающих этой болезнью на 100 тыс. жителей Мексики можно сравнить только с США, — была советником. Исабель Тусье Луна (Isabel Tusié Luna), эксперт в области церебральных нарушений, регулярно печатавшаяся в журнале *Nature Biotechnology*, занимала должность исполнительного директора компании. Эдуардо Валенсия Родригес (Eduardo Valencia Rodriguez), основатель одной

из крупнейших мексиканских строительных компаний, занимающихся возведением производственных помещений для фармацевтики, возглавил деловую сторону проекта.

Даже мексиканское правительство поддерживало фирму. За несколько лет до ее основания высокопоставленные чиновники правительства в частных беседах говорили Рейно, что такие компании, как *Biohominis*, — именно то, что требуется Мексике для того, чтобы из источника дешевой рабочей силы превратиться в технологического лидера. Правительство даже подкрепило эту поддержку наличными, внося примерно \$500 тыс., чтобы дать компании первоначальный импульс.

### Почти во всех заметных отношениях занимавшие когда-то лидирующие позиции мексиканские научные институты стояли на месте, тогда как конкуренты в других странах постепенно их обходили

Но этого было недостаточно. Мексика в итоге оказалась жестокой по отношению к Рейно и его коллегам. Спустя два года после начала работы компания *Biohominis* объявила себя банкротом. Каждый из членов «команды мечты» пошел своим собственным путем.

Как могла компания, имевшая все возможности для того, чтобы преуспеть, прийти к такому печальному финалу? Случай с *Biohominis* показывает, как трудно привнести культуру инноваций в страну, которая по характеру деятельности во многом представляет собой антитезу восприимчивой к новым идеям меритократической Кремниевой долине. Несмотря на имеющиеся в стране активные научные кадры, Мексике до сих пор не удалось превратить свои ноу-хау и научные таланты в продукты, технологии и новые предприятия национальной промышленности. Мексика — не единственная страна со средним

уровнем доходов, отчаянно пытающаяся вырваться из порочного круга несоответствия между тяжелым трудом одних и огромным богатством других. Но, возможно, более, чем какая-либо другая из развивающихся стран, Мексика готова, и уже давно, к тому, чтобы совершить прорыв к информационной экономике, — однако все еще упрямо отказывается это сделать.

#### Динамичная, но погрязшая в рутине

Экономика Мексики уже многие годы ставит в тупик экспертов. Национальный автономный университет Мексики, о котором часто говорят как о кузнице национального среднего класса страны, — один

Корея посылает в десять раз больше студентов учиться в университеты США, а в Турции публикуется почти в два раза больше статей. Между тем жуткая война между торговцами наркотиками разрывает север Мексики на части, коррупция зашкаливает, а патенты и новые компании рождаются ни шатко ни валко.

Этому качеству инноваций в Мексике — когда-то динамичной, но погрязшей в рутине, — отведена значительная часть в президентской платформе избранного недавно Энрике Пеньи Ньето. Он обещал сделать Мексику более технологически развитой, превратить в страну, которая культивирует фокусирующуюся на инновациях, базирующуюся на знаниях экономику. Начать он планирует с финансов: на науку и технику Мексика тратит жалкие 0,4% своего валового внутреннего продукта. США выделяют на эти цели в семь раз больше относительно своего ВВП.

Но нарушения нормального инновационного процесса более глубоки и затрагивают более широкий круг вопросов, нежели одни лишь финансы. Инновации в Мексике тормозятся на трех различных стадиях: в самом начале, когда изобретение существует лишь в виде зародыша идеи; на среднем этапе, когда ученые и инженеры собираются организовать компанию, которая доведет идею до завершения; и в самом конце, когда идея терпит неудачу и пора начинать все с начала. Компания *Biohominis* столкнулась с проблемами на средней стадии, поэтому рассказ мы начнем именно отсюда.

#### Застывшая на середине пути

К тому времени, когда Рейно и его партнеры истратили деньги, которые им выделило федеральное правительство, они уже начали получать доход от продажи нескольких успешных продуктов. Они обратились к частным инвесторам, которые поддержали бы их на плаву, пока компания станет устойчивой. Но финансировать их никто не захотел. В большинстве инвестиционных компаний не смогли понять суть того, что *Biohominis* собиралась

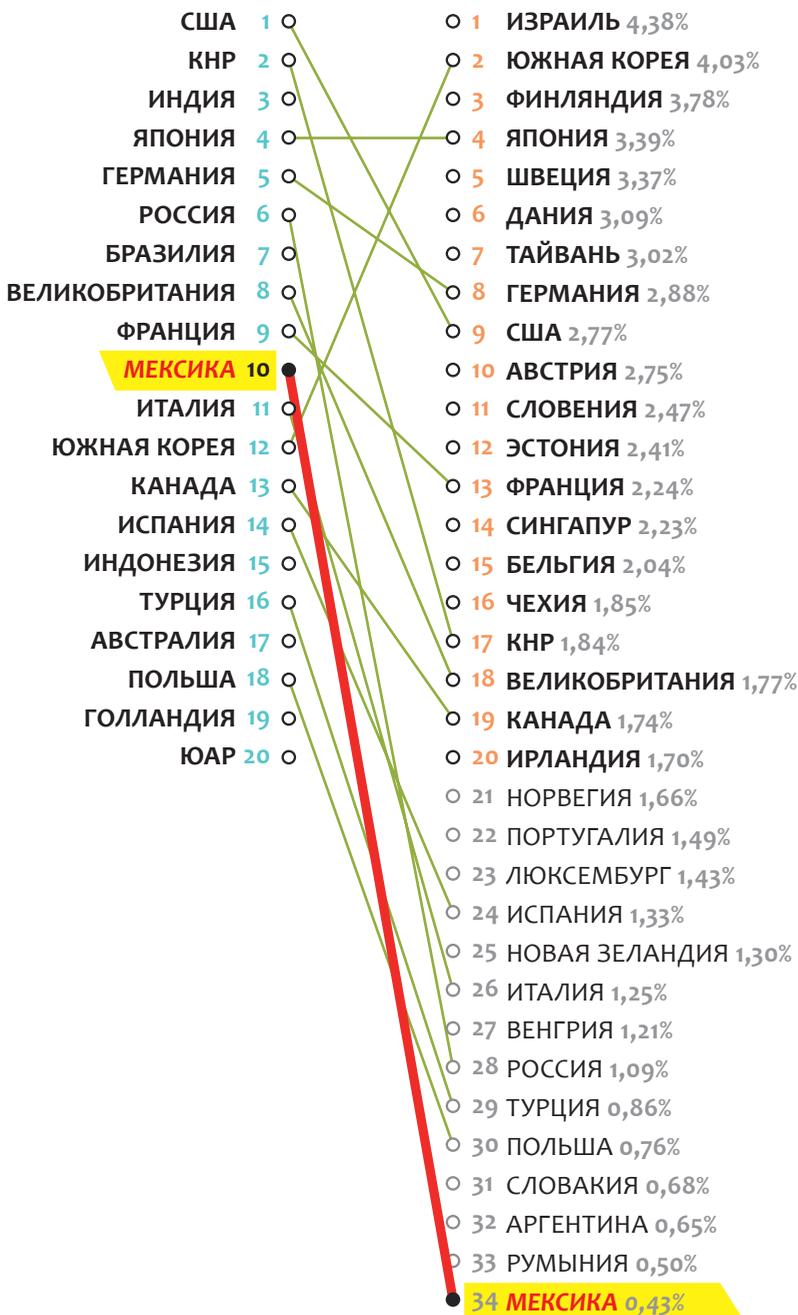
**САМЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ  
РАЗВИТЫЕ СТРАНЫ, 2013 Г.\***

**ПРОЦЕНТ ВВП, ПОТРАЧЕННЫЙ  
НА НАУКУ, 2011 Г. \*\***

**ОТСТАВАНИЕ**

Экономика Мексики занимает десятое место в мире и ежегодно увеличивается по крайней мере на 3,5%. Однако страна тратит лишь мизерную долю своего валового внутреннего продукта на научные исследования и разработки — даже меньше стран, имеющих экономические проблемы, таких как Испания и Италия.

\* Согласно материалам базы данных Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) «Статистика НИОКР», которая в основном ведет статистику по странам — членам ОЭСР. Экономический рейтинг составлен на основе паритета покупательской способности на 2005 г., поэтому к нему следует относиться с определенной осторожностью.  
\*\* Данные за 2011 г. для ряда стран отсутствуют.



им предложить. «Когда они слышали слово "технология", они думали, что мы из Бангалора и разрабатываем программное обеспечение. Им нужны были фабрики программного обеспечения, поскольку это все, что они в состоянии понять. Им нужны автоперевозчики и логистические компании, — рассказывает Рейно. — Если ты хочешь получить деньги от инвесторов в Мексике, собери бригаду по мытью полов: такой бизнес они понимают».

Отсутствие денег — не самая большая проблема. Экономика Мексики, которая по объему ВВП занимает десятое место в мире (\$1,2 трлн), неизменно демонстрирует замечательный рост не ниже 3,5% в год. Карлос Слим (Carlos Slim), самый богатый человек в мире, — мексиканец. Однако даже те немногочисленные компании, которые проявили интерес к *Biohominis*, хотели иметь гарантированную ежегодную прибыль в размере 20% (непомерно высокая ставка для любого рынка и абсолютно неподъемная для вновь

созданной компании в сфере высоких технологий) или же получить большую долю акций.

Вариант финансирования, предложенный компании Рейно, совсем не похож на тот венчурный капитализм, который мы видим в США. В Калифорнии и других штатах венчурные капиталисты — это клей,

который соединяет идеи, и смазка, которая позволяет им свободно двигаться вперед. Они хорошо разбираются в соответствующей области науки и организуют связь с лабораториями и университетскими кафедрами. Но самое главное то, что они одновременно делают ставку на множество компаний (большая часть

из которых так ничего и не добьется) и просто отходят в сторону, если те терпят неудачу. Мексиканское негосударственное финансирование устроено совсем иначе. Сегодня в Мексике лишь около 15 венчурных фондов. Это прогресс по сравнению с 2008 г., когда таких фондов было всего два, однако лишь четыре из них могут рассматриваться в качестве серьезных игроков. В общей сложности в 2011 г. все эти фирмы инвестировали \$469 млн в 25 проектов. В одном лишь районе залива Сан-Франциско, крупном мегаполисе США с населением 7 млн человек, в первом квартале текущего года было инвестировано \$2,2 млрд.

Оказавшийся в безвыходном положении в поисках венчурного капитала Рейно снова обратился к правительству, которое выделило ему еще \$500 тыс. Но правительства — ужасно неповоротливые венчурные капиталисты, и мексиканское в их ряду не исключение. Полученные деньги было невероятно трудно истратить. Компания *Biohominis* оплачивала счета на протяжении всего года (основную часть этих расходов Рейно и другие акционеры компании покрывали за счет личных займов), а дотацию получила лишь в его конце. Во избежание огромных налогов у компании оставались лишь месяц-другой на то, чтобы истратить деньги, выделенные на весь год. Она могла пустить эти средства только на лабораторные исследования и ни на что другое. Но даже тогда *Biohominis* вынуждена была заплатить налоги, которые в дальнейшем должны были быть ей возмещены.

Крупные компании, такие как *Nestle* или телекоммуникационный гигант *Telmex*, могут включить субсидии, подобные этой, в свои и без того раздутые бюджеты на НИОКР, и их совершенно не волнует график платежей. Но для начинающей компании, живущей каждым месяцем, эти ограничения оказались смертельными. Рейно не смог достаточно быстро истратить деньги и в то же время все больше залезал в долги, чтобы покрыть свои текущие расходы.

Несмотря на поддержку, высокую квалификацию сотрудников

и быстрый рост доходов, в декабре 2012 г. компания *Biohominis* прекратила существование. В конечном итоге ее убило не плохое качество товара, не ошибки руководства и не рынок, но правительство, которое неуклюже пыталось ей помочь. *Biohominis* умирала медленно и печально, истекая кровью, сочившейся из тысячи ран, полученных в результате соприкосновения с законом.

«В Национальном автономном университете Мексики есть ученые высочайшей квалификации. Но там нет никого, кто мог бы выстроить связи, возвести мосты и объединить различные направления, кто одинаково хорошо понимал бы и техническую, и деловую стороны. В этом-то и состоит уникальность венчурного капита-

**«Мы видели самые передовые технологии на основе новых химических процессов, а также в области искусственного разума. И первой реакцией со стороны мексиканского бизнеса, что мы сами неоднократно наблюдали, было: "В самом деле? Неужели все это сделано в Мексике? Неужели такое возможно?"»**

лизма», — отмечает Карлос Сантакрус (Carlos Santacruz), один из инвесторов, который работал как в Кремневой долине, так и в Мексике.

### Застопорившиеся на старте

В некотором смысле компании *Biohominis* повезло. По крайней мере, у нее были инвесторы, и до того как она села на мель, какой-никакой бизнес все же шел. Многим начинающим компаниям не удается выйти даже на этот уровень, поскольку с самого начала они натываются на культурологическую преграду: недоверие к национальной технике и комплекс неполноценности по отношению к северным соседям.

Когда мексиканским компаниям для решения той или иной проблемы требуются научные исследования, обычно они обращают свой взор на американские или европейские

фирмы. «Существует давно уже созданный миф, что мы не способны разрабатывать технику, — говорит Пилар Агилар (Pilar Aguilar), директор *Endeavor Mexico*, мексиканского отделения некоммерческой организации *Endeavor Global*, которая поддерживает инновационный процесс в развивающихся странах. — Мы видели самые передовые технологии на основе новых химических процессов, а также в области искусственного разума. И первой реакцией со стороны мексиканского бизнеса, что мы сами неоднократно наблюдали, было: "В самом деле? Неужели все это сделано в Мексике? Неужели такое возможно?" Мы привыкли считать, что лучшая техника приходит к нам откуда-то еще».

Аналогично обладающие новыми идеями мексиканские ученые обычно сначала открывают свои компании за рубежом и лишь потом дома. Именно так и поступил Горацио Монтес де Ока (Horatio Montes de Oca), физик, получивший университетское образование в Мексике, но в настоящее время проживающий в Ирландии. Несколько лет назад он придумал материал, который, как он полагает, может оказаться полезным для протезирования связок и сухожилий (более подробные сведения он не раскрывает). Дальнейшей разработкой своей идеи он решил заняться в университетской лаборатории в штате Керетаро.

Но у руководства университета не было ни малейшего представления относительно того, как организовать с ним совместную работу. Не существовало никаких процедур

или правил, касающихся партнерства с предпринимателем, пришедшим со стороны, и потребовались бы годы, чтобы такие правила установить. Такой же ответ он получил и от других мексиканских университетов. Монтесу де Оке, чьи родители были университетскими преподавателями, оставалось лишь пожать плечами. «В мексиканской системе высшего образования не созданы и не существуют институты, чтобы тиражировать капиталистическую систему, — говорит он. — Если вы предприниматель, то должны принять твердое решение и сказать: "Ничего из этого не получится. Я хотел бы сделать это в Мексике, но я не могу ждать пять лет, чтобы закончить работу"».

В конце концов Монтес де Ока, чтобы довести свое изобретение до ума, организовал партнерство с одной из британских лабораторий. Все это довольно предсказуемо: у одного из сотен тысяч мексиканских ученых, живущих за пределами страны, родилась блестящая идея, и он в порыве сентиментальности, патриотизма или тоски по родине пытается принести эту идею домой. Но череда препятствий возвращает его (и всех их) назад в США и в Европу.

В большей части Мексики идея, что университеты должны помогать промышленности — проведением исследований или поддержкой новых компаний, — достаточно нова и не очень популярна. Известно, что зарплата профессоров зависит от стажа и числа публикаций, и не существует никаких стимулов получить патент или начать дело. Даже если они получают патент, наказание за нарушение патентных прав столь мягкое, что другая лаборатория может легко воспользоваться их идеей. В результате большая часть исследований — чисто теоретические, и правительство вынуждено обращаться к другим странам, когда, например, требуется вакцина от гриппа, как это и было во время вспышки эпидемии вируса гриппа *H1N1* в 2009 г.

Луис Марин (Luis Marin), геофизик Национального автономного университета Мексики, наблюдает это ежедневно. В начале 1990-х гг.

Марин помог установить, что Чиксулуб, огромный кратер на краю полуострова Юкатан, — это место падения астероида, уничтожившего динозавров. Сегодня, по его словам, он публикует более трех статей в год — в восемь раз больше среднего числа по университету — и ведет побочный бизнес по контрактам с такими компаниями, как *Coca-Cola*, занимающимися поиском источников подземных вод для производства газировки. Когда его компания выросла, коллеги подвергли его остракизму. После нескольких лет работы с корпорацией в частном порядке он попытался перевести свой проект под крыло университета. Но когда каждое университетское подразделение отрезало свой ломоть, оказалось, что половина бюджета фирмы уходит на зарплату административным службам. Коллеги выступили против него, говоря, что он пытался обмануть отдельные подразделения. Проработав 23 года в университете, он впервые получил на аттестации негативную оценку, а ее результаты определяют уровень зарплаты на следующий год.

Качая головой в своем уютном офисе на юге Мехико, он говорит, что не знает, будет ли работать там в следующем году. Он вспоминает, что Гарри Стинбок (Harry Steenbock), который в 1923 г. облучил продукты питания ультрафиолетом, за счет чего добавил им витамина *D* и помог лечить рахит, запатентовал этот метод и использовал свалившийся на него огромный доход для проведения дальнейших исследований. «Именно в этом направлении нам и следует двигаться. Но если я захочу истратить на это часть своего времени, я буду наказан. Даже не останусь при своих, а именно буду наказан, — подчеркивает Марин. — Для ученого нет очевидной финансовой выгоды патентовать что-либо. И денег меньше, и коллеги смотрят на вас искоса».

### Не расположенная к риску культура

Возможно, самое большое препятствие, которое Мексика должна преодолеть, — нетерпимость к рискам.

В калифорнийской Кремниевой долине неудача рассматривается как ступень к дальнейшему успеху. В Мексике «людям кажется, что когда они начинают инвестировать, они непременно должны войти в круг самых богатых семейств страны, что каждая компания, в которую они вложили деньги, быстро начнет раскручиваться и станет одной из самых крупных компаний Мексики, — говорит Пабло Слау (Pablo Slough), глава мексиканского отделения компании *Google*. — Но так не бывает. Чего, на мой взгляд, не хватает — так это позиции золотой середины, желания попробовать, несмотря на риск».

Мексиканское отделение *Google* — небольшая часть калифорнийского интернет-гиганта — странным образом выглядит не совсем в своей тарелке в консервативном Мехико. Слау — приятный, харизматичный собеседник, которого по одежде и манере поведения можно принять за предпринимателя из Кремниевой долины. Он аргентинец по рождению, но постоянно инвестирует в мексиканские компании едва ли не из принципа. По словам Слау, исторически сложилось так, что крупнейшие компании в стране либо связаны с правительством (такие как нефтяной гигант *Petrex*), либо представляют собой бывшие государственные монополии (такие как *Telmex*). Этот перекошенный рынок, говорит он, порождает такую инвестиционную среду, которая пребывает в иррациональном ожидании гарантированной прибыли.

Недавно Слау вложил капитал в небольшое предприятие, которое придумало транспортабельные надувные игровые площадки для детей. Когда компания прогорела, он просто пожал плечами и занялся другим проектом. Но он был шокирован, когда узнал, что другие инвесторы сказали двум молодым выпускникам Стэнфордского университета, которые основали компанию. «Они выругали их бранными словами, — рассказывает Слау. — Потерпеть неудачу здесь означает конец всему. В США ты можешь открыть компанию, она прогорает — ну и бог с ней! Начни новое дело».

Возможно, по этой причине за прошедшие пять лет лишь 17 компаний провели первоначальное публичное размещение (ППР) своих акций на мексиканской фондовой бирже. Для сравнения: в первой половине текущего года нью-йоркская фондовая биржа провела 85 ППР.

Враждебно настроенные инвесторы или отсутствие таковых вообще, выводящие из себя ограничения и деловая культура, которой чужд риск, — причины того, что Мексика страдает самой сильной утечкой мозгов в мире. Мексика посылает учиться в США студентов и аспирантов больше, чем любая другая из стран Латинской Америки. Но когда талант уезжает за границу, существует вероятность, что он не вернется назад. Одно из исследований говорит, что более 70% мексиканцев, защитивших кандидатские диссертации, навсегда покидают страну.

Правительство Энрике Пеньи Ньето в курсе этой проблемы. Во время избирательной кампании 2012 г. представители правительства говорили, что собираются достучаться до некоторых активных сообществ ученых — бывших соотечественников, чтобы заручиться поддержкой мексиканцев, живущих за рубежом, наладив с ними партнерские отношения, или даже соблазнить некоторых из них вернуться домой. За исключением нескольких ведущих университетов и лабораторий Мексика не может соперничать с зарплатами и ресурсами, которые ученые находят для себя в США. «Если бы я мог работать в научно-исследовательском центре в Мексике, который позволил бы мне заниматься тем, чем я занимаюсь, тем, что вошло в мою кандидатскую диссертацию, или тем, что я хочу довести до конца, я бы остался в Мексике, — говорит Пабло Мендоса (Pablo Mendoza), президент Ассоциации мексиканских талантов в Великобритании. — Если бы мы имели возможность возвратиться к тому, что обладало бы потенциалом, который мы наблюдаем в других странах, многие из нас приехали бы назад».

Возможно, диаспора — действительно самый большой ресурс страны. Каждый мексиканский ученый,

с которым мне довелось разговаривать, скажет, что он или она надеется однажды вернуться домой, чтобы поддержать мексиканскую науку. Десятки ассоциаций эмигрантов, родственных организации Мендосы, объединяют мексиканских ученых и предпринимателей от Новой Зеландии до Германии.

### Зеленые побеги

Верная своей природе, Мексика тем не менее демонстрирует все больше примеров успеха в бизнесе. Согласно *New York Times*, в 2012 г. Мексика вошла в группу самых крупных в мире экспортеров ИТ-услуг — сразу же после Индии, Филиппин и Китая. Многие в Мексике, в их числе Бланка Тревиньо (Blanca Treviño), генеральный директор международной ИТ-компании *Softtek*, убеждены, что страна находится накануне расцвета информационной экономики.

Исследовательские центры в Мексике, такие как Биотехнологический центр в Куэрнавাকে и Центр автомобилестроения в Толуке, частично управляются Национальным советом по науке и технике (CONACYT), основным рычагом финансирования мексиканской науки (аналогично Национальному научному фонду в США). Хотя кое-кто утверждает, что правительство не может навязывать инновации, многим центрам CONACYT удалось преодолеть препятствия на старте вроде тех, с которыми столкнулись Горацио Монтес де Ока и Энрике Рейно. И хотя Мексика, когда потребуется вакцина от свиного гриппа, скорее всего, будет полагаться на США, Соединенные Штаты вскоре будут рассчитывать на Мексику, когда им понадобятся такие препараты, как противоядие от укусов скорпионов и пауков.

Будущее Мексики, возможно, зависит от того, насколько успешной будет кампания Пеньи Ньето по поддержке инноваций. Он хочет предстать чем-то вроде новой метлы, лидера, проводящего политику в духе Кремниевой долины. Однако в то же время он привел к власти партию, которая твердой рукой держала бразды правления

на протяжении более чем 70 лет, используя деньги Национального совета по науке и технике ради получения политических выгод, — антитеза меритократическим, предпринимательским ценностям Кремниевой долины.

Но дело не только в Пенье Ньето. Все большее число мексиканцев открепиваются от модели с руководящей и направляющей ролью правительства и выдвигают новые идеи. И все чаще они сокрушают препятствия на своем пути. Рейно тоже не собирается сдаваться. «В течение трех с половиной лет, когда мы работали в полную силу, мы заработали около полутора миллионов песо (примерно \$115 тыс.), — говорит он. — И мы уже почти выбрались из Долины смерти» (так он образно называет пропасть между лабораторными исследованиями и рынком).

Готов ли Рейно начать все заново? «Да, — отвечает он. — Начал бы, если бы у меня была хорошая идея. Я многому научился, и в следующий раз все будет по-другому».

Перевод: А.П. Кузнецов

Эрик Ванс (Eric Vance) пишет на научные темы и живет в Мехико.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ A Special Report on Mexico: From Darkness, Dawn. *The Economist*; November 24, 2012. [www.economist.com/news/special-report/21566773-after-years-underachievement-and-rising-violence-mexico-last-beginning](http://www.economist.com/news/special-report/21566773-after-years-underachievement-and-rising-violence-mexico-last-beginning)

12+

НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

ОТКРЫТЫЙ КОСМОС

НА ПОЛНУЮ МОЩНОСТЬ

ЭКСПЕРИМЕНТ



Научно-развлекательный телеканал о технике, технологиях и невероятных экспериментах

www.24techno.ru fb.com/24techno.ru vk.com/24techno 24techno.livejournal.com twitter.com/#1/24techno

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»

На правах рекламы



*Это заболевание остается  
медицинской загадкой, для  
него нет какого-либо явного  
способа лечения, однако  
существуют методики, которые  
могут улучшить ситуацию  
в долгосрочной перспективе*



Николас Лэнг и Кристофер Макдугл

# Помощь детям с аутизмом



Адрианна Хеннон, играя, переворачивает своего сына Джейдена, получившего диагноз «аутизм» в возрасте 22 месяцев

## ОБ АВТОРАХ

**Николас Лэнг** (Nicholas Lange) — адъюнкт-профессор психиатрии и биологической статистики и директор лаборатории нейростатистики в Гарвардской медицинской школе и Больнице Маклина.

**Кристофер Макдугл** (Christopher J. McDougle) — директор центра исследования аутизма, основанного Фондом Лурье при Массачусеттской многопрофильной детской больнице.



**К**огда второму ребенку Адрианне и Джермейна Хеннона, Джейдену, исполнилось 14 месяцев, родители начали беспокоиться, что с ним что-то не так. Малыш был постоянно занят игрушечными машинками, непрерывно переворачивал и катал их, в то время как большинство детей этого возраста часто переключаются с одной деятельности на другую. Кроме того, на полу или на столе Джейден старался выстраивать машинки, журналы или кубики в насколько можно более прямую линию, но никогда не наваливал предметы в кучу, как делают другие дети.

В 16 месяцев Джейден перестал произносить короткие фразы, которыми пользовался уже на протяжении четырех-пяти месяцев, — «Мама, на ручки», «Подними» и «Эбби» (так зовут его старшую сестру) — и стал реже оглядываться на членов семьи, когда они его звали. А однажды рядом с тем местом, где сидел Джейден, упал большой горшок, но малыш вообще не отреагировал на это. Педиатр сказал Адрианне, что по поводу поведения Джейдена беспокоиться не стоит, поскольку развитие у детей происходит неравномерно, особенно у мальчиков, и у них речь часто появляется позднее, чем у девочек. По совету педиатра Адрианна и Джермейн отвели ребенка к отоларингологу, чтобы проверить слух. Слух оказался нормальным.

Следующее ухудшение произошло в 18 месяцев, когда с температурой 40° С мальчик попал в отделение неотложной помощи. Полное медицинское обследование не помогло выяснить причину повышения температуры, и ребенок вернулся домой вместе с родителями. Температура постепенно спала, но Джейден больше не разговаривал, не откликался на свое имя и мог встречаться взглядом только с матерью.

Эта череда тревожных событий не закончилась и к 22 месяцам. Если Джейден хотел что-нибудь, он брал за руку Адрианну или Джермейна и подводил их к желанному объекту. Он по-прежнему был очарован колесами игрушечного автомобиля и непрерывно катал его. Кроме того, он пришел в восторг от видео с Микки Маусом на айпаде, которое проигрывал снова и снова, пока его не просили остановиться. Еще Джейден любил программу с участием пыхтящего паровозика Томаса — из-за звуковых эффектов. Наконец родители решили отвести сына в соседнюю клинику для детей, у которых есть подозрение на аутизм, или, используя медицинскую терминологию, расстройство аутистического спектра. Для этого состояния в той или иной степени характерны снижение общительности и взаимодействия с другими людьми, а также склонность к выполнению повторяющихся движений, таких как раскачивание или многократное произнесение одного и того же звука.

Тщательно понаблюдав за Джейденом на протяжении нескольких часов и получив большое количество информации от родителей малыша, психолог сообщил Адрианне и Джермейну страшную новость: у их ребенка действительно аутизм. Оба родителя сразу спросили, не могли ли они какими-то своими действиями случайно способствовать возникновению заболевания. Адрианна вспоминает: хотя у них уже были подозрения, Джермейну, инженеру по образованию, потребовалось время на то, чтобы осознать, что их опасения подтвердились. Адрианна, в течение 12 лет проработавшая учительницей в коррекционных классах, легче приняла диагноз. Она шла, тихо повторяя про себя: «Я буду действовать», а потом добавила: «Если я не смогу ему помочь, то никто не поможет».

## ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Если малыш не способен взаимодействовать с родителями, братьями, сестрами и другими детьми, то к двум годам он может получить диагноз «аутизм».
- Иногда в таких случаях помогают существующие методы лечения, которые повышают общительность и улучшают социальные навыки. При наличии социальных навыков человек может ходить в обычную школу и строить отношения с друзьями и семьей.
- Лучшее понимание биологических основ аутизма позволит разработать новые диагностические методы и ряд препаратов в дополнение к поведенческой терапии, улучшающей социальные навыки.



**Мать с ребенком** играют в Калифорнийском университете в Дэвисе, где с трехлетним Джейденом Хенноном занимаются для улучшения коммуникативных навыков

Ежегодно тысячи родителей подобно Адрианне и Джермейну узнают, что у их ребенка расстройство аутистического спектра. Как и в случае с Джейденом, причины возникновения заболевания остаются неясны, и это осложняет диагностику. Спустя 70 лет после того, как психиатр Лео Каннер (Leo Kanner) впервые ввел термин «ранний детский аутизм», ученые все еще не нашли каких-то объективных причин — молекулярных, генетических, особенностей электрической активности в нервных цепях или достоверных различий в работе мозга, — позволяющих определить, почему возникает заболевание.

Исследователи упорно пытаются выявить такие биологические изменения, связанные с заболеванием, надеясь, что это облегчит диагностику и поможет созданию эффективных средств лечения. На сегодня показано, что некоторые препараты могут снижать возбудимость, перепады настроения и вспышки гнева, от которых страдают дети с аутизмом. Но Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов США (FDA) не утвердило ни одного средства,

направленного на коррекцию основных симптомов — проблем с речью и общением и стереотипных действий.

А потребность в этом назрела огромная. Только в США среди детей и подростков младше 18 лет зарегистрировано около 800 тыс. случаев расстройств аутистического спектра, и число их продолжает непрерывно расти. Одна из причин — направленная работа по выявлению детей с этим расстройством: в последние шесть лет Американская академия педиатрии рекомендовала проверять всех малышей в возрасте 18 и 24 месяцев на предмет наличия таких симптомов. Кроме того, увеличилось количество критериев, на основе которых диагностируют расстройство аутистического спектра. Но даже если бы таких изменений в диагностике не произошло, все равно количество семей, которым необходима помощь, было бы огромно.

Однако сейчас мрачные перспективы немного проясняются. За последние несколько лет в медицинской среде начала распространяться важная информация о том, что некоторые нефармакологические средства могут серьезно помочь таким детям, как Джейден. Если в раннем возрасте начать применять методы, вводящие аутичного ребенка в рамки адекватных форм социального поведения, например учить его смотреть матери в лицо, когда она говорит, это помогает избежать необходимости обучения в специализированных учреждениях в младшем и среднем школьном возрасте и дает шанс иметь во взрослой жизни работу и семью. Более того, в ближайшие годы поведенческая терапия может быть

дополнена новыми технологиями, которые позволят ставить окончательный диагноз до того, как ребенку исполнится два года, и лекарствами, исправляющими биохимический дисбаланс, вызывающий заболевание.

## При раннем вмешательстве есть надежда

Ждать еще десять лет, пока новые препараты пройдут аттестацию, — мучительная мысль для родителей, чьим детям недавно был поставлен диагноз. Но отчасти их можно утешить тем, что некоторые хорошие методы лечения уже доступны. Новейшие исследования показали, что мозг аутичного малыша может обучаться и меняться под воздействием поведенческой терапии, направленной на улучшение социальных и разговорных навыков или на другую распространенную проблему: сложности с вовлечением в игру и другую детскую активность. Благодаря исключительной пластичности мозга ребенка интенсивные индивидуальные занятия с прошедшими соответствующую подготовку специалистами или родителями позволяют уменьшить сложности

### «ХИМИЧЕСКИЕ ОБЪЯТЯ» КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ЛЕЧЕНИЯ АУТИЗМА

Свойство окситоцина подталкивать к взаимодействию с другими людьми может оказаться полезным для лечения нарушений социального поведения при аутизме. У детей с аутизмом окситоцин теоретически может повышать желание устанавливать отношения с окружающими и таким

образом запускать цепную реакцию (желтый) что в итоге приведет к улучшению когнитивных функций. Сейчас ожидаются результаты клинических испытаний для подтверждения первоначального заключения об эффективности этого вещества.

**Лечение окситоцином может вызвать «эффект домино» за счет повышения склонности ребенка участвовать в социальных взаимодействиях**



с речью и социальными взаимодействиями, которые представляют собой отличительную черту заболевания.

Одна из методик, пришедшая в психиатрию из психологии развития и прикладного поведенческого анализа (техники улучшения умственных, языковых и социальных навыков), известна как «Ранняя денверская модель» (РДМ). Терапевт, работающий по методике РДМ, учит ребенка-аутиста обращать внимание на социальные сигналы — мимику, жесты и произнесенные слова. РДМ и другие методики, такие как совместное внимание, символическая игра и вовлечение, обращают внимание малыша на лица и звуки. Здоровые маленькие дети сильнее реагируют на лицо, чем на кубик, а дети с аутизмом наоборот активнее реагируют на объекты, чем на взгляд родителей.

Специалист, работающий по методике РДМ, пытается поощрять ребенка на переключение внимания в нужную сторону. Ребенку показывают игрушку, иногда называют игрушку с приглашающей интонацией, и когда тот посмотрит, протягивают ее и начинают игру. Во время игры терапевт старается сохранить внимание ребенка, чтобы способствовать развитию зарождающейся симпатии к социальным взаимодействиям на всем протяжении обучения социальным и коммуникативным навыкам. Сейчас эффективность РДМ уже начала подтверждаться официальными научными исследованиями. При финансовой поддержке Национальных институтов здравоохранения США Джеральдин Доусон (Geraldine Dawson) из Университета Дьюка и Салли Роджерс (Sally J. Rogers) из Калифорнийского университета в Дэвисе провели оценку этой методики и недавно получили четкие доказательства эффективности раннего вмешательства при аутизме.

После двух лет интенсивных занятий, начавшихся в возрасте 18–30 месяцев, дети больше обращали внимание на лица, чем их аутичные сверстники, не участвовавшие в программе РДМ. Малыши, с которыми работали по методике РДМ, имели более высокие показатели

в когнитивных тестах: их коэффициент (в тесте IQ для маленьких детей) в среднем был на 10,6 баллов выше, чем у детей, с которыми не занимались. Проблемы с социальным поведением и повторяющимися действиями у них были менее выражены, но остались некоторые симптомы, не связанные непосредственно с аутизмом.

При изучении активности мозга видно, что там тоже происходят изменения в желаемом направлении. Области мозга, активизирующиеся, когда ребенок смотрит на лицо, вспыхивали ярче у тех аутичных детей, с которыми работали по методике РДМ, чем у тех, которые не участвовали в этой программе. На самом деле реакция мозга у детей, с которыми занимались, была характерной для обычных четырехлеток. При записи электрической активности мозга (электроэнцефалограмма, или ЭЭГ) исследователи отметили усиление определенного типа волновой активности мозга — тета-ритма на нижней поверхности мозга в области гиппокампа. Усиление тета-ритма коррелирует с лучшей фокусировкой внимания и краткосрочной памятью.

Кроме того, исследователи обнаружили в некоторых областях, в том числе в гиппокампе, снижение мощности альфа-ритма, частота колебаний при котором выше, чем при тета-ритме. Ослабление альфа-ритма показывает, что мозг становится более восприимчивым к человеческим лицам. Одновременное усиление тета-ритма и ослабление альфа-ритма отражают более высокий уровень электрической активности на поверхности мозга, т.е. в коре больших полушарий и особенно в префронтальной коре и передней части поясной извилины, которые участвуют в восприятии лиц. На основе этих данных исследователи предположили, что РДМ может стимулировать изменения в мозге детей, подвергавшихся такой терапии, что помогает объяснить их более высокие баллы в когнитивных тестах.

РДМ дает такие результаты после более 2 тыс. часов интенсивных занятий на протяжении двух лет по два часа пять дней в неделю. Лекарство, которое могло бы

заменить или ускорить этот процесс, значительно облегчило бы жизнь детям и их семьям. Новейшие исследования направлены на целый ряд препаратов, которые воздействовали бы на симптомы, в том числе на дефекты социального поведения, гиперактивность, невнимательность, повторяющиеся, ритуальные формы поведения и нарушения сна.

Наиболее перспективное лекарство, которое может имитировать действие РДМ, — гормон окситоцин, который в заголовках научно-популярных статей называют «гормоном объятий», «молекулой морали» или «гормоном доверия». В медицинских учебниках пишут про его роль в беременности: окситоцин подготавливает женское тело к родам. Когда его содержание повышается, грудь набухает и наполняется молоком, кроме того, он запускает родовые схватки. За последние 25 лет ученые выяснили, что окситоцин, который, кстати говоря, есть и у мужчин, играет роль в формировании привязанности ребенка к матери и укреплении доверия между друзьями. Он может даже вызывать чувство привязанности к ребенку у будущего отца.

Надежда, что окситоцин поможет детям с аутизмом, возникла после наблюдения, что при его однократном внутривенном или интраназальном введении аутичный ребенок, который обычно не различал, «нейтрален» новый знакомый или «приятен», вдруг неожиданно мог заметить разницу. Генетические исследования добавили дальнейшие доказательства роли этого гормона в общем повышении социальной чувствительности, в том числе и у людей с аутизмом. Генетически модифицированные мыши, у которых был выключен ген *CD38*, участвующий в выработке окситоцина, продемонстрировали снижение доверия и распознавания других особей. Кроме того, у пациентов, страдающих аутизмом, ниже уровень окситоцина, поскольку меньше окситоциновых «рецепторов» — белков, которые связываются с этим гормоном и передают его специальным нервным клеткам.

Эти открытия проложили путь для более масштабных исследований. Национальные институты здравоохранения США сейчас предоставляют \$12,6 млн пяти институтам для проведения испытаний с интраназальным введением окситоцина, при этом пациенты случайным образом распределены между опытной и контрольной группами. Исследования роли этого гормона в улучшении социального поведения (проект *SOARS-B*) должны в течение ближайших лет определить, станет ли введение окситоцина стандартным методом лечения. Выяснение его эффективности особенно важно, поскольку многие родители уже вводят окситоцин детям с аутизмом из-за рекомендации группы *DAN!* (*Defeat Autism Now!* — «Победим аутизм сейчас!») Однако доказательства пока не столь убедительны, чтобы можно было внедрять этот метод в официальную практику. Если это исследование подтвердит роль окситоцина, его можно будет рекомендовать для повышения эффективности РДМ, чтобы подготовить ребенка перед началом работы терапевта.

### Генетический механизм

Чтобы найти способ вылечить аутизм или хотя бы подобрать более эффективные методики терапии, требуется более четкое понимание того, что же все-таки лежит в основе психических и физических симптомов заболевания. Выяснение генетических основ аутизма очень важно, но пока они все еще остаются загадкой, поскольку найти соответствующие мутации довольно сложно. Есть данные о том, что предрасположенность может быть обусловлена изменениями в большом количестве генов (400–800). В этом исследовании показано, что заболевание связано с вариацией числа копий гена: добавлением или удалением больших участков ДНК, предположительно содержащих несколько генов.

Сейчас основные исследования механизмов возникновения аутизма направлены на расшифровку этой сложной генетической сети. В январе текущего года были получены чрезвычайно интересные результаты. Они наводят на мысль, что генетика аутизма может оказаться не такой запутанной, как предполагалось ранее. В этом проекте изучали гены 55 пациентов из девяти семей штата Юта; при анализе числа копий некоторых генов у них обнаружили 153 варианта, которых не было у здоровых детей, и 185 вариантов, про которые уже известно из литературы, что они связаны с аутизмом. Генетики искали те же самые варианты числа копий у 1544 аутичных детей из базы образцов ДНК людей с аутизмом (*Autism Genetic Resource Exchange, AGRE*) и базы Детской больницы в Филадельфии и у 5762 людей из контрольной группы, не родственных друг другу и больным детям из штата Юта. Строгие молекулярные методы проверки в итоге снизили общее количество подозреваемых вариаций до 15 у исследованных семей и 31 из литературных данных.

Необходим дополнительный анализ для выяснения, каким образом эти вариации могут приводить к аутизму и каков тут вклад других, негенетических факторов, таких как нарушение гормонального равновесия во время внутриутробного развития и воздействие различных химических веществ из окружающей среды. Это важное исследование, позволяющее исключить из рассмотрения многие первоначально подозреваемые вариации генов, доказывает, что огромное количество генетических факторов, ранее считавшихся связанными с аутизмом, можно не учитывать.

Но даже после процесса отсеивания, который позволяет значительно уменьшить число «подозреваемых» элементов, единственного гена, отвечающего за возникновение аутизма, в большинстве случаев не окажется. Как правило, за развитие этого заболевания отвечают несколько генов, каждый из которых вносит свою небольшую лепту. Многие из них могут содержать совсем свежие мутации, возникшие в оплодотворенной яйцеклетке.

Однако в некоторых случаях, как выяснилось, аутизм возникает из-за нарушений в одном-единственном гене, и такие ситуации имеют большую ценность для дальнейших исследований. Среди всех больных аутизмом

примерно в 5% случаев заболевание возникает из-за очень редкой мутации в одном из генов, и ученые внимательно изучают этих людей. Исследование психологических и молекулярных нарушений у этих детей поможет выяснить, что именно идет не так, как надо, и при наиболее распространенных случаях аутизма, вызванных проблемой в нескольких генах.

Исследователи обнаружили некоторое количество случаев, когда из-за мутации в единственном гене возникают аутизм и дополнительный набор не связанных симптомов. Один из ярких примеров такого рода заболеваний — синдром Ретта, который встречается в основном у девочек и сопровождается умственной отсталостью. Оценить уровень IQ такого ребенка затруднительно, поскольку при этом синдроме наблюдается тяжелая форма аутизма, в результате чего утрачиваются остатки речи и основные двигательные навыки, которые ребенок ранее успел приобрести. Исследователи сосредоточили свое внимание на веществах, которые могут устранить эти симптомы, улучшая развитие мозга. Одно из таких веществ — инсулиноподобный фактор роста 1 (*IGF-1*). Ученым удалось показать, что после приема вещества, полученного из *IGF-1*, у мышей с мутацией, аналогичной синдрому Ретта, симптомы заболевания были менее выражены. В ходе небольшого исследования вещество, производное от *IGF-1*, вводили 50 детям с аутизмом; сейчас пройдена первоначальная проверка на безопасность и выясняется, поможет ли оно ослабить симптомы.

В дальнейшем исследования постепенно распространятся и на более сложные формы заболевания, вызванные несколькими факторами, с различной степенью тяжести и вовлечением больших участков мозга, регулирующих социальное поведение и коммуникативные навыки. Необходимо будет разработать комплексный подход, при котором будут точно выявляться симптомы заболевания у детей в возрасте 18 месяцев и подбираться методы лечения, позволяющие скорректировать работу поврежденных нервных клеток. Помимо генетического анализа ученые ищут наилучшие способы диагностики путем визуализации работы мозга. Исследования начались с методики, выявляющей лишь некоторых из тех 40% больных аутизмом, кто вообще или почти не разговаривает.

## Использование клеточных культур

Спустившись на клеточный уровень, исследователи работают со стволовыми клетками в пробирке для поиска новых путей лечения. Стволовые клетки обладают способностью превращаться в клетки любого типа. Сначала ученые превратили специализированные, но легко доступные клетки, полученные от пациента, в индуцированные плюрипотентные стволовые клетки (см.: Хохедлингер К. *Персональные целители // ВМН, № 7, 2010*). Затем они обработали эти клетки таким образом, чтобы превратить их в клетки мозга — нейроны — и обслуживающую их нейроглию. Можно использовать также стволовые клетки, полученные из замороженной пуповинной

крови ребенка с аутизмом. Теперь у исследователей были копии нейронов и глии, содержащихся в мозге человека-аутиста, с теми же генетическими нарушениями.

Анализ конкретных генетических компонентов и выяснение, какие гены активны в свежесозданных нейронах, могли бы помочь в определении того, где маленький ребенок может свернуть на путь аутизма, будет ли это легкая форма или настолько тяжелая, что он даже не сможет говорить. И если клетки хорошо реагируют на конкретное лекарство, начинают лучше формировать связи с другими клетками, то у исследователей будут основания надеяться, что для человека в целом такой способ лечения будет полезен. Используя эту методику, врач сможет за один день подобрать наиболее эффективное лекарство для конкретного случая.

В отдаленной перспективе есть еще более широкие возможности, которые сегодня кажутся почти научной фантастикой. Это касается возможности использовать нервные или глиальные клетки, полученные в лаборатории на основе генетического материала донора, но в генах которых исправлен молекулярный дефект, вызывающий аутизм. На текущий момент есть чисто теоретическая идея, что ребенку с аутизмом можно имплантировать такие стволовые клетки, а потом заниматься с ним по методике, схожей с РДМ. Подобное сочетание генетической и поведенческой терапии должно переформировать нервную систему на клеточном и молекулярном уровнях и, вероятно, существенно снизить проблемы с общением и повторяющимися действиями. Если такой сценарий когда-нибудь станет реальностью, в один прекрасный день мы сможем сказать, что действительно умеем лечить таких детей, как Джейден. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

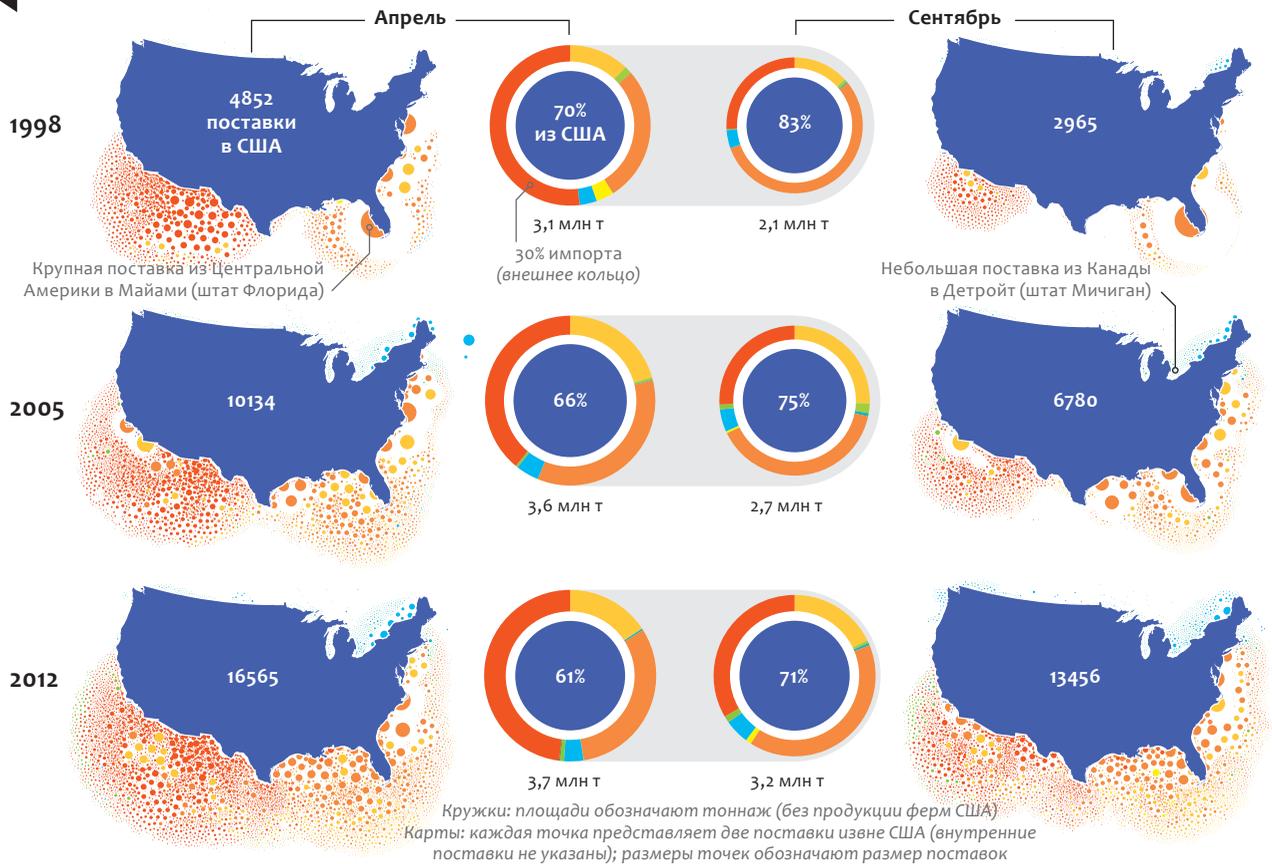
## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Early Behavioral Intervention Is Associated with Normalized Brain Activity in Young Children with Autism. Geraldine Dawson et al. in *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, Vol. 51, No. 11, pages 1150–1159; November 2012.

■ Изучите симптомы. Среагируйте вовремя. Центры по контролю и профилактике заболеваний: [www.cdc.gov/ncbddd/actearly/index.html](http://www.cdc.gov/ncbddd/actearly/index.html)

■ Видеозапись занятия для улучшения коммуникативных способностей у ребенка с аутизмом см. по адресу: [ScientificAmerican.com/oct2013/autism](http://ScientificAmerican.com/oct2013/autism)

Поставка фруктов и овощей дистрибьюторским центрам США



■ Внутреннее производство ■ Канада ■ Европа ■ Средний Восток ■ Азия ■ Тихоокеанский регион ■ Африка ■ Южная Америка ■ Центральная Америка ■ Мексика

# Восемь тысяч километров салата

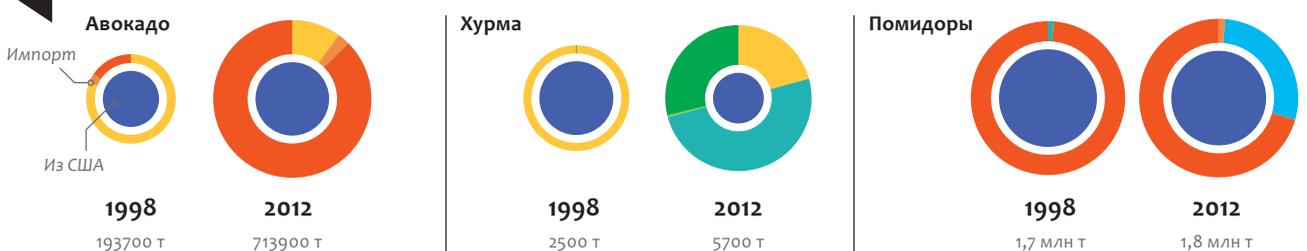
Испанский латук, мексиканские авокадо, израильские гранаты — все, что может порадовать вас за обедом

Американцы желают иметь на своем столе свежие фрукты и овощи круглый год, а не только в сезон. Фермеры США выращивают их много, но большую часть спроса удовлетворяет импорт, особенно вне сезона сбора урожаев, например в апреле, завоевывая все большую долю потребления (кружки сверху). Основную часть этой продукции поставляют региональным дистрибьюторским центрам США

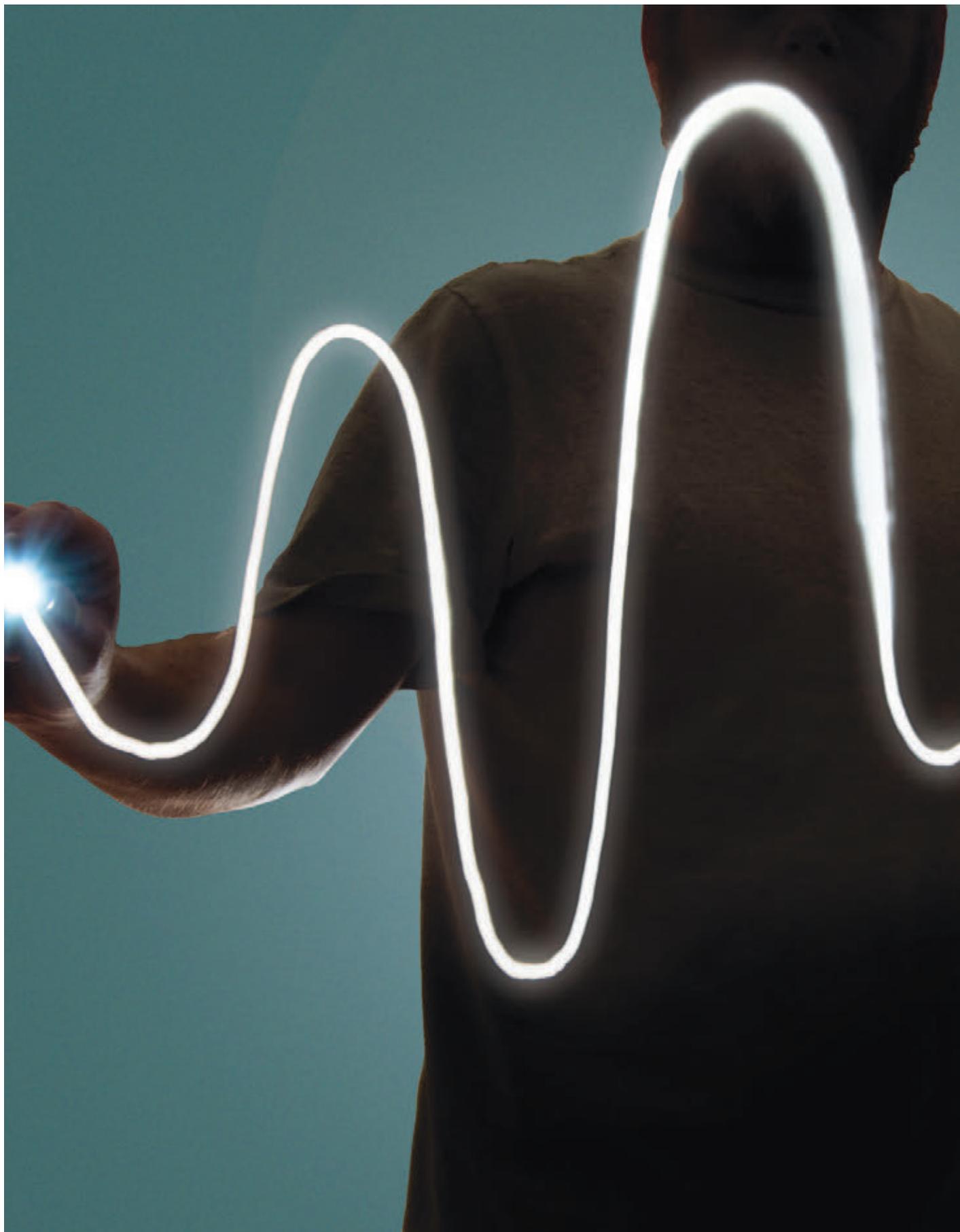
Мексика, Центральная и Южная Америка (карты сверху). Некоторые фрукты и овощи недавно приобрели большую популярность, а спрос на другие остается стабильным (кружки внизу): растет востребованность авокадо и хурмы, а спрос на помидоры сохраняется в прежнем объеме. ■

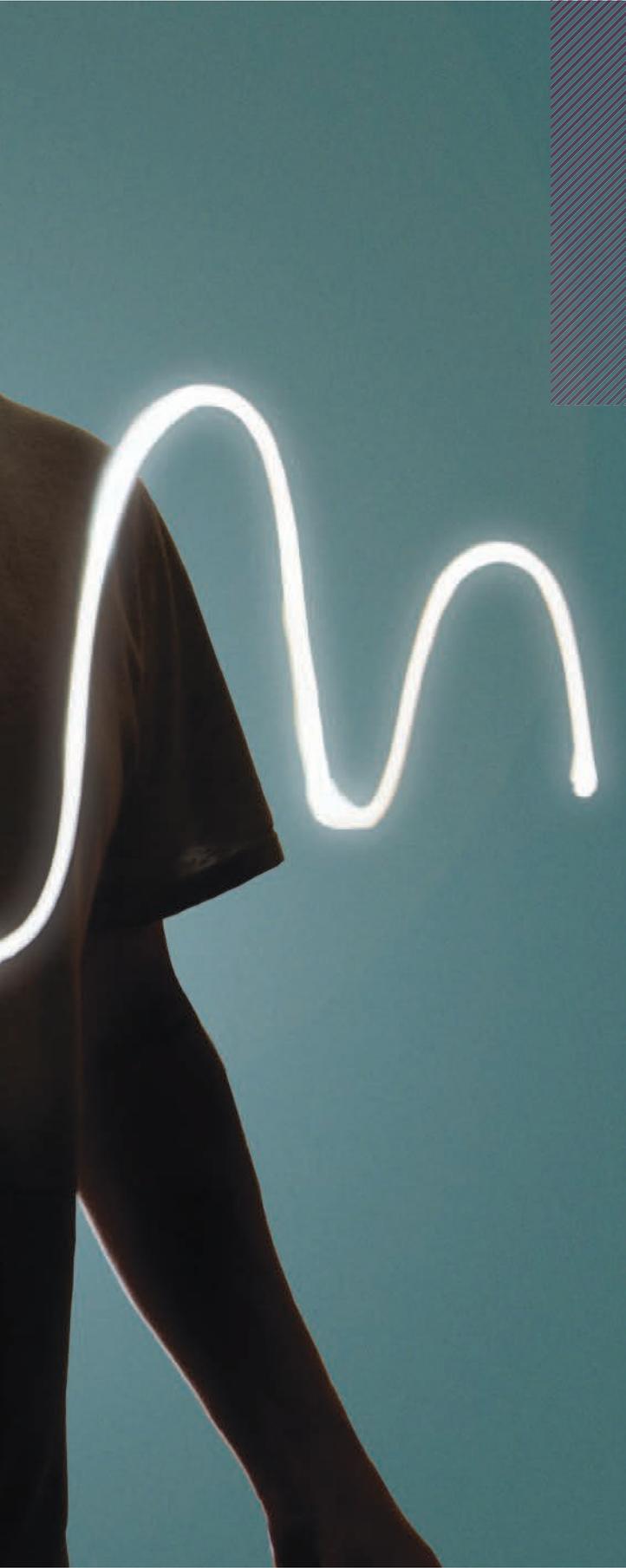
Перевод: И.Е. Сацевич

Мировые поставщики реагируют на изменения вкусов: ежегодные поставки дистрибьюторским центрам США



SOURCE: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE'S AGRICULTURAL MARKETING SERVICE





Ганс Христиан фон Бейер

# КВАНТОВАЯ СТРАННОСТЬ? *ЭТО ВСЕ У ВАС В ГОЛОВЕ!*

*Новая версия квантовой теории устраняет причудливые парадоксы. Какой ценой? Квантовая информация существует лишь в вашем воображении*

**Б**езупречно объясняющая свойства материи в масштабах от субатомного до астрономических, квантовая механика — самая успешная теория из всех физических наук. Но и самая странная.

В квантовом мире оказывается, что частицы находятся в двух местах одновременно, кажется, что информация передается быстрее скорости света, а кошки могут быть и живыми и мертвыми одновременно. Физики пытаются бороться с очевидными парадоксами квантового мира уже девять десятилетий, но результаты незначительны. В отличие от теории эволюции и космологии, истины которых уже давно стали неотъемлемой деталью общего интеллектуального ландшафта, квантовая теория по-прежнему считается (даже многими физиками) странной аномалией, книгой сильнодействующих рецептов для создания разного рода технических устройств, но малоприменимой для чего-то другого. Невообразимая путаница в отношении истинного смысла квантовой теории будет продолжать подливать масла в огонь, усиливая ощущение, что основополагающие вещи, которые она так настоятельно пытается сказать о нашем мире, имеют мало отношения к повседневной жизни и слишком странны, чтобы иметь какое-либо значение.

В 2001 г. группа ученых начала разработку модели, которая устраняет квантовые парадоксы или же трансформирует их в форму, доставляющую меньше неудобств. Модель, получившая название «квантовый

## ОБ АВТОРЕ

**Ганс Христиан фон Бейер** (Hans Christian von Baeyer) — физик-теоретик, работающий в области физики элементарных частиц, ректор и заслуженный профессор Колледжа Вильгельма и Марии (Уильямсберг, штат Виргиния), где преподает уже на протяжении 38 лет. Фон Бейер — член Американского физического общества, автор шести научно-популярных книг и лауреат премии за лучшее научно-популярное произведение, присуждаемой Американским институтом физики, литературной премии им. Вестингауза Американской ассоциации содействия развитию науки и Национальной журнальной премии за очерки и критические статьи.



байесианизм», или сокращенно «кьюбизм», переосмысливает сущность, лежащую в сердце квантовой странности, — волновую функцию.

При традиционном взгляде на квантовую теорию объект, такой как электрон, представляется волновой функцией, математическим выражением, которое описывает свойства объекта. Если вы хотите предсказать, как будет вести себя электрон, вы вычисляете, как будет изменяться во времени его волновая функция. Результат вычисления дает вам вероятность того, что электрон будет обладать определенными свойствами (например, находиться в одном месте, а не в другом). Но проблемы возникают, когда физики допускают, что волновая функция реальна.

Кьюбизм, который объединяет в себе квантовую теорию и теорию вероятности, утверждает, что волновая функция не представляет собой объективную реальность. Вместо этого кьюбизм рисует волновую функцию как руководство пользователя, математический инструмент, которым наблюдатель пользуется, чтобы сделать более глубокие выводы об окружающем мире — квантовом мире. А именно: наблюдатель применяет волновую функцию, чтобы выразить свою собственную веру в то, что квантовая система будет обладать определенными свойствами, понимая, что его собственные выбор и действия влияют на систему неопределенным по своей природе образом. Другой наблюдатель, используя волновую функцию, которая описывает мир, как видит его он сам, возможно, придет к полностью противоположному выводу относительно той же квантовой системы. Одна система — одно событие — может иметь столько различных волновых функций, сколько существует наблюдателей. После того как наблюдатели обменялись друг с другом полученными результатами и модифицировали свои волновые функции так, чтобы они объясняли

вновь приобретенные сведения, возникает согласованный, логически последовательный взгляд на мир.

Рассматриваемая в таком аспекте волновая функция «вероятно, будет самым мощным абстрактным понятием из когда-либо придуманных», как утверждает физик-теоретик Дэвид Мермин (N. David Mermin) из Корнеллского университета, один из новообращенных в кьюбизм.

## Нереальный квант

Точка зрения, что волновая функция — чисто абстрактное понятие, не имеющее отношения к реальности, существует еще с 1930-х гг. и впервые отмечена в статье Нильса Бора, одного из отцов-основателей квантовой механики. Он считал ее частью «чисто символического» формализма квантовой теории — одним из математических инструментов и не более того. Кьюбизм — первая модель, призванная придать математический хребет утверждению Бора. Это сплав квантовой теории с байесовской статистикой, разделом математики, имеющим 200-летнюю историю, который определяет «вероятность» как нечто вроде «субъективной веры». Байесовская статистика помимо всего прочего дает формальные математические правила, как скорректировать собственные субъективные взгляды в свете полученной новой информации. Если интерпретировать волновую функцию как субъективный взгляд и субъект дальнейшей модификации с помощью законов байесовской статистики, загадочные парадоксы квантовой механики исчезают, говорят сторонники кьюбизма.

Рассмотрим снова электрон. Известно, что всякий раз, когда мы его регистрируем, мы обнаруживаем его в одном из конкретных местоположений. Но пока он не в поле нашего поиска, волновая функция электрона может расплываться, выражая вероятность того, что он находится во многих различных местах одновременно.

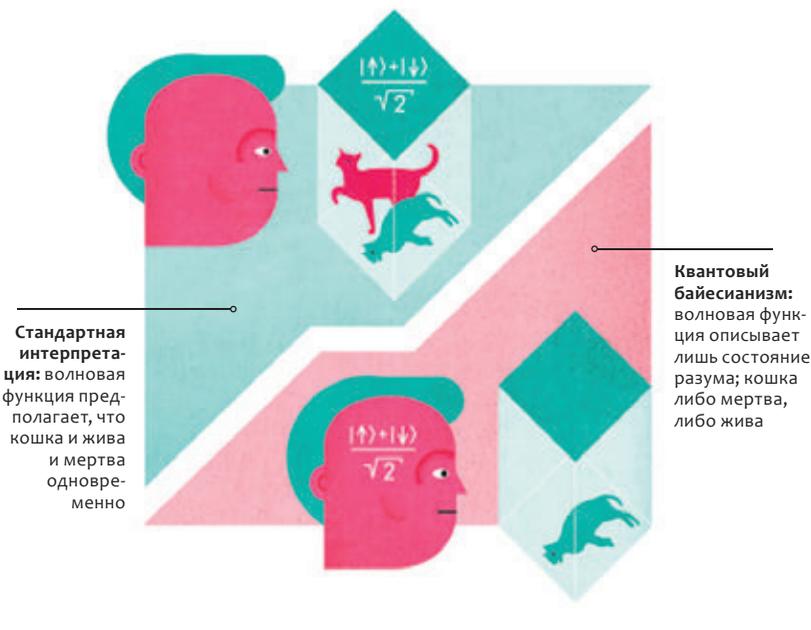
## ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Квантовая механика — это невероятно успешная теория, но полная странных парадоксов. Разработанная недавно модель, называемая квантовым байесианизмом (или кьюбизмом), сочетает в себе квантовую теорию с теорией вероятности в попытке устранить эти парадоксы или трансформировать их в форму, доставляющую меньше проблем.
- Кьюбизм переосмысливает сущность, лежащую в сердце квантовых парадоксов, — волновую функцию. Ученые используют волновые функции, чтобы вычислить вероятность того, что частица будет обладать определенными свойствами: например, находиться в этом месте, а не в другом. Но парадоксы возникают, когда физики предполагают, что волновая функция реальна.
- Кьюбизм утверждает, что волновая функция — чисто математический инструмент, который наблюдатель использует, чтобы передать свою персональную веру в то, что квантовая система будет обладать определенным свойством. В этой концепции волновой функции в природе не существует — она просто отражает субъективное состояние разума личности.

Мыслительный эксперимент

УСТРАНЕНИЕ КВАНТОВОГО АБСУРДА

Чтобы вникнуть в различие между квантовым байесианизмом и стандартной интерпретацией квантовой механики, рассмотрим хорошо известный пример шредингеровской кошки. В стандартном пересказе кошка и ампула с ядом закрыты в герметической коробке. Квантовое событие, которое происходит с вероятностью 50%, разбивает (или не разбивает) ампулу и убивает (или не убивает) кошку. Но до того как наблюдатель заглянет в коробку, волновая функция, описывающая систему, представляет собой суперпозицию состояний кошки «живая» и «мертвая», а значит, и кошка одновременно и жива, и мертва. Наблюдение же мгновенно переводит кошку в одно из этих двух состояний. В кьюбизме, в противоположность этому, волновая функция — это просто описание состояния разума наблюдателя. Суперпозиция применима к этому состоянию и ни к чему более. Кошка либо жива, либо мертва; наблюдатель только выясняет, что именно случилось на самом деле.



А теперь проведите измерение заново. Вы снова обнаружите электрон в каком-то конкретном месте. Следуя нормальной логике, мы полагаем, что измерение заставило волновую функцию мгновенно «сжаться» до единственного данного значения.

Поскольку это сжатие происходит везде в одно и то же время, оно, по видимому, нарушает принцип локальности — идею, что любые изменения объекта, должны быть, вызваны другими объектами, находящимися исключительно в его непосредственном окружении. Это, в свою очередь, приводит к ряду загадок, которые Альберт Эйнштейн назвал «призрачным дальнедействием».

С самого момента зарождения квантовой механики физики видели в коллапсе волновой функции парадоксальность и глубоко смущающую особенность этой теории. Ее трудно поддающиеся пониманию головоломки подтолкнули ученых к разработке альтернативных версий квантовой механики, правда, с переменным успехом.

А вот кьюбизм утверждает, что никаких парадоксов нет. Коллапс волновой функции — это просто внезапный и дискретный пересмотр наблюдателем своей оценки распределения вероятности на основе новой информации, аналогично тому, как врач пересматривает прогноз в отношении больного раком пациента на основе нового рентгеновского обследования. Квантовая система не испытывает никакого странного и необъяснимого изменения; изменяется лишь волновая функция, которая выбрана наблюдателем в качестве полного описания его или ее ожиданий.

Мы можем применить такой способ мышления к знаменитому парадоксу с шредингеровской кошкой. Физик Эрвин Шредингер представил себе опечатанную коробку, внутри которой находятся живая кошка, ампула с ядом и радиоактивный атом. Согласно законам квантовой механики, атом с вероятностью 50/50 распадется в течение одного часа. Если атом распадется, то молоток разобьет ампулу и выпустит яд, который убьет кошку. Если он не распадется, кошка останется жива.

Проведите теперь этот эксперимент — но не заглядывайте в коробку. Спустя час, как утверждает традиционная квантовая теория, волновая функция атома будет представлять собой суперпозицию двух состояний — распавшегося и не распавшегося. Но, поскольку вы еще не посмотрели, что находится внутри коробки, эта суперпозиция продолжит свое существование. Молоток также находится в состоянии суперпозиции, как

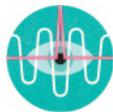
и ампула с ядом. А самое абсурдное заключается в том, что стандартный квантово-механический формализм предполагает, что кошка тоже пребывает в состоянии суперпозиции: она одновременно и жива и мертва.

Утверждая, что волновая функция — субъективное свойство наблюдателя, а не реальная характеристика кошки в коробке, кьюбизм устраняет эту ставящую в тупик проблему. Данная теория говорит, что, конечно же, кошка либо жива, либо мертва (но не то и другое одновременно). Да, ее волновая функция представляет собой суперпозицию живой и мертвой, но волновая функция — это всего лишь описание ожиданий наблюдателя. Допущение, что кошка действительно и жива и мертва, равнозначно утверждению бейсбольного болельщика, что итог игры команды «Янки» застыл в суперпозиции «выигрыш» и «проигрыш» до тех пор, пока он не прочтет об этом в таблице результатов. Это полный абсурд, бред человека, страдающего манией величия, считающего, что состояние его собственного разума порождает весь остальной мир.

Существует надежда, что, устраняя таким образом парадоксы, кьюбизм поможет физикам сосредоточиться на действительно фундаментальных свойствах

## ЧЕТЫРЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Что в действительности происходит в квантовом мире? Ученые предлагают примерно дюжину различных интерпретаций того, что включает в себе математический формализм. Квантовый байесианизм — возможно, самая радикальная из них; четыре нижеследующие альтернативы — среди наиболее популярных.



**Копенгагенская интерпретация**, разработанная в основном Нильсом Бором и Вернером Гейзенбергом, — это общепринятая версия квантовой механики. Измеряемые свойства системы, такой как атом, коллективно называются квантовым состоянием. Квантовое состояние, в свою очередь, описывается либо матрицей, напоминающей электронную таблицу, либо формулой, называемой волновой функцией, которая представляет собой отображение возможностей. Контакт с реальным миром осуществляется с помощью правила Борна, рецепта для получения измеряемых вероятностей данного квантового состояния (за которое наставник Гейзенберга Макс Борн получил Нобелевскую премию). Во время измерения обозревателю вызывает коллапс квантового состояния в новое состояние, которое описывает фактический результат эксперимента. Мгновенный коллапс подразумевает, что воздействия могут иметь следствия, которые распространяются быстрее света.



**Интерпретация с управляющим полем**. Ряд физиков, включая и Альберта Эйнштейна (некоторое время), предпочитали переписывать математические уравнения квантовой механики, чтобы включить в них реальное физическое поле сил, которые управляют движением частицы. К сожалению, эта привлекательная картина рушится, как только речь заходит о нескольких (скажем,  $N$ ) частицах. Они движутся не в знакомом всем нам трехмерном пространстве, а в абстрактном пространстве размерности  $3N$ . Еще более неприятен тот факт, что управляющее поле производит дальнедействующую силу, с помощью которой физические воздействия мгновенно передаются на большие расстояния.



**Многомировая интерпретация**. Самый прямой путь избежать проблемы с коллапсом квантового состояния — просто устранить его. Этот радикальный способ в последние годы приобрел много сторонников. Многомировая интерпретация постулирует единое квантовое состояние всего мира, который развивается гладко и предсказуемым образом. Например, когда проводится эксперимент, чтобы выяснить, через какую из двух щелей пролетел электрон, квантовое состояние не испытывает коллапса в одну щель. Вместо этого в действительности мир расщепляется на две ветви. Мы, наблюдатели реального мира, находимся на одной ветви и не имеем представления о другой. Таким образом, Вселенная на самом деле разветвляется, как дерево, на огромную мультивселенную, в которой каждый возможный исход имеет место в одной из бесконечного числа различных реальных вселенных. Принципиальный недостаток такой интерпретации, помимо непомерно больших требований к нашему воображению, заключается в невозможности дать рациональное объяснение «измерениям», которые приводят к ветвлению, и ее трудности в объяснении правила Борна.



**Теории спонтанного коллапса**. Не устраняя вызванный наблюдателем коллапс, эти теории постулируют, что коллапс — это естественный процесс: он происходит спонтанно, хотя и редко, во всех квантовых системах, но становится важным лишь тогда, когда квантовая система взаимодействует с макроскопическим объектом. Однако эти теории требуют введения абсолютно нового механизма коллапса. Поскольку механизм коллапса нельзя проверить экспериментально, это создает новое предположение, которое столь же загадочно, сколь и индуцированный наблюдателем коллапс, который этот механизм призван заменить.

квантовой теории — какими бы они ни были — и «прекратить тратить свое время на придумывание глупых вопросов об иллюзорных загадках», как говорит Мермин.

### Нарушитель спокойствия

Родился кьюбизм в короткой статье Карлтона Кейвса (Carlton M. Caves) из Университета Нью-Мексико. Кристофера Фухса (Christopher A. Fuchs), в то время сотрудника *Bell Labs* в Мюррей-Хилле, штат Нью-Джерси, и Рюдигера Шака (Ruediger Schack) из Лондонского университета, опубликованной в январе 2002 г. под заголовком «Квантовая вероятность как байесовская вероятность». Все трое — опытные специалисты в квантовой теории информации, и их принадлежность к физическому факультету, промышленной лаборатории и факультету математики соответственно иллюстрирует междисциплинарную природу сферы их поисков.

За прошедшие с той поры десять лет Фухс перебрался в Институт теоретической физики Периметр (провинция Онтарио, Канада) и взял на себя роль главного распорядителя в разработке кьюбизма. Фухс — немногословный добродушный техасец с веселым нравом. Песочно-го цвета вихор его шевелюры намекает на неугомонность

характера и чувство юмора, не признающее авторитетов. Коллеги ничуть не удивляются, когда он начинает свою статью словами: «Этой статьей я попытаюсь вызвать небольшой беззлобный скандал».

В основе стиля Фухса лежит убежденность, что наука по своей сути — это совместная деятельность и что глубокое проникновение в суть проблемы достигается только с помощью решительной интеллектуальной битвы. Он просто ураган активности: таская свой неизменный лаптоп по всему миру в видавшем виды рюкзаке, организует конференции, председательствует на научных совещаниях и читает лекции в университетах.

Обладая таким складом характера, Фухс стал родоначальником нового литературного жанра. В 2011 г. издательство Кембриджского университета опубликовало его электронную переписку с учеными всего мира, издав 600-страничный фолиант, озаглавленный «Вступление в эпоху зрелости вместе с теорией квантовой информации». Будучи летописью родовых мук кьюбизма, эта книга предлагает беглое знакомство с тем, как теоретическая физика рождается у реального страстно увлеченного человека, а не у двумерных существ из «Википедии». В этой книге задокументировано также твердое

убеждение Фухса, что вопреки мнению большинства ученых философия имеет большое значение не только в связи с тем, как она оказывает влияние на физику, но также и с тем, как глубокие научные озарения в физике влияют или должны влиять на саму философию.

### Возможные вероятности

Открытость Фухса к переосмысливанию глубоких философских проблем становится очевидной, когда вы размышляете над тем, каким образом кьюбизм заставляет нас пересмотреть то, что мы понимаем под вероятностью. Вероятность очень похожа на «время»: мы знаем, что это такое до тех пор, пока нас не попросят дать его точное определение. Безусловно, 50-процентная вероятность выпадения орла при бросании правильной монеты подразумевает, что было произведено где-то около 100 подбрасываний, но как та же интуиция поможет придать смысл предложению, что «вероятность дождя этим вечером — 60%» или что вероятность успеха операции по уничтожению бен Ладена по оценке президента Барака Обамы накануне ее проведения составляла 55/45%?

За прошедшие три века были выработаны два конкурирующих определения вероятности с бесчисленным числом вариантов каждого. Современное общепринятое определение, называемое частотной интерпретацией вероятности, определяет вероятность события как его относительную частоту в серии испытаний. Утверждается, что число это — объективная характеристика и поддается проверке, а также что оно непосредственно применимо к научным экспериментам. Типичный пример — подбрасывание монеты: при большом числе подбрасываний примерно в половине случаев выпадет орел, так что вероятность обнаружить орла примерно равна  $\frac{1}{2}$ . (Чтобы избежать туманных понятий «большой», «около» и «приблизительно», определение уточняет, что требуется бесконечное число подбрасываний, и в этом случае вероятность принимает свое точное значение  $\frac{1}{2}$ . К несчастью, величина эта в таком случае становится непроверяемой и, следовательно, перестает отвечать требованию быть объективной.) Применяя это определение к предсказанию погоды, можно было бы пересчитать все реальные или смоделированные картины погоды, но, так же как и в случае с интуицией президента Обамы, частотная интерпретация бесполезна — очевидно, что операцию по захвату бен Ладена повторно воспроизвести невозможно.

Более старая интерпретация, байесовская вероятность, названа в честь английского священника Томаса Байеса, чьи идеи были развиты и обнародованы французским физиком Пьером Симоном Лапласом. В противоположность частотной, байесовская вероятность субъективна, это мера степени уверенности, что то или иное событие произойдет. Это численная мера того, как букмекер принимает ставки на исход события. В простейшем случае, таком как подбрасывание монеты, частотная и байесовская вероятности находятся в полном согласии. Для предсказания погоды или исхода военной операции байесовская вероятность, в отличие

от частотной, свободно объединить количественную статистическую информацию с интуитивными оценками, основанными на предыдущем опыте.

Байесовская интерпретация легко имеет дело с единичными случаями, насчет которых частотная молчит как рыба, и избегает западни бесконечности, но ее реальная сила более специфична. Основанные на такой интерпретации, оценки вероятности подвержены изменениям, поскольку степень уверенности не постоянна. Синоптик, использующий частотную интерпретацию, не имел бы никаких трудностей при расчете вероятности дождя, если бы в регионе был бы стабильный предсказуемый климат в течение многих лет. Но в случае внезапного изменения, такого как засуха, относительно которой имеется мало данных, байесовский синоптик сможет лучше учесть новую информацию и климатические условия.

*Допущение, что шредингеровская кошка жива и мертва одновременно, — абсурд, иллюзия, что состояние собственного разума заставляет вертеться весь мир*

Центральной для вычисления влияния новой информации на оценку вероятности в теории выступает четкая формула, называемая формулой Байеса. Например, когда предполагается, что пациент болен раком, терапевт присваивает болезни начальную вероятность, называемую предварительным диагнозом, на основании данных, таких как процент больных среди всего населения, история болезней других членов его семьи и прочие имеющие к этому отношению факторы. Получив результаты анализов пациента, врач уточняет эту вероятность, используя формулу Байеса. Полученное в результате число — не более и не менее чем личная степень уверенности врача в правильности диагноза.

Большинство физиков исповедуют веру в частотную, а не байесовскую вероятность просто потому, что их учили избегать субъективности. Но, когда приходит время делать выбор, байесовский подход «рулит», считает Маркус Эплби (Marcus Appleby), математик из Лондонского университета, который отдает должное Фухсу за то, что тот убедил его в важности байесовской вероятности.

Эплби указывает: мы считали бы сумасшествием участвовать в лотерее, узнав, что один и тот же человек выигрывал каждую неделю в течение десяти лет, даже если убежденный приверженец частотной интерпретации будет убеждать, что результат предыдущих розыгрышей не имеет никакого влияния на будущие исходы.

На практике никто не стал бы игнорировать результат предыдущих недель. Наоборот, разумным шагом было бы встать на байесовскую точку зрения, обновить наши знания и действовать в соответствии с наиболее убедительными данными.

## Переписывая законы квантовой механики

Хотя кьюбизм отрицает реальность волновой функции, это не какая-нибудь нигилистическая теория, которая полностью отрицает реальность, подчеркивает соавтор этой теории Шак. На самом деле квантовая система, которую исследует наблюдатель, абсолютно реальна, отмечает он. С философской точки зрения, говорит Мермин, кьюбизм предполагает разрыв или границу между миром, в котором наблюдатель живет, и его представлением об этом мире, и именно последнее описывается волновой функцией.

С точки зрения математики Фухс недавно сделал важное открытие, которое, вероятно, поможет укрепить шансы кьюбизма как правильной интерпретации вероятности и квантовой механики. Это открытие имеет непосредственное отношение к эмпирической формуле, известной как правило Борна, которое говорит наблюдателю, как вычислить вероятность квантового события на основе его волновой функции. (С технической точки зрения правило Борна утверждает, что мы можем измерить вероятность и обнаружить у квантовой системы свойство  $X$ , взяв квадрат амплитуды волновой функции, соответствующей  $X$ .) Фухс показал, что правило Борна можно переписать почти полностью, используя язык теории вероятности, без какого-либо упоминания волновой функции. Правило Борна когда-то было мостиком, соединяющим волновые функции с результатами экспериментов; теперь Фухс показал, что мы можем предсказать результаты экспериментов, используя лишь вероятности.

Для Фухса новое представление правила Борна дает еще одно указание на то, что волновая функция — это просто инструмент, который говорит наблюдателю, как рассчитать его личные ожидания или вероятность в отношении окружающего квантового мира. «В свете этого правило Борна — одно из дополнений к байесовской вероятности, но не в том смысле, что оно предлагает что-то вроде более объективных вероятностей, а в том, что дает дополнительные правила, позволяющие направить поведение субъекта, когда тот взаимодействует с физическим миром», — пишет Фухс.

Простота нового уравнения потрясающа. За исключением одной крошечной детали оно напоминает закон полной вероятности, логическое требование, чтобы сумма вероятностей всех возможных исходов в сумме составляла единицу: например, при подбрасывании монеты вероятность, что она упадет орлом вверх ( $\frac{1}{2}$ ), плюс вероятность, что она упадет вверх решкой, ( $\frac{1}{2}$ ), в сумме дают 1. Отличительная деталь — одна-единственная ссылка на квантовую механику в этом рецепте того, как вычислять вероятности в квантовой теории: появление на арене  $d$ , квантовой размерности системы. Размерность в данном смысле имеет отношение не к длине или

ширине, а к числу состояний, которые квантовая система может принимать. Например, единичный электрон, который может иметь направление спина либо вверх, либо вниз, имел бы квантовую размерность 2.

Фухс указывает, что квантовая размерность — неотъемлемое, неустранимое свойство, которое характеризует «квантовую природу» системы, так же как масса объекта характеризует его гравитационные и инерциальные свойства. Хотя  $d$  неявно присутствует во всех квантовомеханических вычислениях, его явное рельефное появление в фундаментальном уравнении беспрецедентно. Облаченное в новые одежды правило Борна, как надеется Фухс, подобрало ключ к новым горизонтам в квантовой механике. «Я как с игрушкой ношусь с идеей о том, — признается он, — что это (правило Борна) — самая важная "аксиома" квантовой теории».

## Новая реальность

Один из аспектов критики кьюбизма заключается в том, что он не в состоянии объяснить сложные макроскопические явления на основе более простых микроскопических, как это делает обычная квантовая механика. Для кьюбизма самый короткий путь к тому, чтобы удовлетворить этому требованию, — добиться успеха в провозглашенной цели: выстроить стандартную теорию квантовой механики на основе новых убедительных допущений.

Этой цели еще только предстоит достичь, однако даже сейчас кьюбизм предлагает новый взгляд на физическую реальность. Интерпретируя волновую функцию как степень личной веры, он дает точный математический смысл интуитивному прозрению Бора, что «физика имеет отношение к тому, что мы можем сказать о природе». А сторонники кьюбизма принимают точку зрения, утверждающую, что до тех пор пока эксперимент не проведен, его результата не существует.

Например, до тех пор пока скорость или положение электрона не измерены, у него нет ни скорости, ни положения в пространстве. Именно измерение рождает указанное выше свойство. Вот как излагает этот факт сам Фухс: «При каждом измерении, проведенном свободной волей экспериментатора, мир слегка изменяет форму, поскольку участвует в чем-то похожем на момент рождения». Таким образом, мы вносим свой активный вклад в продолжающееся созидание Вселенной. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

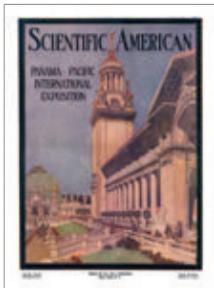
- Quantum Mechanics: Fixing the Shifty Split. N. David Mermin in *Physics Today*, Vol. 65, No. 7, page 8; July 2012.
- Interview with a Quantum Bayesian. Christopher A. Fuchs. <http://arxiv.org/abs/1207.2141>
- QBism, the Perimeter of Quantum Bayesianism. Christopher A. Fuchs. <http://arxiv.org/abs/1003.5209>
- Видео о том, что такое волновая функция, см. по адресу: [ScientificAmerican.com/jun2013/wave-function](http://ScientificAmerican.com/jun2013/wave-function)



## ДЕКАБРЬ 1963

**Открытие квазаров.** В начале этого года астрономы установили, что пять небесных объектов, считавшихся до этого слабыми и несколько необычными звездами нашей Галактики, представляют собой, возможно, самые странные и загадочные объекты из всех когда-либо увиденных с помощью телескопа.

Это вовсе не слабые звезды, а исключительно мощные источники радиозумов и, согласно новым оценкам их светимости, они могут оказаться самыми яркими объектами во всей Вселенной. Сенсационное открытие этих необычных объектов стало результатом плодотворного сотрудничества радио- и оптических астрономов. Радиоастрономы сумели точно определить местоположения пяти радиоисточников, которые были впоследствии отождествлены со звездоподобными объектами на фотоснимках, сделанных в Маунт-Вильсоновской и Паломарской обсерваториях. С учетом их малого размера и за неимением лучшего имени они были названы квазизвездными радиоисточниками, или квазарами.



## ДЕКАБРЬ 1913

**Пилтдаунская мистификация.**

«Если большая шумиха, поднятая средствами массовой информации, может служить достаточно точным показателем общественного интереса к предмету, то место, уделенное в прессе интервью со мной на тему о доисторическом человеке, свидетельствует о чем-то большем, чем простое любопытство читателей. Я с интересом обнаружил, что почти все газеты в разных частях страны, упоминавшие о данном предмете, особенно подчеркивали очень большой возраст человечества на Земле. Это и в самом деле один из важнейших аспектов общей проблемы происхождения человека. Недавние открытия совершенно ясно показали, что человеческая раса существует гораздо дольше, чем полагали большинство ученых». — Д-р Дж. Леон Уильямс (J. Leon Williams).

**Примечание.** Предполагалось, что пилтдаунский человек — это останки древнего первобытного человека, найденные в Англии в 1912 г. В 1953 г. было доказано, что это мистификация. Доктор Уильямс, зубопротезист по профессии, был увлеченным, но доверчивым антропологом-любителем. В номере журнала *Nature*

от 22 ноября 1912 г. скептический Дэвид Уотерстон (David Waterston) из лондонского Королевского колледжа точно доказал, что череп принадлежит современному человеку, а челюсть — человекообразной обезьяне.

**Вода для города.** Новый лос-анджелесский акведук рассчитан на то, чтобы ежедневно доставлять 265 млн галлонов (1 млн кубометров) воды на расстояние 377 км от гор Сьерра-Невада в Лос-Анджелес. Новый акведук был открыт, как и планировалось, 5 ноября, и на обложке номера за эту неделю представлен снимок, сделанный во время открывания затворов для пуска воды по каскаду, созданному на выходе из тоннеля, который был пробит через гряду Санта-Сузанна, в 40 км к северо-западу от Лос-Анджелеса. Этот каскад выполняет две функции: отчасти он был создан из эстетических соображений, но кроме того необходим для очистки воды посредством аэрации.

**Примечание.** Фотоальбом гидротехнических сооружений от 1913 г. см. по адресу: [www.ScientificAmerican.com/dec2013/water-1913](http://www.ScientificAmerican.com/dec2013/water-1913)



## ДЕКАБРЬ 1863

**Первое устройство для записи звука.**

Несколько месяцев назад Эдуар-Леон Скотт де Мартенвиль (Édouard-Léon Scott de Martinville), хорошо известный в кругу парижских ученых, продемонстрировал весьма любопытные эксперименты в области записи звука. Тот же вид природных явлений, который

был столь успешно использован в фотографии, а именно колебания воздуха (звуковые волны), которые и представляют собой звук, благодаря созданию фонографа он заставил служить решению столь же сложной задачи

в другой области. Однако переводу этого несколько неопределенного языка в зафиксированные регулярные знаки, представляющие звуки слов, препятствуют серьезные трудности.

**Примечание.** Это устройство, более точно именуемое фоноавтографом, позволяло только записывать звуки, но не воспроизводить их.

**Медицинский совет.** Новейшее средство от морской болезни — лед. Мы знаем лекарство лучше: вовсе не выходить в море. ■



▶ Вода для Лос-Анджелеса: открытие нового водоводного канала, 1913 г.



# Эмобленна в камни

«Прохорова Л.П.»: долгое время это был едва ли не единственный факт, известный о женщине — коллекционере минералов, собравшей на рубеже XIX-XX вв. систематическую коллекцию около 3 тыс. образцов минералов со всех концов света, представляющую почти 500 местонахождений

*Елена Леонидовна Минина, старший научный сотрудник Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, потратила годы в архивах, поездках, переписке с сотрудниками краеведческих музеев и библиотек в поисках потомков коллекционера и восстановила справедливость по отношению к коллеге. Оказалось, что Лидия Петровна Прохорова была не только собирателем, но и исследователем, путешественником, ученицей академика А.Е. Ферсмана. В ноябре выходит книга, посвященная ее необычной и трагической судьбе. Об этом мы попросили рассказать автора исследования.*

**И**нтерес к судьбе Лидии Петровны Прохоровой возник у меня еще в конце 1990-х гг., когда я начала описывать ее коллекцию. В подборе минералов чувствовался профессиональный подход. Редкие сохранившиеся этикетки говорили, что некоторые образцы были подарены ей известными учеными, такими как Павел Алексат (ученик В.И. Вернадского), Николай Федоровский (первый директор Института прикладной минералогии, сегодня ВИМС). По этим именам мне стало понятно, что мы имеем дело не с дилетантом и не с чужим в научном сообществе человеком. Меня заинтересовала личность Лидии Петровны. Эта работа увлекла более чем на десятилетие.

Восстановить биографию женщины — естествоиспытателя и коллекционера, найти документальные свидетельства о деятельности Лидии Петровны оказалось очень непростой, многоступенчатой задачей. Домохозяйка, мать троих детей; ни о какой общественной деятельности для большинства женщин ее сословия речь в те времена не шла. Единственное, что мне удалось найти на начальном этапе, — это справка 1912 г. о причислении Л.П. Прохоровой с мужем к купеческому званию.

Аметист

В архивах сохранились фонды заводов и мануфактур, принадлежащих ее отцу П.К. Ушкову, «пионеру русской химической промышленности», а также мужу Н.К. Прохорову — совладельцу Егорьевской и Норской мануфактур. Изучение производственных документов позволило окунуться в эпоху, среду крупных предпринимателей. Отец Лидии Петровны Петр Капитонович Ушков был владельцем крупнейших в России химических производств (Кокшанского и Бондюжского заводов), нескольких рудников на Урале. На его предприятиях работали лучшие специалисты, выпускники Петербургского политехнического института, ученики Д.И. Менделеева. Сам великий ученый тоже был знаком с отцом Лидии Петровны.

Напрашивалось предположение, что минералами юная Лидия Ушкова увлеклась еще в детстве: часть образцов в ее коллекции происходит именно с отцовских добывающих предприятий на Урале (Ключевский хромовый рудник, Серафимовский рудник, Мостовский прииск и др.).

Большой удачей для меня стало знакомство с потомками фабрикантов Прохоровых. Старший научный сотрудник отдела информатики Государственного исторического музея Н.М. Линд, хотя ничего и не знала об этой ветви Прохоровых, помогла мне встретиться с замечательным человеком Михаилом Валентиновичем Золотаревым, коллекционером, создателем фотоархива по истории России до 1917 г. Среди сотни тысяч его негативов и отпечатков обнаружили уникальные семейные снимки и портрет самой Лидии Петровны. От него же я получила краткую генеалогическую схему рода Ушковых, которая очень помогла в поиске потомков.

На этой схеме младший сын Лидии Петровны Ростислав числился погибшим в битве под Москвой. Я обратилась в музей Великой Отечественной войны на Поклонной горе, где мне удалось получить справку архива Министерства обороны о том, что Ростислав Прохоров пропал без вести в 1942 г. на подступах к Сталинграду. Я встретила с ветеранами 207-й дивизии, в которой служил Р.Н. Прохоров. Затем решила попробовать найти потомков Ростислава и обзвонила всех проживающих в Москве Прохоровых с отчеством на букву Р. На сорочковой попытке мне улыбнулась удача: я нашла правнука Лидии Петровны. Но, к сожалению, никаких новых сведений он мне не сообщил. Уже после его смерти его дочь Мария, праправнучка Л.П. Прохоровой, передала мне фотографии и документы из семейного архива.

Знакомство с потомками текстильных магнатов Хлудовых помогло получить информацию о семье текстильных магнатов Прохоровых. Особенно ценные сведения я почерпнула в опубликованных дневниках и воспоминаниях Г.И. Хлудова и других представителей династии. Из них я узнала о трагической судьбе семьи Прохоровых, о гибели сына и мужа Л.П. Прохоровой во время красного террора в Крыму.

Контакты с коллегами из краеведческих музеев г. Егорьевска Московской области, г. Менделеевска (Татарстан), Ярославского архива помогли



*Лидия Петровна Ушкова на даче, ок. 1900 г. (из архива М.В. Золотарева)*



**Кварц**



Часть экспозиции «Мир минералов»



В залах музея интересно и взрослым, и детям



Часть экспозиции «Планета Земля»

получить дополнительную информацию. В 2000-х гг. появилось немало интересных публикаций по истории купечества и предпринимательства, краеведческой литературы. Постепенно из разрозненных сведений складывалась картина жизни коллекционера.

Однако все главные находки были впереди. Во время одной из командировок в Ярославль, где я пыталась узнать о прошлом Норской мануфактуры льняных изделий братьев Хлудовых, наследником которых был супруг Лидии Петровны Николай Константинович Прохоров, я нашла главную зацепку. В городской Библиотеке-музее им. М.С. Петровых создана экспозиция, посвященная Норской фабрике. Сотрудники библиотеки познакомили меня с выпущенным малым тиражом сборником воспоминаний «Моя родина — Норский посад». И в нем я наконец нашла то, что искала. В воспоминаниях дочери управляющего фабрикой обнаружилось сведения об увлечении Лидии Петровны минералогией и знакомстве с академиком А.Е. Ферсманом: всего один абзац с фотографией, благодаря которому удалось сделать основные архивные находки.

Обратившись в архив РАН, я нашла письма Л.П. Прохоровой к А.Е. Ферсману за период с 1915 по 1927 г. Л.П. Прохорова собирала минералы под его руководством, просила совета, делилась планами экспедиций. Ежегодно она совершала поездки за минералами: на Урал, в Восточную Сибирь, на Виллой, в Прибайкалье и далекую Японию. Выяснилось, что она посещала лекции в Народном университете А.Л. Шанявского, брала частные уроки и консультировалась по вопросам минералогии не только с А.Е. Ферсманом,



Альмандин (гранат) в слюдяном сланце



**Диоптаз,**  
Алтын-Тюбе,  
Казахстан

но и с академиком В.И. Вернадским. А.Е. Ферсман не раз посещал дом Прохоровых во Введенском (Подсосенском) переулке, осматривал новые поступления коллекции.

Этот семейный дом XVIII в. сохранился до сих пор, и нам удалось побывать в нем. Сейчас его занимает офис «Росэннергобанка», и его руководство крайне бережно относится к истории и культурному наследию. По архивным документам восстановлены старые исторические интерьеры. Интерес «Росэннергобанка» к истории имел очень важное для нас продолжение. На тот момент директором Государственного геологического музея уже был Юрий Николаевич Малышев, который поддержал идею выпуска серии книг по истории частных коллекций, хранящихся в музее, и предложил банку сотрудничество. Руководство «Росэннергобанка» и председатель совета директоров Константин Валерьевич Шварц откликнулись на наше предложение. Теперь благодаря финансовой помощи «Росэннергобанка» книга «Минералогическая коллекция Л.П. Прохоровой» наконец-то выходит в свет.

История естествознания таит еще немало забытых имен первопроходцев, коллекционеров и людей, преданных науке. Уникальность коллекции Л.П. Прохоровой состоит в том, что на рубеже XIX и XX вв. ее собирала женщина, дочь фабриканта. В то время немногие женщины, получив образование за границей, занимались геологией. Под руководством А.Е. Ферсмана начинали путь в науку первые женщины-минералогии: Э.М. Бонштедт, Е.Е. Костылева, Н.Н. Гуткова, Е.В. Еремина, Е.Д. Ревуцкая. Архивные документы и воспоминания современников помогли вернуть из забвения имя талантливого минералога, коллекционера Л.П. Прохоровой и поставить ее в ряд учениц академика А.Е. Ферсмана.

Из писем к А.Е. Ферсману мы узнали детали трагической судьбы Л.П. Прохоровой. Пережив расстрел мужа и старшего сына в Крыму, безденежье, эмиграцию, она не утратила интереса к минералогии. Потеряв все, она продолжала заботиться о своей коллекции.

Главным ее желанием было, чтобы коллекция попала в бережные профессиональные руки. Несмотря на то что современники не выполнили ее просьбу о передаче собрания в геологический музей академии наук в Петрограде, спустя годы в результате реформирования учебных заведений и музеев коллекция оказалась в музее академии наук — Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского.

Проследить до конца судьбу Лидии Петровны мне пока не удалось. Известно только, что в конце 1925 г. она эмигрировала в Германию. Поиски ее захоронения на русском кладбище Тегель в Берлине не дали результата. Надеюсь, что книгой «Минералогическая коллекция Л.П. Прохоровой» мы хотя бы частично восстановим память о ней как о минералоге и коллекционере. ■

*Подготовила Ольга Платицына*



**Изумруд,**  
изумрудные копи,  
Урал

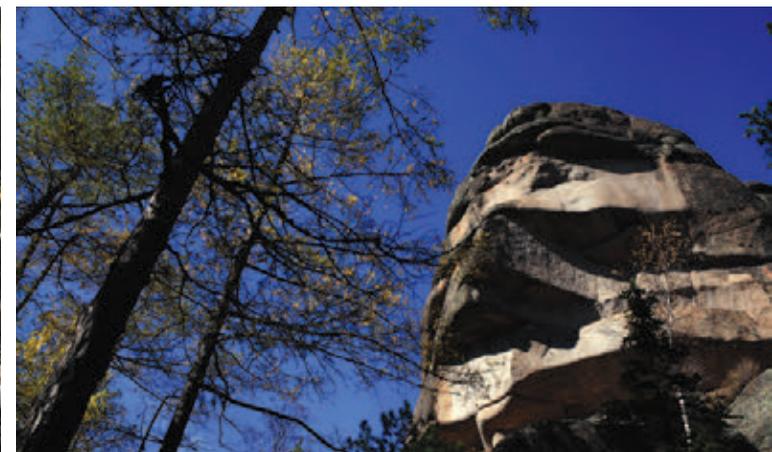
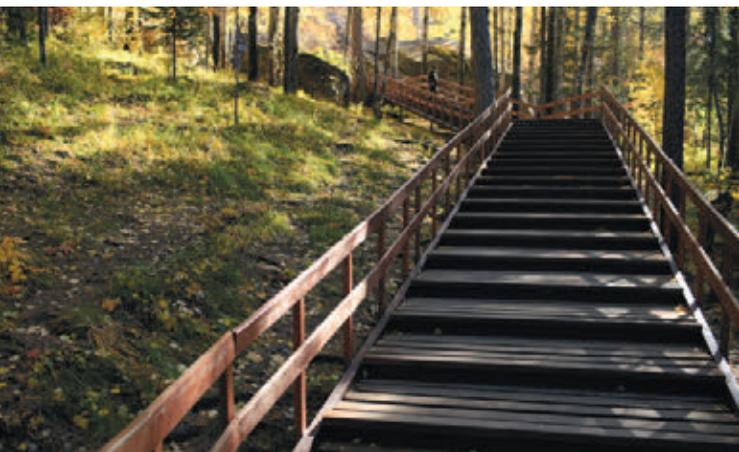


# Генеральная уборка Сибири

*С этих вершин открывается вид на подернутый легкой дымкой простор таежных хребтов, затененные распадки, серебристую ленту Енисея. «Свобода» — слово, написанное на скале Второй Столб более 100 лет назад, — становится девизом этого места и его обитателей*

**Н**ачало 1920 г. Еще идет Гражданская война. Армия Колчака у самого Красноярска. И в это тревожное и непростое время представители Красноярского отдела Русского географического общества пришли в Енисейский губревком с ходатайством об издании специального декрета по охране урочища Столбы. И что удивительно — декрет был издан! В 1920 г. самый первый небольшой участок тайги площадью 4 кв. км с уникальными сиенитовыми скалами был впервые объявлен заповедным. Позже территория была расширена, и теперь на снимках из космоса заповедник выделяется зеленым полуостровом среди значительно трансформированных ландшафтов Красноярской котловины.

Красноярские Столбы неотделимы от красноярских столбистов — самобытных скалолазов-восходителей. Движение существует полтора века и славится своими традициями. Это особая общность людей самого разного возраста и профессий. Династии столбистов насчитывают до пяти поколений. Из их среды вышли многие прославленные российские альпинисты — например, Евгений Абалаков, первопокоритель памирского семитысячника. Именно столбисты прославили это место, именно им удалось добиться для него статуса охраны, они дали имена и скалам, и урочищам, и тропам. Их традиционный устав предписывает беречь природу, не допускать вандализма и безобразия. Первый директор





заповедника «Столбы» Александр Яворский был заядлым столбистом, признанным историографом Столбов, оставившим подробнейшие описания скал, избушек, компаний, традиций и даже поэму «Столбы».

В отличие от традиционных природоохранных территорий этот заповедник привлекает множество туристов со всех концов света. В начале 1930-х гг. здесь бывало по 6–8 тыс. посетителей в год, а с 1950-х до конца 1970-х — до 300 тыс. «Нет правил без исключений — говорит Вячеслав Щербаков, директор заповедника «Столбы». — Закрывать для посещения это место значило бы пресечь традиции. Большая часть (90% площади) закрыта для посещения. Доступ в буферную зону также ограничен. А место, где мы сейчас с вами находимся, туристско-экскурсионная зона, занимает всего 3% площади — но это и есть слава заповедника. Мы приложили много усилий, чтобы все обустроить, не только создав комфорт для посетителей, но и обеспечив сохранность биоценозов».

Пока в заинтересованных кругах шла полемика, нужно ли развивать в заповедниках туризм, здесь воплотили в жизнь единственно правильный принцип: сохранить то, что не разрушено, а то, что уже освоено, — благоустроить.

От визит-центра вверх, к первым скалам ведет широкая деревянная лестница. Она, как и все современные постройки заповедника, собрана на основании из надежных металлических труб, закрепленных в скальном массиве. Настил лестницы как бы висит в полуметре над поверхностью почвы, над подушками мха, травами и кустарничками, надежно защищая их от вытаптывания. Оборудовано место для палаточного городка, построено несколько новых гостевых домиков на сваях.

«Мы считаем это нашим ноу-хау, — говорит директор заповедника. — Наш опыт уже перенимают коллеги. Мы сами себе разработали нормы и правила. Например, в домиках вы не найдете печек. Скажете, как-то не сибирски? Может и так, зато пожаров здесь не будет, все отапливается электричеством и построено по технологии, максимально берегающей в доме тепло. Мы хотим создать здесь круглогодичную базу, предназначенную для ученых, школьников и студентов, вообще всех, кто интересуется природой Столбов. В комплекс будут входить метеорологическая станция, станция почвенных исследований, экспериментальные площадки, оснащенные необходимым оборудованием, библиотека».

Два года назад здесь торжественно открыли «Тропу Русского географического общества»: старейший

в заповеднике девятикилометровый Каштаковский маршрут столбистов был обустроен совместными усилиями заповедника и Красноярского краевого отделения РГО: предусмотрена смотровая площадка, установлены щиты и аншлаги с любопытными фактами о заповеднике и с правилами безопасного нахождения в условиях дикой природы. Есть экскурсионные маршруты, разработанные совместно с соседями и друзьями заповедника — сотрудниками фан-парка «Бобровый лог».

День Енисея — новый праздник, который пришелся по вкусу красноярцам. РГО и здесь не теряет традиционной инициативы: именно они придумали эту общественную акцию, ставшую официальным региональным праздником. Вот уже третий год подряд тысячи людей выходят очистить берег реки от мусора. К мероприятию здесь готовятся всерьез: собирают команды, обзаводятся лозунгами и флагами, даже шьют костюмы. В прошлом году на День Енисея вышли более 11 тыс. человек из Красноярского края и соседней Хакасии. Акцию охотно поддержали представители администрации, бизнеса, сотрудники заповедников, журналисты.

Ледяная морось, зарядившая с утра, энтузиастов не остановила: жители Красноярска разных возрастов, кое-кто даже семьями с детьми, решительно отправились на берег Енисея с мешками для мусора. Генеральная уборка под ледяным дождем продолжалась несколько часов. Результат оказался просто героическим: три КамАЗа вывезли на полигон около 30 т разного мусора — от бумажек и пластиковых бутылок до автомобильных покрышек и строительных остатков. По подсчетам, в Дне Енисея вопреки погоде участвовали около 3 тыс. человек, которые привели в порядок 4 км прибрежной зоны. День Енисея закончился церемонией посвящения студентов Красноярского государственного университета в географы, ведь в вузе открывается новый факультет — географический. Он будет готовить специалистов, в которых остро нуждаются в крае: мерзлотоведов, климатологов, геодезистов, топографов, землеустроителей.

Студентам просто весело вместе делать хорошее дело, а солидные руководители банков обещают очистить Енисей от истоков до Диксона: экологический имидж становится все более актуальным, и это понимают все больше представителей бизнеса. А уж РГО точно не даст никому расслабиться. И генеральная уборка Сибири будет продолжена. ■

*Екатерина Головина*



# Книжное ОБОЗРЕНИЕ

Редакция журнала «В мире науки» возобновляет рубрику «Книжное обозрение». В этом номере мы расскажем о книгах одного из крупнейших мировых издательств Macmillan Publishers Ltd, публикующего высококачественные академические, научные и учебные издания, современную и классическую, художественную и документальную литературу, а также широкий спектр учебной литературы для изучающих английский язык. В 2013 г. издательство Macmillan отмечает свое 170-летие. Начало пути связано с всемирно известными произведениями Томаса Гарди и Льюиса Кэрролла. Сегодня это одно из влиятельнейших издательств мира. Представительства и компании Macmillan открыты более чем в 80 странах, в том числе с 2001 г. и в России. На российском рынке издательство в первую очередь стремится к тому, чтобы известная во всем мире своим качеством учебная литература в то же время учитывала традиции преподавания английского языка в российских школах и отвечала требованиям федеральных государственных стандартов общего образования по иностранному языку. В последние годы издательство выпустило ряд учебных пособий специально для российских учебных заведений.

Мы представляем три книги издательства Macmillan: две из них посвящены исследованиям в области религиоведения, одна — анализу неослабевающего интереса к Древнему Египту.

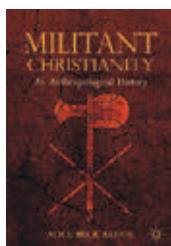
Более полную информацию об издательстве Macmillan вы можете найти на сайте: [www.macmillan.ru](http://www.macmillan.ru)



**Протестантско-католический конфликт от Реформации до XXI века: динамика религиозных расхождений (Protestant-Catholic Conflict from the Reformation to the 21st Century. The Dynamics of Religious Difference)**

Сборник статей ведущих британских религиоведов и историков отражает новый взгляд на происхождение и раз-

витие основного противостояния внутри христианского мира, вот уже более пяти веков определяющего развитие культуры, литературы и политической истории. Междисциплинарный подход, характерный для современных исторических исследований, в сочетании с обширным сравнительным материалом позволяет по-новому взглянуть на его происхождение и динамику развития, а также показать его трансформацию в современных условиях. Обращаясь не только к тем периодам и странам, где конфликт имел внешнее выражение, но и к регионам, где его на первый взгляд не было, авторы показывают генезис некоторых мифов, сложившихся в современной истории, например дают новое понимание причин средневековых религиозных войн. Предлагаемая авторами методология, основанная на сочетании анализа внутри- и внерелигиозных факторов, раскрывает влияние этого противостояния на современную культуру и общественную жизнь, что в свою очередь важно и для понимания динамики взаимоотношений между христианством и исламом. Все главы написаны в жанре эссе, что позволяет соединить высокий научный уровень книги с доступной формой изложения, дополненного обширным иллюстративным материалом.



**Элис Кехо. Воинствующее христианство в истории человечества (Alice Beck Kehoe. Militant Christianity: An Anthropological History)**

Книга известного антрополога, профессора Университета Маркетт охватывает четыре тысячи лет человеческой истории. Привлечение археологических материалов эпохи бронзового

века позволяет показать языческий субстрат в христианстве и выявить его особенности в различных частях индоевропейской культурной общности. Рассматривая ранние этапы бытования христианства в Европе как «языческое христианство», автор показывает его влияние на формирование христианского вероучения, а также трансформацию языческого субстрата в последующие эпохи. Прежде всего Элис Кехо останавливается на таких важных периодах, как европейская Реформация, колонизация Америки и межрелигиозные взаимодействия в США. Она показывает, что древнейшие реликты определяют не только оппозиции, складывающиеся в обыденной жизни, но и многие явления современной культуры, например филантропию. В заключительных главах автор рассматривает роль религиозного фактора в современных бизнесе и политике, а также анализирует



**ОБ АВТОРЕ**

**Федор Сергеевич Капица** — кандидат филологических наук, член Союза журналистов России, член Международного союза журналистов, член Союза переводчиков России, ведущий научный сотрудник института Мировой литературы РАН.

возможные последствия чрезмерной (по ее мнению) секуляризации современного общества. Живое повествование и доступный язык опытного лектора превращают пособие по специальному курсу в увлекательное чтение.



**Боб Брайер. Египтомания: наша тысячелетняя одержимость землей фараонов (Bob Brier. Egyptomania: Our Three Thousand Year Obsession with the Land of the Pharaohs)**

Известного египтолога и популяризатора науки, профессора Университета Лонг-Айленда Боба Брайера друзья шуточно называют «мистер Мумия»,

отдавая должное его увлеченности Древним Египтом. Действительно, Боб Брайер — автор многочисленных фильмов и телевизионных программ, включая такие блокбастеры, как «Пирамиды, мумии, гробницы» и «Загадка великой пирамиды».

В этой книге он пытается разобраться в причинах неугасающего интереса к древнему Египту в разные исторические эпохи от Древнего Рима до начала XXI в. На большом историческом материале он прослеживает, как менялось отношение к египетским древностям от стихийного собирания до высших достижений археологической науки. Интересно, что в его работе рассматриваются два параллельных ряда — профессиональная археология и любительский интерес. Брайер показывает, что они долгое время существовали, лишь изредка соприкасаясь, но именно интерес богатых любителей привел в начале XX в. к впечатляющим успехам мировой археологии. В завершающей части книги Брайер рассматривает развитие египетской темы в массовой культуре. Со свойственной ему дотошностью он останавливается практически на всех ее формах, от мультфильмов Уолта Диснея до романов Агаты Кристи, не забывая и о современном кинематографе. ■

Федор Капица

# 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](mailto:podpiska@sciam.ru), [info@sciam.ru](mailto:info@sciam.ru);
  - по факсу: +7(495) 939-42-66

**Стоимость подписки на первое полугодие 2013 г. составит:**

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

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

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

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

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

Бланк подписки на журнал размещен на сайте [www.sciam.ru](http://www.sciam.ru).

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

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

## БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

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

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

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Индекс \_\_\_\_\_

Область \_\_\_\_\_

Город \_\_\_\_\_

Улица \_\_\_\_\_

Дом \_\_\_\_\_ Корп. \_\_\_\_\_ Кв. \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

\* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

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

\_\_\_\_\_  
Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

\_\_\_\_\_  
Плательщик

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

\_\_\_\_\_  
Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

\_\_\_\_\_  
Плательщик

**ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ**

**НА ЖУРНАЛ "В МИРЕ НАУКИ"**

**МОЖНО:**

**В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ**

**ПО КАТАЛОГАМ:**

**"РОСПЕЧАТЬ",**

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС**

**81736 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ,**

**19559 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**И ОРГАНИЗАЦИЙ;**

**"ПОЧТА РОССИИ"**

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС**

**16575 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ,**

**11406 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**И ОРГАНИЗАЦИЙ;**

**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**



**Вся пресса в одном месте!**

**PRESSA.RU**  
ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ

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

**Читайте в следующем номере:**



### **Царь зверей**

Несколько миллионов лет назад в Африке существовало несравненно большее разнообразие плотоядных млекопитающих, чем сейчас. Причиной вымирания десятков видов хищных животных оказалась, возможно, конкуренция за добычу с первыми представителями рода человеческого.

### **Миры с двумя светилами**

Земные закаты — восхитительное зрелище, но только представьте себе двойной закат! Оказывается, вокруг двойных звезд тоже могут обращаться планеты, и на них даже возможна жизнь.

### **Социум, управляемый информацией**

Цифровые «следы», которые мы оставляем за собой каждый день, скрывают больше данных о нас, чем мы можем себе представить. Это может стать кошмаром для приватности — а может послужить основой для создания более здорового и прогрессивного общества.

### **Судьба приватности в цифровом мире**

Пионер виртуальной реальности Джарон Ланье предлагает свежий взгляд на то, что сейчас обозначает понятие «приватность» и как можно защитить частную сферу.

### **Почему мозг предпочитает бумагу**

Книги и журналы, возможно, устаревают, однако у них есть одно неоспоримое преимущество перед электронными изданиями: человек лучше усваивает и запоминает текст с бумаги, чем с экрана.

**Н** очевидное  
невероятное

информационный портал  
**В мире науки**

ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

# НАУЧНАЯ РОССИЯ

[www.sci-ru.org](http://www.sci-ru.org)

Для всех, кто живет  
на планете  
**ЗЕМЛЯ!**

ISSN 0208-0621



13012

9 770208 062001 >