

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

В МИРЕ НАУКИ

тема номера:

№9 2005

ЖИЗНЬ В «ПОДВЕШЕННОМ» СОСТОЯНИИ

ОЖИРЕНИЕ:

НЕПОМЕРНО РАЗДУТАЯ ПРОБЛЕМА?

НА ЗАРЕ

СОВРЕМЕННОГО РАЗУМА

НЕПОСТОЯННЫЕ

ПОСТОЯННЫЕ

ГОВОРЯЩИЕ

КОМПЬЮТЕРЫ

ХОЛОДНОЕ

АНТИВЕЩЕСТВО

ISSN 0208-0621



9 770208 062001 >

№9 2005

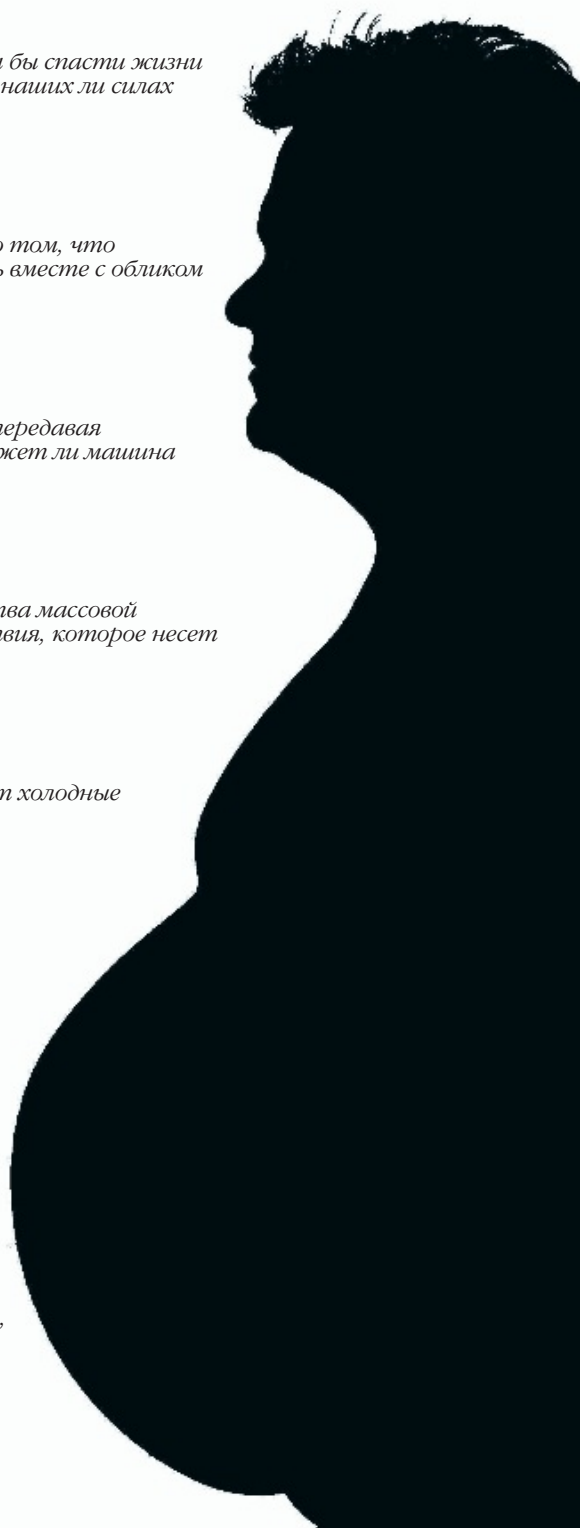
www.sciam.ru

содержание

СЕНТЯБРЬ 2005

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 18** **БИМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ЖИЗНЬ В «ПОДВЕШЕННОМ» СОСТОЯНИИ
Марк Рот, Тод Нистал
Возможность обратимой «консервации» тела человека помогла бы спасти жизни многих людей – жертв несчастных случаев и катастроф. Но в наших ли силах приостановить ход биологических часов?
- 26** **КОСМОЛОГИЯ**
НЕПОСТОЯННЫЕ ПОСТОЯННЫЕ
Джон Бэрроу, Джон Веб
Результаты астрономических наблюдений свидетельствуют о том, что миллиарды лет назад значения физических констант менялись вместе с обликом развивающейся Вселенной.
- 34** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ГОВОРЯЩИЕ КОМПЬЮТЕРЫ
Энди Аарон, Элен Эйд, Джон Питрелли
В недалеком будущем компьютеры научатся говорить, точно передавая интонацию и эмоциональную окраску произносимых фраз. Сможет ли машина стать интересным собеседником?
- 42** **ЗДОРОВЬЕ**
ОЖИРЕНИЕ: НЕПОМЕРНО РАЗДУТАЯ ПРОБЛЕМА?
Уэйт Гиббз
Все больше ученых обвиняют медицинские учреждения и средства массовой информации в том, что они преувеличивают масштабы бедствия, которое несет с собой избыточный вес.
- 52** **ФИЗИКА**
ПОЛУЧЕНИЕ ХОЛОДНОГО АНТИВЕЩЕСТВА
Грэхем Коллинз
Чтобы понять основы мироздания, исследователи синтезируют холодные атомы антиводорода, ловят их электромагнитными полями и подвергают спектроскопии.
- 60** **АРХЕОЛОГИЯ**
НА ЗАРЕ СОВРЕМЕННОГО РАЗУМА
Кейт Вонг
Некоторые археологические находки свидетельствуют о том, что зачатки интеллекта человека возникли гораздо раньше, чем предполагалось.
- 70** **ЗДРАВООХРАНЕНИЕ И ПОЛИТИКА**
СОМНЕНЬЕ – ИХ УДЕЛ
Дэвид Майклз
Промышленные группы борются с государственным регулированием, спекулируя научной неопределенностью.
- 76** **КРИСТАЛЛОГРАФИЯ**
СТРУКТУРНАЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЯ
Валентин Симонов, Аркадий Мальцев
Практически весь неорганический мир состоит из кристаллов, природных преобразователей одних видов энергии в другие.



Учредитель и издатель: ЗАО «В мире науки»

Главный редактор: С.П. Капица

Заместитель главного редактора: В.Э. Катаева

Зав. отделами:
фундаментальных исследований А.Ю. Мостинская
естественных наук В.Д. Ардагатская

Редакторы: Ю.Г. Юшквичюте,
А.А. Приходько

Спецкорреспондент: Д.В. Костикова

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

Секретарь редакции: М.Д. Крутова

Научные консультанты:
 доктор медицинских наук. А.М. Зудин,
 С.В. Максимович,
 профессор В.И. Симонов,
 доктор геолого-минералогических наук,
 профессор В.В. Шепелев

Над номером работали:

А.В. Банкрашков, Е.В. Базанов, А.В. Ивачнов,
 Ф.С. Капица, Б.А. Квасов, Д.В. Кислов, Ю.Д. Кислова,
 Т.М. Колядич, Д.А. Константинов, А.К. Мальцев,
 Д.А. Мисюров, И.П. Потемкин, И.П. Прошкина,
 А.С. Расторгуев, И.Е. Сацевич, В.Г. Сурдин,
 П.П. Худoley, Б.В. Чернышев, Н.Н. Шафрановская,
 Я.Н. Шередеко

Корректора: Ю.Д. Староверова

Генеральный директор
ЗАО «В мире науки»: С.А. Бадиков

Главный бухгалтер: Т.М. Братчикова
Помощник бухгалтера: С.М. Амелина

Отдел распространения:
 С.М. Николаев, Л.В. Старшинова

Старший менеджер
по связям с общественностью: А.А. Рогова

Адрес редакции:
 105005 Москва, ул. Радио, д. 22, к. 409
Телефон: (095) 727-35-30, тел./факс (095) 105-03-72
e-mail: edit@sciam.ru; www.sciam.ru

Препресс: Up-studio

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.
 В верстке использованы шрифты AvanteGuardGothic
 и Garamond (© Paratype Inc.)

Отпечатано: ОАО «АСТ-Московский
полиграфический дом»
 748-6733 Заказ №611

© В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2004

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.
 Свидетельство ПИ №ФС77-19285 от 30.12.2004

Тираж: 25 000 экземпляров
 Цена договорная.

Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного
 согласия редакции. При цитировании ссылка на журнал
 «В мире науки» обязательна. Редакция не несет ответственности за
 содержание рекламных материалов.
 Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors: Mark Alpert, Steven Ashley,
 Graham P. Collins, Steve Mirsky,
 George Musser, Christine Soares

News Editor: Phillip M. Yam

Contributing editors: Mark Fichetti,
 Marguerite Holloway, Philip E. Ross,
 Michael Shermer, Sarah Simpson, Carol Ezzell Webb

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: John Sargent

President and chief executive officer:
 Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director,
international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

3 **ОТ РЕДАКЦИИ**
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПРОРЫВ

4 **50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

6 **СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

- Математика и речь
- Безопасность на дорогах
- Психология для самых маленьких
- Сокращение вложений
- Как хранить водород?
- Некомфортная погода
- Опасные водоросли
- Ускорение Вселенной
- Угроза вечной мерзлоте

14 **ПРОФИЛЬ**
ПОД СЕНЬЮ МГУ

Алла Мостинская

«Человек должен уметь мыслить независимо и самостоятельно», – считает декан философского факультета МГУ, вице-президент Российского философского общества, профессор Владимир Васильевич Миронов.

90 **ЗНАНИЕ-СИЛА**
ЦЕНА ПРОГРЕССА

Автомобили с гибридными двигателями, обладают высокими техническими характеристиками, экономят топливо и тем самым меняют конъюнктуру рынка.

92 **ЛАБОРАТОРИЯ**
ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗОННОГО СЛОЯ
НАД МОСКВОЙ

Ирина Прошкина

Озоносфера защищает Землю от ультрафиолетового излучения. Российские ученые изучают закономерности ее изменения.



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ прорыв



Великий художник и мыслитель Эпохи Возрождения Леонардо да Винчи писал: «Приобретай в юности то, что с годами возместит ущерб, причиненный старостью. И, поняв, что пищей старости является мудрость, действуй так, чтобы старость не осталась без пищи».

Сегодня, когда наблюдается тенденция снижения роли науки и образования, когда иррациональные и мистические представления вытесняют целостное научное мировоззрение, насущной задачей мирового сообщества становится выработка новых приоритетов современного мира, усиление роли науки как движущей силы цивилизационного развития. Особую ценность приобретает человеческий капитал, без которого невозможно дальнейшее совершенствование общества. В свою очередь, формирование «человеческого капитала» немислимо без активной научной, образовательной и просветительской деятельности, без высококвалифицированных кадров, без понимания значения научных открытий в свете возросшей ответственности ученых за будущее человечества.

Какое реальное положение науки и образования в России? Насколько серьезно востребованы научные и профессиональные знания?

Согласно данным аналитического доклада ЮНЕСКО «Положение молодежи в России», представленного в текущем году, молодых людей со средним профессиональным образованием в нашей стране в три раза больше, чем в развитых странах мира, а по уровню полученного образования они не уступают, а по некоторым позициям превосходят своих иностранных сверстников. В докладе отмечено, что «Более высокий уровень образования российской молодежи обеспечивается за счет развитой системы начального и среднего профессионального образования, в то время как доля молодых людей с высшим профессиональным образованием в России ниже, чем в других странах «Большой восьмерки».

Согласно современной концепции по управлению государственными предприятиями, работающими в сфере науки, одна из важнейших задач государства – обеспечение качества и доступности образования и всемерная поддержка фундаментальной и прикладной науки. Без этого не удастся претворить в жизнь общую стратегическую политику государства, направленную на построение «экономики знаний». Таким образом, модернизации

сферы науки и образования будут идти параллельно, что, возможно, оправдывает их слияние в одном министерстве. Правительство РФ намерено к 2008 г. поднять расходы на одного научного сотрудника до 750 тыс. руб. в год, то есть в пять раз. В 2008 г. ассигнования на науку будут составлять 110 млрд. руб., что в два раза больше, чем в 2005 г., в котором они также увеличатся на 20% по сравнению с текущим.

Знаменательно, что количество студентов, принятых в государственные и негосударственные вузы, с 1995 г. выросло более чем в два раза (в 1995/96 гг. – 681 тыс. человек, в 2004/2005 гг. – 1659 тыс.), а число высших учебных заведений увеличилось с 762 в 1995/96 гг. до 1071 в 2004/2005 гг.

Приведенные факты говорят о том, что страна постепенно просыпается от интеллектуальной спячки и за прагматическими настроениями людей угадывается потребность в духовной пище и стремление получить достойное образование и фундаментальные знания. Современные тенденции развития общественного сознания позволяют, в свою очередь, надеяться, что наша страна займет наконец достойное место в мировом сообществе. ■

■ **Глядя на Землю** ■ **Водоотвод** ■ **Планета в проводах**

СЕНТЯБРЬ 1955

ВЗГЛЯД ГЕОФИЗИКА. Историческое решение американских ученых в ближайшие три года запустить искусственный спутник Земли символизирует стремление человека окинуть взглядом всю планету. Неслучайно 1957 г. будет назван Международным годом геофизики. На обложке этого номера изображен человек, рассматривающий полинезийскую морскую карту окрестностей Маршалловых островов. На заднем плане виден глобус, изобретенный в 145 г. до н. э. великим стоиком Кратетом Малльским. Древний философ представил Землю состоящей из четырех частей, разделенных океанами, и, таким образом, предвосхитил открытие Северной и Южной Америки и Австралии.

ИСТИННЫЙ СЕВЕР. «В последние годы появилась возможность считать магнитные записи миллионлетней давности, дошедшие до нас в виде стрелок природных компасов, застывших в камне. Изучив естественную намагниченность скальных пород в различных точках земного шара, мы пришли к выводу, что в кайнозойскую эру (60 млн. – 1 млн. лет назад) северный и южный геомагнитные полюса менялись местами несколько раз!» – Кейт Ранкорн (S. Keith Runcorn).

КОНТИНЕНТАЛЬНАЯ ГИПОТЕЗА. Судя по всему, сначала всю планету покрывал океан, из которого затем начали подниматься континенты. Внутренние механические напряжения вызывали деформацию земной коры, в результате чего возникали впадины, хребты, складки и расщелины. Под действием богатой кислородом атмосферы наиболее кислые породы скапливались в виде отложений. Гранитные отложения на краях возвышенностей сформировали фрагменты сиалической оболочки Земли.



Полинезийская карта и древнегреческий глобус: обложка номера, посвященного геофизике, 1955 г.

СЕНТЯБРЬ 1905

СКУДНАЯ ВОДА. 17 июня 1905 г. гигантский ирригационный канал Мэйн-Траки в штате Невада впервые наполнился водами реки Траки. Интересы коренных жителей не будут ущемлены, несмотря на то, что озеро Пирамид начало истощаться, поскольку его главная артерия, река Траки, теперь снабжает оросительные каналы. Даже если озеро совсем пересохнет, индейцы будут получать воду из ирригационной системы, так что им не о чем беспокоиться. (В 1968 г. индейцы племени пенути возбудили серию судебных разбирательств, чтобы предотвратить полное высыхание озера Пирамид. – *Прим. ред.*)

СЕНТЯБРЬ 1855

ЗОЛОТО МОРЗЕ. Австрийский император наградил профессора Морзе большой золотой медалью за достижения в искусстве и науках в знак признания ценности его телеграфной системы, широко используемой в Австрийской империи. Прошло всего 12 лет с тех пор, как профессор Морзе успешно испытал первую телеграфную линию между Балтимором и Вашингтоном. Сегодня задействовано уже 80 тыс. км проводов, проложенных по морскому дну и протянутых над горами почти в каждую обитаемую область планеты. Поистине, электрический телеграф – чудо нашего века!

ВНИМАНИЮ ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ. Щедрое предложение мистера Мэнли, готового отдать \$10 тыс. за самый лучший пильный станок, взволновало весь изобретательский мир. Многим поставленная задача кажется тривиальной, а некоторые даже уверены, что вознаграждение уже у них в кармане. Мы не хотим никого расстраивать и лишь напоминаем, что все простые конструкции пил давно изобретены. У изобретателей достаточно времени, чтобы проявить настоящую гениальность. ■

Математика БЕЗ СЛОВ

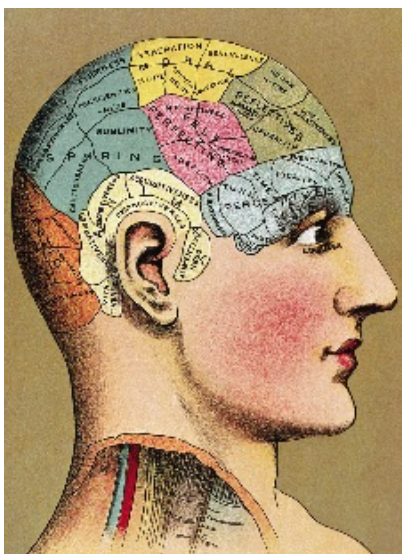
Математические способности, видимо, не зависят от речи.

Немецкий математик XIX века Карл Фридрих Гаусс (Carl Friedrich Gauss) шутил, что научился считать раньше, чем говорить. Возможно, никакого юмора в этом и нет. Современные исследования ставят под сомнение существующее представление, согласно которому речь лежит в основе математических способностей и других форм абстрактного мышления.

В публикации мартовского номера журнала *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* ученые из Шеффилдского университета в Англии описывают впечатляющие математические способности у трех мужчин среднего возраста с серьезными поражениями центров речи в мозге. «Отдельные случаи заболевания афазией (нарушение речи, вызванное поражением речевых зон мозга) с сохранением способности к арифметике были известны

ЭТО НУЖНО ЗНАТЬ: СЛОВА ПОМОГАЮТ

Речь может помогать математическому мышлению. Ученые считают, что люди легко обучаются простой арифметике отчасти потому, что натуральным числам хорошо соответствуют простые слова, используемые при счете. Однако гораздо труднее понять рациональные числа (дроби), которые не имеют очевидных соответствий ни с какими словами.



Различия между областями. Мозг вовсе не разделяется на зоны так, как показано на этой френологической карте XIX века. Однако математикой и речью заведуют различные его области.

и ранее, – говорит один из авторов исследования Розмари Ворли (Rosemary Varley). – Мы же поставили перед собой задачу попытаться выявить параллельные математические и лингвистические операции.

Ворли и ее коллеги обнаружили, что, несмотря на то, что страдающие афазией были не способны воспринять грамматические различия между такими фразами, как, например, «Собака укусила мальчика» и «Мальчик укусил собаку», они правильно понимали математические формулы с эквивалентной структурой, такие как «59–13» и «13–59».

Исследователи нашли способ поставить и более абстрактные вопросы. Например, чтобы изучить способность больных понимать бесконечность числового ряда, они просили их написать число больше 1, но меньше 2, показывая «больше» и «меньше» движениями рук,

а «но» – подъемом бровей как бы от удивления. Затем исследуемые должны были придумать число больше предыдущего, но все же меньше 2, и т.д. Испытуемые получали правильные ответы различными способами, в том числе добавлением десятичных знаков: 1,5, 1,55, 1,555 и т.д.

Хотя больные легко решали простые задачи, записанные математическими символами, слова продолжали ставить их в тупик. Даже предложение «семь минус два» было им не по силам. Результаты исследований показали, что даже если речь может оказаться полезной математике (например, как средство для запоминания), она не нужна для выполнения арифметических действий.

Идея о том, что речь позволяет мыслить абстрактно, громче всего высказывалась 50 лет назад в помертно опубликованных сочинениях американского лингвиста Бенджамина Уорфа (Benjamin Lee Whorf). Он утверждал, что структура языка индейцев хопи дает говорящим на этом языке совсем не такое понимание времени, каким обладают европейцы. Хотя гипотеза Уорфа продолжает вдохновлять современных исследователей, значительная часть его аргументов потеряла свою силу. Более широкое распространение получило предположение, связанное с именем лингвиста Ноама Хомски (Noam Chomsky) из Массачусетского технологического института. Согласно ему, математика и другие формы когнитивной деятельности опираются на более глубинное качество, иногда называемое «ментальным языком».

Хомски предположил, что ключевым компонентом этого глубинного качества может выступать простая способность к рекурсивным вычислениям, свойственная только человеку. Рекурсия, по мнению уче-

ного, может объяснить, каким образом у нас в голове ограниченное количество понятий превращается в бесконечное число высказываний, нередко весьма сложных, таких как «Человек, которого я знаю как Джо, съел плод с моей яблони». Рекурсия позволяет также генерировать математические утверждения, такие как $\langle 3 \cdot (4/6 + 27) / 4 \rangle$.

Не исключено, что теорию Хомского удастся примирить с новыми фактами. Некоторые ученые считают, что мозг строит математическое мышление при помощи языка, однако эта структура, будучи сформированной, может устоять даже в том случае, если поддержи-

вающие ее подпорки будут удалены. В самом деле, один из больных, участвовавший в исследовании в Шеффилдском университете и имевший научную степень в области математики, проявлял себя не лучше других в арифметике, однако оказался способнее всех остальных по алгебре.

Рокел Гелман (Rochel Gelman), содиректор Центра когнитивных наук при Университете Рутгерса, говорит, что изучение последствий разрушения мозга дает более четкие доказательства, чем традиционная методика функциональной томографии мозга. «Поместите кого-нибудь в томограф и задайте

ему вопрос, и вы увидите сильную активацию речевых зон, – указывает она. – Однако причиной этого может быть всего лишь то, что испытуемый проговаривает задачу и использует для этого речь, хотя она вовсе и не служит важным компонентом».

Недавние исследования показывают независимость речи и математики друг от друга, говорит Гелман. «Есть дети, которым трудно даются числа и легко слова, и другие, которым, наоборот, легко с числами и трудно со словами. Эти противоположные случаи доказывают одну и ту же закономерность».

Филип Росс

НОВЫЙ Взгляд на дорогу

Одной из последних разработок Mercedes-Benz специалистов из Штутгарта стал экспериментальный автомобиль *F 500 Mind*. Помимо гибридного дизельно-электрического привода, сенсорных педалей и овального рулевого колеса концепт-кар наделен системой ночного видения нового поколения. По сравнению с «пассивными» приборами ночного видения, фиксирующими только объекты, излучающие тепло, новая система

оснащена собственным источником света. Лазеры, встроенные в фары, излучают инфракрасный свет, который отражается от окружающих объектов и снимается специальной камерой, передающей изображение на многофункциональный дисплей. Дальность действия лазерного луча в четыре раза больше, чем у стандартных фар ближнего света.

Дмитрий Константинов

Источник:

www.daimlerchrysler.com

САМОКОНТРОЛЬ СКОРОСТИ

Немецкий концерн *Continental AG* из Ганновера предлагает новое устройство, предназначенное обеспечить безопасность на дорогах. Оснащенная электроникой педаль акселератора особой вибрацией предупредит водителя о возможности возникновения ДТП. Система *ACDIS (Active Distance Support)* «считывает» с датчиков слежения информацию о скорости автомобиля и ситуации на дороге, а при опасном сближении с идущим впереди транспортным средством педаль газа начинает вибрировать, заставляя водителя приподнять ногу и сбавить скорость. В условиях недостаточной видимости система может просчитать оптимальную скорость для подобных условий движения и включать «вибратор» всякий раз, когда водитель попытается ее превысить. В течение 2005 г. руководство компании планирует запустить *ACDIS* в серийное производство.

Дмитрий Константинов



поиски в темноте

Специалистов в области психологии развития давно волнует такой парадокс: почему маленькие дети, проявляющие невероятную сообразительность в одних экспериментах, оказываются совершенно беспомощными в других, когда перед ними ставится задача, для решения которой им не нужно было никаких новых знаний? Накройте игрушку одеялом, и ребенок в возрасте до семи месяцев за ней не потянется. Можно подумать, будто у него еще нет представления о постоянстве объектов, т.е. он не осознает, что предмет, который только что был у него перед глазами, по-прежнему существует, хотя он его и не видит. В то же время экспе-



Долго занимаясь с какой-нибудь игрушкой, ребенок вырабатывает представление о постоянстве объектов.

рименты с участием младенцев двух с половиной месяцев от роду, в которых они могли только наблюдать за предметами, показывают, что у них это представление существует.

Обычно такое несоответствие объясняют тем, что ребенок осознает постоянство объектов уже с рождения, но к семи месяцам он еще не обладает достаточными двигательными навыками, чтобы убрать одеяло. Однако такое объяснение нельзя признать удовлетворительным, поскольку даже если ребенка научили стягивать одеяло, он не обязательно будет это делать, чтобы найти спрятанную под ним игрушку.

Психолог Юко Мунаката (Yuko Munakata) из Колорадского университета предложила другую разгадку этой головоломки: понимание приходит постепенно, а не возникает в одночасье. В ее статье приведены

данные, что у детей четкие представления об объектах вырабатываются с опытом и что решение одних задач требует больших умственных усилий, чем решение других.

Для одного из своих экспериментов автор отобрала 24 маленьких ребенка в возрасте семи месяцев и подождала, пока каждый из них «подружился» с какой-нибудь простой игрушкой. Затем она определила, как часто ребенок предпочитает предъявленную ему новую игрушку старой. Как и ожидалось, это предпочтение было подавляющим: 88% против 39. Но такая закономерность сохранялась только тогда, когда игрушки были хорошо видны. При выключенном свете (для наблюдений использовалась камера ночного видения) картина менялась на обратную. Ребенок пытался найти новую игрушку в том месте, где он

только что ее видел, в течение 20% отведенного ему времени, а старую – в течение 32%.

Ученые пришли к выводу, что по мере «общения» с игрушкой у ребенка вырабатываются достаточно прочные мысленные представления о ней, чтобы он мог ее искать. Абсолютно новая игрушка таких представлений не формирует, и ребенок быстро забывает о ней, находясь в темноте.

А вот еще одно объяснение того же феномена. Как считает психолог Кэролайн Роув-Коллер (Carolyn Rovee-Collier) из Университета Рутгерса, может быть, ребенок дольше ищет в темноте знакомую ему игрушку потому, что это для него какая-то новая игра. Теперь она хочет выяснить, зависит ли характер поиска игрушки в темноте от степени знакомства с ней. Может быть, новизна – это совсем особый случай, а не просто другая степень знакомства.

Рейчел Кин (Rachel Keen), психолог из Массачусетского университета, рассмотрела еще одну возможность: маленькие дети не боятся темноты и даже находят в ней что-то забавное. Она предположила, что «привычная игрушка в других условиях – это само по себе что-то новое», отметив, что предмет промежуточной степени новизны вызывает больший интерес, чем совершенно неизвестный или абсолютно привычный. Сейчас Мунаката проводит другой эксперимент, который позволит проверить правильность данного объяснения. Но и в этом случае окончательного объяснения мы не получим. Как говорит Кин: «Очень трудно представить, что происходит в голове у ребенка, хотя мы и пытаемся проникнуть в эту тайну».

Марина Краковски

ИСПЫТЫВАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ

Полеты шаттлов урезают средства на научные исследования.

«Вояджер-1» находится на расстоянии свыше 14 млрд. км от Солнца, т.е. дальше других космических аппаратов, и пока еще финансируется NASA. Новые исследовательские проекты агентства, включая возобновление космических полетов шаттлов, отнимают средства от программ с беспилотными космическими аппаратами, связанными с изучением Земли и Солнечной системы.

Кроме того, отдавая 40% из своего \$16,5-миллиардного бюджета на шаттлы и Международную космическую станцию, NASA зарезервировало \$753 млн. на разработку носителя *Crew Exploration Vehicle*, который будет доставлять на орбиту космонавтов после завершения использования шаттлов в 2010 г. Чтобы финансировать эти разработки, агентство предложило урезать бюджет подразделения исследований Земли и Солнечной системы, курирующего «Вояджеры-1, -2», а также десяток других зондов, которые уже выполнили свою миссию, но все еще продолжают передавать данные. Получив распоряжение сократить на \$20 млн. свой \$75-миллионный бюджет, руководители подразделений должны решить, какие космические аппараты станут потенциальными жертвами (среди них – солнечные обсерватории, такие как *Ulysses* и *TRACE*), а также зонды, изучающие космическую «погоду» вокруг Земли (такие как *Polar*, *FAST*, *Geotail* и *Wind*). Чтобы сохранить работоспособность аппаратов до принятия окончательного

решения, NASA временно прекратило прием новых заявок, связанных с обработкой поступающей со спутников информации.

Волнения по поводу «Вояджеров» были особенно бурными. Запущенные в 1977 г., зонды-близнецы исследовали Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун и могут продолжать работу еще в течение 15 лет, пока не исчерпают плутониевое топливо. В 2002 г. «Вояджер-1» сообщил о резком скачке регистрируемых частиц. По-видимому, аппарат пересек гребень ударной волны – турбулентную границу, где солнечный ветер вливается в межзвездную среду. Недавно зонд зарегистрировал новые признаки турбулентности, и участвующие в проекте ученые заявили, что сейчас неразумно прекращать финансирование программы с годовым бюджетом всего \$4,2 млн.

Метеорологи и геологи тоже вступили в бой. В докладе Национального исследовательского совета было сказано, что созданная NASA система спутников, наблюдающих Землю, находится «под угрозой коллапса». Несколько миссий было приостановлено, сокращено или отложено. Сокращение финансирования также грозит тем, что скоро иссякнет непрерывный поток данных об окружающей среде, которые NASA собирало десятилетиями. Например, изначально агентство предполагало запустить искусственный спутник для изучения природных ресурсов *Landsat Data Continuity Mission* на смену состарившемуся аппарату *Landsat-7*, который следил и за вырубкой леса в тропиках, и за разрушением ледяного щита Антарктиды. Но теперь в планы NASA входит только установка аппаратуры, сконструированной для *Landsat*, на метеорологические спутники, управляемые

Национальной администрацией по океану и атмосфере (*National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA*). Отсрочка непременно приведет к провалу в потоке данных: *Landsat-7*, который был запущен в 1999 г., уже не надежен, а первые спутники NOAA, видимо, не будут запущены, по крайней мере, до 2009 г. Более того, исследователи предупреждают, что спутники NOAA будут крупнее и, следовательно, сильнее подвержены вибрациям, что может ухудшить качество изображения по сравнению с *Landsat*.

Финансовое давление также замедлит исследования, связанные с изменением климата. Неопределенно будущее миссии *Glory*, которая должна заниматься метеорологическими наблюдениями. Ее оборудование может быть переустановлено на один из спутников NOAA.

Научное сообщество надеется, что новый администратор NASA Майк Гриффит (Mike Griffin) сможет восстановить бюджет исследовательских миссий.

Марк Алперт

Финансирование одного из проектов NASA «Вояджер-1», находящего в космосе 28 лет и уже покинувшего Солнечную систему, будет урезано.



заправьтесь водородом

В *General Motors* разработаны новые системы хранения водородного топлива.

500 км без дозаправки – не проблема для автомобилей на бензине или солярке, но недостижимая мечта для машин с водородным двигателем (см. «Автомобили на топливных элементах», «В мире науки», №6, 2005 г.). Несмотря на все усилия, инженеры пока не придумали способ удерживать в топливных баках достаточно водорода – вещества с самой низкой плотностью во Вселенной.

Традиционно водород хранят, сжимая его под давлением 70 МПа или сжижая при температуре около -252°C . При этом достигается только половина энергетической плотности, необходимой для обе-

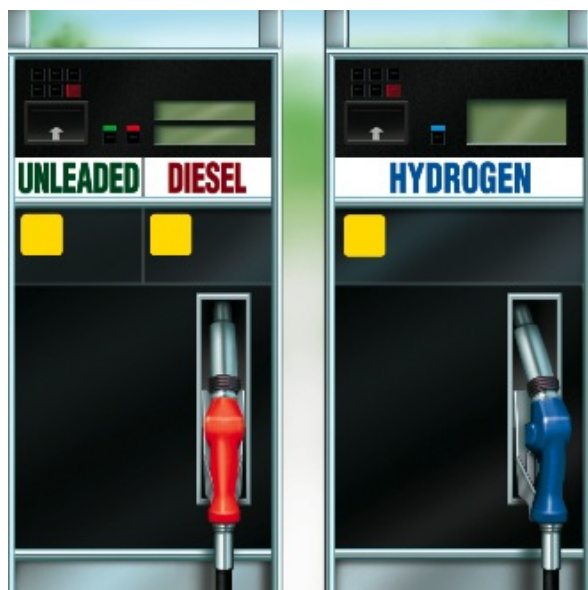
спечения достаточного запаса топлива в емкости размером с обычный бензобак. Раньше считалось, что водород можно химически извлекать из жидких углеводородов (например, из метанола) прямо во время движения автомобиля, однако такой подход оказался бесперспективным. Долгое время исследователям из автомобильных корпораций не удавалось решить проблему «упаковки» водорода. Лишь недавно представители *General Motors (GM)* и калифорнийской лаборатории *HRL* в Малибу сообщили о разработке двух новых технологий хранения водорода – криoadсорбции и дестабилизации сложных металлгидридов.

Криoadсорбция – это нечто среднее между хранением в сжатом состоянии и низкотемпературным сжижением. Вначале водород охлаждают до относительно легко достижимой температуры жидкого азота (-196°C), а затем сжимают до 7 МПа, вынуждая его адсорбироваться в трещинах и неровностях материала с высокой удельной

площадью поверхности. Обычно в качестве такого материала используют порошкообразный активированный уголь, однако более многообещающими являются высокопористые полимеры и материалы на основе металлоорганических молекулярных «клеток» – объемных углеводородных структур, в которых заключены атомы металлов.

Другое направление, осваиваемое в *GM*, касается разработки металлгидридов, в которых атомы легких металлов образуют химические связи с водородом. При нагревании порошкообразные металлгидриды разлагаются, освобождая водород. Но для этого требуются высокие температуры, поскольку атомы металла и водорода связаны сильными ковалентными связями. В последние годы особое внимание уделяется борогидриду лития, в котором атомы металла связаны с группами атомов водорода слабыми ионными связями.

В 2004 г. команде Джона Ваджо (*John Vajo*) из *HRL* удалось добиться существенного снижения температуры разложения металлгидридов за счет добавления в них кремния и других веществ, способствующих образованию сложных металлгидридных систем. Атомы металла предпочтительнее соединяются с атомами примеси, которые вытесняют водород. Например, использование гидрида магния в качестве дестабилизирующего агента для борогидрида лития снижает температуру его разложения с 400° до 275°C . Кроме того, массовое содержание водорода в этом гидриде достигает 9%, т.е. заметно превышает необходимый для практического использования минимум в 6,5%. Возможно, сотрудники *HRL* смогут синтезировать соединение, из которого водород будет высвобождаться



Чтобы перейти к водородной экономике, нужно решить проблему компактного хранения водорода внутри автомобиля и создать развернутую систему заправочных водородных станций.

ЧТОБЫ УДЕРЖАТЬ ВОДОРОД...

...исследователи пытаются использовать не только криоадсорбенты и металлгидриды, но и другие материалы, удерживающие водород на своей поверхности силами молекулярного взаимодействия.

Ниже перечислено несколько перспективных разработок:

- Углеродные нанотрубки с мономолекулярными стенками (*Air Products and Chemicals*, Аллентаун, Пенсильвания)
- Металлорганические фуллерены (углерод-60), содержащие атомы железа или скандия (*National Renewable Energy Laboratory*, Голден, Колорадо)
- Пористые кварцевые структуры с примесью боргидрида аммония и сопутствующих соединений (*Pacific Northwest National Laboratory*, Ричленд, Вашингтон)

всего при 150°C. К сожалению, для повторной заправки полученных материалов водородом пока требуется не менее получаса.

Так или иначе, решение проблемы хранения водорода станет лишь

одним из шагов навстречу водородной энергетике: не менее важно создать широкую сеть заправочных станций и систему бесперебойного снабжения их водородом.

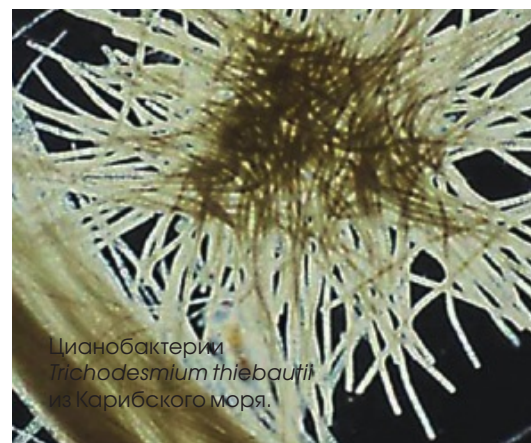
Стивен Эшли

НОВОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РОССИИ

Совет по проблемам Крайнего Севера и Арктики при Правительстве РФ инициировал уточнение критериев и разработку системы оценки степени дискомфорта природных условий жизни людей. Станислав Иванович Заболотник (ведущий научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук) из Института мерзлотоведения им. П.И.Мельникова СО РАН (г. Якутск) предлагает усовершенствовать районирование России, опираясь на анализ многолетних сумм средних суточных температур воздуха ниже 0°C (Σ_0) по более чем 3 тыс. метеостанций. Составлена «Карта районирования территории РФ по суровости климатических условий», где проведена оценка климатических показателей в баллах и выделено 6 зон с равными интервалами изменения суммарных отрицательных температур в год (интервал -1250°C). Абсолютно экстремальные условия (6 баллов, 3% площади страны) – в северо-восточ-

ной горной части Якутии и на части Магаданской области, где Σ_0 изменяется от -6251° до -7669°C. Регионы с экстремальными, суровыми и дискомфортными условиями составляют около 66% территории России. Если к ним добавить зону с относительно дискомфортными условиями (2 балла, Σ_0 от -1251° до -2500°C), получим 91%. Районирование коррелирует с криолитозоной: в комфортной зоне многолетнемерзлые породы не формируются, в экстремальной зоне – сплошное распространение, в зонах суровых и дискомфортных условий – прерывистое и островное. В зоне с относительно дискомфортными условиями мерзлота занимает небольшие участки. Комфортная зона (1 балл, Σ_0 выше -1250°C) распространена лишь на 9% площади России. Для установления северных надбавок и районных коэффициентов помимо температуры необходимо учитывать и другие параметры.

Дмитрий Мисюров



Цианобактерии
Trichodesmium thiebautii
из Карибского моря.

ВРЕДОНОСНЫЕ ВОДОРОСЛИ?

Сине-зеленые водоросли (цианобактерии) – самые древние, самые многочисленные организмы, живущие на Земле. Они выделяют токсин ВМАА, вызывающий нейродегенеративные заболевания, такие как болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона и амиотрофический боковой склероз (болезнь Лу Герига). Изучив сине-зеленые водоросли, обитающие в соленой и пресной воде водоемов по всему миру, а также сосуществующие в симбиозе с растениями и лишайниками, международная группа ученых обнаружила, что ВМАА в определенных условиях производят все цианобактерии. Анализ проб морской и океанической воды, отобранных во время цветения сине-зеленых водорослей, показывает, что они могут высвобождать значительное количество этого токсина. Ученые считают, что загрязнение вод и глобальное потепление угрожают здоровью людей, создавая благоприятные условия для сине-зеленых водорослей, покрывающих тысячи квадратных километров водной глади.

Чарльз Чой

ВОЗДУХ, КОТОРЫМ МЫ ДЫШИМ



Внедрение нового оборудования на тепловых электростанциях позволит снизить кислотные выбросы в атмосферу.

На Тольяттинской ТЭЦ состоялась презентация российской технологии, позволяющей решить одну из самых острых экологических проблем XXI века – проблему кислотных дождей.

Окислы азота, которые помогают нейтрализовать новая методика, содержатся в дымовых газах предприятий, сжигающих любые виды топлива. Соединяясь с парами воды, эти вредные вещества участвуют в создании кислотных дождей.

Впервые термин «кислотные дожди» был введен в 1872 г. английским исследователем Ангусом Смитом, внимание которого привлек викторианский смог в Манчестере. Несмотря на то, что ученые того времени отвергли теорию существования кислотных дождей, сегодня уже никто не сомневается, что они способствуют изменению экосистем, разрушают здания и памятники культуры, трубопроводы, приводят в негодность автомобили, снижают пло-

дородность почв, а также влияют на здоровье человека.

Создание российской технологии по снижению выбросов окислов азота заняло 14 лет. Под руководством главного инженера Тольяттинской ТЭЦ Альберта Алфеева совместно с группой сотрудников самарской энергокомпании над его реализацией работали исследователи из Всероссийского теплотехнического института.

Суть технологии заключается в том, что в топку котла во время сгорания угольной пыли впрыскивается аммиак. В результате соединения азота разлагаются до молекулярного азота и воды, что позволяет на 70% снизить вредные выбросы в дымовых газах. Затраты на «антикислотную установку» сравнительно не высоки и составляют около 5 млн. руб.

Распространение новой экологической методики на российских предприятиях, использующих в своей технологии сжигание топлива, поможет качественно улучшить состояние экологии.

Управляющий директор РАО «ЕЭС России» Владимир Аветисян подчеркнул, что достигнутые на Тольяттинской ТЭЦ положительные результаты сейчас анализируются в правлении энергохолдинга. «В ближайшем будущем будет проводиться инвентаризация всего энергооборудования по критерию его влияния на окружающую среду. В концепции технической политики РАО «ЕЭС» до 2009 г. процессы по снижению кислотных выбросов признаны целесообразными к внедрению на всех тепловых станциях российской энергосистемы».

Татьяна Черный



На Тольяттинской ТЭЦ

отклонение ОТ СРЕДНЕГО

Может ли обычное вещество заставить Вселенную ускоряться?

Одно из наиболее важных свойств Вселенной – ее иерархичность.

В конце марта 2005 г. группа космологов – Эдвард Колб (Edward Kolb) из Лаборатории Ферми и Сабина Натарецце (Sabino Natarrese), Алессіо Нотари (Alessio Notari) и Антонио Риотто (Antonio Riotto) из итальянского Национального института ядерной физики – показала, что одна из величайших загадок современной науки, ускорение расширения Вселенной, может быть решена. Их гипотеза может стать наиболее простым объяснением ускорения из всех предлагавшихся ранее, поскольку не требует ни экзотических видов энергии, ни новых законов физики, а просто предлагает обратить внимание на то, как гравитация взаимно связывает структуры на разных масштабах. Впрочем, и она может оказаться пустыми космологическими рассуждениями.

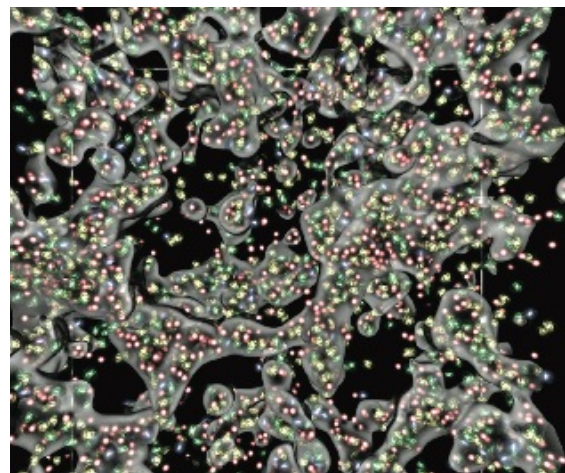
Обычно космологи предполагают, что детали в распределении вещества не играют роли в глобальной схеме. В их стандартных моделях плотность Вселенной считается везде одинаковой и составляет примерно 1 атом на 1 м^3 . Ученые вычисляют скорость расширения однородной Вселенной и приравнивают ее к средней скорости расширения реальной Вселенной. Отдельные ее части могут расширяться быстрее или медленнее, но исследователи считают, что эти различия локальны.

Проблема в том, что усреднение может ввести в заблуждение. Мячик

для гольфа можно считать идеальной сферой, но летает он по-другому. Неровности на его поверхности могут удвоить и даже утроить дальность полета. Гравитация, как и потоки воздуха над углублениями, нелинейна. Поэтому в 1980-х гг. космолог Джордж Эллис (George Ellis) из Кейптаунского университета (ЮАР) предположил, что мелкомасштабная структура Вселенной может влиять на ее крупномасштабное поведение. Такое явление назвали обратной реакцией. Аналогичные примеры можно найти не только в космологии. Например, обычный звук можно представить как сумму волн различных частот, каждая из которых «прокатывается» по комнате так, как будто других не существует. Однако когда процессы нелинейны, волны разных частот могут оказывать взаимные помехи и даже изменять локальную среднюю плотность воздуха.

Для подтверждения теории обратной реакции космологам надо было обнаружить проявления нерегулярности в гравитационных воздействиях вещества, но там наблюдалась полная упорядоченность. Так что, несмотря на то что многие признавали существование обратной реакции, всех волновал вопрос, насколько она существенна.

Колб и его коллеги заявили, что ее роль огромна и обусловлена связью не только малого с большим, но и большого с еще большим. В сущности, они связали ускорение наблюдаемой Вселенной с веществом вне наблюдаемой Вселенной, что невозможно по определению. Далекое вещество могло взаимодействовать с нашей Вселенной задолго до того, как между ними прервалась связь. Но критики теории Кристофер Хирата (Christopher Hirata) из Принстонского университета и Урош Сельяк (Uroš Seljak) из



Образование сравнительно небольших структур, таких как скопления галактик (приведенных на рисунке из обзора галактик с красным смещением *2dF Galaxy Redshift Survey*), может привести к ускоренному расширению Вселенной.

Международного центра теоретической физики в Триесте (Италия) указали на то, что это влияние нарушает теорию относительности.

Группа Колба опубликовала новую статью, где возвратилась к обратной реакции мелкомасштабных возмущений в наблюдаемой Вселенной. Данный подход может объяснить так называемое космическое совпадение: почему резкое ускорение совпало по времени с сильным нелинейным ростом числа галактик? Резкое возрастание их плотности могло изменить локальную среднюю плотность Вселенной и привести к ее кажущемуся ускоренному расширению.

Но более ранние вычисления Сельяка и его коллег показали, что эффект недостаточно силен. Так что даже космологи, которые до этого симпатизировали теории, стали считать ее далекой от истины. «Сегодня это лишь гипотеза, – говорит Сиска Расанен (Sysky Räsänen) из Оксфордского университета, – она побуждает к проведению вычислений, но пока ими же и не подтверждается».

Джордж Массер

Непрерывной
предпосылкой
хорошего
философского
образования
должно быть
свободное
мышление.

под сенью МГУ

Человек чаще всего извлекает свое мировоззрение и философию из собственного жизненного опыта. Иногда первые, далеко не безоблачные годы, события и впечатления юности предопределяют всю дальнейшую жизнь, становятся стартовой площадкой для достижений и свершений. А порой случаются и удивительные совпадения, таинственным образом вплетающиеся в узор судьбы. Владимир Миронов из тех, кого можно назвать *self made man*, т.е. человек, сделавший себя сам.



Бунтарь

Владимир Васильевич Миронов родился в Москве 4 апреля 1953 г. в простой рабочей семье. Его мама, Миронова Анна Осиповна, приехала в столицу с Волги, из Саратовской области, на одну из амбициозных советских «строек века» – возведение МГУ. Жизнь не баловала нового члена общества – отец ушел из семьи, когда Владимиру не было еще и года. На плечи матери легла вся ответственность за воспитание сына. Могла ли себе представить одинокая женщина, что монументальное здание МГУ, частица и ее трудов, станет некой осью, проходящей через ее жизнь и жизнь ее сына.

Строители «храма науки» жили крайне скудно. Недалеко от будущего университета, в Раменках, стояли бараки, где в условиях «на 38 комнат всего одна уборная», как пел Владимир Высоцкий, в тесноте, но очень дружно жили рабочие семьи. Мать будущего философа разрывалась между двумя работами и маленьким ребенком.

ФОТО ИЗ АРХИВА В.В. МИРОНОВА

Предоставленный самому себе мальчик рос не без проблем. Однажды из-за его глупой детской шалости в бараке вспыхнул пожар, и соседи настояли, чтобы «трудного» подростка отдали в интернат. «Почему мне часто вспоминается этот эпизод? Во время пожара сгорела часть нашего скудного имущества. Но даже в этой ситуации мама не подняла на меня руку, и так было всегда, чего бы я ни натворил. Для меня на всю жизнь осталось это осознание вины, когда наказанием служили моральные переживания и когда физическое наказание значительно упростило бы ситуацию», – вспоминает Миронов.

До восьмого класса Владимир учился в интернате, затем перешел в обычную школу. Казалось бы, какая уж тут философия? Однако именно эта дисциплина, не без влияния его дяди Николая Алексеевича Коломойца, который учился в те годы на философском факультете МГУ, увлекла юношу – возможно, потому что заоблачные выси духа столь разительно отличались от царящей вокруг неустроенности и посредственности. Даже на уроках он читал Декарта, что раздражало учителей – пожалуй, не меньше, чем длинные волосы ученика. В мире поголовного и навязываемого единообразия Владимир всегда хотел быть другим, непохожим. Непокорного мальчика дважды исключали из школы, но вслед за ним уходил весь класс. А потом все вместе по просьбе РОНО, поскольку образование было обязательным, с триумфом возвращались.

Мечты

Выросши под сенью университетской громады, Миронов с ранних лет грезил об МГУ, где работала мать. Ленинские горы стали частью его жизни. Здесь он проводил свободное время, здесь в ботаническом саду МГУ он помогал матери на второй работе, даже питался в студенческой столовой высотки, проходя

в нее через запасные входы, так как обед здесь стоил дешевле.

Окончив школу, он пробовал поступить на факультет журналистики, но не прошел по творческому конкурсу. Подал документы на философский. На собеседовании члены комиссии поинтересовались, из какой семьи абитуриент, и, узнав его происхождение, один из членов комиссии, в будущем его коллега, достаточно цинично дал совет: «Вам, молодой человек, надо идти токарем или слесарем», – ненавязчиво намекая, что университет предназначен для людей, выросших в иной, интеллектуальной среде.

Вняв этому совету, Миронов пошел работать на завод. Он горделиво стоял у станка... в шляпе, которую демонстративно надевал вместо положенной по технике безопасности косынки (из-за длинных волос). Не только эпатажная внешность, но и независимый характер привлекали внимание к молодому человеку и периодически вызывали «бурю в пустыне». Так, однажды секретарь заводской комсомольской ячейки предложил ему выступить на собрании с обличением Солженицына. Он ответил, что готов выступить с речью, но прежде, чем выносить суждение, хотел бы почитать работы писателя. Можно себе представить, какой разразился скандал! Позже в одном из интервью Владимир Васильевич скажет: «Философия еще со времен античности осуществляется как мышление, основанное на внутренней свободе. И никакие идеологические барьеры не могут заставить мыслить в рамках навязываемых стереотипов».

Из заводского цеха Миронов ушел в армию, а после демобилизации снова отправился попытаться счастья на философской стезе – поступил на рабфак философского факультета МГУ.

Свершения

Способный студент учился хорошо, но не переставал поражать общест-венность из ряда вон выходящими

СПРАВКА:

Профессор Владимир Васильевич Миронов

в 1998 г. избран, а в 2003 г. переизбран деканом философского факультета МГУ. Заведует кафедрой онтологии и теории познания. Председатель экспертного совета ВАК по философии, социологии и культурологии и докторского диссертационного совета по специальности «Онтология и теория познания». Вице-президент Российского философского общества. Главный редактор журнала «Вестник МГУ» (серии «Философия» и «Политические науки»). Член редколлегии журнала «Вопросы философии». Автор учебников по философии, научных и публицистических статей.

поступками. Так, на первом же курсе он начал встречаться со студенткой Дагмар из Германии, своей будущей женой, в связи с чем был вызван в партком факультета, где его долго расспрашивали о дальнейших намерениях. Позже, когда он был избран деканом факультета, кто-то из коллег спросил, правда ли, что у него жена немка, на что был получен соответствующий ответ: «Да, как у Ломоносова». Шутки шутками, а любовь оказалась крепкой: уже 30 лет вместе, вырастили троих детей.

На всю жизнь оказался и роман с философией. Его приняли в аспирантуру и после года обучения перевели на ставку младшего научного сотрудника. На факультете он прошел свой путь: защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертацию, 11 лет занимал должность заместителя декана философского факультета по учебной работе, а в 1998 г. был избран коллективом факультета деканом и остается им по сей день. Кроме того, он занимает должность заведующего кафедрой ▶



Человек должен уметь мыслить независимо и самостоятельно.

онтологии и теории познания факультета и проректора МГУ.

Только что Владимир Васильевич был назначен председателем экспертного совета ВАК по философии, социологии и культурологии. Он не смог отказаться от этой дополнительной работы, так как это важно для факультета и университета. Одновременно он продолжает вести научную и преподавательскую деятельность: читает общие и специальные курсы по онтологии и метафизике, пишет статьи по проблемам соотношения философии и науки, места философии в системе культуры, ему принадлежит целый ряд публикаций, связанных с проблемами образования и его модернизации. Его рабочий день длится 10–12 часов. Возможно, именно философское отношение к жизни позволяет ему справляться с непомерной нагрузкой.

О студентах

Миронов любит повторять студентам, что литературу необходимо читать без обложки, не зная имени

автора, чтобы избежать предвзятости и не попасть под обаяние знаменитой фамилии. Идеи прежде всего, затем собственные размышления и анализ, и только потом мнения и оценки других – какими бы авторитетными они ни были. Дело в том, что в большинстве случаев индивидуальной позиции предшествует и во многом формирует ее общественное мнение, привычные авторитеты, современная культурная среда, воспитание и т.д. Между тем человек должен уметь мыслить независимо и самостоятельно.

Нынешнее поколение абитуриентов очень юно. Раньше на философский факультет приходили люди, у которых за плечами был трудовой

стаж не менее пяти лет, накоплен некий интеллектуальный, эмоциональный, духовный багаж, т.е. была заложена определенная основа для развития философской мысли. По мнению Владимира Васильевича, очень важно, чтобы человек имел уже какой-то жизненный опыт, фундамент, на базе которого он будет строить собственное глубокое понимание мира. Не случайно во многих западных странах философия – второе образование, необходимое взрослым людям, познавшим трудный путь ошибок, свершений и постижений. Однако Миронов вовсе не настаивает, что философия – удел умудренных опытом, поскольку чувствует большую отдачу от своих учеников.

В молодости есть и положительная сторона: современные ребята прагматичны, мотивированы на учебу, нередко свободно владеют одним-двумя языками и хотят получить от преподавателя максимум информации. Поэтому факультет ужесточает требования к своим профессорам, которые менее мобильны, чем сту-

денты. Чтобы получить по возможности объективное представление о запросах будущих философов, на ученом совете регулярно заслушивается доклад, подготовленный студентами, – «Факультет глазами студентов».

О времени

Принято думать, что в советские времена вольный полет философской мысли ограничивался требованиями партийной идеологии, диктовавшей, что должно и что не должно знать строителю коммунизма. Это, конечно, имело место, но не в той степени, как сейчас модно рассуждать. Конечно, часть студентов подчинялись идеологическому диктату, но большинство старались получить классическое философское образование. Более того, как ни странно, именно статус идеологического факультета давал возможность знакомиться с той литературой, которая была недоступна студентам других факультетов. Студенты изучали Библию, тексты Ж.-П. Сартра, Ф. Ницше, работы З. Фрейда, Л. Альтюссера, Т. Адорно, Г. Маркузе. В области философии науки, методологии, логики, теоретической философии студенты получали прекрасное образование, не уступающее западному. Кроме того, на факультете всегда блестяще преподавалась классическая философия, будь то онтология и теория познания или история философии, логика или эстетика, социальная философия. Среди преподавателей – блистательные ученые и мыслители, такие как В.Ф. Асмус, Е.К. Войшвилло, В.В. Соколов, А.С. Богомолов, Г.Г. Майоров, А.А. Гуссейнов, С.С. Аверинцев, А.А. Зиновьев, А.С. Панарин.

Миронов всегда придерживался мнения, что непременной предпосылкой хорошего философского образования должно быть свободное мышление. Поэтому даже внутри таких дисциплин, как исторический и диалектический материализм, можно было обнаружить и варианты позитивизма, и экзистенциалист-

ские интерпретации. Содержание философских размышлений не может иметь политических или географических ограничений.

О науке

Развитие и накопление знания в естественных науках строится векторно, т.е. новейшее открытие признается истинным. Но если взять другие сферы нашей жизни, например живопись, литературу или историю, то правомерно ли утверждать, что картины Микеланджело прекраснее произведений Леонардо? Или что стихи Пушкина лучше сонетов Шекспира? Или что Наполеон более велик, чем Чингисхан? Искусство и история непреходящи и вечны. И философия в данном смысле сродни им, нельзя относиться к ней как к собранию мертвых памятников человеческой мысли, она не может устареть. Аристотель и Платон, Кант и Ницше остаются на века, а нам важно понять их размышления и то, какое влияние они оказали на мировоззрение их современников и потомков.

Среди специалистов популярно выражение, что вся философия есть не что иное, как примечание к Аристотелю. В каком-то смысле это верно. Что объединяет философов? Что позволяет и марксисту, и постмодернисту сидеть в одной аудитории? Поставленные перед ними проблемы, которые каждый стремится разрешить со своей позиции путем спора с оппонентами. Однако сегодня этот диалог мировоззрений подвергается разрушению в глобальном информационном пространстве, где происходит размывание отдельных культур и начинает доминировать так называемое фрагментарное клиповое сознание, сориентированное на потребности подростка.

Связующим звеном различных культур всегда был диалог, обмен, прежде всего непонятным, требующим своей интерпретации. Диалог является и самовыражением гумани-

тарных наук, тогда как естественные дисциплины есть разновидность методологического знания. В диалоге же постановка вопроса не менее важна, чем ответ. Любое гуманитарное знание всегда реализуется посредством спора, обсуждения, а потому речь философа, стремящегося познать и объяснить мир, должна быть проста и доходчива. Как сказал кто-то из великих: «Философия делает ясным то, что было смутно в мифе». Таким образом, философия суть единое диалоговое пространство.

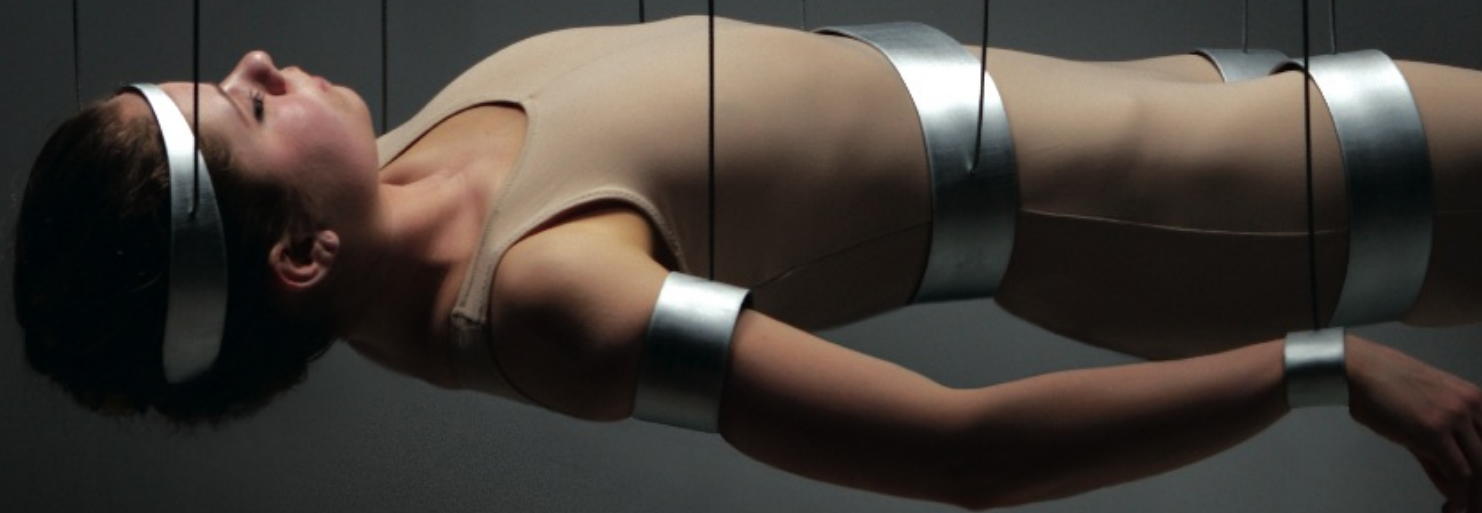
О религии

Сейчас, после десятилетий тотального запрета на религию, маятник качнулся в другую сторону, и стало модно ходить в церковь. Теологию даже пытаются ввести в качестве школьной дисциплины. Владимир Миронов категорический противник претворения в жизнь данной идеи, так как в рамках многоконфессионального государства ее реализация может породить массу проблем, от юридических до личностных. Более того, от этого проиграет прежде всего православие как одна из наиболее ортодоксальных религий. И многие деятели православной церкви это прекрасно по-

нимают. Научным образом религию можно исследовать именно надконфессиональным способом, ибо любое конфессиональное исследование неизбежно будет исходить из преимущества собственной религии. На факультете этим занимаются на отделении религиоведения, что, кстати говоря, характерно и для многих других стран, например, для Польши (несмотря на распространение католицизма) или Франции. Нельзя исследовать данное явление, не поднявшись над ним.

Философия исследует предельные вопросы, которые человек задает Бытию. Одной из форм отношений человека с Бытием является вера. Поэтому философия исследует религию прежде всего как феномен культуры, как особое взаимоотношение человека с миром. Иммануил Кант в работе «Спор факультетов», посвященной решению вопроса о том, какой из них важнее: теологический или философский, заметил, что все науки, конечно, служат религии, но делать это можно по-разному: либо за госпожой нести шлейф ее платья, либо факелом разума освещать ей дорогу. Цель философии – освещать факелом разума дорогу человеческих чувств. ■





ЖИЗНЬ

В «ПОДВЕШЕННОМ» СОСТОЯНИИ

Писателям-фантастам давно не дает покоя идея длительной обратимой «консервации» человека. В своих произведениях они усыпляют людей на несколько веков, чтобы те могли, нисколько не состарившись, долететь до далеких звезд или пережить природные катаклизмы. Такие сюжеты с биологической точки зрения представляются абсолютно нереальными. Разве возможно снизить почти до нуля скорость протекающих в нашем организме процессов? Мы можем притормозить бешеную активность клеток лишь на время остановки дыхания, т.е. всего на несколько минут. Более длительный перерыв в поставке кислорода чреват для организма серьезными последствиями.

Однако в природе есть множество живых существ, способных обратимо замедлять жизненно важные процессы на длительный срок, иногда на несколько лет. Как бы ни называли ученые этот феномен (состояние покоя, оцепенение, зимняя спячка и др.), все это разные степени анабиоза, при котором происходит существенное торможение как выработки энергии, так и ее потребления. Более того, организмы пребывающие в подобном состоянии, обладают исключительной устойчивостью к внешним воздействиям: колебаниям температуры, дефициту кислорода и даже физическим повреждениям. Если удастся безболезненно погружать человека на длительное время в столь же глубокую летаргию, то для медицины это будет иметь огромное значение. Известно, например, что такие органы, как сердце и легкие, после извлечения их из тела остаются жизнеспособными не более 6 часов, а поджелудочная железа и почки – не более суток. Таким образом, успех трансплантации зависит от времени доставки органа, и иногда приходится заранее транспортировать к месту проведения операции потенциального донора. Ежегодно в США успешно проводятся ▶

Марк Рот и Тодд Нистал

Научившись консервировать донорские органы, предназначенные для трансплантации, мы получили бы дополнительное время для их доставки к месту проведения операции. Но в наших ли силах приостановить ход биологических часов?

десятки тысяч операций по пересадке органов, но нередко из-за нехватки времени возникают нештатные ситуации.

Если бы предназначенные для трансплантации органы можно было перевести в состояние анабиоза, то в распоряжении врачей оказалось бы больше времени, сутки или даже недели. Погружение же в глубокий анабиоз жертв серьезных катастроф и аварий помогло бы спасти им жизнь.

Как показали исследования, проведенные в лаборатории Центра онкологических исследований Фреда Хатчинсона, можно вызвать искусственную гибернацию, напоминающую зимнюю спячку, у животных, которым в норме подобное поведение не свойственно. При этом они безболезненно переносят такие неблагоприятные условия, как большая потеря крови и кислородное голодание. Такие результаты позволяют надеяться, что когда-нибудь в состоянии «отсроченной анимации» (*suspended animation*) можно будет переводить и человека. По крайней мере, те методы, которые мы использовали в опытах на лабораторных животных и тканях человека, предполагают такую воз-

можность. Способность к гибернации, по-видимому, заложена во многих организмах и восходит своими корнями к самым ранним стадиям жизни на Земле.

Выживает тот, кто не спешит

Разнообразные живые существа, способные замедлять или останавливать клеточные процессы, обычно прибегают к таким мерам в ответ на неблагоприятные факторы окружающей среды и остаются в состоянии спячки до тех пор, пока эти факторы действуют. Например, семя какого-нибудь растения может находиться в покое годами, дожидаясь наступления благоприятных для роста условий. Подобным же образом эмбрионы морского рачка артемии могут сохранять жизнеспособность в течение пяти лет, обходясь без пищи, воды и кислорода, и выходить из состояния покоя, когда условия нормализуются. При этом они развиваются в полноценных взрослых животных.

Состояния «отсроченной анимации» варьируют от тех, при которых жизнедеятельность действительно отсутствует (любое внутриклеточное движение, обычно видимое в микроскоп, прекращается), до

ситуаций, когда клеточная активность поддерживается, но темп ее существенно замедлен. Известно множество животных, которые могут на длительное время резко сократить потребности в пище и воздухе, т.е. впасть в зимнюю спячку. Их дыхание и пульс становятся почти неощутимыми, температура тела значительно понижается, а клетки потребляют очень мало энергии. Суслики и многие другие млекопитающие засыпают каждую зиму, а различные виды лягушек и саламандр спасаются аналогичным образом от летней жары.

Способностью выживать при длительном кислородном голодании благодаря резкому уменьшению выработки и потребления энергии эти животные резко отличаются от человека. Мы не можем обходиться без кислорода, наши клетки не в состоянии остановиться и перестать вырабатывать энергию. Когда содержание кислорода в тканях падает ниже определенного уровня, в клетках происходят нарушения, приводящие к отмиранию тканей. Инфаркт, инсульт и стенокардия являются последствиями дефицита кислорода, возникающего вследствие ишемии (закупорки или спазма кровеносных сосудов).

Далеко не все события на молекулярном уровне, приводящие к ишемии, установлены, но ученые сходятся в одном: ключевую роль играет утрата способности клеток к устойчивому функционированию. Большую часть энергии клетки получают в результате расщепления АТФ (аденозинтрифосфата), который образуется в митохондриях в ходе окислительного фосфорилирования, процесса, нуждающегося в кислороде. При уменьшении содержания кислорода окислительное фосфорилирование замедляется и содержание АТФ уменьшается. Молекулы АТФ обычно расщепляются клетками в течение нескольких секунд после их поступления. Поэтому полагают, что ишемиче-

ОБЗОР: ЖИЗНЬ БЕРЕТ ПАУЗУ

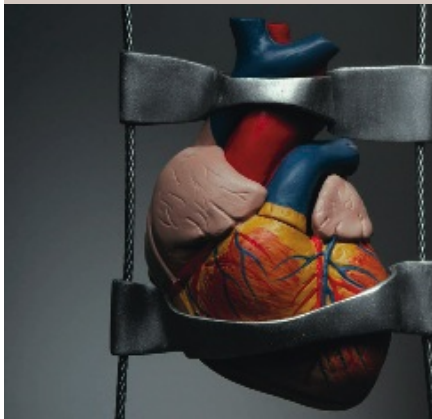
- Многие организмы способны замедлять или приостанавливать процессы жизнедеятельности. Пребывая в таком состоянии, они безболезненно переносят неблагоприятные условия, например, длительный дефицит кислорода.
- Основной причиной разрушения и гибели тканей изолированного органа, предназначенного для трансплантации, а также смерти жертв несчастных случаев или инсульта, является дефицит кислорода. Восстановить за короткий срок снабжение кислородом поврежденных органов и тканей не всегда возможно. Однако известно, что многие животные в условиях недостатка кислорода впадают в спячку. Можно ли использовать этот механизм для перевода человека в аналогичное состояние?
- Сероводород – соединение, образующееся в нашем организме, – блокирует поглощение клетками кислорода, а мышцей погружает в состояние анабиоза. Возможно, это вещество является природным регулятором энергетических процессов в клетках и может использоваться для временного погружения человека в состояние, подобное глубокому анабиозу.

ское повреждение возникает после того, как клетки исчерпывают все запасы кислорода.

Положение становится еще серьезнее, когда в клетке продолжают протекать менее энергоемкие, но столь же жизненно важные процессы, что приводит к полной разбалансировке всей клеточной системы. Наконец, само окислительное фосфорилирование может оказаться опасным для клетки. Когда содержание кислорода падает ниже оптимального уровня, окислительное фосфорилирование сопровождается образованием свободных радикалов. Эти высокоактивные соединения получили широкую известность в связи с исследованиями процессов старения: выяснилось, что они могут повреждать ДНК и другие клеточные структуры. *(О проблемах старения читайте в ближайших номерах журнала статью «Средство Макропулоса», подготовленную по материалам беседы с академиком В.П.Скулачевым.)* При ишемии, в условиях дефицита кислорода, наличие свободных радикалов еще более затрудняет выполнение клетками своих основных функций.

Главная задача реанимационных и других мероприятий в таких ситуациях состоит в скорейшем вос-

Изолированные органы находятся под угрозой ишемического повреждения с того момента, когда их отключают от системы кровоснабжения организма-донора. Несмотря на инфузию холодного консервирующего раствора и транспортировку при низкой температуре, они могут потерять жизнеспособность, если до трансплантации пройдет слишком много времени. Это временное окно называется приемлемым, с медицинской точки зрения, временем «холодной» ишемии. По данным Объединенной сети по распределению органов, в прошлом году остались неиспользованными 3216 органов; несколько сотен из них не подошли реципиентам по тем или иным причинам или не были доставлены вовремя.



Приемлемое, с медицинской точки зрения, время «холодной» ишемии:

Сердце: 4 часа

Легкое: 6–8 часов

Печень: 12 часов

Поджелудочная железа: 17 часов

Почка: 24 часа

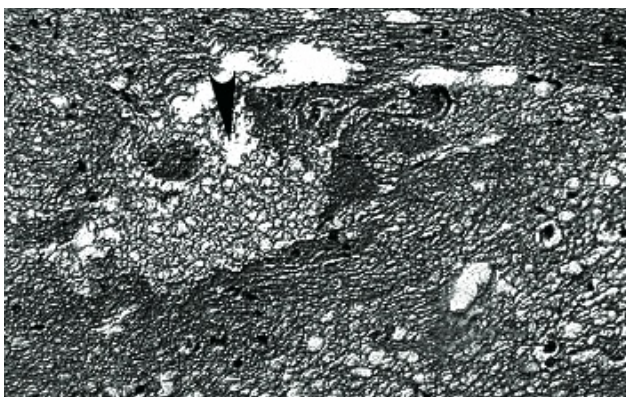
становлению кровоснабжения, т.е. доставке кислорода тканям. Мы видели, однако, что животные в состоянии, близком к анабиозу, гораздо менее чувствительны к кислородному голоданию при ишемии. В надежде, что перевод человека в аналогичное состояние даст такой же эффект, мы решили более детально

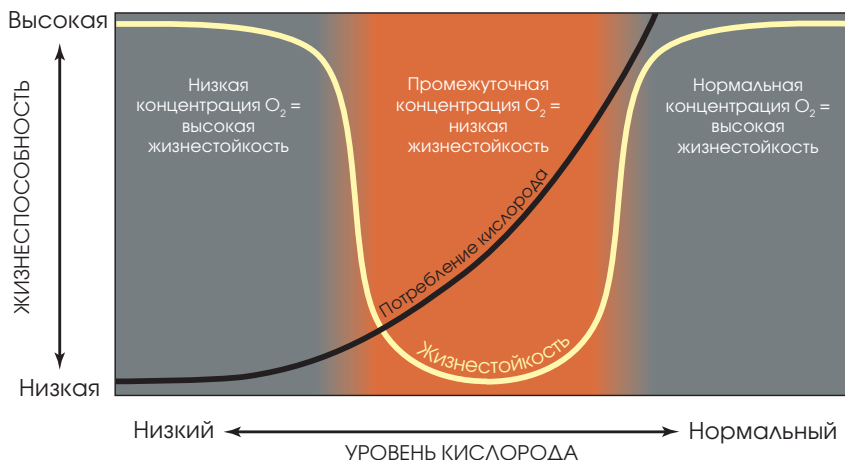
изучить механизмы, с помощью которых животные впадают в спячку при дефиците кислорода.

На что способна нематода

Для исследования природы анабиоза мы использовали такие организмы, как дрожжи, эмбрионы полосатых данио и нематоду ▶

Ткани мозга арктического суслика проявляют защитную реакцию, сходную с той, которая наблюдается у животных при погружении в зимнюю спячку. В мозг бодрствующих и введенных в состояние анабиоза животных был введен тонкий (диаметром 0,5 мм) зонд. Спустя трое суток сусликов умертвили и обследовали. У животных, находившихся в состоянии анабиоза (слева), в тканях мозга было обнаружено лишь крошечное отверстие, оставшееся от зонда, никаких признаков повреждений или воспаления не наблюдалось. В отличие от них, у бодрствовавшего животного вокруг места введения зонда было видно множество мертвых клеток (справа), а по краям образовавшегося большого отверстия скопились иммунные клетки (черные точки).





Caenorhabditis elegans. Последняя может погружаться в анабиоз на любой стадии развития, если попадает в условия аноксии (чрезвычайно низкое, $\approx 0,001\%$, содержание кислорода) и способна пребывать в таком состоянии более суток.

Прекращение доставки кислорода к тканям и органам человека в результате больших потерь крови или закупорки сосудов, по-видимому, не

уровне $0,01\text{--}0,1\%$, что гораздо ниже нормального содержания кислорода в воздухе (21%) (нормоксия) и значительно выше порога аноксии. В условиях гипоксии эмбрион не впадает в анабиоз, как это происходит при аноксии, а пытается продолжить эмбриогенез. В результате у него возникают серьезные повреждения, и он погибает через 24 часа.

Добавляя в воздух, которым дышат мыши, сероводород, мы практически превращаем их из теплокровных животных в холоднокровных.

приводит к уменьшению его концентрации до уровня полной аноксии. В крови и ткани остается достаточно кислорода, чтобы протекало окислительное фосфорилирование, хотя и в замедленном темпе. Однако образующегося АТФ оказывается недостаточно для поддержания клеточной активности на должном уровне, и концентрация свободных радикалов увеличивается.

Чтобы имитировать состояние гипоксии у человека, можно поместить развивающийся эмбрион *C. elegans* в условия, когда концентрация кислорода находится на

Если же незначительно (всего до $0,5\%$) повысить концентрацию кислорода, то эмбрион будет развиваться нормально. Таким образом, нематоды способны выживать в отсутствие кислорода (аноксии), впадая в анабиоз, нормально развиваются при концентрации кислорода всего $0,5\%$, но при промежуточных концентрациях кислорода погибают.

Мы также показали, что у эмбрионов переход в состояние анабиоза в условиях аноксии – это не пассивная реакция на дефицит кислорода, а целенаправленный процесс. Нам удалось идентифицировать два

Клетки большинства организмов нормально функционируют лишь при определенной концентрации кислорода. Если же его уровень падает до экстремально низких величин (состояние аноксии), то почти все клетки организма перестают вырабатывать и потреблять энергию. При промежуточных концентрациях кислорода (гипоксия) клетки пытаются функционировать в обычном режиме, но дефицит кислорода делает их работу неэффективной и потенциально опасной для них самих. Таким образом клетки, находящиеся в условиях кислородного голодания, можно спасти, если восстановить нормальную концентрацию кислорода или полностью перекрыть его поступление.

гена, функционирующих во время аноксии, но не гипоксии. По-видимому, они играют существенную роль в блокировании клеточного цикла у эмбриона. Эмбрионам, у которых эти гены отсутствовали, не удалось заморозить процессы деления клеток в условиях аноксии, и многие из них погибли.

Все это навело нас на мысль, что негативных последствий ишемии можно избежать не только таким естественным путем, как доставка кислорода к клеткам, но также уменьшением содержания кислорода. Идея кажется противоречащей современной практике, но если она верна, это поможет сохранить многие тысячи жизней. Очень трудно поддерживать должный уровень оксигенации изолированного органа, предназначенного для пересадки, равно как и снабжать в достаточном количестве кислородом поврежденные ткани жертв несчастных случаев. Однако снизить содержание в них кислорода вполне реально.

Один из эффективных способов уменьшить снабжение клеток кислородом основан на использовании его имитатора – вещества, которое по своим физическим свойствам похоже на кислород и поэтому может связываться со многими из тех сайтов, что и O_2 , однако в химическом отношении отличается от

него. Например, монооксид углерода (угарный газ) конкурирует с кислородом за связывание с одним из участников окислительного фосфорилирования, цитохром *c*-оксидазой, которая обычно связывается с O₂, но при этом в генерации АТФ оксид углерода участия не принимает.

Нам было интересно выяснить, можно ли защитить эмбрионы *C. elegans* от ишемических повреждений, которые происходят при промежуточных концентрациях кислорода, если добавить в гипоксичную среду монооксид углерода и таким образом симулировать аноксию. Обнаружилось, что в таких условиях эмбрионы действительно погружаются в глубокий анабиоз и тем самым избегают гибели.

Данные проведенных ранее исследований на более крупных животных и интригующие истории о жертвах несчастных случаев, которые выжили в условиях недостатка кислорода, навели нас на мысль, что механизм, спасающий нематод от гибели, возможно, есть и у более сложных существ.

Спасительная пауза

В пользу того, что даже у достаточно крупных млекопитающих при уменьшении концентрации кислорода в крови снижается частота повреждения тканей, свидетельствует множество фактов, в частности те, которые касаются животных, впадающих в спячку естественным путем. Так, по данным Келли Дрю

(Kelly Drew) из Института арктической биологии при Университете в г. Фэрбанкс штата Аляска, введение микрозондов в головной мозг арктического суслика, находящегося в спячке, практически не приводит к повреждению мозговой ткани. У бодрствующих грызунов, подвергшихся такому же вмешательству, наблюдались негативные изменения (см. рис. на с. 21).

Были предприняты попытки «усыпить» животных, обычно не впадающих в анабиоз. Исследователей ин-

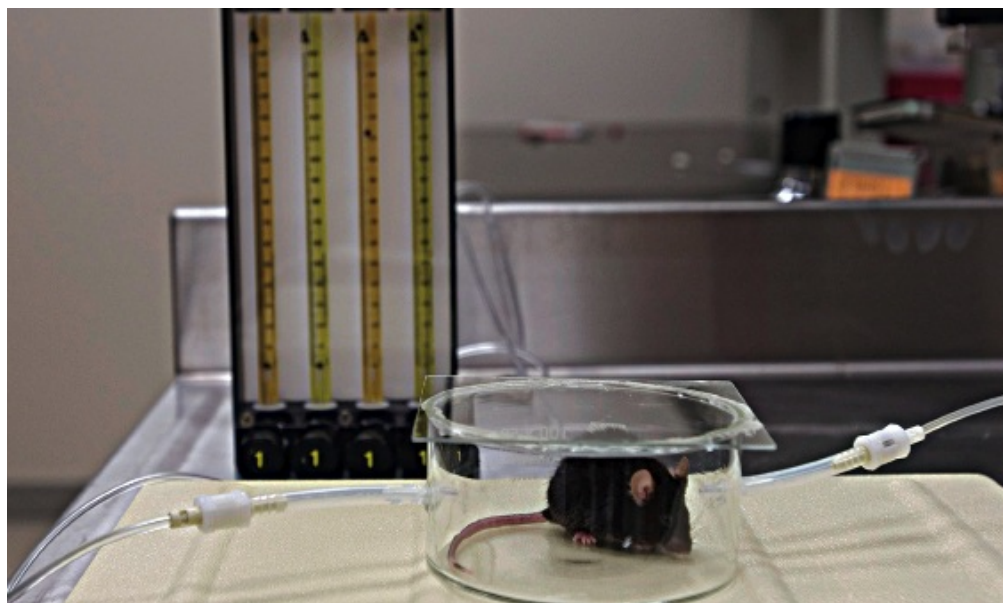
исследователи вызывали остановку сердца и полностью обескровливали тело, затем заполняли кровеносные сосуды физиологическим раствором, который переносит кислород гораздо хуже, чем кровь, поэтому концентрация O₂ в тканях резко падала. Животные теряли сознание, переставали дышать, у них не прослушивался пульс.

Затем была выделена контрольная группа из шести собак и вторая группа из восьми животных, которым удалили селезенку – не

Временный переход организма в состояние анабиоза при аноксии – это целенаправленный процесс.

тересовало, может ли это привести к замедлению клеточных процессов без негативных последствий и защитить ткани на достаточно продолжительное время. Ныне покойный Питер Сейфар (Peter Safar) из Питтсбургского университета в течение 20 лет проводил опыты на собаках с тем, чтобы усовершенствовать методы введения животных в состояние глубокого анабиоза. У каждой из 14 подопытных собак

жизненно важный орган. После 60-минутного пребывания в глубоком анабиозе всех собак вернули к жизни, перелив им кровь. Спустя 72 часа собаки все еще были живы, и ни у одного из животных контрольной группы не наблюдалось никаких отклонений от нормы. У четырех из восьми оперированных собак тоже было все в порядке, но у остальных четырех обнаружили небольшие неврологические нарушения. ▶



В герметичную стеклянную камеру, заполненную сероводородом в нелетальной дозе, Рот помещал мышей на время до шести часов. Величину и скорость снижения температуры тела и интенсивности метаболизма коррелировали с концентрацией H₂S в камере. Это согласовывалось с предположением Рота, что H₂S способствует переходу млекопитающих в состояние, напоминающее глубокий анабиоз.

Самые примитивные одноклеточные организмы появились на Земле примерно 4 млрд. лет назад в атмосфере, почти лишенной кислорода, но богатой серосодержащими соединениями, такими как сероводород (H_2S). Со временем они научились использовать H_2S в тех же целях, в каких современные организмы используют кислород – для выработки энергии с помощью окислительного фосфорилирования. Не вызывает сомнения, что многие ключевые этапы нынешнего окислительного фосфорилирования восходят своими корнями к глубокой древности, когда атмосфера Земли была насыщена серосодержащими соединениями. Например, цитохром с-оксидаза, фермент, участвующий в биохимических реакциях, связанных с процессом дыхания, сходен с аналогичным компонентом дыхательной цепи, в которой место кислорода занимает сероводород.

Однако метаболические процессы с участием кислорода, с одной стороны, и серы – с другой могут быть связаны между собой не только в эволюционном плане. Сероводород вырабатывается в нашем организме и сегодня, что кажется весьма странным, если учесть, что он может занимать в цитохром с-оксидазе места присоединения к ней кислорода. Не исключено, что с переходом древних организмов на кислородное дыхание сероводород стал выполнять какую-то другую функцию.

Эти два вещества охотно взаимодействуют друг с другом, а процесс постоянной отдачи и присоединения электронов служит фундаментальной особенностью всего живого. Феномен передачи электронов от атома к атому называется окислительно-восстановительной реакцией. Он лежит в основе выработки энергии у всех биологических систем, и многие организмы подыскивают для себя такую среду, где окислительно-восстановительный потенциал максимален.

В теплых океанских водах, например, где растворенные газы перемешиваются прежде всего благодаря диффузии,

кислород, вырабатываемый фотосинтезирующими организмами, которые обитают у поверхности, днем опускается в глубины вод, а ночью поднимается к их поверхности. В отличие от этого H_2S непрерывно диффундирует из нижних слоев (он является одним из побочных продуктов метаболизма существ, которые живут за счет разложения органических остатков, скапливающихся на дне океана). Постоянное столкновение между потоками газов создает химически нестабильный слой, в котором происходит быстрый обмен электронами. Именно его выбрали в качестве местообитания сонмы микроорганизмов, таких как подвижная нитчатая бактерия *Beggiatoa alba*, а также многие одноклеточные эукариоты. Плотность живых существ здесь так велика, что они образуют обширный плотный ковер.

Может быть, наш организм и другие дышащие кислородом существа тоже находятся в поисках окислительно-восстановительного равновесия. Однако мы не нуждаемся во внешнем источнике H_2S , поскольку вырабатываем его сами, что позволяет нашим клеткам оставаться в оптимальном, химически нестабильном окружении. Смее высказать предположение, что способность сероводорода связываться с цитохром с-оксидазой стала причиной того, что он оказался частью внутриклеточной программы, направленной на замедление или полное блокирование окислительного фосфорилирования. Этот защитный механизм незаменим в ситуациях, когда клетки могут нанести ущерб сами себе, стараясь вырабатывать и использовать энергию в условиях аноксии или, напротив, избыточной концентрации кислорода.

Пещера Лечугилья в Нью-Мексико – одно из многих мест на Земле, где все еще живут окисляющие серу бактерии, возможно, сходные с древнейшими микроорганизмами.

ОБ АВТОРАХ:

Марк Рот и **Тодд Нистал** (Mark B. Roth, Todd G. Nystul) начали заниматься изучением защитных механизмов при анабиозе еще в то время, когда Нистал был аспирантом Рота в Центре онкологических исследований Фреда Хатчинсона. Рот исследует такие фундаментальные клеточные процессы, как регуляция размеров клетки, экспрессия генов, специализация клеток. В 2004 г. Нистал получил докторскую степень в Вашингтонском университете и в настоящее время является стипендиатом в Институте Карнеги в Балтиморе, где изучает стволовые клетки дрозофилы. Он занимается также проблемой сохранения донорских органов и спасения жизни людей с тяжелыми травмами. Рот и Нистал считают, что выяснение механизмов анабиоза может пролить свет на способность стволовых клеток оставаться в состоянии покоя и на резистентность некоторых опухолевых клеток к радиационному облучению, поскольку они находятся в условиях дефицита кислорода.

Питер Рии (Peter Rhee) с коллегами из Военно-медицинского университета использовали аналогичную методику для погружения в анабиоз 15 свиней йоркширской породы и провели у некоторых из них операции на сосудах. По данным Рии, память и способность к обучению у всех испытуемых животных не пострадали.

По своему физиологическому статусу собаки и свиньи очень близки к человеку, поэтому данные исследования вызвали большой интерес. Стали раздаваться голоса, что подобные методики после их усовершенствования очень скоро можно будет использовать в экстренных ситуациях – например, в отделении реанимации.

Следует, впрочем, иметь в виду, что обескровливание – весьма радикальная мера с возможными серьезными негативными последствиями. Поэтому мы сейчас занимаемся поисками более мягких способов

воздействия на организм с целью временного прекращения доставки кислорода. Например, донорский орган, предназначенный для пересадки, для погружения в анабиоз можно поместить в герметичный контейнер и насытить ткани монооксидом углерода, как мы это делали с эмбрионами *C. elegans*. Когда все будет готово для имплантации, достаточно будет ввести в него кровь, чтобы восстановить снабжение кислородом. Как показывают результаты наших экспериментов на образцах тканей человека, такой подход позволяет существенно повысить жизнестойкость органов, предназначенных для трансплантации.

Воздействия монооксида углерода на изолированные органы легко обратимы, чего нельзя сказать о живом организме с сохраненным кровообращением. Молекулы монооксида углерода прочно связываются с теми же участками в эритроцитах, что и кислород, так что использо-



вать этот газ для спасения жизни жертвам несчастных случаев вряд ли возможно. Нужно искать другие заменители кислорода.

Большая часть протестированных веществ, как и монооксид углерода, оказались настоящими ядами, поскольку они подавляли способность клеток поглощать кислород. К числу таких газов относится и сероводород (H_2S). Чтобы определить летальную дозу H_2S , были проведены исследования на грызунах. Полученные данные послужили отправной точкой, и опыты на мышях мы начали с использования меньших доз, с тем чтобы подобрать условия обратимости анабиоза.

Мы поместили мышей в герметичную камеру, содержащую сероводород в концентрации 80 миллионных долей, и обнаружили, что количество углекислого газа, выдыхаемого мышами, уменьшилось втрое в течение первых пяти минут, а температура тела начала падать.

Животные перестали двигаться и, казалось, впали в кому. Через несколько часов интенсивность метаболизма, если судить по количеству выдыхаемого углекислого газа, упала у них в 10 раз. Частота дыхания уменьшилась до 10 вдохов в минуту (при ста двадцати в нормальных условиях). Температура тела упала с $37^{\circ}C$ до величины, превышающей температуру окружающей среды всего на $2^{\circ}C$, независимо от значения последней. Мы смогли понизить температуру тела мышей до $15^{\circ}C$, просто охлаждая камеру, в которой они находились. Аналогичная зависимость температуры тела от температуры внешней среды наблюдается и у животных, впадающих в зимнюю спячку.

Итак, в атмосфере сероводорода подопытные мыши превратились из теплокровных существ в холоднокровных, что и происходит с животными в естественных условиях во время спячки. Через шесть часов мы вернули мышей к нормальной жизни и провели серию экспериментов, чтобы проверить, появились ли у животных какие-нибудь функциональные или поведенческие отклонения. Обнаружилось, что все грызуны вернулись в нормальное состояние.

От мыши к человеку


Сейчас мы проводим аналогичные эксперименты с более крупными животными и надеемся, что сероводород окажется как раз тем веществом, с помощью которого удастся погружать в состояние, подобное анабиозу, животных (в том числе человека), для которых в норме такое поведение несвойственно. Как мы уже говорили, H_2S является ядом, хотя он вырабатывается в нашем организме. Уникальная роль этого вещества в регулировании энергетических процессов в клетках организмов, которые дышат кислородом, пока не осознана. А между тем во времена, когда наша планета была совсем молодой и кислорода

в ее атмосфере почти не было, сероводород играл роль его заменителя (см. вставку слева).

Прежде чем можно будет приступить к изучению вопроса о возможности погружения человека в анабиоз с помощью сероводорода, нужно ответить на многие вопросы, и самый главный из них – способен ли человек переходить в это состояние. Есть точные данные, что он может обходиться без кислорода в течение нескольких часов. Так, широко известна история спасения одной норвежской лыжницы, которая провалилась в ледяную воду и провела под водой более часа. Когда спасатели обнаружили женщину, она находилась в состоянии клинической смерти – не дышала, у нее не прощупывался пульс, температура упала до $14^{\circ}C$. Реанимационные процедуры заняли девять часов и закончились успехом: женщина полностью выздоровела.

Бит Уолпот (Beat H. Walpoth) из Бернского университета (Швейцария) проанализировал еще 32 случая гипотермии, при которых температура тела пострадавших опускалась до $17-25^{\circ}C$ и многие из них в момент обнаружения спасателями не подавали никаких признаков жизни. Почти половина пострадавших – 15 человек – полностью оправились от травм и шока.


В момент обнаружения пострадавшие не дышали, концентрация кислорода в тканях была очень низка. Такие факты наводят на мысль, что клетки человека тоже обладают способностью обратимым образом замедлять или останавливать свою активность в ответ на неблагоприятные условия. Но почему одни люди при этом выживают, а другие – нет? Ответив на вопрос и сопоставив механизмы естественного перехода в состояние анабиоза и искусственной гибернации, мы, возможно, обнаружим, что способность погружаться в состояние «между жизнью и смертью» заложена в самом нашем организме. ■



Каким **невообразимо странным** был бы мир, если бы физические константы могли изменяться! Например, так называемая постоянная тонкой структуры α примерно равна $1/137$. Если бы она имела другую величину, то между веществом и энергией, возможно, не было бы никакого различия.

Джон Бэрроу,
Джон Веб

НЕПОСТОЯННЫЕ ПОСТОЯННЫЕ



Есть вещи, которые никогда не меняются. Ученые называют их физическими константами, или мировыми постоянными. Считается, что скорость света c , гравитационная постоянная G , масса электрона m_e и некоторые другие величины всегда и везде остаются неизменными. Они образуют основу, на которой зиждутся физические теории, и определяют структуру Вселенной.

Физики прилагают немало усилий, чтобы измерить мировые постоянные со все более высокой точностью, но никому еще не удалось хоть как-то объяснить, почему их значения именно таковы, каковы они есть. В системе СИ $c=299\,792\,458\text{ м/с}$, $G=6,673\cdot 10^{-11}\text{ Нм}^2/\text{кг}^2$, $m_e=9,109\,381\,88\cdot 10^{-31}\text{ кг}$ – совершенно не связанные между собой величины, у которых есть лишь одно общее свойство: изменись они хоть немного, и существование сложных атомных структур, в том числе живых организмов, окажется под большим вопросом. Стремление обосновать значения констант стало одним из стимулов к разработке единой теории, полностью описывающей все существующие явления. С ее помощью ученые надеялись показать, что у каждой мировой постоянной может быть только одно возможное значение, обусловленное внутренними механизмами, которые определяют обманчивую произвольность природы.

Лучшим кандидатом на звание единой теории считается M -теория (вариант теории струн), которую можно считать состоятельной в том случае, если Вселенная имеет не четыре пространственно-временных измерения, а одиннадцать. Следовательно, наблюдаемые нами постоянные фактически могут и не быть действительно фундаментальными. Истинные константы существуют в полном многомерном пространстве, а мы видим лишь их трехмерные «силуэты».

Тем временем физики пришли к выводу, что величины многих постоянных могут быть результатом случайных событий и взаимодействий между элементарными частицами на ранних стадиях истории Вселенной. Теория струн допускает существование огромного количества (10^{500}) миров с различными самосогласованными наборами законов и констант (см. «Пейзаж теории струн», «В мире науки», №12, 2004 г.). Пока же ученые понятия не имеют, почему была отобрана наша комбинация. Возможно, в результате дальнейших исследований количество логически возможных миров снизится до одного, но не исключено, что наша Вселенная – это лишь небольшой участок мультивселенной, в которой реализованы различные решения уравнений единой теории, а мы наблюдаем просто один из вариантов законов природы (см. «Параллельные Вселенные», «В мире науки», №8, 2003 г.).

В таком случае для многих мировых констант нет никакого объяснения, кроме того, что они составляют редкую комбинацию, допускающую развитие сознания. Возможно, наблюдаемая нами Вселенная стала одним из многих изолированных оазисов, окруженных бесконечностью безжизненного космического пространства – сюрреалистического места, где господствуют совершенно чуждые нам силы природы, а частицы типа электронов и структуры типа атомов углерода и молекул ДНК просто невозможны. Попытка попасть туда обернулась бы неминуемой гибелью.

Теория струн была разработана в том числе и для того, чтобы объяснить кажущуюся произвольность физических постоянных, поэтому в ее основных уравнениях содержится всего несколько произвольных параметров. Но пока она не объясняет наблюдаемые значения констант. ▶

Надежная линейка

На самом деле употребление слова «постоянная» не совсем правомерно. Наши константы могли бы изменяться во времени и в пространстве. Если бы дополнительные пространственные измерения изменялись в размере, константы в нашем трехмерном мире менялись бы вместе с ними. И если бы мы заглянули достаточно далеко в пространство, то

проверке констант. Исследователи должны обратить внимание на безразмерные константы – просто числа, не зависящие от системы единиц измерения, например, отношение массы протона к массе электрона.

Особый интерес представляет величина $\alpha = e^2/2\epsilon_0hc$, объединяющая скорость света c , электрический заряд электрона e , постоянную Планка h и так называемую

порционально α^3), молекулярные связи разрывались бы при более низких температурах (α^2), а число устойчивых элементов в таблице Менделеева могло бы возрасти ($1/\alpha$). Окажись α слишком большой, малые атомные ядра не могли бы существовать, потому что связывающие их ядерные силы не смогли бы препятствовать взаимному отталкиванию протонов. При $\alpha > 0,1$ не мог бы существовать углерод.

Ядерные реакции в звездах особенно чувствительны к величине α . Чтобы мог происходить ядерный синтез, тяготение звезды должно создавать достаточно высокую температуру, чтобы заставить ядра сближаться, несмотря на их тенденцию отталкиваться друг от друга. Если бы α превышала 0,1, то синтез был бы невозможен (если, конечно, другие параметры, например, отношение масс электрона и протона, остались прежними). Изменение α всего на 4% до такой степени повлияло бы на энергетические уровни в ядре углерода, что его возникновение в звездах просто прекратилось бы.

Изменяется ли внутреннее строение мироздания?

могли бы увидеть области, где константы приняли другие значения. Начиная с 1930-х гг. ученые размышляли о том, что константы могут и не быть постоянными. Теория струн придает этой идее теоретическое правдоподобие и делает тем более важным поиск непостоянства.

Первая проблема состоит в том, что сама лабораторная установка может быть чувствительна к изменениям констант. Размеры всех атомов могли бы возрасти, но если бы линейка, которую используют для измерений, тоже стала длиннее, ничего нельзя было бы сказать об изменении размеров атомов. Экспериментаторы обычно предполагают, что эталоны величин (линейки, гири, часы) неизменны, но этого невозможно достичь при

диэлектрическую постоянную вакуума ϵ_0 . Ее называют постоянной тонкой структуры. Впервые она была введена в 1916 г. Арнольдом Зоммерфельдом, который одним из первых попытался применить квантовую механику к электромагнетизму: α связывает релятивистскую (c) и квантовую (h) характеристики электромагнитных (e) взаимодействий, в которых участвуют заряженные частицы в пустом пространстве (ϵ_0). Измерения показали, что эта величина равна $1/137,03599976$ (приблизительно $1/137$).

Если бы α имела другое значение, то изменился бы весь окружающий мир. Будь она меньше, плотность твердого вещества, состоящего из атомов, уменьшилась бы (про-

Внедрение ядерных методов

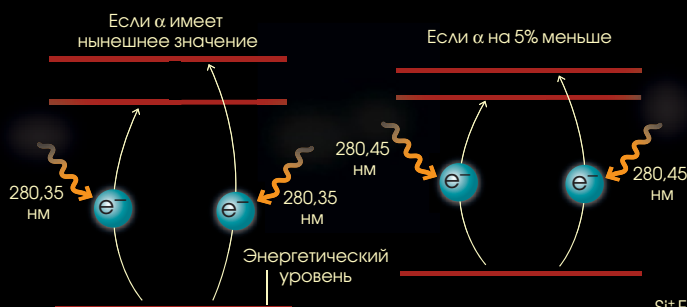
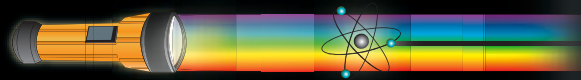
Вторая, более серьезная, экспериментальная проблема связана с тем, что для измерения изменений констант требуется высокоточное оборудование, которое должно быть чрезвычайно стабильным. Даже с помощью атомных часов дрейф постоянной тонкой структуры можно отслеживать на протяжении лишь нескольких лет. Если бы α изменялась больше чем на $4 \cdot 10^{-15}$ за три года, самые точные часы позволили бы это обнаружить. Однако ничего подобного пока зарегистрировано не было. Казалось бы, чем не подтверждение постоянства? Но три года для космоса – мгновение. Медленные, но существенные изменения в течение истории Вселенной могут пройти незамеченными.

К счастью, физики нашли другие способы проверки. В 1970-х гг. ученые французской Комиссии по

ОБЗОР: МИРОВЫЕ КОНСТАНТЫ

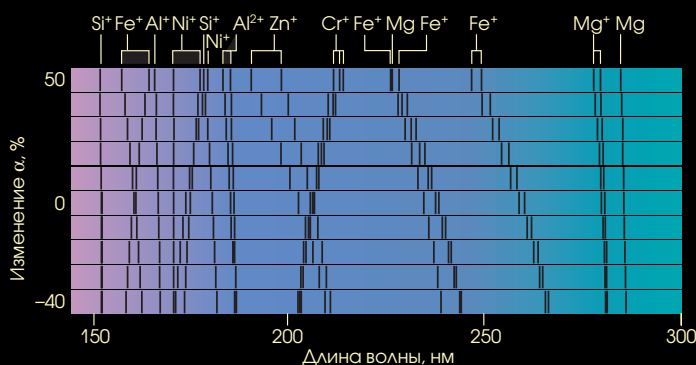
- Во многих физических уравнениях встречаются величины, которые считаются неизменными всюду – в пространстве и времени.
- В последнее время ученые сомневаются в постоянстве мировых констант. Сравнивая результаты наблюдений квазаров и лабораторных измерений, они приходят к выводу, что химические элементы в далеком прошлом поглощали свет не так, как сегодня. Различие можно объяснить изменением на несколько миллионных долей постоянной тонкой структуры.
- Подтверждение даже столь малого изменения станет настоящим переворотом в науке. Наблюдаемые константы могут оказаться лишь «силуэтами» истинных постоянных, существующих в многомерном пространстве-времени.

Несколько физических констант, включая скорость света, можно объединить в постоянную тонкой структуры α – число, которое показывает, насколько сильно электромагнитное взаимодействие элементарных частиц. Одно из таких взаимодействий – поглощение атомами фотонов определенной длины волны.



Для описания процесса поглощения рассмотрим уровни энергии электронов в атоме. Энергия фотона передается электрону, который перескакивает по лестнице допустимых уровней. Каждый возможный скачок соответствует определенной длине волны. Расстояния между уровнями зависят от того, насколько сильно электрон притягивается атомным ядром, и, следовательно, от α . В случае если бы α была меньше, энергетические уровни ионов магния (Mg^+) были бы ближе друг к другу, и фотонам требовалось бы меньше энергии (что означает большую длину волны), чтобы перебросить электроны на более высокий уровень.

Моделирование спектров показывает, как изменение α влияет на поглощение света различными видами атомов в ближней ультрафиолетовой области. Вертикальные черные линии соответствуют длинам поглощаемых волн. Каждый вид атома или иона имеет уникальный набор линий. Изменение постоянной тонкой структуры влияет на спектры магния (Mg), кремния (Si) и алюминия (Al) меньше, чем на спектры железа (Fe), цинка (Zn), хрома (Cr) и никеля (Ni).



ядерной энергии заметили некоторые особенности в изотопном составе руды из урановой шахты в Окло в Габоне (Западная Африка): она напоминала отходы ядерного реактора. Видимо, приблизительно 2 млрд. лет назад в Окло образовался естественный ядерный реактор (см. «Божественный реактор», «В мире науки», №1, 2004 г.).

В 1976 г. Александр Шляхтер (Alexander Shlyakhter) из Ленинградского института ядерной физики заметил, что работоспособность естественных реакторов критически зависит от точной энергии определенного состояния ядра самария, которое обеспечивает захват нейтронов. А сама энергия сильно связана с величиной α . Так, если бы постоянная тонкой структуры была немного другой, никакая цепная реакция, возможно, не произошла бы. Но она действительно происходила, а значит, за прошедшие 2 млрд. лет постоянная не изменилась больше,

чем на $1 \cdot 10^{-8}$. (Физики продолжают спорить о точных количественных результатах из-за неизбежной неуровненности в условиях в естественном реакторе.)

В 1962 г. Джеймс Пиблс (P. James E. Peebles) и Роберт Дик (Robert Dicke) из Принстонского университета первыми применили подобный анализ к древним метеоритам: относительная распространенность изотопов, являющаяся результатом их радиоактивного распада, зависит от α . Самое чувствительное ограничение связано с бета-распадом при превращении рения в осмий. Согласно недавней работе Кейта Олива (Keith Olive) из Миннесотского университета и Максима Поспелова (Maxim Pospelov) из Университета Виктории в Британской Колумбии, в то время, когда формировались метеориты, α отличалась от нынешнего значения на $2 \cdot 10^{-6}$. Этот результат менее точен, чем данные, полученные в Окло, но он уходит

дальше в глубь времен, к возникновению Солнечной системы 4,6 млрд. лет назад.

Чтобы исследовать возможные изменения на еще более длинных промежутках времени, исследователи должны обратить взор к небесам. Свет от отдаленных астрономических объектов идет к нашим телескопам миллиарды лет и несет отпечаток законов и мировых констант тех времен, когда он только начал свое путешествие и взаимодействие с веществом.

Спектральные линии

Астрономы ввязались в историю с константами вскоре после открытия квазаров в 1965 г., которые были только что обнаружены и идентифицированы как яркие источники света, расположенные на огромных расстояниях от Земли. Поскольку путь света от квазара до нас настолько велик, он неизбежно пересекает газообразные окрестности ▶

молодых галактик. Газ поглощает свет квазара на специфических частотах, отпечатывая штрих-код из узких линий на его спектре (см. врезку внизу).

Когда газ поглощает свет, электроны, содержащиеся в атомах, перекачивают с низких энергетических уровней на более высокие. Уровни энергии определяются тем, насколько сильно атомное ядро удерживает электроны, что зависит от силы электромагнитного взаимодействия между ними и, следовательно, от постоянной тонкой структуры. Если она была другой в тот момент времени, когда свет был поглощен, или в какой-то конкретной области Вселенной, где это происходило, то энергия, требуемая для перехода электрона на новый уровень, и дли-

ны волн переходов, наблюдаемых в спектрах, должны отличаться от наблюдаемых сегодня в лабораторных экспериментах. Характер изменения длин волн критически зависит от распределения электронов на атомных орбитах. При заданном изменении α одни длины волн уменьшаются, другие – увеличиваются. Сложную картину эффектов трудно спутать с ошибками калибровки данных, что делает такой эксперимент чрезвычайно полезным.

Приступив к работе семь лет назад, мы столкнулись с двумя проблемами. Во-первых, длины волн многих спектральных линий не были измерены с достаточной точностью. Как ни странно, о спектрах квазаров, удаленных на миллиарды световых лет, ученые знали гораздо больше,

чем о спектрах земных образцов. Нам нужны были лабораторные измерения высокой точности, чтобы сравнить с ними спектры квазара, и мы убедили экспериментаторов провести соответствующие измерения. Они были выполнены Энн Торн (Anne Thorne) и Джульет Пикеринг (Juliet Pickering) из Имперского колледжа в Лондоне, а затем группами во главе со Свенериком Иохансоном (Svennerik Johansson) из Лундской обсерватории в Швеции, а также Ульфом Грисманном (Ulf Griesmann) и Рэйнером Клингом (Rainer Kling) из Национального института стандартов и технологии в штате Мэриленд.

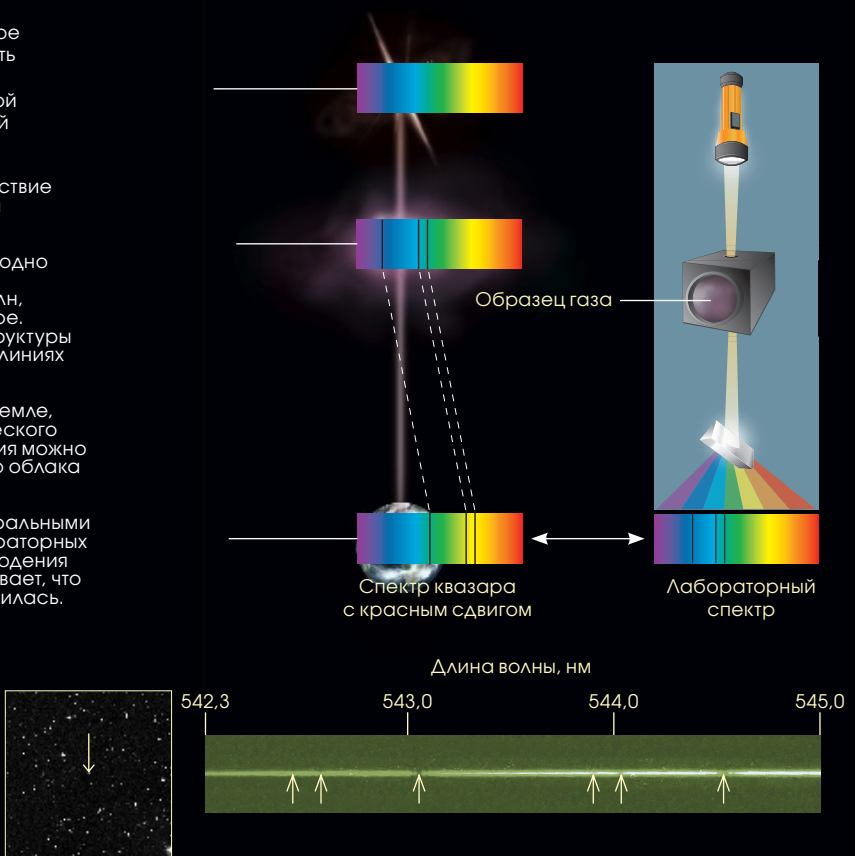
Вторая проблема состояла в том, что предыдущие наблюдатели использовали так называемые щелочные дублеты – пары линий погло-

ПОИСК ИЗМЕНЕНИЙ В ИЗЛУЧЕНИИ КВАЗАРА

Удаленное газовое облако, подсвеченное квазаром, дает астрономам возможность исследовать процесс поглощения света и определить величину постоянной тонкой структуры на раннем этапе космической истории.

- 1 Свет от квазара начал свое путешествие к Земле миллиарды лет назад, имея сплошной спектр.
- 2 Свет на своем пути проходит через одно или несколько газовых облаков. Газ поглощает определенные длины волн, создавая ряд черных линий в спектре. Для изучения постоянной тонкой структуры астрономы сосредотачиваются на линиях поглощения металлов.
- 3 Ко времени, когда свет приходит к Земле, длины волн меняются из-за космического расширения. По величине изменения можно определить расстояние до газового облака и, следовательно, его возраст.
- 4 Различия расстояний между спектральными линиями, полученными в ходе лабораторных экспериментов и в результате наблюдения астрономических объектов, показывает, что постоянная тонкой структуры изменилась.

На спектре квазара, полученном с помощью Большого телескопа Южной европейской обсерватории, видны линии поглощения, созданные облаками газа, находящимися между квазаром (стрелка справа) и Землей. Положение линий (стрелки в спектре справа) свидетельствует о том, что свет проходил через облака приблизительно 7,5 млрд. лет назад.

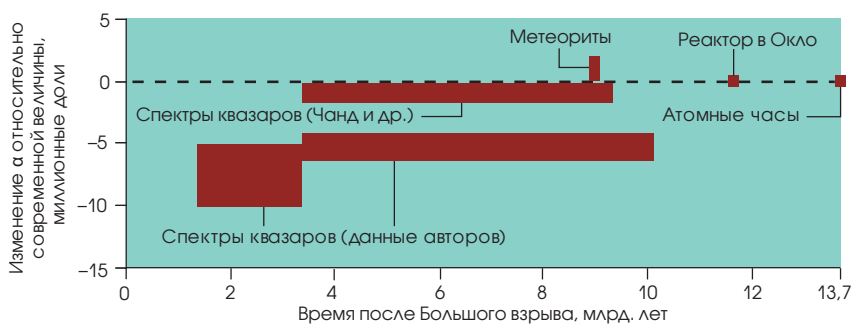


щения, возникающие в атомарных газах углерода или кремния. Они сравнивали интервалы между этими линиями в спектрах квазара с лабораторными измерениями. Однако такой метод не позволял использовать одно специфическое явление: вариации α вызывают не только изменение интервала между уровнями энергии атома относительно уровня с самой низкой энергией (основное состояние), но и изменение положения самого основного состояния. Фактически второй эффект даже более силен, чем первый. В результате точность наблюдений составила всего $1 \cdot 10^{-4}$.

В 1999 г. один из авторов статьи (Веб) и Виктор Фламбаум (Victor V. Flambaum) из Университета Нового Южного Уэльса в Австралии разработали методику, позволяющую принимать во внимание оба эффекта. В результате чувствительность удалось увеличить в 10 раз. Кроме того, появилась возможность сравнивать различные виды атомов (например, магний и железо) и проводить дополнительные перекрестные проверки. Пришлось выполнить сложные расчеты, чтобы точно установить, как наблюдаемые длины волн меняются в атомах различных типов. Вооружившись современными телескопами и датчиками, мы решили проверить постоянство α с беспрецедентной точностью по новому методу многих мультиплетов.

Пересмотр взглядов

Приступая к экспериментам, мы просто хотели с более высокой точностью установить, что величина постоянной тонкой структуры в древние времена была такой же, как сегодня. К нашему удивлению, результаты, полученные в 1999 г., показали небольшие, но статистически существенные различия, которые впоследствии подтвердились. Используя данные по 128 линиям поглощения квазара, мы зарегистрировали увеличение α на $6 \cdot 10^{-6}$ за прошедшие 6–12 млрд. лет.



Результаты измерений постоянной тонкой структуры не позволяют сделать окончательных выводов. Некоторые из них указывают, что когда-то она была меньше, чем сейчас, а некоторые – нет. Возможно, α менялась в далеком прошлом, но теперь стала постоянной. (Прямоугольники изображают диапазон изменения данных.)

Смелые утверждения требуют состоятельных доказательств, так что первым нашим шагом стал тщательный пересмотр методов сбора данных и их анализа. Ошибки измерения можно разделить на два типа: систематические и случайные. Случайными неточностями все просто. В каждом отдельном измерении они принимают разные значения, которые при большом количестве измерений усредняются и стремятся к нулю. С систематическими ошибками, которые не усредняются, бороться труднее. В астрономии неопределенности такого рода встречаются на каждом шагу. В лабораторных экспериментах настройку приборов можно менять, чтобы минимизировать ошибки, но астрономы не могут «подстроить» Вселенную, и им приходится признавать, что все их методы сбора данных содержат неустраняемые смещения. Например, наблюдаемое пространственное распределение галактик заметно смещено в сторону ярких галактик, потому что их легче наблюдать. Идентификация и нейтрализация таких смещений – постоянная задача для наблюдателей.

Сначала мы обратили внимание на возможное искажение масштаба длин волн, относительно которого измерялись спектральные линии квазара. Оно могло возникнуть, например, во время переработки «сырых» результатов наблюдения

квазаров в калиброванный спектр. Хотя простое линейное растяжение или сжатие масштаба длины волны не могло точно имитировать изменение α , даже приблизительного сходства было бы достаточно для объяснения полученных результатов. Постепенно мы исключили простые ошибки, связанные с искажениями, подставляя вместо результатов наблюдения квазара калибровочные данные.

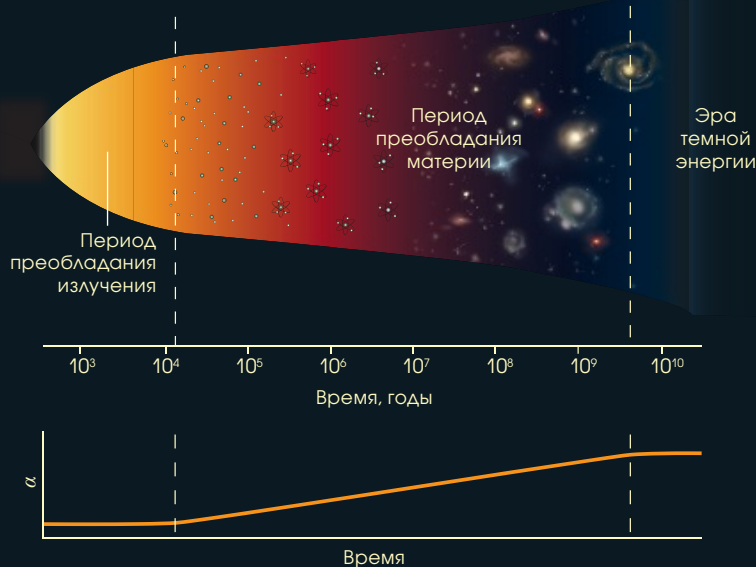
Более двух лет мы разбирались с различными причинами смещения, чтобы убедиться, что их влияние пренебрежимо мало. Мы обнаружили только один потенциальный источник серьезных ошибок. Речь идет о линиях поглощения магния. Каждый из трех устойчивых его изотопов поглощает свет с разными длинами волн, которые ▶

ОБ АВТОРАХ:

Джон Бэрроу (John D. Barrow), **Джон Веб** (John K. Webb) занялись исследованием физических постоянных в 1996 г. во время совместного творческого отпуска в Сассекском университете в Англии. Тогда Бэрроу исследовал новые теоретические возможности изменения констант, а Веб занимался наблюдениями квазаров. Оба автора пишут научно-популярные книги и часто выступают в телевизионных программах.

ИНОГДА МЕНЯЕТСЯ, ИНОГДА – НЕТ

Согласно гипотезе, выдвинутой авторами статьи, в одни периоды космической истории постоянная тонкой структуры оставалась неизменной, а в другие – возрастала. Экспериментальные данные (см. врезку на предыдущей странице) согласуются с этим предположением.



очень близки друг к другу и в спектрах квазаров видны как одна линия. Исходя из лабораторных измерений относительной распространенности изотопов, исследователи судят о вкладе каждого из них. Их распределение в молодой Вселенной могло бы существенно отличаться от современного, если бы звезды, которые испускали магний, в среднем были более тяжелыми, чем их сегодняшние аналоги. Такие различия могли бы имитировать изменение α .

Но результаты исследования, опубликованного в этом году, указывают, что наблюдаемые факты не так легко объяснить. Йеш Феннер (Yeshe Fenner) и Брэд Гибсон (Brad K. Gibson) из Технологического университета Суинберна в Австралии и Майкл Мэрфи (Michael T. Murphy) из Кембриджского университета пришли к выводу, что распространенность изотопов, необходимая для имитации изменения α , приводила бы также к избыточному синтезу азота в ранней Вселенной, что совершенно не соответствует наблюдениям. Таким образом, мы должны смириться с вероятностью

того, что α действительно изменялась.

Научное сообщество сразу оценило значение полученных нами результатов. Исследователи спектров квазаров всего мира тут же занялись измерениями. В 2003 г. научно-исследовательские группы Сергея Левшакова (Sergei Levshakov) из Санкт-Петербургского физико-технического института им. Иоффе и Ральфа Кваста (Ralf Quast) из Гамбургского университета изучили три новые системы квазаров. В прошлом году Хам Чанд (Hum Chand) и Рагунатан Шринанд (Raghunathan Srikanth) из Межуниверситетского центра астрономии и астрофизики в Индии, Патрик Птижан (Patrick Petitjean) из Института астрофизики и Бастьен Арасиль (Bastien Aracil) из *LERMA* в Париже проанализировали еще 23 случая. Ни одна из групп не обнаружила изменения α . Чанд утверждает, что любое изменение за интервал от 6 до 10 млрд лет назад должно быть меньше, чем одна миллионная.

Почему похожие методики, использованные для анализа различ-

ных исходных данных, привели к такому радикальному несоответствию? Ответ пока неизвестен. Результаты, полученные упомянутыми исследователями, имеют превосходное качество, но объем их выборок и возраст проанализированного излучения существенно меньше, чем у нас. К тому же Чанд использовал упрощенную версию многомультиплетного метода и не проводил полную оценку всех экспериментальных и систематических ошибок.

Известный астрофизик Джон Бэкол (John Bahcall) из Принстона подверг критике сам многомультиплетный метод, но проблемы, на которые он обращает внимание, относятся к категории случайных ошибок, которые сводятся к минимуму при использовании больших выборок. Бэкол, а также Джеффри Ньюман (Jeffrey Newman) из Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли рассматривали линии испускания, а не поглощения. Их подход намного менее точен, хотя в будущем, возможно, окажется полезным.

Законодательная реформа

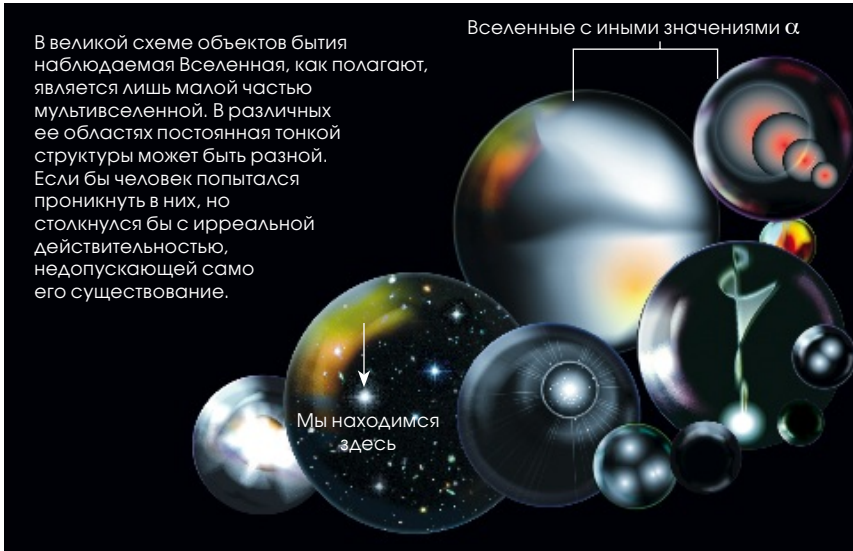
Если наши результаты окажутся правильными, последствия будут огромны. До недавнего времени все попытки оценить, что произошло бы с Вселенной, если бы постоянная тонкой структуры изменилась, были неудовлетворительными. Они не шли дальше рассмотрения α как переменной в тех же формулах, которые были получены в предположении, что она постоянна. Согласитесь, весьма сомнительный подход. Если α изменяется, то энергия и импульс в связанных с ней эффектах должны сохраняться, что должно влиять на гравитационное поле во Вселенной. В 1982 г. Якоб Бекенштейн (Jacob D. Bekenstein) из Еврейского университета в Иерусалиме впервые обобщил законы электромагнетизма для случая непостоянных констант. В его теории α рассматривается как динамическая компонента приоро-

ды, т.е. как скалярное поле. Четыре года назад один из нас (Бэрроу) вместе с Хейордом Сэндвиком (Håvard Sandvik) и Хояо Магуэйхо (João Magueijo) из Имперского колледжа в Лондоне расширили теорию Бекенштейна, включив в нее учет сил тяготения.

Предсказания обобщенной теории заманчиво просты. Поскольку электромагнетизм в космических масштабах намного слабее гравитации, изменения α на несколько миллионов не оказывают на расширение Вселенной заметного влияния. А вот расширение существенно влияет на α за счет несоответствия между энергиями электрического и магнитного полей. В течение первых десятков тысяч лет космической истории излучение доминировало над заряженными частицами и поддерживало баланс между электрическим и магнитным полями. По мере расширения Вселенной излучение разреживалось, и доминирующим элементом космоса стало вещество. Электрические и магнитные энергии оказались неравными, и α начала возрастать пропорционально логарифму времени. Приблизительно 6 млрд. лет назад начала преобладать темная энергия, ускорившая расширение, которое затрудняет распространение всех физических взаимодействий в свободном пространстве. В результате α снова стала почти постоянной.

Описанная картина согласуется с нашими наблюдениями. Спектральные линии квазара характеризуют тот период космической истории, когда доминировала материя и α возросла. Результаты лабораторных измерений и исследований в Окло соответствуют периоду, когда доминирует темная энергия и α постоянна. Особенно интересно дальнейшее изучение влияния изменения α на радиоактивные элементы в метеоритах, потому что оно позволяет исследовать переход между двумя названными периодами.

В великой схеме объектов бытия наблюдаемая Вселенная, как полагают, является лишь малой частью мультивселенной. В различных ее областях постоянная тонкой структуры может быть разной. Если бы человек попытался проникнуть в них, но столкнулся бы с ирреальной действительностью, недопускающей само его существование.



Альфа – это только начало

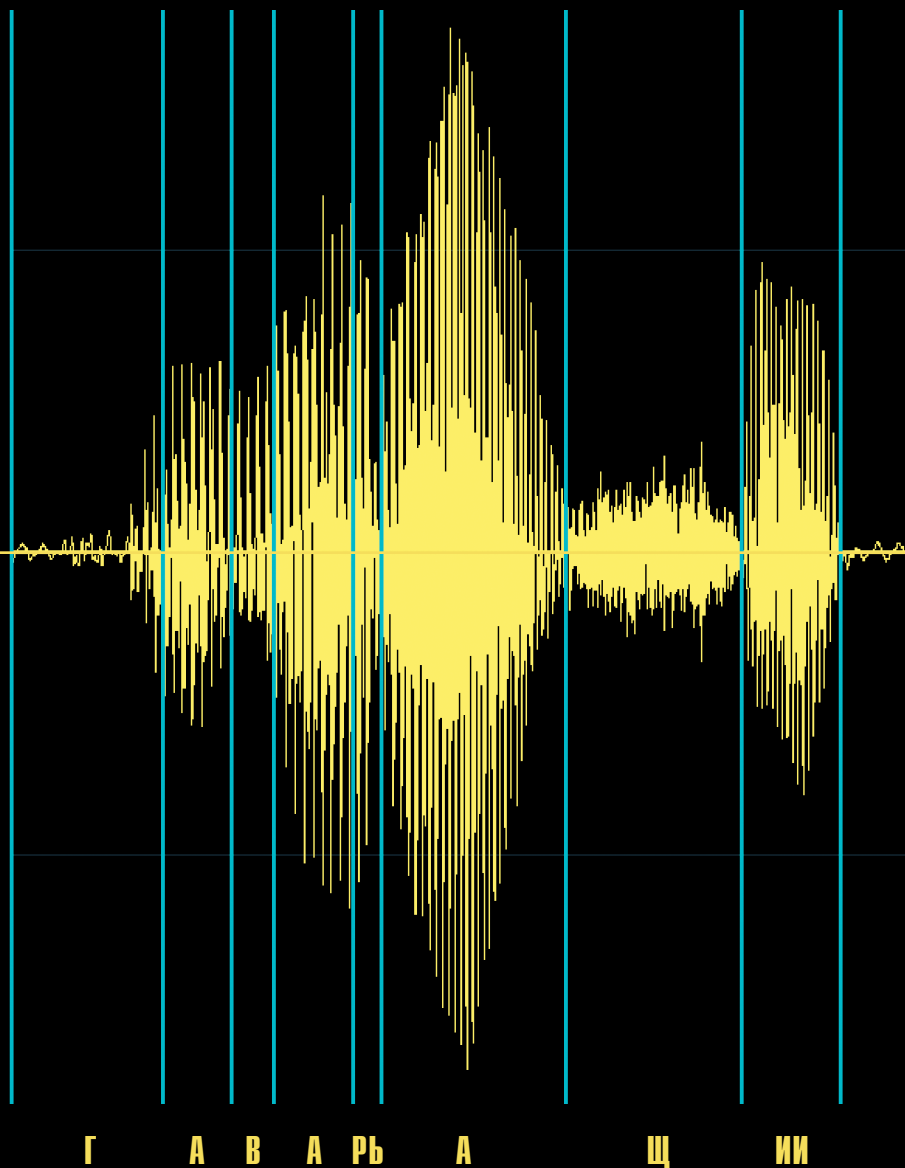
Если постоянная тонкой структуры изменяется, то материальные объекты должны падать по-разному. В свое время Галилей сформулировал слабый принцип эквивалентности, согласно которому тела в вакууме падают с одинаковой скоростью независимо от того, из чего они состоят. Но изменения α должны порождать силу, действующую на все заряженные частицы. Чем больше протонов содержит атом в своем ядре, тем сильнее он будет чувствовать ее. Если выводы, сделанные при анализе результатов наблюдения квазаров, верны, то ускорение свободного падения тел из различных материалов должно отличаться примерно на $1 \cdot 10^{-14}$. Это в 100 раз меньше, чем можно измерить в лаборатории, но достаточно много, чтобы обнаружить различия в таких экспериментах, как *STEP* (проверка принципа эквивалентности в космосе).

В предыдущих исследованиях α ученые пренебрегали неоднородностью Вселенной. Подобно всем галактикам, наш Млечный путь приблизительно в миллион раз более плотен, чем космическое пространство в среднем, так что он не расширяется вместе со Вселенной. В 2003 г. Бэрроу и Дэвид Мота (David F. Mota) из Кембриджа вычислили, что α может вести себя по-разному в преде-

лах галактики и в более пустых областях пространства. Как только молодая галактика уплотняется и, релаксируя, приходит в гравитационное равновесие, α становится постоянной внутри галактики, но продолжает меняться снаружи. Таким образом, эксперименты на Земле, в которых проверяется постоянство α , страдают от предвзятого выбора условий. Нам еще предстоит разобраться, как это сказывается на проверке слабого принципа эквивалентности. Никакие пространственные вариации α пока еще не были замечены. Полагаясь на однородность реликтового излучения, Бэрроу недавно показал, что α не изменяется больше чем на $1 \cdot 10^{-8}$ между областями небесной сферы, отстоящими на 10° .

Нам остается ждать появления новых данных и проведения новых исследований, которые окончательно подтвердят или опровергнут гипотезу об изменении α . Исследователи сосредоточились именно на этой константе просто потому, что эффекты, обусловленные ее вариациями, легче заметить. Но если α действительно непостоянна, то другие константы тоже должны изменяться. В таком случае нам придется признать, что внутренние механизмы природы гораздо сложнее, чем мы предполагали. ■

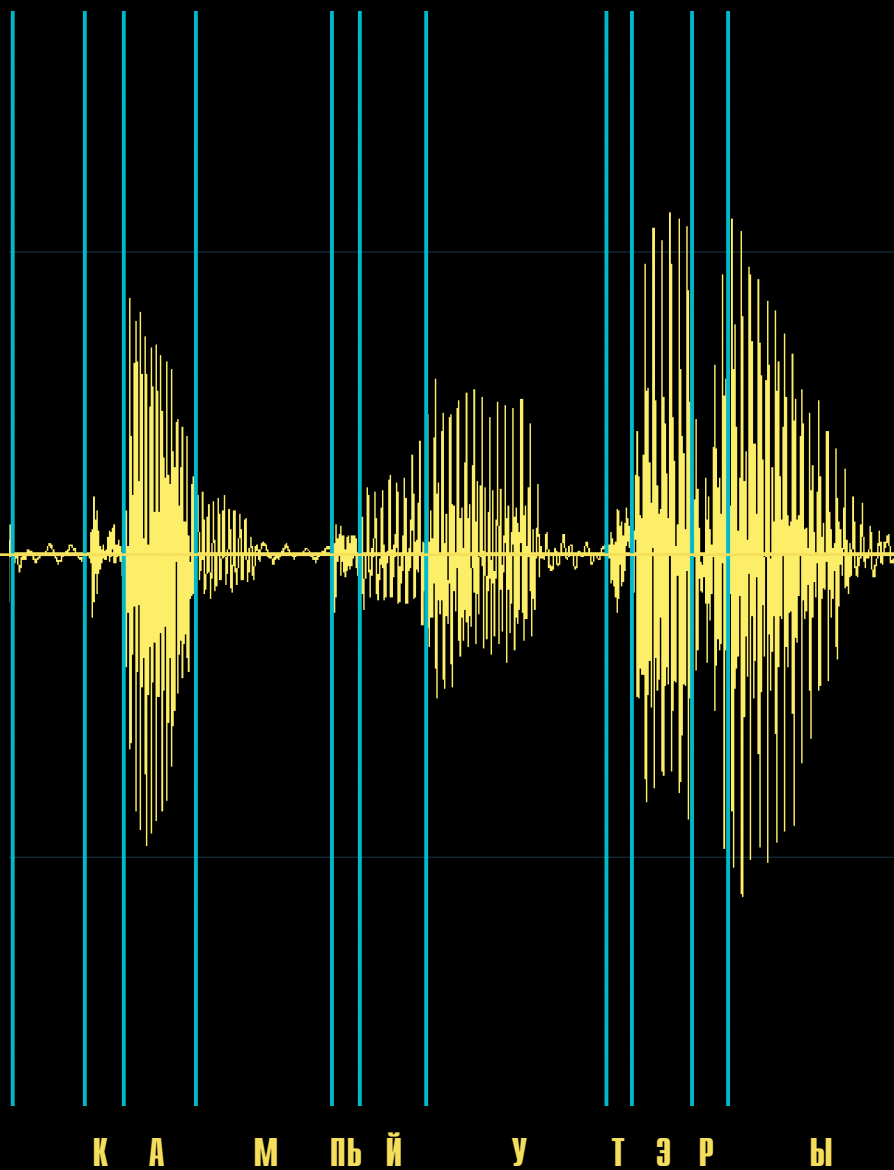
говорящие



В недалеком будущем говорящие компьютеры учатся точно передавать интонацию и эмоциональную окраску фраз.

Позвоните в любую крупную компанию, и ваш разговор скорее всего начнется с диалога с компьютером. До недавнего времени автоматизированные телефонные синтезаторы речи справлялись только с заранее записанными фразами. Вспомните характерный механический голос: «Номер, который вы набрали, – один, ноль, пять, ноль, три, семь, два...» К сожалению, неестественная компьютерная речь вызывает

компьютеры



Энди Аарон,
Элен Эйд,
Джон Питрелли

у людей не самые приятные ощущения. Сегодня способности большинства говорящих автоматов ограничены, поскольку они не могут отклониться от строго фиксированного набора фраз.

За последние 10 лет компьютерная речь совершенствовалась и становилась все более понятной на слух. Но теперь перед учеными стоит более серьезная задача: сделать синтезированную речь ближе к реальной,

добавив модуляцию тона и интонации, чтобы компьютер стал более совершенным средством общения. Здесь не обойтись без серьезного анализа компонентов речи, а также процессов формирования тонких, неуловимых ее составляющих: громкости, тона, согласованности и акцента. Над этим работают исследователи *IBM* и других американских компаний, таких как *AT&T*, *Nuance*, *Cepstral* и *ScanSoft*, а также ученые из ▶

Университета Карнеги–Меллона, Калифорнийского университета, Массачусетского технологического института и Орегонского института повышения квалификации. Как и ранние методы соединения фраз, современная технология синтеза речи (разработка *IBM* называется *NAXPRES*) основана на использовании записей дикторов и позволяет компьютеру отвечать в режиме реального времени. Однако новые системы вполне естественно произносят даже те слова, которые диктор никогда не говорил.

Коммерческие и государственные компании во всем мире ежегодно тратят миллиарды долларов на информационные системы, способные синтезировать речь. В них используется сразу несколько технологий: распознавание речи, понимание языка, поиск в базе данных, генерация текста и, наконец, сам синтез речи. Синтезированная речь, которая получается при связывании слов или слогов, записанных диктором, определяет лицо компании или учреждения. Люди часто оценивают информационную систему по ее голосу. Например, выразительный голос, тон которого варьируется в соответствии с тем, может ли система удовлетворить ваш запрос, способствует более приятному и эффективному восприятию.

Потребители скоро смогут воспользоваться новыми голосовыми

услугами, например, автоматическим прочтением новостей и сообщений, которые раньше были доступны только в текстовом виде. Разрабатываемые системы могут неустанно читать вслух письменные материалы для студентов-иностранцев или инвалидов по зрению. Среди других полезных возможностей есть и голосовое взаимодействие человека с автомобилем, позволяющее контролировать его функции и устно указывать маршрут. Многие будут с удовольствием отправлять электронные письма по телефону, не заботясь о визуальном контроле. Со временем выразительно разговаривать научатся бытовые приборы и мобильные устройства. Эта же технология будет использоваться для озвучивания персонажей компьютерных игр и кинофильмов.

Говорящие машины

Синтезируемая речь – это триумф компьютерных технологий и воплощение старой мечты. Попытки моделировать человеческую речь восходят к концу 1700-х гг., когда венгерский ученый Вольфганг фон Кемпелен (*Wolfgang von Kempelen*, 1734–1804) построил из мехов, тростов, свистков и резонирующих камер говорящую машину, воспроизводящую простейшие слова.

К 1970-м гг. вычислительная техника достигла довольно высокого уровня, и появилось первое поколе-

ние современных систем преобразования текста в речь, получивших довольно широкое распространение. Разработчики пытались смоделировать физиологический процесс речеобразования у человека, используя лишь несколько параметров речи. Модели состояли из источника звука, который играл роль гортани, и звукового фильтра, выполнявшего функции всего остального речевого аппарата. Чтобы воспроизвести необходимую последовательность звуков, система непрерывно регулировала физические аспекты звука (резонанс, полосу частот, периодичность и основную частоту).

В результате получалась отчетливая, хотя и механически звучащая речь. В массовом производстве эта технология впервые нашла применение в 1978 г. в игрушках *Speak & Spell*. Подобные синтезаторы используются до сих пор благодаря простоте изготовления и способности генерировать разборчивую речь со скоростью до 600 слов в минуту. (Для сравнения, скорость речи англоговорящих людей составляет 140–190 слов в минуту.) Такие аппараты пользуются большой популярностью у слабовидящих людей.

Когда в конце 1990-х гг. компьютеры стали мощнее, а носители информации – дешевле, появились усовершенствованные синтезаторы речи. Принцип их действия основан на использовании стандартных лингвистических блоков – фонем. Расположив предварительно записанные фонемы в определенной последовательности, можно получить любое слово. Например, английское слово «school» (школа) содержит четыре фонемы, которые можно обозначить как *S*, *K*, *OO* и *L*.

В разных языках количество фонем различно. В английском их приблизительно 40, в японском – 25, в немецком – 44. Так же, как когда-то наборщик составлял последовательности металлических букв, чтобы получить печатные слова, нынешние синтезаторы речи соби-

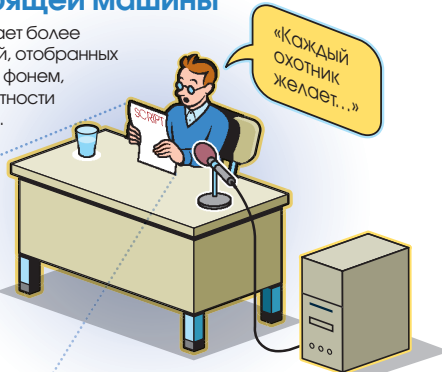
ОБЗОР: МАШИНЫ УЧАТСЯ ГОВОРИТЬ

- С каждым днем мы все чаще сталкиваемся с говорящими машинами. Поэтому ученые вплотную занялись проблемой синтеза естественно звучащей речи.
- Извлекая из огромной базы данных фрагменты слов (фонем), современные синтезаторы речи модулируют тон и выражение человеческого голоса, чтобы как можно эффективнее передавать смысл фраз.
- Сегодня говорящие системы находят применение в мобильных устройствах, например, в автомобильных навигационных системах. Наступит время, и они будут использоваться при озвучивании компьютерных игр и кинофильмов.

Ученым пришлось немало поработать, чтобы компьютеры заговорили естественным голосом. Этот сложный процесс подразумевает запись слов, произнесенных человеком, а затем компоновку их составляющих, получивших название фонемы, для воспроизведения слов и предложений, которые диктор никогда не говорил.

Обучение говорящей машины

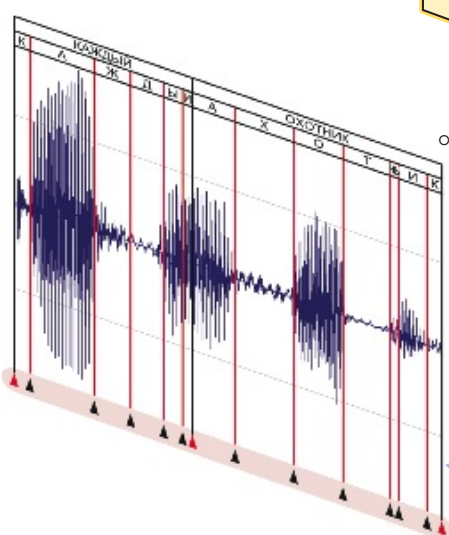
1. Звукорежиссер записывает более 10 000 типовых предложений, отобранных по принципу разнообразия фонем, составляющих речь, и уместности практического применения.



- Каждый охотник желает...
- Спасибо за звонок
- Температура поднялась на четыре...

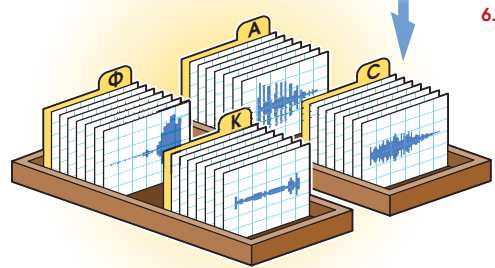


- КАЖДЫЙ ОХОТНИК ЖЕЛАЕТ...
- СПАСИБА ЗА ЗВОНК
- ТЕМПЕРАТУРА ПОДНЯЛАСЬ НА ЧЕТЫРИ...



3. Программное обеспечение анализирует запись, определяя ее тональность, паузы и громкость.

5. Компьютерная программа точно определяет границы каждой фонемы (стрелки на рисунке выше) и создает каталоги их использования в доступной для поиска базе данных.

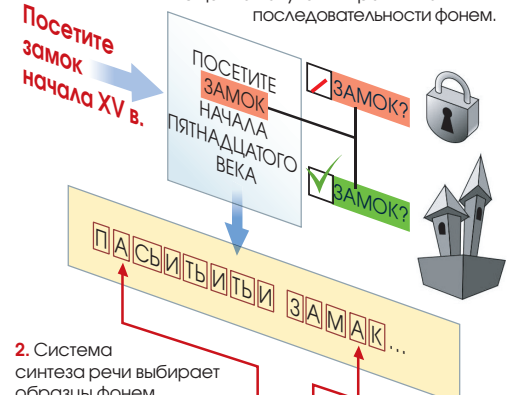


4. Специализированное программное обеспечение, распознающее речь, совмещает каждую записанную фонему с ее «коллегой» из текста.

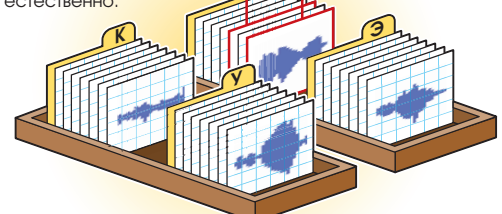
6. С помощью базы данных записей дикторов исследователи строят статистическую модель, согласно которой меняются общие характеристики речи, такие как тон, продолжительность пауз и громкость. Благодаря этой модели речь синтезатора голоса будет естественной

Применение говорящей машины

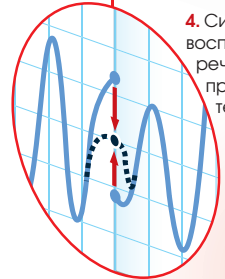
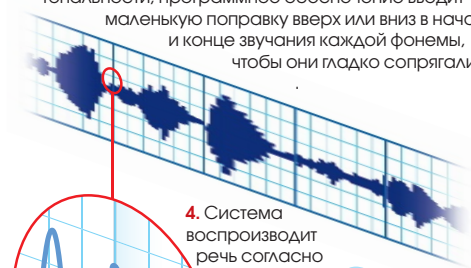
1. Чтобы преобразовать данный текст в речь, система расшифровывает аббревиатуры и символы в слова, затем анализирует грамматику предложений, выявляя части речи и двусмысленности произношения, с целью получения правильной последовательности фонем.



2. Система синтеза речи выбирает образцы фонем с соответствующей тональностью, темпом произнесения и громкостью, чтобы каждая часть произносимого предложения звучала естественно.



3. Выбрав наиболее подходящие фонемы и собрав их в ряд, система сглаживает разрывы в звучании, в результате чего звуки соединяются плавно. Например, если соседствующие фонемы немного отличаются по тональности, программное обеспечение вводит маленькую поправку вверх или вниз в начале и конце звучания каждой фонемы, чтобы они плавно сопрягались



4. Система воспроизводит речь согласно приведенному тексту.



РАЗРАБОТЧИКИ АЛГОРИТМОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕКСТА В РЕЧЬ

Компания	Наименование продукта	Сайт компании
Acapela Group, Бельгия	Acapela TTS	www.brightspeech.com
Advanced Telecommunications Research (ATR), Япония	безымянный	www.slt.atr.jp/ss-e
AT&T, США	Natural Voices	www.naturalvoices.att.com
Cepstral, США	Cepstral Voices	www.cepstral.com
Fonix, США	DECTalk	www.fonix.com/page.cfm?name=espeech-dectalk
IBM, США	NAXPRES Synthesizer	www.research.ibm.com/tts
iFLYTEK, Китай	InterPhonic	www.iflytek.com/english/products.htm
Infotalk, Гонконг	InfoTalk-Speaker	www.infotalkcorp.com
Loquendo, Италия	Loquendo TTS	www.loquendo.com
Nuance, США	Vocalizer	www.nuance.com
Scansoft, США	RealSpeak	www.scansoft.com
SVOX, Швейцария	SVOX-TTS	www.svox.com
Toshiba, Япония	безымянный	www.toshiba.co.jp/rdc/mmlab/tech/w21e.htm

ОБ АВТОРАХ:

Энди Аарон (Andy Aaron), **Элен Эйд** (Ellen Eide) и **Джон Питрелли** (John F. Pitrelli) работают в области синтеза речи в Исследовательском центре им. Томаса Уотсона компании IBM. Аарон изучал физику в Колледже Барда, затем занимался звукозаписью для студий *Zoetrope Studios*, *Lucasfilm's Skywalker Sound* и других. Эйд получила степень кандидата наук по специальности «прикладная электроника и информатика» в Массачусетском технологическом институте. В сферу ее интересов входят статистическое моделирование, распознавание и синтез речи. Питрелли также получил кандидатскую степень по специальности «прикладная электроника и информатика» в Массачусетском технологическом институте. Его научные интересы охватывали синтез речи, исследование просодии, распознавание рукописного текста и речи. Вместе эти три исследователя опубликовали свыше 40 работ и получили 19 патентов.

рают вместе кусочки произнесенных слов, чтобы создать звучащее слово. Инженеры называют такие системы конкатенативными синтезаторами, поскольку они связывают маленькие звуковые фрагменты.

Дайте мне голос

Работу над конкатенативным синтезом речи мы начали с человеческого голоса. Если не требовался иностранный акцент, как, скажем, для озвучивания веб-сайтов или персонажей кино, предпочтение отдавалось дикторам с чистым произношением. Мы выбирали ведущих новостных программ с распространенным американским диалектом английского языка. За две недели каждый диктор читывал в студии более 10 тыс. общеупотребительных предложений, составленных из разнообразных по звучанию слов, чтобы гарантировать полный охват всех английских фонем в различных контекстах.

В результате получилась 15-часовая звуковая дорожка, из которой предстояло выбрать последовательности фонем. Чтобы обеспечить ее целостность, приходилось каждый

день сопоставлять речевой материал с архивными записями, сделанными неделей раньше. Звукорежиссер следил за отклонениями темпа речи, ее эмоционального тона, общей тональности и громкости и давал дикторам указания, помогая выдерживать единообразие. Каждый час дикторы прослушивали записанное в первый день типовое предложение и настраивались, как музыкант по камертону.

Затем программное обеспечение преобразовало слова из напечатанного текста в серии фонем с помощью словаря фонетической транскрипции, в котором указано, из каких фонем состоит то или иное слово. Программа обращала внимание на особенности звучания фонем, обусловленные порядком их следования и расположением в начале или конце слова или предложения. Система определяла, какой частью речи является каждое слово в тексте.

Когда текст был обработан, программное обеспечение анализировало аудиозапись, измеряя высоту тона, паузы и громкость, т.е. просодию (супрасегментную организа-

цию речи). Зная особенности каждой фонемы, можно решить, какой образец записи использовать, чтобы синтезировать нужную фразу.

Затем по алгоритму, позаимствованному из программ распознавания речи, каждая записанная фонема связывалась с ее «коллегой» из текста. Сопоставляя текст и аудиозапись, компьютер определяет границы каждой фонемы. Это очень важный этап, поскольку, как только фонемы выделены и помечены, программное обеспечение может точно каталогизировать их.

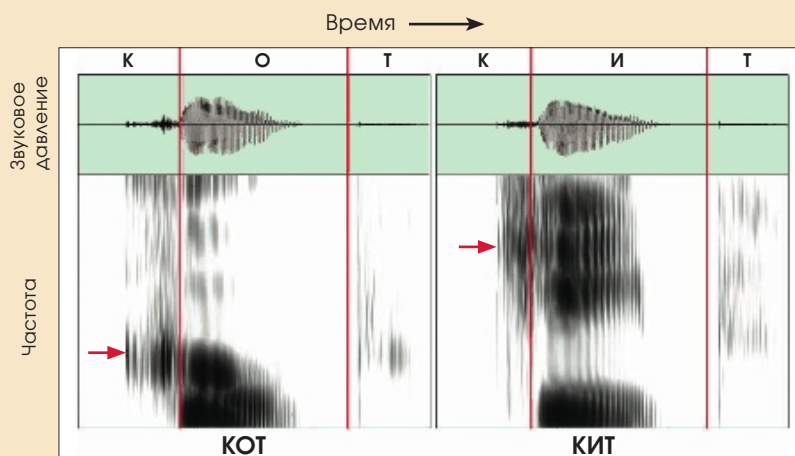
База данных для нашей программы *NAXPRES Synthesizer* содержит в среднем 10 тыс. записанных образцов каждой из 40 фонем английского языка. На первый взгляд это абсурдное излишество, но когда слова объединяются в предложения, относительная громкость и тональность каждого звука изменяется в соответствии с настроением диктора, с тем, что он хотел подчеркнуть, и с типом предложения (например, вопросительным или восклицательным). Поэтому образцы одной и той же фонемы, извлеченные из начитанных предложений, могут существенно отличаться. Некоторые дикторы говорят с различными просодиями, каждому из них свойственен свой фонематический контекст и т.д.

Поскольку человеческая речь удивительно сложна и полна нюансов, эксперты пока разобрались лишь в нескольких эффектах, общая совокупность которых определяет ее естественное звучание. Без помощи вычислительной техники здесь не обойтись. Мы использовали базу данных записей дикторов, чтобы построить статистическую модель для автоматического определения общих характеристик, отвечающих за повышение и понижение тона, изменение темпа и громкости речи каждого человека. Полученные результаты помогают сделать синтезированную речь более естественной.

Машины не смогут воспроизводить естественно звучащую человеческую речь, если технология разделения речи на фонемы и соединения фонем вместе не будет усовершенствована. У человека сочленение звуков происходит потому, что органы речи перестраиваются для произнесения следующего звука, еще не закончив предыдущий. Например, произносится слово «сад», мы отводим язык назад, а произносится слово «сон», мы выводим язык к зубам.

Проблема сочленения звуков усложняет работу синтезаторов речи. Произношение даже одной и той же буквы в различных словах сильно различается. Чтобы услышать различие в произношении буквы «к», попросите кого-нибудь выбрать либо «кит», либо «кот», но произнести только первую букву. Вы уже сможете угадать, какое слово было начато. Люди просто привыкли слышать букву «к» в различных контекстах. При синтезе речи звукоинженеры должны четко различать различные звучания одной и той же буквы. Каждая «к» должна быть поставлена в речи на нужное место, поскольку иначе речь не будет звучать правильно.

Но контекст – это далеко не все, что может влиять на звучание фонемы. Также играет роль, как фонемы расположены в слогах и словах. Шутливый пример тому – две фразы: «Солдаты удачи» (название журнала) и «Солдаты у дачи» (из газеты). Обе фразы содержат одинаковую фонетическую последовательность. Разница в произношении неуловима.



Аудиограммы показывают, как тонко может меняться звучание буквы «к» (красные стрелки) из-за того, что речевой аппарат работает немного иначе в зависимости от следующего звука.

Поговори со мной

Теперь рассмотрим элементы современного синтезатора речи в действии. Синтезатор речи фирмы *IBM* проводит весь процесс обработки буквально в сотые доли секунды, т.е. достаточно быстро, чтобы компьютер мог вести диалог с человеком в режиме реального времени. Сначала мы задаем текст, который нужно произнести, например: «Абонентская плата составляет \$80 в год». Система должна преобра-

зовать письменные символы в фонеме. Этот процесс намного сложнее, чем кажется на первый взгляд. Предложение содержит пунктуацию и сокращения, которые тоже необходимо произносить, так, на первом шаге текст переводится в однозначную последовательность слов. *NAXPRES Synthesizer* использует набор правил, позволяющих устранить двусмысленности. Например, при интерпретации словосочетания «пр. Ленина» сокращение ▶

«пр.» может читаться и как «проезд», и как «проспект».

Установив последовательность слов, система должна выяснить, как их следует произносить. Произношение иногда зависит от того, какой частью речи является слово (сравните: «машина едет» и «машина тетрадь»). Для определения частей речи программа использует грамматико-синтаксический анализатор:

**Абонентская (прилагательное)
плата (существительное)
составляет (глагол)
80 (числительное) долларов
(существительное) в (предлог)
год (существительное).**

На этом этапе синтезатор готов преобразовывать слова в фонемы. Он должен справляться с характерным произношением некоторых слов: опускать нечитаемые буквы (как в слове «солнце»), воспроизводить особенности имен собственных, а также владеть различными вариантами произношения некоторых слов («матрас» и «матрац»). Редкое предложение свободно от устных аномалий. Чтобы ощутить сложность задачи, вспомните хотя бы слово «заяц», которое читается как «заец».

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Исследования в области синтеза речи компании IBM (демонстрационный пример системы): www.research.ibm.com/fts
- Основные принципы построения систем синтеза речи: www.speechtechmag.com/issues/6-3/cover/88-1.html
- История развития систем синтеза речи: www.cs.indiana.edu/rhythm/ASA/Contents.html
- Фрагменты звучания различных речевых синтезаторов можно прослушать на www.cslu.ogi.edu/fts/research/history
- Технические подробности современных систем синтеза речи: <http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/introfts.html>
- TTS Update. TMA Associates Web site: www.ttsupdate.com

После преобразования слов в фонемы получается примерно следующее:

**А бань э н с к а я / п л а т а / с
а с т а в л ь а й э т / в о с ь м ь д и
с ь а т / д о л а р о ф / в / г о т**

Подбор фонем

Подобрать подходящие экземпляры фонем очень непросто. Звучание каждой из них немного изменяется в зависимости от того, какие фонемы предшествуют ей и следуют за ней. Это явление называется сочленением звуков (см. врез на стр. 39). В примере с абонентской платой содержится 21 фонема. Поскольку на каждую фонему приходится в среднем 10 тыс. вариантов звучания, получаем – страшно представить! – $10\,000^{21} = 10^{84}$ вариантов произношения фразы. Поэтому для определения наиболее подходящего звучания применяется технология эффективного поиска в базе данных, так называемое динамическое программирование.

Когда синтезатор собрал наиболее подходящие записи фонем в последовательность, остается состыковать звуки. Если смежные фонемы немного различаются по тональности, предложение получается неровным, булькающим. Чтобы скорректировать несоответствие звучания, система выполняет небольшую подстройку тональности фонем, а также сглаживает (опускает или поднимает) тон в начале и конце каждой из них.

Для дальнейшего обсуждения

Мы с коллегами часто задаемся вопросом: должна ли компьютерная речь быть неотличимой от человеческой? Скорее всего, нет. Во-первых, никому не хотелось бы попасть из-за этого в глупое положение. Во-вторых, естественно звучащая речь не очень-то подходит для бортовых компьютеров автомобилей, детских игрушек, персонажей мультфильмов и компьютерных

игр. В идеале хотелось бы создать приятный выразительный голос, который людям было бы приятно слушать. Быть может, нужно стремиться к разработке электронных систем, достаточно «умных», чтобы облегчить общение человека с машиной. Рассмотрим пример.

Клиент: – Я хотел бы заказать билет на авиарейс в Токио во вторник утром.

Компьютер: – В наличии два билета на рейс во вторник вечером.

Способность программы подчеркнуть слово «вечер», противопоставив его слову «утро» из запроса, чрезвычайно упростила бы обмен информацией: клиент сразу поймет, что билетов на утренние рейсы вообще нет и компьютер предлагает альтернативу. Общаясь с информационной системой, лишенной интонаций, человек может подумать, что компьютер просто неправильно истолковал запрос. Разработчики хотели бы, чтобы фраза «Сожалею, но на вторник билетов нет» произносилась извиняющимся тоном или, по крайней мере, не столь весело, как «Здравствуйте! Чем я могу вам помочь?».

Недавно мы разработали опытный образец системы, которая генерирует речь с разной интонационной окраской. Помимо основного, нейтрального выражения, она может синтезировать предложения, которые звучат ободряюще, вопросительно или извинительно. Чтобы облегчить восприятие, программа также может делать логическое ударение на отдельных словах.

Следующим нашим шагом будет действительно выразительная вокализация. Ведь на самом деле компьютер не понимает того, что произносит, и у него могут быть проблемы с тончайшими осознанными нюансами речи, которые может воспроизвести даже ребенок. Поскольку возможности человеческого голоса безграничны, специалистам по синтезу речи еще есть над чем работать. ■



Уэйт Гиббз

ОЖИРЕНИЕ: НЕПОМЕРНО РАЗДУТАЯ ПРОБЛЕМА?

Все больше ученых не разделяют общепринятые взгляды на проблему ожирения.

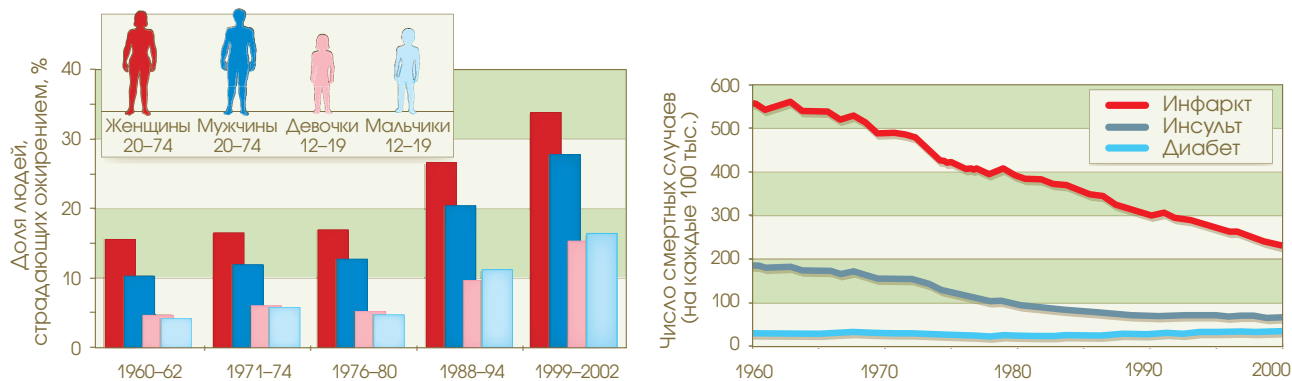
Как бы вы отнеслись к утверждению, что чрезмерный вес и даже ожирение сами по себе не несут угрозы здоровью человека (в США тучностью страдают 6 взрослых из 10)? Или что бы подумали, услышав, будто стремление сбросить лишний вес, ограничивая себя в еде, может принести больше вреда, чем пользы?

Подобного рода заявления – прямой вызов давно укоренившимся представлениям, что ожирение ежегодно уносит жизни многих сотен тысяч американцев и что начавшееся с 1980 г. увеличение средней массы тела жителей США приведет к настоящей эпидемии диабета, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Подобные опасения подтверждает и «Специальный доклад» Джея Ольшански (S. Jay Olshansky) и Дэвида Аллисона (David B. Allison), опубликованный в мартовском номере журнала *New England Journal of Medicine*. В нем говорится, что надвигающаяся «эпидемия ожирения» может свести на нет постепенное увеличение средней продолжительности жизни людей, наблюдающееся последние 200 лет. В откликах на выступление, появившихся в *New York Times*, *The Washington Post* и других солидных изданиях, врачи предрекают уменьшение

средней продолжительности жизни на пять лет в течение ближайших десятилетий.

В то же время все громче звучат голоса тех, кто укоряет специалистов, занимающихся проблемами избыточного веса, медиков и журналистов в том, что они нагнетают обстановку без достаточных на то оснований. Такого рода высказывания появились в целом ряде вышедших недавно публикаций (*The Obesity Myth*, Paul Campos, 2004; *The Obesity Epidemic*, Michael Gard, Jan Wright, 2004 и т.д.). Стоит упомянуть и о книге, где перечисляются наиболее распространенные заблуждения относительно разного рода диет и других способов сбросить вес, написанной Барри Гласснером (Barry Glassner) (она выйдет в 2006 г. в издательстве HarperCollins).

Авторы упомянутых критических работ (представители академической науки, а не медицинского сообщества) не оспаривают результатов обследований, согласно которым доля людей с избыточным весом в США и многих странах Европы за последние 20 лет увеличилась вдвое. Они признают также, что ожирение, особенно в его крайних формах, действительно может влиять на возникновение некоторых заболеваний и на сокращение продолжительности жизни. ▶



С 1980 г. доля людей, страдающих ожирением, увеличилась в США вдвое среди взрослого населения и втрое – среди детей (вверху). При этом смертность от диабета возросла незначительно, а от инфаркта и инсульта, вопреки ожиданиям, и вовсе не увеличилась (внизу).

Однако они считают необоснованным возведение проблемы излишнего веса в ранг катастрофы. Так, они скептически относятся к словам Джули Гербердинг (Julie L. Gerberding), директора Центра по контролю и предотвращению заболеваний (CDC), утверждающей, что «любая эпидемия, будь то эпидемия гриппа или чумы в Средние века, не так опасна, как ожирение с точки зрения ее последствий для человечества». (Заметим, что пандемия гриппа, разразившаяся в 1918–1919 гг., унесла жизни 40 млн. человек, в том числе 675 тыс. американцев.)

Но, как считает Эрик Оливер (J. Eric Oliver), специалист в области политических наук из Чикагского университета, больше всего настаивает на том, что «небольшая группа ученых и медицинских работников,

многие из которых прямо спонсируются фирмами, производящими различные средства для снижения веса, разработали произвольные, не имеющие научного обоснования критерии избыточности веса и ожирения. Они дают завышенные оценки и искаженные статистические данные о возможных последствиях увеличения среднестатистической массы тела, при этом игнорируя непростые соотношения избыточного веса и состояния здоровья».

Один из наиболее сложных факторов, которому не уделяется должного внимания, – генетический. Как напоминает Пол Кампос (Paul Campos), профессор права Колорадского университета в Боулдере, хорошо известно, что генетические различия отвечают за 50–80% вариаций в степени ожирения.

Поскольку ни одна из безопасных и практически осуществимых методик не дает долговременного и стабильного уменьшения веса более чем на 5%, «работники здравоохранения советуют поддерживать показатель массы тела (BMI, от англ. *body mass index*) в здоровом диапазоне, что для многих заведомо невыполнимо», – говорит Кампос. BMI – это отношение массы тела к квадрату роста (см. вставку на противоположной странице вверху).

Как заявляют Кампос и Оливер, министерство здравоохранения и социальных служб США, CDC, а также Всемирная организация здравоохранения невольно вводят людей в заблуждение, преувеличивая опасность ожирения и обнадеживая людей, желающих снизить свой вес. Несбалансированная диета, к которой часто прибегают в стремлении похудеть, может нарушить хрупкое равновесие в организме и даже привести к обратному эффекту, т.е. повышению массы тела.

ОБЗОР: А ЕСТЬ ЛИ ПРОБЛЕМА?

- Традиционно считается, что избыточный вес сопряжен с развитием хронических заболеваний и что «эпидемия ожирения» угрожает здоровью населения.
- Однако по мнению ученых, чьи взгляды отражены в четырех недавно вышедших книгах, негативные последствия увеличения веса в среднем по популяции далеко не очевидны и почти наверняка не столь ужасны, как утверждают специалисты по проблеме ожирения, чиновники от медицины и журналисты.

Приговоренные к смерти

Многим столь необычные высказывания покажутся полной чужью. «Если вы вдруг прочтете в каком-нибудь медицинском издании, что в ожирении нет ничего плохого, вы решите, что мир сошел с ума», – говорит Джеймс Хилл (James O. Hill) из

Центра здоровья при Колорадском университете. В новом руководстве по диетологии, выпущенном министерством здравоохранения и социальных служб в январе, утверждается, что «высокий процент людей с лишним весом и ожирением угрожает здоровью нации; избыток жира в организме уменьшает продолжительность жизни, повышает риск развития диабета 2-го типа, гипертонии, способствует повышению уровня холестерина и возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, инсульта, болезни желчного пузыря, подагры, артритов и некоторых видов рака». Отсюда однозначно следует, что опасность для здоровья таит в себе любой, даже незначительный избыток веса и что высокий *BMI* служит не просто фактором риска, а диагнозом.

«Тщательный анализ результатов последних эпидемиологических и клинических исследований дает основание полагать, что такие оценки негативных последствий для здоровья не только завышены, но и зачастую неверны», – заявляет Кампос.

Согласно результатам недавнего всестороннего анализа трех масштабных исследований, смертность

Согласно решению федеральных органов США и в соответствии с рекомендациями ВОЗ все население страны разделено на шесть категорий в зависимости от величины показателя массы тела (*BMI*).

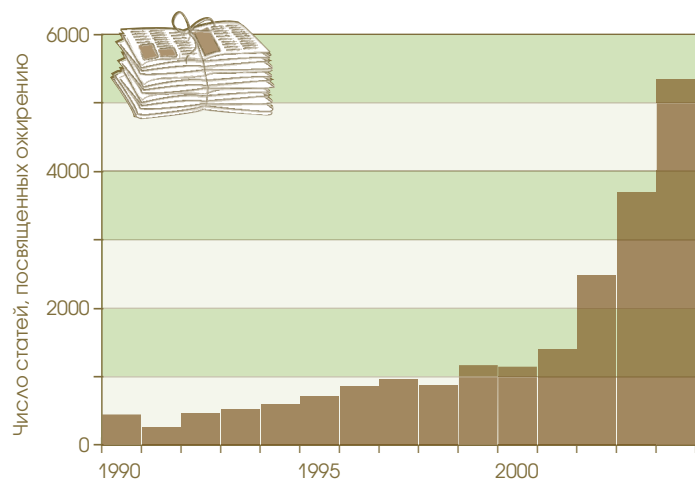
$$BMI = \frac{\text{(вес в килограммах)}}{\text{(высота в метрах)}^2}$$

Ниже 18,5	18,5 – 24,9	25 – 29,9	30 – 34,9	35 – 39,9	40 и выше
Дефицит веса	Норма веса	Излишек веса	Низшая степень ожирения (класс I)	Средняя степень ожирения (класс II)	Высокая степень ожирения (класс III)

среди людей с умеренной степенью ожирения ненамного превышает такую же среди тех, кто имеет нормальный вес. Если учесть возраст, расовую принадлежность, употребление алкоголя, курение и т.д., то вероятнее всего, для взрослых жителей США, обладающих лишними килограммами, риск преждевременной смерти немного ниже, чем для тех, чей вес находится в пределах нормы. Если говорить об избыточном весе и ожирении в целом, то данные факторы скорее уменьшают риск преждевременной смерти, чем увеличивают его. На это замечание Кампоса стоит обратить особое внимание, поскольку большинство американцев, чей вес выше нормы, относится как раз к данной категории.

По мнению Кэтрин Флегел (Katherine M. Flegal), главного научного сотрудника *CDC*, «дефицит веса более опасен, чем ожирение первой степени, хотя доля таких людей в популяции очень мала». Флегел опирается на свое исследование, результаты которого опубликованы в апреле в *Journal of the American Medical Association*. Предварительно они прошли внутреннюю экспертизу *CDC* и Национального института рака, а также независимую экспертизу референтов журнала.

Новые данные противоречат двум предыдущим оценкам, послужившим основой растиражированного заявления о том, что ожирение уносит ежегодно жизни более чем 300 тыс. американцев. Есть серьезные основания ▶



Число газетных публикаций, посвященных проблеме ожирения, растет с невероятной быстротой, но Майкл Гард и Джан Райт, авторы книги «Ожирение: наука, мораль и идеология», обвиняют СМИ в упрощенном толковании результатов научных исследований и нагнетании панических настроений в обществе.

Если говорить об избыточном весе и ожирении в целом, то данные факторы скорее уменьшают риск преждевременной смерти, чем увеличивают его.

полагать, что обе оценки были получены исходя из некорректных предположений вследствие статистических ошибок и использования устаревших сведений (см. вставку на с. 47).

Когда Флегел проанализировала самые последние данные о росте и весе населения за период с 1988 по 1994 г., а также о смертности вплоть до 2000 г., обнаружилось, что даже при большом проценте тучных людей никакого статистически значимого повышения смертности не отмечается. Может быть, полагает

Флегел, определенную роль здесь сыграло повышение уровня медицинского обслуживания больных с избыточным весом за последние десятилетия. Такая статистика укладывается в то же русло, что и неуклонное повышение продолжительности жизни и уменьшение смертности от инфарктов и инсультов за весь 25-летний период «эпидемии ожирения» в США.

Вернемся теперь к заявлению Ольшански и Аллисона о том, что за лишние килограммы приходится расплачиваться двумя–пятью

годами жизни. «Это не более чем вероятный сценарий, – уклончиво заявляет теперь Аллисон. – Мы никогда не подразумевали никаких реальных цифр». А тем временем пресса подхватила этот тезис, ни словом не обмолвившись о том, что он фактически ни на чем не основан.

Размер «платы за ожирение», вычисленной Ольшански, был получен исходя из нескольких удобных, но неверных предпосылок. Во-первых, они предположили, что *BMI* каждого взрослого американца, страдающего ожирением, лежит в диапазоне 30–35 (нижний и верхний пределы для категории «низшая степень ожирения»). Затем они сопоставили полученную упрощенную картину с воображаемой популяцией, в которой ни у одного взрослого *BMI* не превышает 25 (верхнего предела «нормального веса») и дефицит веса соответствует нулевому риску уменьшения продолжительности жизни.

Чтобы оценить смертность от ожирения, авторы использовали данные о рисках более чем десятилетней давности (между тем Флегел располагает новейшими сведениями, которые адекватно отражают нынешнюю ситуацию). Далее они предположили, что факторы, влияющие на продолжительность жизни, не только постоянны, но и неподвластны достижениям современной медицины.

Если принять все эти допущения, то и тогда уменьшение ожидаемой продолжительности жизни североамериканцев (толстяков-рекордсменов) составит всего 4–9 месяцев. («От двух до девяти лет» было просто мрачным прогнозом того, что может случиться в будущем, когда дети с излишним весом, которых становится все больше, повзрослеют.) Авторы даже не дали себе труда определить, насколько в рамках принятых ими упрощений данные о сокращении продолжительности жизни в реальности отличаются от нуля.

ПОЛНОТА ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ – ХОРОШО ИЛИ ПЛОХО?

«Есть множество данных, свидетельствующих о том, что у пожилых людей ожирение меньше влияет на продолжительность жизни, чем у молодых», – говорит Кэтрин Флегел из *CDC*. – По некоторым данным, высокий *BMI* не является основным фактором риска в преклонном возрасте. В частности, обладая неким запасом питательных веществ в организме, пожилые люди лучше переносят госпитализацию. Поэтому, оценивая вероятность смерти от ожирения, очень важно учитывать, о какой возрастной категории идет речь. Ожирение в молодости может стать серьезным фактором риска, но реальное число летальных исходов очень мало».



В 1999 г. в *Journal of the American Medical Association* появился доклад Дэвида Аллисона и др., в котором утверждалось, что ежегодно от болезней, связанных с ожирением, умирает 300 тыс. жителей США. Публикация вызвала в СМИ настоящий ажиотаж. Между тем в докладе было множество неточностей и неправомερных предположений, основываясь на которых, авторы строили свои рассуждения.

Используемые в работе оценки были получены в результате экстраполяции немногочисленных измерений. А если параметры (в данном случае вес тела и рост) были недостаточно точны или репрезентативны, то и оценки оказывались неверными. Аллисон использовал данные о факторах риска, связанных с избыточным весом, полученные в шести разных исследованиях. В трех из них никаких измерений роста и веса вообще не проводилось, записывались значения, которые сообщали сами опрашиваемые. Между тем известно, что тучные люди имеют привычку занижать свой истинный вес. Только одно исследование под названием *NHANES I* отражало истинное положение дел в популяции. Но проводилось оно еще в 1970-х гг., когда смертность от сердечно-сосудистых заболеваний была гораздо выше, чем сейчас. В отличие от более поздних исследований не учитывался и такой важнейший фактор, как курение. Однако привычка к сигарете так сильно влияет на уровень смертности, что любое исследование, не учитывающее данный показатель, могло полностью изменить картину рисков, связанных с ожирением.

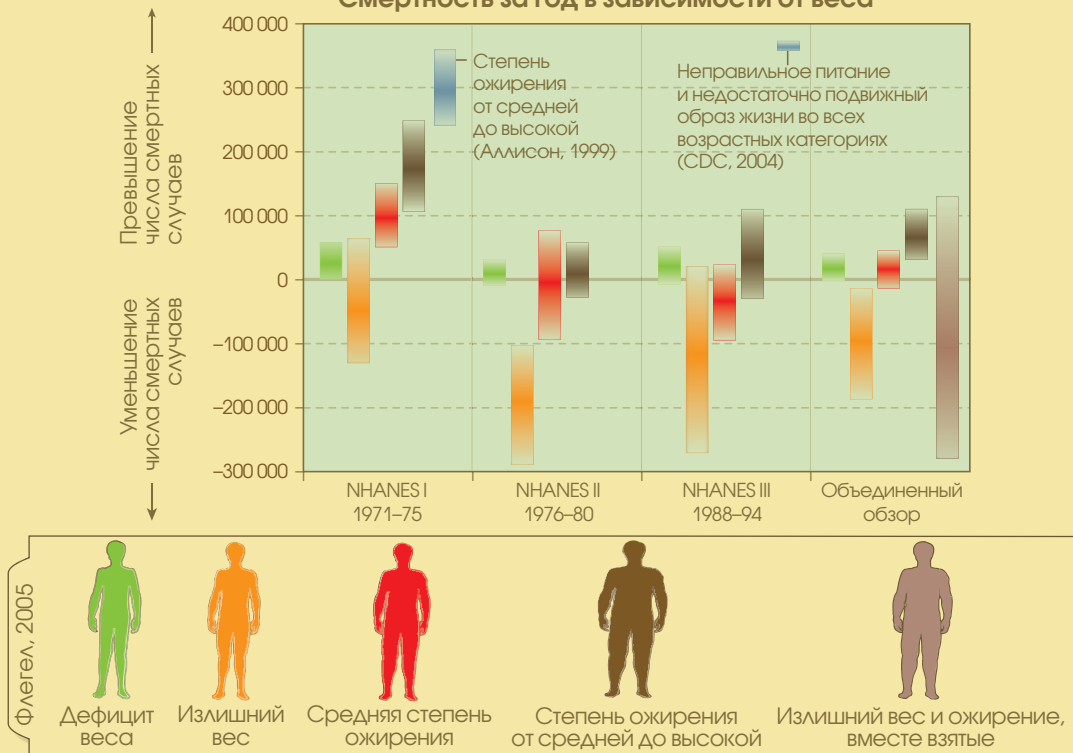
Но, вероятно, самым большим недочетом в статье 1999 г. стал тот факт, что авторы, фиксируя риски, связанные с высоким *BMI*, пренебрегли тем, что они уменьшаются с возрастом (см. вставку на противоположной странице).

Удивительно, что ни один из перечисленных недочетов даже не упоминался в статье, опубликованной в марте 2004 г. учеными из *CDC*. В числе авторов был и директор агентства, который настоял на более высокой оценке – 400 тыс. смертей. Бурная полемика, развернувшаяся вокруг этих данных, привела к тому, что *CDC* провела внутреннее расследование, и в январе 2005 г. авторы прошлогодней статьи сообщили, что они скорректировали свою оценку – теперь она составила 365 тыс. смертей в год.

Тем временем Кэтрин Флегел, также сотрудница *CDC*, подготовила публикацию с новыми, более точными сведениями, основанными на репрезентативных масштабных обследованиях, учитывающих вес и рост. Она предположила, что риск меняется с возрастом, и настоятельно рекомендовала скорректировать сомнительные показатели. Но самое главное – ее работа основывалась на самых свежих данных.

Как видно из приведенной схемы, остается неясным, имеет ли место увеличение смертности среди тучных жителей США. Даже среди людей со средней и высокой степенью ожирения (*BMI* > 35) оценка смертности за год может быть и на 122 тыс. выше, и на 7 тыс. ниже, чем среди тех, кто имеет нормальный вес.

Смертность за год в зависимости от веса



должна учитывать только ту смертность от ожирения, которая превышает норму для данной популяции. Во-вторых, использование показателя *BMI* нельзя признать бесспорным. И в-третьих, исследования все время твердят о смертности, однако не менее важны качество жизни и состояние здоровья нации.

Мы согласны только с одним постулатом: серьезное ожирение действительно увеличивает риск возникновения разнообразных заболеваний, но степень ожирения с *BMI* > 40 присуща только каждому двенадцатому члену той части взрослого населения Америки, чей вес превышает норму. Повышается ли при наличии лишних килограммов риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, рака или диабета – вопрос спорный.

Что касается сердечно-сосудистых заболеваний, то, по нашему мнению, пока их показатели никак не связаны с чрезмерным весом. Органы здравоохранения США не располагают информацией о распределении числа данных заболеваний по годам, поэтому в периодических обзорах фигурируют такие показатели, как смертность и факторы риска. Оба они падают.

В том же апрельском номере *JAMA* помимо статьи Флегел помещена и работа Эдварда Грегга (Edward W. Gregg) из *CDC*, в которой сообщается, что в период с 1960 по 2000 г. число людей, страдающих гипертонией, сократилось вдвое. Аналогичная тенденция наблюдается и в отношении уровня холестерина. Примечательно, что в обоих случаях уменьшение показателей в большей степени выражено у людей с избыточным весом и ожирением, чем у тех, чья комплекция соответствует норме. И хотя сегодня среди полных гипертоников вдвое больше, чем

среди худощавых, в статье отмечается, что состояние здоровья толстяков более обнадеживающе, чем 20–30 лет назад.

Новые наблюдения согласуются с опубликованными в 2000 г. данными, полученными ВОЗ в результате десятилетних обследований 140 тыс. жителей 38 городов четырех континентов. Группа ученых из Королевского университета в Белфасте обнаружила четкое увеличение показателя *BMI* и столь

же четкое снижение артериального давления и уровня холестерина. «Такие факты, на наш взгляд, трудно совместимы», – писали они тогда.

Как полагает Грегг, дело в том, что отрицательные последствия повышения *BMI* были с лихвой компенсированы положительными результатами тщательного наблюдения за людьми с ожирением и своевременного принятия мер по снижению у них артериального давления и уровня холестерина. Возможно также, что, заметив увеличение веса, люди стали заниматься физическими упражнениями, чего они не делали раньше. Известно, что умеренные занятия спортом – лучший способ избежать инфаркта.

Оливер и Кампос рассматривают еще одну возможность: ожирение является лишь одним, а иногда единственным видимым маркером, за которым стоят другие данные, более важные, но менее заметные. Характер питания, физические нагрузки, стрессовые ситуации, уровень дохода, обстановка в семье, распределение жировых отложений – вот лишь малая часть

из более чем 150 описанных в медицинской литературе показателей, которые могут влиять на вероятность возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Как замечает Оливер, «учитывать лишь один фактор – все равно что приписывать главную роль в возникновении рака легких не курению, а пропахшей дымом одежде, желтым зубам и неприятному запаху изо рта».

Что касается рака, то в докладе за 2003 г., где сообщается о результа-

Смертность среди людей с умеренной степенью ожирения ненамного превышает таковую среди тех, кто имеет нормальный вес.

тах длившегося 16 лет наблюдения за 900 тыс. взрослыми американцами, говорится о значительном увеличении смертности от некоторых видов рака среди людей с излишним весом или небольшой степенью ожирения. Однако большинство видов данного заболевания, предположительно связанных с ожирением, встречаются очень редко. Среди женщин с высоким *BMI* слегка вырос риск развития рака прямой кишки и молочной железы, возникающего в постменопаузе, а среди мужчин с излишним весом и ожирением некоторое распространение получил рак простаты и прямой кишки. Зато в одном отношении и для мужчин, и для женщин ожирение оказывается благом: оно защищает их от рака легких, самого смертоносного онкологического заболевания (см. вставку слева).

Проблема ожирения: «Уловка-22»*

К мысли, что ожирение представляет серьезную угрозу здоровью, подтолкнули исследования проблемы диабета 2-го типа. Медики ▶

* «Уловка-22» – название романа американского писателя Дж. Хеллера. Парадоксальная бюрократическая уловка, ставящая человека в безвыходное положение. – Прим. ред.



Высказывания клиницистов о проблеме лишнего веса, основанные на некорректных исследованиях, привели общество в состояние панического страха и ожидания настоящей эпидемии ожирения. Таково мнение Пола Кампоса, автора книги «Миф об эпидемии ожирения». Он обрушился с критикой на медицинское сообщество «за агрессивную, лишённую научного обоснования пропаганду» необходимости снижения веса.

обнаружили, что существует биологическая связь между степенью ожирения, выработкой инсулина и высоким уровнем сахара в крови. По оценкам *CDC*, 55% взрослых людей, больных диабетом, страдают ожирением, что значительно

среди детей), что причиной тому прогрессирование ожирения, а решением проблемы может стать только снижение веса. В 2003 г. *CDC* заявил, что распространение диабета (как диагностированного, так и недиагностированного) почти не уве-

ко если подобное нарушение зафиксировано дважды и более. В своей статье Грегг вновь возвращается к часто упоминаемому «факту», что на каждых пятерых больных с диагностированным диабетом приходится трое пациентов с недиагностированным. Однако, по его мнению, здесь больше подошел бы термин «предполагаемый диабет», поскольку всего один положительный тест по методу, используемому *CDC*, может ничего не показать.

Так, в 2001 г. во Франции были обследованы 5,4 тыс. мужчин, которым за 30 месяцев до того был поставлен диагноз «диабет» по результатам теста, проведенного по схеме *CDC*. Оказалось, что у 42% из них никакого диабета не было. Основанием к такому выводу послужили ре-

Борьба с ожирением – хороший способ разбогатеть.

превышает 31% в среднем по популяции. И поскольку тучных людей становится все больше, то же самое происходит и с числом больных диабетом, возникает мысль, что одно может порождать другое.

Приверженцы других взглядов не согласны с заявлением, что диабет «набирает обороты» (в том числе

личилось с 1990-х гг., несмотря на резкий рост числа полных людей.

Термин «недиагностированный диабет» относится к тем случаям, когда в ходе обследования у человека отмечался единичный эпизод повышения уровня сахара в крови, в то время как о диагностированном диабете можно говорить, толь-

зультаты обследования по методу «золотой стандарт». При этом ложноотрицательный результат был получен только в 2% случаев.

«Сегодня нередко встречаются дети в возрасте от 10 до 12 лет, у которых налицо признаки начинающегося диабета 2-го типа. Два поколения назад о таком никто не слышал», – говорит Хилл.

«Это не более чем широко распространенное заблуждение», – парирует Кампос, указывая на результаты обследования 2867 юношей и девушек, проведенное сотрудниками CDC с 1988 по 1994 г., когда было выявлено всего четыре человека, больных диабетом 2-го типа. Более конкретное исследование, проведенное в 2003 г., касалось 710 юных итальянцев в возрасте от 6 до 18 лет, страдающих высокой степенью ожирения. Более половины из них имели в роду больных диабетом, и тем не менее среди всех обследованных диабет был обнаружен всего у двоих.

Очевидно, что для выяснения причинной связи необходимы крупномасштабные долговременные эксперименты, в ходе которых изменялся бы только один параметр (например, вес), а все остальные оставались постоянными. Несколько контрольных исследований такого рода уже проведено. «Мы не знаем, что происходит, когда полные люди превращаются в худых, т.к. у нас нет способов выяснить механизм данного процесса, за исключением случаев хирургического удаления жира, которое сопряжено с серьезным риском и имеет массу побочных эффектов», – говорит Кампос.

«Примерно 75% взрослых жителей Америки озабочены своим весом и принимают меры к его снижению», – заявляет Али Мокдад (Ali Mokdad), глава отделения CDC по исследованию поведения людей. 71 млн. американцев соблюдают специальную диету, а нация в целом тратит \$46 млрд. на приобретение препаратов для похудения и оплату

соответствующих услуг. Увлечение разнообразными диетами старо как мир, а в последнее время широкое распространение получили и хирургические методы избавления от лишнего веса. Так, в 2000 г. подобных операций было проведено 37 тыс., а в 2004-м – уже 140 тыс. И тем не менее, когда Флегел и его коллеги предприняли исследование, с тем чтобы выявить число по-

Примерно 75% взрослых жителей Америки озабочены своим весом и принимают меры к его снижению.

жилых людей, страдавших ожирением и перешедших в более легкую весовую категорию, они обнаружили, что только 6% респондентов с нормальным весом десять лет назад были очень полными.

Как полагает Кампос, для многих людей диета не только не дает никаких результатов, но даже контрпродуктивна. Результаты крупномасштабного исследования кормящих матерей, проведенного Гарвардской медицинской школой, показывают, что 39% женщин сбросили вес только затем, чтобы снова его набрать. Спустя какое-то время они весили на четыре килограмма больше, чем те, кто не принимал никаких мер.

Сторонники похудения указывают на результаты двух исследований, проведенных в 2001 г. Согласно полученным результатам, если люди, которым грозил сахарный диабет, придерживались особой диеты и занимались специальными физическими упражнениями, угроза диабета 2-го типа уменьшалась на 58%. Снижение веса у участников эксперимента было незначительным: 2,7 кг в течение двух лет в первом случае и 5,6 кг в течение трех лет – во втором.

«Нередко можно услышать, будто данные опыты доказывают, что путем уменьшения веса можно предотвратить диабет», – комментирует

Стивен Блэр (Steven N. Blair), специалист по проблемам ожирения, директор Куперовского института в Далласе. – Но это не соответствует действительности». Дело, в частности, в том, что в них не участвовала контрольная группа, члены которой получали бы сбалансированное питание и занимались обычными, а не специальными физическими упражнениями. Поэтому нельзя

исключить, что небольшое уменьшение веса испытуемых – результат воздействия каких-то других факторов. И в самом деле, согласно опубликованному в январе данным, одна только еженедельная 2,5-часовая прогулка снижает риск развития диабета на 63–69%.

«Генри Менкен сказал как-то, что любая сложная проблема имеет простое решение. Нужно перестать трубить во все трубы, что ожирение – это катастрофа, что тучным людям просто не хватает силы воли, чтобы сбросить вес, и что на земле наступят райские времена, если мы все похудеем», – замечает Блэр. На эту проблему нужно смотреть более широко. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

■ **Physical Activity in the Prevention of Type 2 Diabetes in Diabetes.** Vol. 54, pages 158–165; January 2005.

■ **Excess Deaths Associated with Overweight, Underweight and Obesity.** Katherine M. Flegal et al. in Journal of the American Medical Association, Vol. 293, pages 1861–1867; April 20, 2005.

■ **Secular Trends in Cardiovascular Disease Risk Factors according to Body Mass Index in US Adults.** Edward W. Gregg et al. in Journal of the American Medical Association, Vol. 293, pages 1868–1874; April 20, 2005.

Грэхем Коллинз

ПОЛУЧЕНИЕ ХОЛОДНОГО АНТИВЕЩЕСТВА



С помощью
низко-
энергетических
атомов
антиводорода
ученые проверяют
фундаментальные
свойства
Вселенной.

Атомы антиводорода, состоящие из антипротона (зеленый) и вращающегося вокруг него позитрона (красный), сталкиваются со стенками аппаратуры и аннигилируют, испуская высокоэнергичные частицы.

Частицы антивещества полностью копируют все свойства обычных частиц, но имеют противоположный заряд. Встреча двух близнецов с разными знаками непременно заканчивается энергичной аннигиляцией. Если смешать по 1 г вещества и антивещества, то выделится столько же энергии, как при взрыве 40 тыс. тонн тротила. Ее хватило бы на обеспечение электричеством 5 тысяч коттеджей в течение года.

В природе антивещество встречается очень редко. Некоторые радиоактивные вещества испускают позитроны (античастицы электронов), которые используются в медицине для позитронной эмиссионной томографии. Небольшое количество антипротонов постоянно приходит из космоса вместе с космическими лучами. Кроме того, множество античастиц возникает при столкновении высокоэнергетических космических лучей с атомами в атмосфере. Неизвестно, существуют ли в природе атомы антивещества, но их изучение помогло бы глубже понять фундаментальные законы физики. Поэтому ученые пытаются создать искусственные антиатомы.

Первые антипротоны были получены в 1955 г. при столкновении протонов с медной мишенью на ускорителе-беватроне в Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли. В ходе процесса, обратного аннигиляции, часть энергии столкновений превращается в пары протонов и антипротонов. Сегодня в Национальной лаборатории им. Ферми в Батавии, штат Иллинойс, ученые сталкивают антипротоны, циркулирующие в огромных накопительных кольцах, с протонами и изучают поведение этих частиц при сверхвысоких энергиях.

Антиатомы впервые были созданы в 1995 г. в Европейской лаборатории физики элементарных частиц близ Женевы (CERN). Исследователи заставили пучок антипротонов, цир-

кулирующих в накопительном кольце, пересекаться со струей атомов ксенона. Иногда при столкновении рождалась пара электрон-позитрон, причем позитрон и антипротон отлетали вместе и образовывали атом антиводорода. Тогда было зарегистрировано девять антиатомов, летящих почти со скоростью света. В 1998 г. в таком же эксперименте в лаборатории Ферми было получено 57 антиатомов.

Но от антиатомов, движущихся с такой скоростью, мало пользы. Для подробного изучения их необходимо удерживать в атомной ловушке, предварительно замедлив и охладив ниже 0,5 К. Над решением этой задачи работают две конкурирующие группы исследователей из CERN. Группа ATRAP во главе с Джеральдом Габриэлсом (Gerald Gabrielse) из Гарвардского университета образовалась из существовавшей ранее группы TRAP, которая задавала тон в работах по захвату и охлаждению антипротонов. Группа ATHENA во главе с Рольфом Ландуа (Rolf Landua) из CERN приступила к исследованиям позже, но в 2002 г. вышла в лидеры, на несколько недель раньше других опубликовав статью с сообщением о регистрации холодных атомов антиводорода. Другая команда, ASACUSA, изучает экзотические атомы гелия, в которых электрон заменен антипротоном.

Хотя некоторые ученые все еще надеются использовать антивещество в двигателях (см. врез на стр. 59), основная цель современных экспериментов с античастицами – проверка CPT-симметрии, которая связывает свойства частиц и соответствующих античастиц. Согласно теории, и те и другие должны подчиняться одним и тем же физическим законам. Исследователи пытаются накопить в ловушке достаточное количество антиатомов и выяснить, на одинаковых ли частотах поглощают и излучают свет обычный водород и антиводород. ▶



ATHERNA – одна из двух установок, на которых в CERN создается холодный антиводород.

Если *CPT*-симметрия соблюдается, то их спектры должны быть идентичными.

Каждый отдельный вид симметрии, имеющий отношение к *CPT*-симметрии, в определенных случаях нарушается. Всякий раз, когда очередное предсказание, основанное на симметрии, оказывалось ложным, физики узнавали что-то важное о свойствах фундаментальных частиц и сил. Нарушение *CPT*-симметрии антиводородом могло бы стать прародителем всех нарушений симметрии и перевернуло бы современные представления ученых об окружающем мире.

Чтобы понять, что такое *CPT*-симметрия и почему она настолько важна, разделим ее на отдельные составляю-

щие: изменение знака заряда (*Charge*), инверсия четности (*Parity*) и обращение времени (*Time*). Изменение знака заряда – это замена всех частиц на античастицы. Инверсия четности – по существу, отражение в зеркале (говоря точнее, инверсия пространства относительно точки). Обращение времени означает как бы движение «киноленты» действительности в обратную сторону.

Говоря, что выполняется *P*-симметрия (иными словами, природа инвариантна относительно *P*-симметрии), мы подразумеваем, что любой физический процесс, наблюдаемый в зеркале, следует тем же самым законам, что и отражаемый процесс. Когда вы стоите перед зеркалом и подбрасываете мяч, *P*-симметрия кажется интуитивно очевидной: как же она может не соблюдаться во всех процессах? Ко всеобщему удивлению, в 1956 г. было обнаружено, что *P*-симметрия нарушается слабым ядерным взаимодействием, которое участвует в некоторых радиоактивных распадах. Кобальт-60, распадающийся в реальном мире, отличается от распадающегося кобальта-60, рассматриваемого в зеркале. Как и человеку, держащему ложку в правой руке и превращающемуся в зазеркалье в левшу, распаду кобальта-60 присуща лево- и правосторонность, изменяющаяся при отражении в зеркале.

Во многих случаях, когда нарушается *P*-симметрия, *CP*-симметрия сохраняется: зеркальное отражение атома антикобальта ведет себя точно так же, как реальный атом кобальта. Все выглядит так, будто античеловек – левша, а его отражение – правша, т.е. такое же, как и отражаемый человек. В 1964 г. физики выяснили, что в некоторых процессах *CP*-симметрия тоже нарушается. Несмотря на большую редкость, нарушение *CP*-симметрии, по-видимому, стало одной из причин преобладания вещества над антивеществом (см. врез на стр. 55).

Остается *CPT*-симметрия, т.е. то, что вы увидели бы в зеркале, в котором отражается прокручиваемая назад кинолента с запечатленными на ней античастицами. *CPT*-инвариантность означает, что в этом безумном обращенном антикино должны действовать в точности те же самые законы физики, что и в нашей действительности. Какое-либо отличие полностью обращенного антикино от реальности свидетельствовало бы о нарушении *CPT*-симметрии.

У *CPT*-симметрии глубокие математические корни: она является неотъемлемой частью уравнений квантовой теории поля, описывающих фундаментальные частицы и силы. Более полувека теория физики частиц целиком базировалась на квантовой теории поля, и нарушение *CPT*-симметрии, с одной стороны, означало бы ее крах, а с другой – указало бы путь дальнейшего развития физики, выходящей за пределы Стандартной модели (см. «Заря новой эры», «В мире науки», №9, 2003 г.).

Из экспериментов с нестабильными элементарными частицами физикам известно, что любое нарушение *CPT*-симметрии должно быть чрезвычайно малым. Кроме того, в результате опытов группы TRAP, в которых захваченные в ловушку антипротоны сравнивались с протонами, сохранение *CPT*-сим-

ОБЗОР: ПЕРВЫЕ АНТИАТОМЫ

- Частицы и античастицы отличаются лишь знаком заряда, а при столкновении друг с другом уничтожаются (аннигилируют) с выделением большого количества энергии. Недавно физикам удалось создать относительно медленные атомы антивещества.
- В будущем атомы антиводорода можно будет использовать для проверки одного из фундаментальных свойств Вселенной – *CPT*-симметрии. Даже малейшее ее нарушение стало бы важнейшим открытием, свидетельствующим о необходимости коренного пересмотра современной физической теории.
- Впрочем, пока температура получаемых антиатомов слишком высока, чтобы захватить их в ловушку и проверить *CPT*-симметрию. Поэтому сейчас ученые пытаются создать холодные низкоэнергетические атомы, пригодные для спектроскопии.

метрии было подтверждено с беспрецедентно высокой точностью. Но поиск должен продолжаться, поскольку есть причины ожидать, что нарушение *CPT*-симметрии может обнаружиться в еще меньшем масштабе (см. «Поиск нарушений теории относительности», «В мире науки», №12, 2004 г.). Спектроскопия водорода очень точна. Если бы такая же точность была достигнута для антиводорода, сравнение двух спектров позволило бы существенно повысить точность проверки *CPT*-симметрии устойчивых частиц.

Антивещество могло бы не только время от времени нарушать *CPT*-симметрию, но и по-иному взаимодействовать с гравитационным полем. Разумеется, оно не будет испытывать антигравитацию и отталкиваться от вещества. Но крошечная составляющая силы тяготения могла бы иметь обратный знак для антивещества. Такое открытие заставило бы ученых серьезно пересмотреть свои взгляды на гравитацию. Использовать заряженные античастицы (позитроны и антипротоны) для исследования гравитационных эффектов бесполезно: возмущения, вызываемые паразитными электрическими и магнитными полями, слишком велики. А вот нейтральные антиатомы можно было бы охладить лазером до чрезвычайно низких температур и наблюдать их свободное падение. Однако эксперименты с тяготением технически на несколько порядков сложнее, чем проверка соблюдения *CPT*-симметрии.

Антикомпоненты

Для создания атомов антиводорода требуются позитроны и антипротоны. Позитроны сравнительно легко доступны: они появляются в результате бета-распада многих радиоактивных изотопов. Зато антипротоны приходится синтезировать искусственным путем.

В *CERN* используют натрий-22, 1 г которого за секунду испускает

Из энергии, выплеснувшейся при Большом взрыве, должны были возникнуть равные количества вещества и антивещества. Почему же современная Вселенная почти полностью состоит из вещества? В 1967 г. великий советский физик Андрей Сахаров показал, что к такому дисбалансу могло привести нарушение *CP*-симметрии, заключающееся в различии скорости распада частиц и античастиц.

Сейчас для изучения нарушений *CP*-симметрии при распаде частиц и античастиц, называемых *B*-мезонами, проводятся два эксперимента – *BaBar* на Стэнфордском линейном ускорителе и *Belle* в Цукубе (Япония). В августе 2004 г. и американские, и японские исследователи объявили о прямом наблюдении сильного нарушения *CP*-симметрии при распаде *B*-мезонов: определенный тип распада происходил намного чаще для частиц, чем для античастиц.

Регистрируемые нарушения *CP*-симметрии в основном соответствуют предсказаниям Стандартной модели физики элементарных частиц. Лишь в одной реакции наблюдается немного более сильное нарушение *CP*-симметрии. Возможно, в природе существуют какие-то до сих пор не открытые элементарные частицы (см. «Заря новой эры», «В мире науки», №9, 2003 г.). Впрочем, пока наблюдаемые нарушения недостаточно велики, чтобы объяснить ими асимметрию вещества и антивещества во Вселенной в рамках модели Сахарова.

200 трлн. позитронов с энергией 550 кэВ, что эквивалентно температуре 6 млрд. °С. Чтобы их можно было использовать для создания холодного антиводорода, их следует замедлить от скорости испускания, которая составляет почти 9/10 скорости света, до нескольких километров в секунду. Замедление происходит в несколько этапов (см. *врез на стр. 56–57*). Приблизительно за 5 мин. аппарат *ATHENA* накапливает около 75 млн. позитронов, заторможенных магнитными и электрическими полями в высоком вакууме ловушки Пеннинга (названной так в честь физика Франса Мишеля Пеннинга, который изобрел ее в 1936 г.). В установке *ATRAP* захватывается приблизительно 5 млн. позитронов. Ловушки надежно удерживают позитроны: в течение часа теряется лишь незначительное их количество.

Поскольку антипротоны невозможно получить из радиоактивного источника, исследователи вынуждены создавать их из чистой энергии, направляя протоны на металлическую мишень. В результате столкновения помимо других частиц рождаются высокоэнергетические антипротоны. Чтобы создать холодный антиводород, экспериментаторы должны замедлить их до температуры охлажденных позитронов. На первой стадии замедления при-

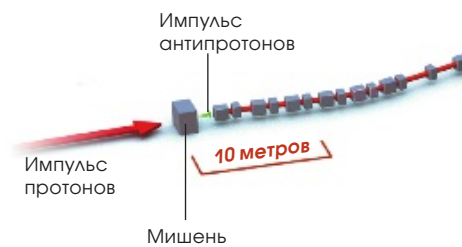
меняется та же технология, что и для ускорения частиц, только наоборот. С 2000 г. в *CERN* для этих целей используют антипротонный замедлитель. Каждые полторы минуты он испускает импульс, содержащий приблизительно 20 млн. антипротонов, которые мчатся со скоростью около 1/10 скорости света и имеют энергию примерно 5 МэВ. Далее они замедляются тонким алюминиевым окном, а затем в ловушке Пеннинга их энергия падает до нескольких электрон-вольт. Порции антипротонов, исторгаемые антипротонным замедлителем, можно последовательно накапливать в ловушке по методу, разработанному группой *TRAP*. Ловушка *ATHENA* может удерживать 10 тыс. антипротонов в течение многих часов, а аппаратура *ATRAP* позволяет добиваться более глубокого вакуума и два месяца удерживать 500 тыс. этих античастиц без заметных потерь.

Вложенные ловушки

Ловить заряженные частицы ученые научились десятилетия назад, но стандартные ловушки работают только с частицами, имеющими одинаковый знак электрического заряда (одинаковую поляризованность). Например, цилиндрическая ловушка Пеннинга, которая удерживает позитроны, не будет удерживать антипротоны. ▶

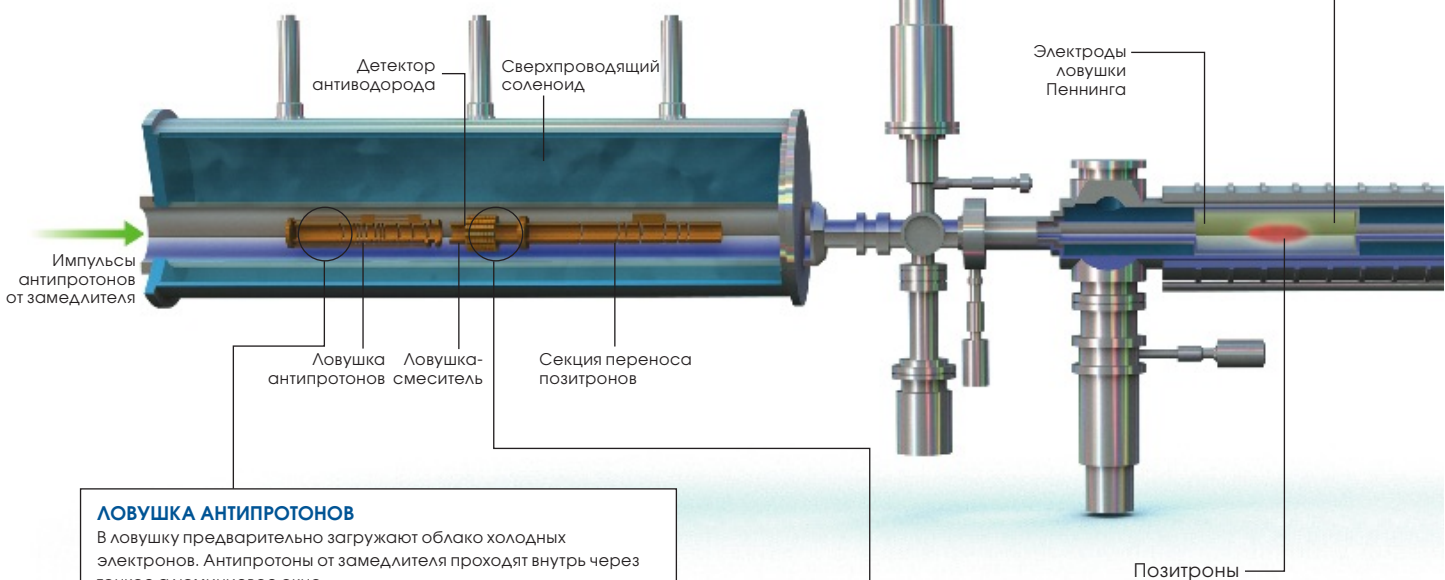
СОЗДАНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ ХОЛОДНОГО АНТИВОДОРОДА

Чтобы получить атомы антиводорода, физики должны создать и объединить антипротоны и позитроны. Замедлитель антипротонов в CERN (справа) поставляет антипротоны относительно низкой энергии для трех экспериментов – ATRAP, ATHENA и ASACUSA. Магнитные и электрические поля захватывают в ловушку антипротоны и позитроны на обоих концах похожего на трубу вакуумированного аппарата (внизу). Управляя полями, частицы сводят в ловушке-смесителе, где они образуют атомы антиводорода, которые затем детектируются. Принцип работы ловушки-смесителя был предложен группой ATRAP. Приведенные ниже диаграммы относятся к аппаратуре ATHENA.



ЛОВУШКА АНТИПРОТОНОВ И ЛОВУШКА-СМЕСИТЕЛЬ

Антипротонная ловушка (слева) собирает антипротоны, поступающие от замедлителя (левая схема внизу). Когда их накапливается достаточно много, они передаются в ловушку-смеситель. В ней в одной и той же области удерживаются антипротоны и позитроны, поступающие из показанного справа накопителя позитронов. Так формируются атомы антиводорода (средняя схема внизу).



ЛОВУШКА АНТИПРОТОНОВ

В ловушку предварительно загружают облако холодных электронов. Антипротоны от замедлителя проходят внутрь через тонкое алюминиевое окно.

Алюминий замедляет некоторые антипротоны.

Высокий электрический потенциальный барьер отражает замедленные антипротоны в ловушку. Антипротоны высокой энергии ускользают направо.

У левого конца быстро поднимается высокий потенциальный барьер, так что антипротоны двигаются вперед и назад, отражаясь на концах.

На каждом проходе антипротоны теряют энергию, передавая ее электронам, и в конечном счете собираются в центре ловушки. Затем левый барьер понижается, чтобы впустить следующий импульс антипротонов.

Алюминий
Антипротоны
Электроды
Холодные электроны
Электрический потенциал
Захваченные антипротоны

ВЛОЖЕННЫЕ ЛОВУШКИ-СМЕСИТЕЛИ

Позитроны невозможно собрать в той же потенциальной яме, в которой собирается облако антипротонов. Поэтому позитронная ловушка должна быть вложена внутрь антипротонной.

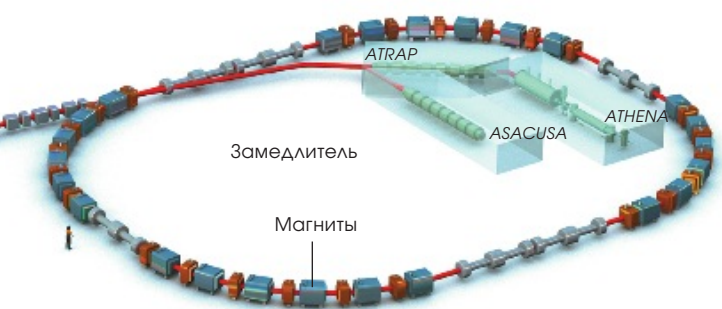
Антипротоны отражаются вперед и назад на границах большой глубокой потенциальной ямы с возвышением в середине.

Противоположно заряженные позитроны «видят» потенциал перевернутым, так что возвышение превращается в углубление наверху широкого холма.

Углубление захватывает в ловушку позитроны в пределах той же области, где находятся антипротоны, что и позволяет формироваться атомам антиводорода.

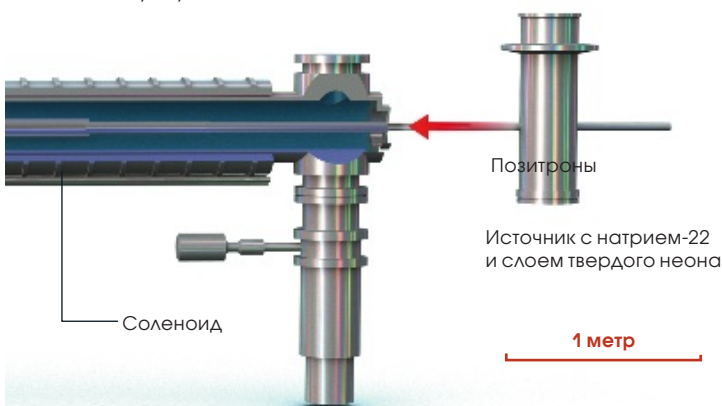
Потенциальная энергия, эВ
125
100
75
50
-50
-75
-100
-125

ВИД С ВЫСОТЫ ПТИЧЬЕГО ПОЛЕТА



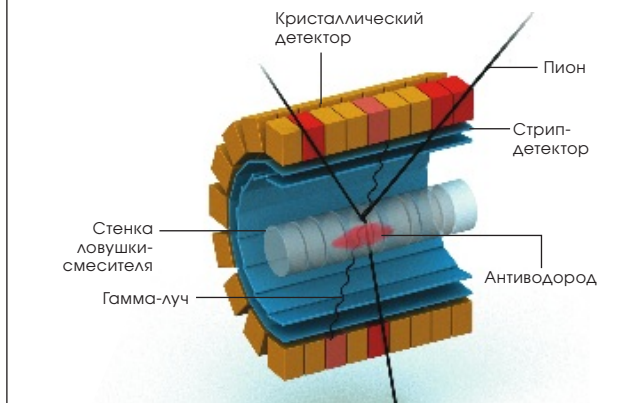
НАКОПИТЕЛЬ ПОЗИТРОНОВ

Позитроны, испускаемые источником с натрием-22 (крайний справа), замедляются сначала проходя через тонкий слой твердого неона, а затем в результате столкновений с газообразным азотом. Ловушка Пеннинга захватывает замедленные позитроны. Когда накапливается достаточно позитронов, азот откачивается, и частицы передаются в ловушку-смеситель.



ДЕТЕКТОР

Образующиеся в ловушке-смесителе нейтральные атомы антиводорода дрейфуют из ловушки и сталкиваются со стенками контейнера. Там антипротон и позитрон аннигилируют, испуская три пиона высокой энергии и пару гамма-квантов. Их обнаруживают слои датчиков частиц, окружающие область смешивания.



BRYAN CHRISTIE DESIGN

В ней магнитное поле ограничивает радиальное движение частиц, а электрическое выстраивает потенциальный барьер на концах цилиндра.

Для позитрона потенциал на конце цилиндра можно представить как скат, а саму частицу – как вкатывающийся по нему шар. Позитроны, движущиеся достаточно медленно, на подъеме теряют скорость, останавливаются, а затем скатываются в ловушку. К сожалению, у антипротонов противоположная полярность, и для них скаты на концах направлены не вверх, а вниз. Поэтому они беспрепятственно покинут ловушку и будут аннигилированы при столкновении со стенками, обеспечивающими вакуум. Чтобы удержать антипротоны, нужно изменить направление электрического поля, т.е. инвертировать потенциал.

Прием для одновременного захвата в ловушку объектов противоположной полярности был предложен Габриэлсом и его коллегами в 1988 г.: можно поместить неглубокую ловушку для частиц одной полярности в более глубокую ловушку для частиц противоположной полярности. Антипротон, захваченный в ловушку внешними стенками, видит глубокий колодец с возвышением в центре, как на доньшке винной бутылки. Для позитрона все потенциалы перевернуты, и возвышение становится впадиной на вершине холма, которая его и удерживает. И ATRAP, и ATHENA используют вложенные ловушки, чтобы собирать антипротоны и позитроны в области «возвышения». Группа Габриэлса продемонстрировала работу этой конструкции с протонами и электронами в 1996 г., а с антипротонами и позитронами – в 2001 г.

Столкновения между совместно захваченными в ловушку частицами иногда приводят к тому, что позитрон и антипротон начинают двигаться вместе по одной траектории. Вскоре они начинают обращаться друг вокруг друга, и – вуаля! – появляется атом антиводорода.

Детектирование антиатомов

Создав атомы антиводорода, исследователи сталкиваются с двумя проблемами. Во-первых, нужно как-то обнаружить антиатомы, чтобы доказать, что они действительно были получены. Во-вторых, это надо сделать быстро, поскольку электрически нейтральные атомы антиводорода без труда покидают вложенные электромагнитные ловушки.

Группа ATHENA использует вторую проблему как решение первой. Сталкиваясь со стенками контейнера, ускользающие атомы останавливаются. Почти сразу позитрон встречается с электроном одного из атомов стенки, а антипротон – с атомным ядром. Обе встречи заканчиваются аннигиляцией. В первой реакции возникают два гамма-кванта с характерной ▶

энергией (511 кэВ), которые разлетаются в противоположных направлениях. Гибель антипротона сопровождается рождением двух или трех пионов. Все названные частицы не сложно обнаружить. Всякий раз, когда детекторы регистрируют соответствующие гамма-лучи и пионы, исходящие одновременно из одной точки стенки, исследователи знают, что был создан атом антиводорода, который теперь разрушен.

К сожалению, не все так просто. При аннигиляции некоторых антипротонов возникает ливень позитронов, аннигиляция которых сопровождается эмиссией гамма-фотонов с энергией 511 кэВ, два из которых могут быть зарегистрированы. Поэтому даже одиночный антипротон может быть принят за атом антиводорода. Приходится оценивать уровень ложных сигналов и корректировать полученные результаты.

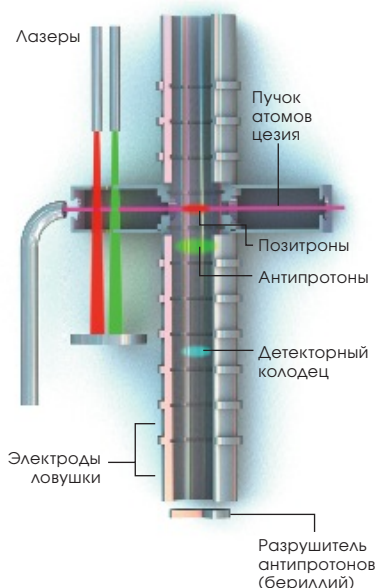
Группа *ATRAP* использует совершенно иную технику, позволяющую полностью устранить фон. В эксперименте учитываются только слабо связанные атомы антиводорода, которым удалось продвинуться вдоль оси цилиндрической ловушки (сильно связанные атомы и атомы, движущиеся в других направлениях, остаются необнаруженными). Нейтральные антиатомы легко проходят через высокий потенциальный барьер, который блокирует все паразитные антипротоны. Затем сильное электрическое поле расщепляет слабо связанные антиатомы на антипротон и позитрон. В конце концов полученные голые антипротоны захватываются другой электромагнитной ловушкой. Там они сначала накапливаются, а потом освобождаются и регистрируются по аннигиляции на близлежащих стенках.

Когда в двоекной ловушке нет позитронов, никакие антипротоны не обнаруживаются. Это доказывает, что одиночные антипротоны не могут преодолеть потенциальный барьер и попасть в удаленную ловушку. Таким образом, число отсчетов в детекторах, когда позитроны присутствуют, равно количеству нейтральных слабо связанных атомов антиводорода, двигавшихся в правильном направлении. Никакой фон учитывать не нужно.

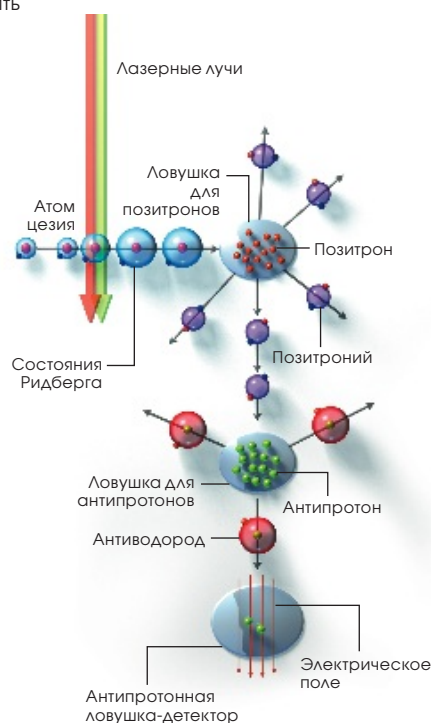
В 2004 г., изящно усовершенствовав описанную технику и используя осциллирующее расщепляющее поле, группа *ATRAP* собрала информацию о скоростях атомов антиводорода, т.е. об их температуре. Результат оказался обескураживающим: антиатомы, созданные и детектированные *ATRAP*, имели температуру 2 400 К – намного выше, чем компоненты ловушки, охлажда-

ЛАЗЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Группа *ATRAP* предложила отказаться от использования вложенных ловушек и управлять производством атомов антиводорода с помощью лазера (устройство показано внизу; процесс – внизу справа). Антипротоны и позитроны удерживаются в смежных ловушках, а позитроны переносятся к антипротонам нейтральными «атомами» позитрония (электрон и позитрон, обращающиеся вокруг общего центра). По идее, последовательность реакций должна гарантировать низкую скорость образующихся атомов антиводорода (т.е. их низкую температуру), но это еще не было подтверждено.



- 1 Атомы цезия из источника (печи) проходят через лучи лазера, настроенного так, чтобы перевести атомы в возбужденное, так называемое ридберговское состояние.
- 2 Позитроны в ловушке захватывают возбужденные электроны от атомов цезия, образуя позитроний, находящийся также в ридберговских состояниях. Будучи нейтральным, позитроний ускользает из ловушки во всех направлениях.
- 3 Некоторые из «атомов» позитрония перемещаются к ловушке антипротонов, где антипротоны захватывают позитроны, образуя атомы антиводорода, которые ускользают из ловушки во всех направлениях.
- 4 Некоторые из атомов антиводорода перемещаются ко второй ловушке антипротонов, где сильное электрическое поле отрывает от них позитроны. Детектируя захваченные в ловушку антипротоны, исследователи убеждаются в том, что действительно были созданы атомы антиводорода.

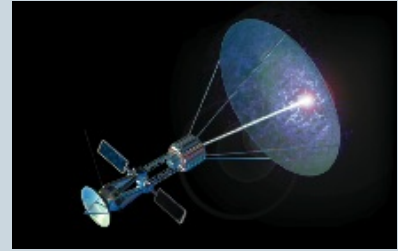


По данным NASA, в 42 мг антипротонов содержится не меньше энергии, чем в 750 т топлива и окислителя. Полезность такого концентрированного источника энергии очевидна, однако прежде, чем аннигиляционный привод на антивеществе можно будет использовать для космических путешествий, нужно решить целый ряд проблем.

Для начала следует придумать способ создания антивещества хотя бы в миллиграммовых количествах. Антипротонный замедлитель в CERN производит 20 млн. антипротонов каждые 100 с. Если он будет работать непрерывно в течение года, то произведет всего 10 пг (10^{-11} г = 10^{-8} мг) антипротонов. Кроме того, нужно научиться хранить большие количества антивещества. В типичных ловушках можно удерживать лишь миллионы нейтральных атомов. В 2003 г. на конференции NASA Стивен Хоув (Steven D. Howe) и Джеральд Джексон (Gerald P. Jackson) из Hbar Technologies предложили хранить антиводород в виде твердых шариков (антиводород, как и водород, замерзает при 14 К) диаметром 150 мкм, которые можно было бы наэлектризовать и подвесить в системе электростатических ловушек.

Даже если удастся запастись антивеществом, энергию аннигиляции следует как-то преобразовать в движущий импульс. Когда аннигилируют электрон и позитрон, энергия испускается в виде двух гамма-квантов, которые разлетаются в противоположных направлениях. При аннигиляции протона с антипротоном возникают короткоживущие пионы, обладающие высокой энергией. Их можно использовать для нагрева вольфрамового сердечника, по которому проходит водород. Тепловое расширение газа создавало бы движущую силу. Двигатель, в котором реактивная тяга создается потоком пионов, управляемых магнитным полем, был бы намного эффективнее, но его мощность оказалась бы слишком маленькой из-за ничтожного суммарного импульса этих частиц.

Хоув и Джексон предложили обстреливать шарики антиводорода парус из углерода, покрытого ураном. Под действием антивещества ядра урана начнут распадаться, и продукты распада создадут давление на парус, который будет тянуть космический корабль. Впрочем, пока нельзя с уверенностью утверждать, что антивещество будет эффективно способствовать расщеплению тяжелых ядер.



В двигателе на антивеществе используются шарики антивещества, вызывающие взрывы расщепления на парусе, покрытом ураном.

денные жидким гелием до 4,2 К. Для проведения точной спектроскопии атомы антиводорода нужно охладить ниже 0,5 К, собрать в атомной ловушке и пронаблюдать, как они поглощают лазерные лучи различных частот.

Лазерное производство

Стремясь получить более холодные антиатомы, группа ATRAP разработала лазерную систему для производства антиводорода, которая позволила избавиться от вложенных ловушек. В ней позитроны и антипротоны удерживаются в смежных, но отдельных потенциальных ямах (см. врез слева). Цепь реакций, инициируемая пучком возбужденных лазером атомов цезия, перемещает позитроны к антипротонам таким образом, чтобы в процессе формирования передать антиатому как можно меньшее количество энергии.

Группа ATRAP провела свой эксперимент всего за несколько часов в самом конце экспериментального сезона 2004 г., поэтому ученые не успели оптимизировать новую методику и зарегистрировали все-

го 13 антиатомов. «Есть все основания полагать, что они намного холоднее, чем атомы антиводорода, созданные во вложенной ловушке Пеннинга», — считает Габриэл. Впрочем, эту гипотезу необходимо проверить. Так или иначе, предстоит сделать еще один важный шаг, прежде чем для точной проверки CPT-инвариантности можно будет использовать антиатомы. Дело в том, что они образуются в сильно возбужденных состояниях (в так называемых состояниях Ридберга), и перед проведением спектроскопических измерений их нужно будет «развозбудить».

Кроме того, к концу 2004 г. группе ATHENA удалось сжать облачко антипротонов в тонкий, плотный столбик. Такая конфигурация может пригодиться для будущих экспериментов с магнитными ловушками, удерживающими атомы антиводорода.

Члены команды ATHENA также исследовали сам процесс получения антиводорода. Они пришли к выводу, что когда позитроны имеют комнатную температуру (300 К), производится почти столько же

антиатомов, как и при обычных для установки ATHENA 10 К. Этот факт противоречит простейшим теориям формирования антиатомов, согласно которым при такой температуре должно получаться в тысячи или даже миллионы раз меньше антиводорода. Ландау твердо верит, что существует какой-то неизвестный механизм, стабилизирующий антиводород в более горячей плазме. Если выяснится, что в результате некоего процесса антиатомы действительно переходят в самое низкое энергетическое состояние, то это будет хорошая новость для тех, кто стремится как можно точнее проверить CPT-симметрию с помощью спектроскопии.

Антипротонный замедлитель обычно функционирует ежегодно с мая до ноября. Однако в 2005 г. его вообще не будут включать: работы на ускорителях CERN приостановлены, а сэкономленные средства идут на строительство Большого адронного коллайдера. Лишь в мае 2006 г. ученые смогут возобновить изучение антиматерии, столь чуждой нашему привычному миру. ■



Возможно, люди начали носить украшения и покрывать тела татуировкой гораздо раньше, чем мы предполагали. Возраст этих бус из ракушек, найденных в пещере Блумбос в Южной Африке, 75 тыс. лет. Значит, уже тогда люди использовали символы, что, по мнению многих археологов, можно считать важнейшей особенностью деятельности современного человека.

Кейт Вонг

На заре СОВРЕМЕННОГО РАЗУМА

Некоторые находки говорят о том, что зачатки нашего интеллекта возникли гораздо раньше, чем мы предполагали.

Кейптаун, Южная Африка. Кристофер Хеншильвуд (Christopher Henshilwood) достает из небольшого пакета и передает мне потертую картонную карточку, на которой в три ряда наклеены 19 раковин улиток, каждая размером с кукурузное зерно. На первый взгляд кажется, что в них нет ничего примечательного, просто горсть никому не нужных скорлупок, посеревших от времени. На самом деле они обладают куда большей ценностью, чем сверкающие всеми цветами радуги ювелирные украшения от Картье.

«Ракушки найденные в пещере Блумбос, в 300 км к востоку отсюда, идеально подобраны по размеру, и в каждой имеется отверстие точно напротив устья раковины», — объясняет Хеншильвуд, археолог из Бергенского университета в Норвегии. Он считает, что 75 тыс. лет назад их собрали люди и проделали в них дырочки для того, чтобы смастерить красивые бусы. Если он прав, то скромные домики моллюсков можно считать самой главной драгоценностью человечества — древнейшим бесспорным свидетельством того, что уже в столь отдаленное время наши предки любили украшения и что их мышление стало похожим на наше гораздо раньше, чем считалось до сих пор.

Большой интеллектуальный взрыв

По всей видимости? *Homo sapiens*, обладающий анатомией современного человека, появился в Африке. В 2003 г. во время раскопок около эфиопской деревни Херто были обнаружены останки, возраст которых ученые определили в 160 тыс. лет. Однако в феврале 2005 г., изучив фрагменты человеческих костей из эфиопского поселка Омо Кибисш, исследователи объявили, что появление нашего вида относится к еще более ранней эпохе — 195 тыс. лет назад.

Археологические находки позволяют определить время возникновения человека разумного, но гораздо труднее оценить, когда он стал разумным в современном понимании этого слова.

На протяжении двух последних десятилетий преобладала точка зрения, что 40 тыс. лет назад человечество пережило некую поведенческую революцию. Ученые сделали такой вывод на основе изучения хорошо известных артефактов, обнаруженных в Европе и относящихся к ледниковому периоду. В то время здесь произошел переход от среднего палеолита (завершившегося примерно 40 тыс. лет назад) к верхнему, причем на тот же период приходятся принципиальные изменения ▶

в жизни древних людей. Обитатели среднего палеолита, по-видимому, на протяжении десятков тысяч лет изготавливали лишь простые однотипные каменные орудия и вели достаточно примитивный образ жизни. А с наступлением верхнего палеолита, вдруг наступил невиданный расцвет цивилизации и технологий. Неожиданно и повсеместно, от долины Роны до Среднерусской равнины, люди стали изготавливать разнообразное оружие, торговать с далекими племенами, расписывать стены пещер удивительными рисунками, извлекать гармоничные звуки из музыкальных инструментов, т.е. освоили те виды деятельности, которые принято считать признаками современной цивилизации. Похоже, в каменном веке произошел кардинальный прорыв.

Видимо, не случайно именно в период перехода от среднего к верхнему палеолиту *Homo sapiens* заявил о своих правах на Европу, которая ранее безраздельно принадлежала неандертальцам. Хотя нельзя сказать с определенностью, кто именно изготовил орудия начала эпохи верхнего палеолита, поскольку человеческие останки этого периода практически отсутствуют. Принято считать, что это были люди, похожие на нас, а не неандертальцы.



Раковины были собраны в устье реки на расстоянии 20 км от пещеры Блумбос и проколоты с помощью костяной иглы. Следы истирания вокруг отверстий свидетельствуют о том, что они были нанизаны в виде бус или браслета.

Некоторые исследователи предполагают, что противостояние между двумя группами разбудило в пришельцах из Африки дремавшие до сих пор творческие способности.

Другие специалисты утверждают, что культурный взрыв в Европе стал следствием перемен, произошедших несколько ранее в Африке. В частности, Ричард Клейн (Richard G. Klein) из Стэнфордского университета полагает, что резкий переход от среднего к верхнему палеолиту был обусловлен процессами, протекавшими в Африке на 5–10 тыс. лет раньше, где соответствующие культурные периоды называют

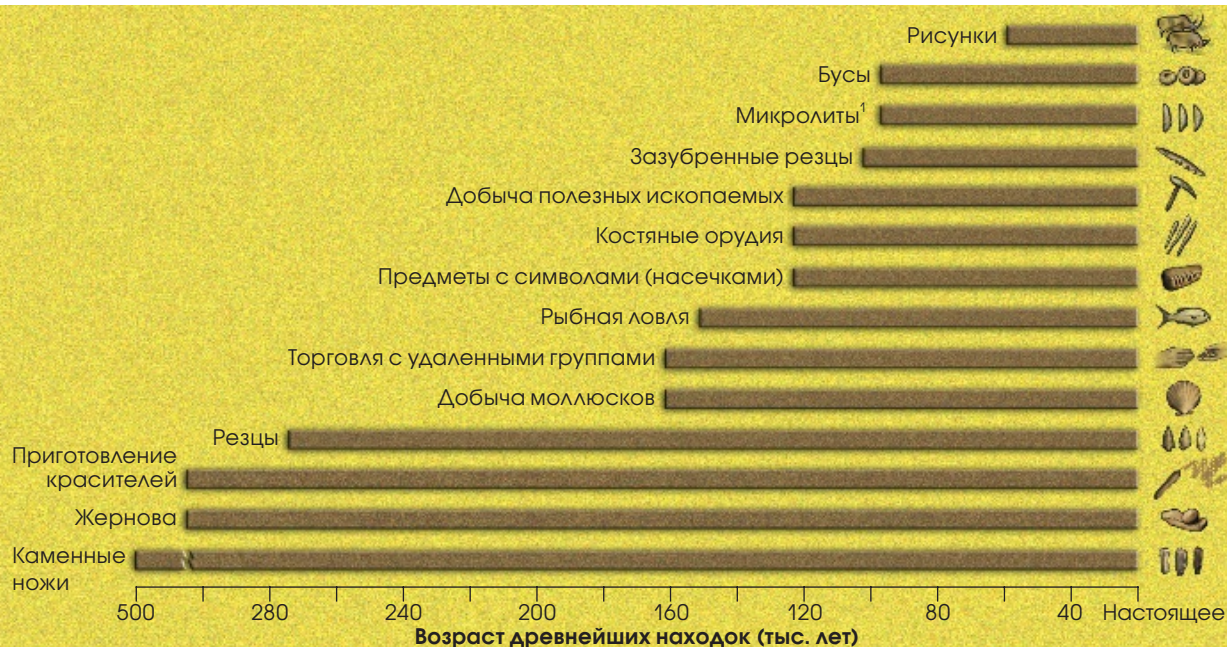
средним и поздним каменным веком. Согласно его теории, толчком к развитию послужило не столкновение с другими гоминидами (к тому времени в Африке у *H. sapiens* уже не осталось никаких соперников), а некоторая генетическая мутация, произошедшая около 50 тыс. лет назад. Именно она, по мнению ученого, повлияла на работу нервной системы и помогла нашим предкам вступить на путь прогресса.

«Главное подтверждение данной точки зрения, – говорит Клейн, – исследователи получили в центральной Кении, в местечке Энкапуне-Я-Муто, что означает «Сумеречная пещера». Сделанные там находки позволяют отнести начало позднего каменного века к периоду между 45 и 50 тыс. лет назад. Стэнли Амброуз (Stanley H. Ambrose) из Иллинойского университета обнаружил в пещере обсидиановые ножи, скребки размером с ноготь большого пальца и, самое важное, небольшие бусины в форме дисков из скорлупы страусиных яиц. Украшения располагались в слоях, относившихся к позднему каменному веку, их возраст составляет приблизительно 43 тыс. лет. Подобные бусы до сих пор дарят друг другу в племенах охотников-собирателей Кунг-Сан в Ботсване. Амброуз утверждает, что древние ювелиры из Сумеречной пещеры мастерили бусы с той же целью, что и их потомки. Они стремились укрепить добрососедские отношения с другими группами и оградить себя от несчастий. Если дело обстоит именно так, как утверждает Клейн, то дарованная генетикой возможность общаться с помощью символов (и, соответственно, умственные способности, позволяющие понять, как лучше охотиться и пользоваться имеющимися ресурсами) могли в конечном счете позволить нашему виду почти через 150 тыс. лет после возникновения отправиться в путь с родного континента и завоевать мир.

ОБЗОР: РАЗВИТИЕ МЫШЛЕНИЯ

- До недавнего времени археологи были убеждены, что обретение нашими предками современного мышления произошло стремительно и не так давно – около 50 тыс. лет назад, т.е. через сто с лишним тысяч лет после того, как они обрели анатомию современного человека.
- Последние находки в Африке доказывают, что многие элементы поведения современного человека были свойственны *H. sapiens* гораздо раньше, чем предполагалось.
- Сегодня многие ученые склоняются к мнению, что наш вид обладал интеллектом с момента своего появления, но начал использовать творческие способности лишь тогда, когда смог получить от этого некоторые преимущества.
- Возможно, *H. sapiens* был не единственным видом человека, наделенным развитым разумом: некоторые найденные артефакты свидетельствуют, что неандертальцы обладали определенными умственными способностями.

УСЛОЖНЕНИЕ АРТЕФАКТОВ В КАМЕННОМ ВЕКЕ



Археологические находки в Африке свидетельствуют о том, что отдельные элементы, характерные для деятельности современного человека, можно проследить задолго до рубежа (40 тыс. лет), установленного на основе результатов раскопок в Европе. Однако очевидно, что после этой даты люди активнее предавались привычным для нас занятиям, чем до нее. Было выдвинуто несколько гипотез, объясняющих причину столь резкого перелома, причем не все они противоречат друг другу.

Использование символов. Сохранение и передача информации в виде символов, будь то украшения, рисунки, речь или узор на орудиях труда, стало переломным моментом в деятельности современного человека, считают многие ученые, в том числе Кристофер Хеншильвуд из Бергенского университета в Норвегии. Видимо, способностью к образному мышлению *H. sapiens* был наделен с момента своего возникновения 195 тыс. лет назад, поэтому даже среди древнейших археологических находок изредка удается обнаружить признаки творческого взгляда на мир. Однако полностью реализовать свой потенциал человеку удалось лишь когда подобный тип мышления стал организующей основой его поведения, в результате чего начали, например, возникать торговые и военные союзы.

Экологическая катастрофа. Генетические исследования показывают, что примерно 70 тыс. лет назад *H. sapiens*, возможно, «прошел через бутылочное горлышко». По мнению Стэни Амброуза из Иллинойского университета, в результате выброса в атмосферу продуктов извержения вулкана Тоба на Суматре на Земле наступило катастрофическое похолодание (вулканическая зима), вслед за которым начался тысячелетний ледниковый период. Те группы людей, которые стали сотрудничать и делиться друг с другом ресурсами, имели больше шансов выжить в суровых условиях и передать свои гены следующим поколениям. Так человечество перестало быть стадом и перешло к социальной организации племени.

Металлическое оружие. Изобретение метательного оружия 45 и 35 тыс. лет назад позволило людям с безопасного расстояния поражать крупных животных и своих противников. По мнению Джона Ши из Университета в Стони-Брук, это заставило людей объединяться для нападения и защиты, что способствовало развитию социальной среды и беспрепятственному обмену информацией.

Увеличение плотности населения. Очаги образного мышления вспыхивали и гасли в разное время и в разных местах до тех пор, пока численность населения не достигла критической массы. Тогда столкновения между группами и борьба за ресурсы побудили к использованию символов и подстегнули развитие технологий, – так думают Алисон Брукс из Университета Джорджа Вашингтона и Сали Макбрирти из Коннектикутского университета. И когда на Земле стало больше людей, готовых подхватить возникающие традиции, те стали закрепляться, вместо того чтобы исчезнуть с последним умельцем клана.

Мутация, повлиявшая на мозг. Удачная генетическая мутация, произошедшая около 50 тыс. лет назад, преобразовала человеческий мозг таким образом, что он приобрел способность к выражению мысли в виде символов, в том числе и к речи, – считает Ричард Клейн из Стэнфордского университета. Люди, наделенные такими способностями, имели существенные преимущества перед остальными и быстро их вытеснили.

¹ Миниатюрные каменные пластины, служившие наконечниками стрел и вкладными лезвиями.

Семена перемен

В последнее время все больше археологов стало отказываться от теории большого интеллектуального взрыва в пользу совершенно другой модели. Сторонники новой точки зрения убеждены, что про-

цесс развития мозга не отставал от совершенствования тела. Наоборот, деятельность современного человека формировалась постепенно на протяжении длительного времени в ходе процесса, который уместнее было бы назвать не революцией,

а эволюцией. А некоторые ученые полагают, что мышление современного типа могло возникнуть и у других видов гоминид, в том числе у неандертальцев.

Представление о том, что наши уникальные творческие способности ▶

СОВРЕМЕННОЕ МЫШЛЕНИЕ НА КАРТЕ

Уже 195 тыс. лет назад люди антропологически практически не отличались от нас, о чем свидетельствуют ископаемые останки *Homo sapiens* из раскопок Омо Кибиш в Эфиопии. Однако среди археологов принято считать, что люди еще не были способны думать так, как мы, на протяжении еще примерно 150 тыс. лет. Такой уверенности способствовали раскопки в Европе, где изобразительное искусство, ритуалы, новые технологии расцвели неожиданно и бурно примерно 40 тыс. лет назад – приблизительно в то время, когда наши предки начали заселять Европу. Новые находки, включая

те, что были сделаны в пещере Блумбос в Южной Африке, доказывают, что многие сложные виды деятельности появились за пределами Европы гораздо раньше, чем 40 тыс. лет назад. Значит, в интеллектуальном отношении люди достигли современного уровня тогда же, когда перестали отличаться от нас внешне, если не раньше. Тот факт, что неандертальцы обладали образным мышлением, говорит о возможности существования таких способностей у последнего общего предка неандертальцев и *H. sapiens*. На карте внизу показано расположение мест раскопок, упомянутых в статье.



Водяная птица из слоновой кости, один из самых древних образцов изобразительного искусства, из пещеры Хольфельц, Германия: 30–35 тыс. лет



Выскобленные и обожженные куски красной охры, возможно применявшиеся в похоронном ритуале. Пещера Кафзех в Израиле: 92 тыс. лет.



Костяной гарпун из Катанды, Демократическая Республика Конго: 80 тыс. лет



Бусина из скорлупы страусиных яиц из Лойянгалани, Танзания: 40–200 тыс. лет



Малакунья II, Австралия
50–60 тЛН

Наувалабила I, Австралия
50–60 тЛН

имеют древние корни, само по себе не ново. Три деревянных метательных дротика возрастом 400 тыс. лет из Шенингена (Германия) свидетельствуют о том, что люди занимались деятельностью, свойственной современному человеку, еще задолго до того, как *H. sapiens* начал наносить рисунки на стены пещер во Франции. Далее последовали другие находки – в их числе статуэтка возрастом в 233 тыс. лет из Берекат-Рам и кремневое орудие с выгравированными на нем концентрическими дугами возрастом в 60 тыс. лет из Кунейтры в Израиле; два фрагмента кости с зарубками возрастом 100 тыс. лет из южноафриканской пещеры Клейсис-Ривер-Маут-Кейв, а также полированная пластина из бивня мамонта из Таты в Венгрии, сделанная в период от 50 до 100 тыс. лет назад. Однако многие археологи отнеслись к этим артефактам скептически, считая, что их возраст определен неточно, а назначение неясно. Любая находка, неоспоримо свидетельствующая о наличии у древнейших людей развитого интеллекта, считалась случайностью, работой одинокого гения, жившего среди примитивных соплеменников.

Теперь трудно отстаивать такую точку зрения, поскольку в Африке находят все больше подтверждений того, что метаморфозы умственных способностей наших предков происходили задолго до начала позднего каменного века. Салли Макбрирти (Sally McBrearty) из Коннектикутского университета и Алисон Брукс (Alison S. Brooks) из Университета Джорджа Вашингтона изложили свою теорию в статье «Революция, которой не было: новый взгляд на происхождение деятельности современного человека», опубликованной в 2000 г. в журнале *Journal of Human Evolution*. По их мнению, многие свидетельства вполне современной деятельности древнего человека, которые, как считалось, проявились повсеместно и одновременно 40–50 тыс. лет назад, можно обнаружить в слоях, от-

носящихся к среднему каменному веку, т.е. на несколько десятков тысяч лет раньше.

В ходе раскопок в Катанде (Демократическая Республика Конго) Брукс и Джон Йеллен (John Yellen) из Смитсоновского института в трех местах обнаружили совершенные по форме зазубренные костяные гарпуны, изготовленные приблизительно 80 тыс. лет назад, что позволяет уверенно отнести их к среднему каменному веку. Данные артефакты очень похожи на гарпуны из Европы возрастом в 25 тыс. лет, причем не только по сложности формы, но и по материалу: считалось, что кости и бивни не использовались для изготовления орудий вплоть до начала позднего каменного века и верхнего палеолита. Кроме того, были найдены останки убитой гарпунами гигантской нильской зубатки, свидетельствующая о том, что уже в глубокой древности люди, во время нереста рыбы, приходили на определенное место. Между тем ранее считалось, что способность соотносить доступность ресурсов с определенным временем года люди приобрели гораздо позднее.

Раскопки пластов среднего каменного века, такие как Ги в пустыне Калахари на территории Ботсваны, донесли до нас останки разделанных 77 тыс. лет назад туш животных. Эти находки опровергли распространенное мнение, что древние люди не были столь искусными охотниками, как представители позднего каменного века. Видимо, жителям Ги нередко удавалось поймать даже такую крупную и опасную добычу, как зебры и капские бородавочники. В ходе археологических экспедиций в Южной Африке были обнаружены наборы орудий, относящихся к периоду каменного века. Изучая артефакты, Хилари Дикон (Hilary Deacon) из Стелленбосского университета пришла к выводу, что уже более 60 тыс. лет назад люди в Южной Африке целенаправленно поджигали траву, чтобы на выгоревших участках вырастали питательные клубни.

LUCY/READING, UK/ANDA (frop); RANDALL WHITE New York University (painted tooth); GERALD NEWLANDS (shell); HILDE JENSEN University of Tübingen (horn water bird); GAVRIEL LAPON AND ERELLA TOYERS Institute of Archaeology, Hebrew University of Jerusalem (egg shell); CHIP CLARK National Museum of Natural History (bone harpoon); ARIZONA STATE UNIVERSITY (ostrich eggshell bead)

Некоторые находки указывают на то, что целый ряд особенностей поведения, которые считали присущими современному человеку, возник раньше, чем сам вид *H. sapiens*. Прошлым летом в ходе раскопок, проводившихся Макбрирти около озера Баринго в Кении, археологи обнаружили каменные ножи возрастом более 510 тыс. лет. Между тем, подобные инструменты считались исключительной особенностью материальной культуры верхнего палеолита. А неподалеку в слоях, датированных не менее, чем 285 тыс. лет, ее группа обнаружила большое количество красной охры (разновидность железной руды) и жерновов для ее обработки, указывающих на то, что люди из Баринго пользовались краской в ритуальных целях (например, для раскрашивания своих тел), как до сих пор делают многие племена. Кстати, Баринго – не единственное место, где встречаются признаки производства охры. Аналогичный материал возрастом более 200 тыс. лет был обнаружен в пещере Твин-Риверз-Кейв в Замбии. А в числе орудий возрастом в 130 тыс. лет со стоянки Мумба в Танзании обнаружены отщепы из обсидиана, который был добыт из застывшего потока вулканической лавы, расположенного в 3–00 км. от этого места. Вероятнее всего, мастера, изготавливавшие орудия, покупали или обменивали редкий материал у соседних племен.

Однако некоторые ученые не признают подобных открытий, считая, что в одних случаях вызывает сомнения их датировка, а в других не ясно назначение тех или иных предметов. Например, по мнению скептиков, охра могла использоваться в качестве клея для закрепления лезвий на деревянных древках или как противомикробное средство для обработки шкур животных.

Опередившие время

Именно на фоне такого затянувшегося спора были найдены ракушки улиток в Блумбосе. Кристофер



Борозды, нанесенные на блоке охры из Блумбоса с помощью каменного резца, могли служить памяткой или украшением. Поскольку на подготовку материала и нанесение борозд затрачены значительные усилия, рисунок был явно сделан преднамеренно.

Хеншильвуд сделал свое открытие еще в 1991 г., когда, работая над диссертацией, искал место для раскопок. В пещере, расположенной около города Стилбей на южной оконечности южноафриканской Капской провинции, на утесе, смотрящем на Индийский океан, оказалось совсем немного необходимых ему артефактов, относящихся к голоцену, однако место оказалось богато отложениями среднего каменного века, исследование которых в тот момент не входило в его задачу. Но в 1997 г. он собрал достаточно средств, чтобы вернуться в Блумбос и начать серьезные раскопки. За последние годы Хеншильвуд со своей группой собрал поразительную коллекцию интересных орудий и ритуальных предметов, на основе которых ученые составили портрет наших далеких предков, которые мыслили так же, как мы.

Из горизонтов, возрастом 75 тыс. лет, были добыты сложные инструменты, включая 40 костяных орудий, в том числе искусно изготовленные шила и сотни двусторонних резцов, сделанных из салькрета или других камней, трудно поддающихся обработке. Они могли использоваться людьми из Блумбоса для охоты на антилоп и других диких животных. Некоторые из резцов, всего в дюйм длиной, возможно, служили снарядами для какого-то метательного оружия. Кости различных видов

глубоководных рыб (самые древние из них насчитывают более 130 тыс. лет) говорят о том, что у жителей Блумбоса было снаряжение, необходимое для ловли в океане рыб весом более 35 кг.

Следы очагов для приготовления пищи свидетельствуют о том, что пещера служила людям домом, где жили целыми семьями (здесь найдены зубы и детей, и взрослых). В пещере оказалось много несовершенных каменных резцов, возможно, здесь находилась и мастерская, в которой умельцы обучали молодежь секретам изготовления орудий.

Люди могли передавать по наследству и другие традиции. Самые поразительные находки из Блумбоса говорят о том, что здешние обитатели обладали образным мышлением. Так, в слое возрастом в 75 тыс. лет, в котором были найдены и орудия, исследователям попался кусочек кости с резьбой, 9 блоков красной охры, на которой, похоже, нанесен узор, и десятки крошечных бусинок. А пласти, датированные более чем 130 тыс. лет, содержат большие количества обработанной охры, в том числе в форме мелков для рисования.

Скорее всего ученые никогда не смогут разгадать, что именно означали насечки на кусках охры, однако ясно, что они имели большое значение для людей. Кропотливый анализ двух блоков охры с узором позволил Франческо д'Эррико (Francesco d'Errico) из французского Университета в Бордо установить, что эти камни цвета ржавчины были отполированы вручную, после чего на получившейся гладкой поверхности с помощью каменного резца были нацарапаны борозды, идущие одна за другой. На самом большом блоке жирные линии образуют перекрестную штриховку.

Изготовление бус также требовало немалого труда. Хеншильвуд убежден, что раковины улиток *Nassarius kraussianus* были собраны в одном из двух речных устьев, расположен-

ных в 20 км от пещеры, и сохранились до наших дней. В статье, опубликованной в январском номере журнала *Journal of Human Evolution*, Хеншильвуд, д'Эррико и их коллеги рассказывают о том, как они вслед за древними умельцами пытались проделать отверстия в раковинах. Доисторические ювелиры прокалывали край раковины изнутри с помощью костяных резцов, но когда археологи пробовали сделать то же самое, раковины ломались. Похоже, что бусины были некогда на что-то нанизаны, о чем свидетельствуют истертые края отверстий, а следы красной охры говорят о том, что, возможно, они соприкасались с кожей, окрашенной этим пигментом.

Что касается вопроса о развитии когнитивных способностей человека в среднем каменном веке, то тут «Блумбос подобен дымящемуся пистолету», – заявляет Макбрирти. Однако Хеншильвуду не удалось убедить скептиков в правильности своей точки зрения. Изучив материалы из Блумбоса, Клейн заявил, что назначение блоков охры с насечками неясно, что они могли попасть из вышележащих слоев позднего каменного века. Сомнения высказывает также Рэндалл Уайт (Randall White) из Нью-Йоркского университета. Специалист по украшениям эпохи верхнего палеолита подозревает, что отверстия и предполагаемые следы износа на раковинах появились в результате естественных процессов и их нельзя считать результатом деятельности человека.

Сегодня есть, завтра нет

Если мы правильно понимаем значение уникальных находок в Блумбосе, то они убедительно доказывают, что гораздо раньше, чем 50 тыс. лет назад, существовали группы людей, не отличавшиеся своим поведением от современного человека. Возможно, эти факты заставят скептиков согласиться с тем, что современные особенности деятельности человека сформиро-

вались задолго до общепринятой даты. В пользу такого предположения говорят и недавние находки в Дипклуфе на западе Капской провинции Южной Африки. Там была обнаружена скорлупа страусиных яиц с резьбой, датируемая примерно 60 тыс. лет, и в Лойянгалани в Танзании – там исследователи нашли бусины из скорлупы страусиных яиц, возраст которых оценивается в 70 тыс. лет.

Однако приходится все же признать, что чаще всего в местах раскопок, относящихся к среднему каменному веку, не удается выявить никаких свидетельств развитого сознания. Например, в Южной Африке были обнаружены мастерски выполненные двусторонние резцы, однако никаких символов на них не было. Конечно, отсутствие доказательств не является доказательством отсутствия, как любят говорить специалисты по доисторическим временам. Вполне возможно, что люди, жившие в тех местах, создавали произведения искусства и украшали орнаментом свои тела, однако до нашего времени сохранились лишь каменные орудия.

Результаты раскопок на территории Африки показывают, что следы наличия современного мышления едва уловимы до наступления позднего каменного века, однако после этого рубежа встречаются повсеместно. Возможно, дело лишь в том, что свидетельства более поздней деятельности человека сохранились лучше. Кроме того, к настоящему моменту на территории Африки произведено еще слишком мало раскопок, чтобы можно было делать окончательные выводы. Не исключено, что *H. sapiens*, не отличавшийся анатомически от нынешнего человека, изначально обладал всеми современными способностями, однако его потенциал раскрылся лишь тогда, когда стал давать какие-то преимущества в жизни.

Макбрирти и ряд других ученых предполагают, что бурное развитие



Пещера Блумбос была сущим раем для людей, живших тут 75 тыс. лет назад, отмечает первооткрыватель Кристофер Хеншильвуд. Родники со свежей водой журчали у подножия утеса, а позади расстиралось щедрое море. В окрестностях паслись антилопы канны и другие животные, а климат был таким же мягким, как и сегодня. В 1997 г. Хеншильвуд ведет в пещере раскопки отложений эпохи среднего каменного века, тщательно отмечая расположение каждого найденного артефакта. В этом году они проводят уже девятый полевой сезон.

культурной деятельности связано с увеличением плотности населения. Чем больше народу, тем быстрее истощаются ресурсы, поэтому наши предки вынуждены были изобретать все более изощренные способы добывания пищи и материалов для изготовления орудий, утверждает она. С ростом численности населения представители различных групп все чаще стали встречаться друг с другом. Бусы, раскраска тела и даже характерный стиль изготовления орудий могли указывать на принадлежность человека к определенному клану и на его статус, что особенно важно при необходимости заявлять свои права на ограниченные ресурсы. ▶

В трудные времена символические предметы могли также служить своего рода социальным буфером – именно такую роль приписывают бусам из Энкапуне-Я-Муто.

«Вы должны поддерживать хорошие отношения с соседними кланами, поскольку таким образом вы обретаете партнеров, – рассуждает Хеншильвуд. – Если существует система обмена подарками, то это хороший способ показать свое расположение». Вероятно, некоторые орудия из Блумбоса старательно украшены именно потому, что предназначались в дар. Красота предмета не улучшает его практических качеств, но может нести смысловую нагрузку, например, быть символом мира.

Если численность населения сокращалась, традиции постепенно исчезали: люди, хранившие секреты мастерства умирали, а отсутствие конкуренции делало сложные навыки и технологии не нужными, и в результате о них забывали. Ярким примером может служить история Тасмании: когда в XVII в. туда пришли европейцы, материальная культура местного населения была более примитивной, чем в среднем палеолите, единственное, чем пользовались аборигены – простейшие орудия из каменных отщепов. Ни один археолог не приписал бы их современному человеку. Однако исследования показывают, что несколько тысяч лет назад тасманийцы располагали гораздо более разнообразным набором орудий, в частности, они изготавливали костяные инструменты, рыболовные сети, луки и стрелы. Однако 10 тыс. лет назад повышение уровня моря отрезало остров от материка. Волей случая отделившись от многочисленной популяции австралийских аборигенов, островитяне, в конце концов, утратили практически все навыки и технологии, которыми владели ранее.

Возможно, по той же причине в южно-африканских пластах возрастом 30–60 тыс. лет столь редко



Орудия из Блумбоса совершеннее тех, что обычно находят в местах обитания людей эпохи среднего каменного века. Среди каменных инструментов встречаются, в частности, остро заточенные и отполированные шила.

встречаются следы развитого человеческого сознания. Исследования показывают, что резкое похолодание, обрушившееся на Африку приблизительно 60 тыс. лет назад, вызвало сокращение численности населения. Нельзя судить о способностях человека на основании тех вещей, которые он производит, рассуждает Уайт. У людей эпохи средневековья, несомненно, хватило бы умственных способностей для полета на Луну, замечает он. И если они ничего подобного не сделали, это вовсе не значит, что они уступали нам по интеллектуальным данным, просто людям не удалось полностью реализовать весь свой потенциал.

Мыслить символами

Когда же, где и как наши предки стали современными людьми в когнитивном отношении? Специалисты расходятся в оценке того, что именно считать современной деятельностью человека. В самом узком смысле данное понятие включает в себя каждый аспект нашей сегодняшней культуры – от сельского хозяйства до карманного плеера *iPod*. Многие ученые используют перечень особенностей поведения, разделяющих средний и верхний палеолит в Европе. Другие берут за основу материальную культуру

охотников-собирателей. В конечном счете, мнение исследователя относительно того, можно ли считать артефакты той или иной культуры доказательством наличия у древних людей современного типа мышления, зависит от того, какой позиции придерживается он сам.

Некоторые специалисты обращают внимание прежде всего на возникновение и развитие самой важной особенности современных человеческих сообществ: использование символов, в том числе речи. «Способность сохранять символы вовне, за пределами человеческого мозга, можно считать ключом ко всей нашей современной деятельности», – настаивает Хеншильвуд. Конечно, как показывает пример с Тасманией, общение с помощью условных знаков не может служить идеальным индикатором в археологии, но, по крайней мере, ученые считают его одной из определяющих, а, возможно, и самой важной особенностью человеческого разума.

Остается только выяснить, когда возникла культура, основанная на символах. Недавние находки за пределами Африки и Европы наполняют эту историю новым содержанием. Например, спорные результаты исследования стоянок в Малакунанья II и Наувалабила I в Северной Австралии указывают на то, что люди появились там более 60 тыс. лет назад. Чтобы добраться до островного континента, переселенцы из юго-восточной Азии должны были построить крепкие суда и преодолеть не менее 80 км открытого океана (с учетом изменения уровня моря). Большинство ученых сходятся во мнении, что люди, способные на такое, должны были быть вполне современными. Эрелла Ховерс (Erella Hovers) из Еврейского университета в Иерусалиме обнаружила в израильской пещере Кафзех множество кусков красной охры в захоронениях *H.sapiens*, возрастом около 92 тыс. лет. Она полагает, что куски охры прокаливали на огне до появления



В пещере Шове во французской провинции Ардеш находятся самые древние в мире наскальные рисунки. Ее галереи демонстрируют целый зоопарк эпохи каменного века, включая львов (слева), великолепно нарисованных охрой 35 тыс. лет назад. Древние европейцы также любили музыку, о чем свидетельствует костяная флейта возрастом в 32 тыс. лет из пещеры Истуриц, Франция.



характерного алого оттенка и затем использовали в похоронных обрядах. (О значении охры см. статью «Сунгирицы: предки из верхнего палеолита», «В мире науки», №3, 2005.)

Другие находки заставляют усомниться в том, что использование символов присуще только людям, обладающим современной анатомией. Существуют свидетельства, что неандертальцы тоже обрабатывали охру, и к концу своего господства в Европе обрели собственные культурные традиции изготовления нательных украшений.

В ходе раскопок в Квинси и Гротдю-Ренн в Арси-сюр-Кюр во Франции были найдены зубы с проделанными в них отверстиями. Неандертальцы также хоронили умерших, хотя в данном случае символический характер их действий остается спорным, поскольку захоронения не содержат никаких ритуальных предметов. Однако в апреле прошлого года на ежегодном съезде Палеоантропологического общества Джил Кук (Jill Cook) из Британского музея сообщил, что исследование методом цифровой микроскопии останков со стоянки в Крапине в Хорватии показало, что неандертальцы специально очищали кости умерших – возможно, в ходе какого-то погребального обряда. Ранее пред-

полагалось, что они просто снимали с них мясо для употребления в пищу.

Возможно, способность к образному мышлению развилась у неандертальцев и у *H. sapiens* независимо друг от друга. Не исключено также, что она возникла у их общего доисторического предка еще до того, как эволюционные пути двух групп разошлись. «Я не могу доказать, но ручаюсь, что *Homo heidelbergensis* (человек, живший 400 тыс. лет назад) уже обладал такой способностью», – убежден Уайт. Если это так, то у археологов впереди еще очень много работы.

Сам Хеншильвуд считает, что зарождение образного мышления произошло в среднем каменном веке. Когда статья готовилась к печати, он во главе исследовательской группы открыл свой девятый полевой сезон в Блумбосе. В этом году они должны до конца просеять третий уровень пещерных отложений возрастом 75 тыс. лет, оставляя более глубокие слои грядущим поколениям археологов, которые будут вооружены новыми, пока неизвестными нам способами исследований и более точными методами датировки. «Нам не нужно идти в более глубокие слои в Блумбосе, – говорит Хеншильвуд. – Сейчас мы должны найти другие места, относящиеся к тому же периоду». Он

уверен, что их старания увенчаются успехом, и уже наметил несколько многообещающих участков в прибрежном Национальном парке де Хупа приблизительно в 30 милях к западу от Блумбоса.

Сидя во дворе Исследовательского института африканского наследия и разглядывая хрупкие раковинки улиток, я гадала, что они, именно они, могли означать для людей из Блумбоса. Честно говоря, нелегко представить себе, что наши древние предки отвлекались от насущных забот о пище, воде, защите от хищников и поиске укрытий ради того, чтобы мастерить такие безделушки. Однако глядя на украшения в витринах ювелирных магазинов Кейптауна (от нательных золотых крестиков до обручальных колец с бриллиантами) понимаешь, что еще труднее представить себе, чтобы *Homo sapiens* поступал иначе. И хотя за прошедшие 75 тыс. лет украшения стали куда изысканнее, для нас они столь же полны смысла, как и для наших далеких предков. ■

ОБ АВТОРЕ:

Кейт Вонг (Kate Wong) руководит редакционным отделом сайта *Scientific American.com*.



БЕЗОПАСНО

ОПАСНО

Большинство исследований, касающихся опасности лекарственных препаратов для здоровья людей, финансируется самими производителями этих лекарств. И слишком часто компании преуменьшают значение неблагоприятных для них результатов.

Дэвид Майклз

СОМНЕНИЕ – ИХ УДЕЛ

Промышленные группы борются с государственным регулированием, спекулируя научной неопределенностью.

Некоторые химикаты и лекарства могут ставить под угрозу здоровье людей. Исследователи не могут проводить испытания препаратов на человеке, поэтому им приходится довольствоваться опытами на животных, а эпидемиологам – изучать дозы, уже полученные в результате экспериментов. Чтобы вывести причинно-следственные связи и дать рекомендации в отношении защитных мер, приходится экстраполировать данные. Поскольку полная определенность возможна крайне редко, программы регулирования не будут эффективными, если требовать строгих доказательств. Для установления предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ и определения безопасности фармацевтических препаратов чиновникам приходится использовать доступные им данные.

Неопределенность – неотъемлемое свойство науки, но она может быть и искусственно создана. Когда доходы компаний оказывались под угрозой, промышленные группы стали вмешиваться в исследования. Так, если результаты экспериментов показывали, что работники фирмы подвергались воздействию опасных концентраций химикатов, компания нанимала собственных исследователей, призванных опроверг-

нуть выводы своих коллег. Иногда руководители фармацевтических компаний высказывали горячее одобрение финансируемых ими же испытаний, игнорируя или скрывая данные других исследований, результаты которых были не столь обнадеживающими.

В последние годы некоторые корпорации провели кампании, главной целью которых было поставить под сомнение выводы, доказывающие вредное воздействие бериллия, свинца, ртути, винилхлорида, хрома, бензола, бензидина, никеля и других химикатов и медицинских препаратов. Конгресс США и администрация президента Джорджа Буша поощряли эту тактику.

Стандарт из такси

Споры, разгоревшиеся вокруг бериллия, – пример современных битв между промышленностью и наукой. В годы холодной войны основным потребителем бериллия был военно-промышленный комплекс США. Сегодня он и его сплавы используются в производстве электронного оборудования. Однако бериллий очень токсичен: вдыхание даже очень малых доз может вызвать заболевание легких – хроническую бериллиевую болезнь (*chronic beryllium disease, CBD*). Ее жертвами становятся не только ▶

те, кто непосредственно работает с металлом, но и те, кто оказывается вблизи дробильных и измельчительных установок, иногда даже на очень короткое время.

С 1998 по 2001 г. я был помощником министра энергетики США по вопросам защиты окружающей среды и здоровья. Вред, который бериллий может нанести здоровью людей, стал очевиден, но стандарты министерства энергетики, принятые в 1949 г., так и не изменились. Таким образом, до сих пор допустимым считается 2 мкг бериллия на 1 м³ воздушного пространства. Причем эти данные были взяты буквально из воздуха, т.к. их получили два исследователя, когда они ехали на такси на заседание тогдашней комиссии по атомной энергетике.

В 1990-х гг. министерство энергетики и Управление охраны труда OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) начали длительный процесс законодательного изменения ПДК для бериллия. Крупнейшая в США компания по его производству *Brush Wellman* прибегла к услугам консалтинговой компании *Exponent*, специализирующейся на защите продуктов. В соавторстве с учеными из *Brush Wellman* ее консультанты опубликовали ряд статей, в которых высказывалось предположение, что размеры частиц бериллия, площадь их поверхности и количество могут быть важнее для развития *CBD*, чем считалось ранее. Они также предположили, что большее значение имеет воздействие вещества на кожу. В итоге консультанты заключили, что необходимы новые исследования.

Получив свидетельские показания ученых и независимых экспертов, руководство министерства энергетики и администрация Клинтона решили, что существует достаточно оснований для принятия более жесткого стандарта для бериллия. Согласно новой норме, необходимо снизить в 10 раз допустимый уровень его воздействия на рабочих. Но

мы не могли доказать, что эту задачу можно осуществить технически. Однако новый стандарт распространяется только на работников министерства энергетики, а те, которые были заняты в частном секторе, были забыты. В 1998 г. OSHA заявило о намерении применять стандарт министерства энергетики, но с тех пор ничего не изменилось. В ноябре 2002 г. OSHA согласилось с доводами промышленников, потребовав дополнительных исследований взаимосвязи *CBD* с такими факторами, как размеры, площадь поверхности и количество частиц бериллия и контакт их с кожей.

Большинство ученых убеждено, что бериллий увеличивает риск заболевания раком легких. Это подтвердили исследования, проведенные эпидемиологами из центров контроля и предотвращения заболеваний (CDC). Однако в 2002 г. консультанты из компании по защите продуктов *Roth Associates* и Иллинойского университета опубликовали результаты повторного анализа, проведенного десятью годами раньше исследования CDC. Изменив некоторые ключевые параметры, авторы сделали увеличение уровня заболеваний раком легких из-за воздействия бериллия статистически незначимым. Финансировали эти исследования компании *Brush Wellman* и *NGK Metals*, производитель бериллиевых сплавов. Новый анализ был опубликован в журнале *Inhalation Toxicology*, где эпидемиология не является основной темой, но он рецензируется производителями бериллия, и теперь результаты этого исследования преподносятся как доказательство того, что все остальные работы ошибочны.

Такая картина свойственна не только бериллиевой промышленности. Многие другие компании, производящие опасные вещества, тоже нанимали исследователей. Их заключения почти всегда одинаковы: регламентирующие меры не оправданы. Из почти 3000 химикатов,



Некоторые компании тормозят принятие ограничительных норм в отношении опасных химикатов и лекарств.

производимых в количествах более 1 млн. фунтов (454 000 т) в год, OSHA установило пределы воздействия меньше, чем для 500. За последние 10 лет управление ввело новые стандарты аж для двух химикатов. Большинство других все еще «регламентируется» необязательными нормами, установленными до 1971 г., когда только что созданное OSHA приняло их и оставило без изменений. Новые научные данные не оказали на них никакого влияния. Стало ясно, что сменявшие друг друга руководители OSHA понимали: установление новых стандартов неизбежно вызывает сопротивление со стороны промышленности.

Компании по защите продуктов наняли консультантов по эпидемиологии, биологической статистике и токсикологии. Сегодня почти все научные данные в пользу мер по защите здоровья людей или



окружающей среды подвергаются сомнению, сколь бы убедительными они ни были.

PPA и Vioxx

Такая же ситуация сложилась и в фармацевтической промышленности. Например, администрация по контролю за продуктами питания и лекарствами (*FDA*) запретила фенилпропаноламин (*PPA*), который десятки лет широко применялся в качестве противоотечного средства и снижал аппетит. В конце 1970-х гг. стали появляться сообщения о случаях геморрагических инсультов у молодых женщин, принимавших *PPA*-содержащие лекарства. В последующие 20 лет *FDA* не раз поднимала вопрос о безопасности *PPA*, но профессиональные ассоциации, представлявшие производителей лекарств, в том числе *Bayer*, *Sandoz* (входящая сегодня в *Novartis*),

Wyeth и *GlaxoSmithKline*, отвергли сомнения *FDA* и наняли лоббистов, чтобы отстаивать сохранение *PPA* на рынке. В итоге пришли к компромиссному варианту, позволившему компаниям финансировать эпидемиологическое исследование, план которого должен был быть одобрен изготовителями лекарств и *FDA*, и выбрать организацию, которой будет поручено проведение этого исследования. Компании выбрали медицинский факультет Йельского университета, и в 1999 г. исследование подтвердило, что *PPA* вызывает геморрагический инсульт.

Разве прекратили производители выпуск этого препарата, годовой объем продаж которого превышает \$500 млн.? Ничуть. Они обратились к консалтинговой компании *Weinberg Group*, специализирующейся на защите продуктов, чтобы опорочить это исследование, ▶

ОБ АВТОРЕ:

Дэвид Майклз (David Michaels), эпидемиолог, в 1998 – 2001 гг. был помощником министра энергетики США по вопросам защиты окружающей среды и здоровья. Сегодня он является профессором и заместителем заведующего кафедрой экологии и гигиены труда факультета общественного здоровья и служб здравоохранения Университета Джорджа Вашингтона.



Государственные учреждения не спешат принимать жесткие ограничения.

а их адвокаты подвергли его авторов процедуре дачи показаний под присягой. В конце концов в ноябре 2000 г. *FDA* рекомендовала изготовителям прекратить маркетинг *PPA*. По ее оценкам, препарат ежегодно вызывал геморрагический инсульт у 200–500 человек в возрасте от 18 до 49 лет.

Рофеноксиб (*rofecoxib*), популярный анальгетик производства компании *Merck*, более известен под названием *Vioxx*. Еще в мае 1999 г. *FDA* рассматривала данные, позволяющие предположить, что этот препарат может увеличивать риск сердечных заболеваний. Забили тревогу и несколько независимых (т.е. не оплачиваемых компанией *Merck*) ученых, но *FDA* почти не придавала им значения. Однако в начале 2000 г. результаты клинических исследований показали, что у их участников, принимавших *Vioxx* в течение 9 месяцев, риск сердечных приступов

оказался в пять раз выше, чем у тех, кто принимал аналогичный анальгетик напроксен (*naproxen*), продававшийся под торговой маркой *Aleve*.

Ученые из компании *Merck* оказались перед дилеммой. Они могли истолковать эти результаты как свидетельство либо того, что *Vioxx* увеличивает риск сердечных приступов в 5 раз, либо того, что напроксен уменьшает его на 80%, тем самым утверждая, что он помогает снизить вероятность заболеваний сердечно-сосудистой системы. Естественно, исследователи компании *Merck* выбрали второе истолкование. Однако в сентябре 2004 г., когда другое исследование показало, что у участников, принимавших *Vioxx* больше 18 месяцев, сердечных приступов было вдвое больше, чем у тех, кто принимал плацебо, *Merck* прекратил маркетинг *Vioxx*.

По оценке одного из аналитиков *FDA*, за пять лет, когда *Vioxx* был

на рынке, он стал причиной от 88 до 139 тыс. сердечных приступов, из которых 30–40% были летальными.

Согласно сообщению журнала *The Wall Street Journal*, некоторые документы позволяют предположить, что руководство компании *Merck* знало об угрозе риска сердечных приступов. Но трудно поверить, что ученые из компании сознательно пропагандировали заведомо опасное лекарство. Но не менее сложно предположить и то, что они искренне думали, будто напроксен на 80% снижает риск сердечных приступов. Вероятно, их лояльность была настолько связана с финансовым благополучием их работодателей, что их выводы были фатально искажены. А что же *FDA*? Эта структура не имеет ни полномочий, ни средств для эффективного выявления вредных эффектов лекарств, уже имеющихся на рынке.

Таким образом, основным средством защиты населения от опасных препаратов и химикатов стали гражданские иски. Однако недавние постановления верховного суда США затруднили истцам представление научных свидетельств в поддержку своих исков. На основе прецедента по делу компании *Daubert* против компании *Merrell Dow Pharmaceuticals* и двух аналогичных постановлений определять, являются ли представленные свидетельства надежными и относятся ли они к делу, теперь должны федеральные судьи. Таким образом, благое намерение об улучшении качества научных свидетельств приобрело тревожные последствия: по данным, опубликованным в 2002 г. журналом *Journal of the American Medical Association*, федеральные судьи стали отвергать свидетельства уважаемых ученых, поскольку они не отвечали новым жестким стандартам. Защитникам корпораций это дало больше возможностей оспаривать любые доказательства под предлогом того, что они основаны на «ненаучных фактах».

Качество данных

Промышленные группы пытались манипулировать наукой независимо от того, которая из партий контролировала правительство. Но с тех пор, как президентом стал Джордж Буш-младший, их действия стали еще бесстыднее. Никогда за всю историю США корпорации не влияли на научную политику в своих интересах столь успешно, как сегодня. Так, в 2002 г. администрация Буша перестроила комитет, который консультировал Центр зависимости от химикатов (*CDC*) по вопросу об отравлении детей свинцом. Министр здравоохранения и сферы услуг Томми Томпсон (Tommy Thompson) заменил известных ученых людьми, готовыми всячески поддерживать свинцовую промышленность. *CDC* не ужесточал федеральные стандарты в отношении отравлений свин-

цом, но исследования показывают, что даже очень малая его концентрация в крови может снизить умственное развитие у детей.

Наконец, администрация Буша готовит закон «О качестве данных» (*Data Quality Act, DQA*), приложение к финансовому закону 2001 г., одобренному конгрессом без слушаний и обсуждения. Закон «О качестве данных» санкционирует разработку директив по «обеспечению качества, объективности и целостности информации». Звучит безобидно и даже кажется полезным: кто может быть

магии до публикации ее правительственными организациями. Кроме того, любые сведения, которые могли бы оказать «существенное влияние» на государственную политику или решения частного сектора, должны подвергаться тягостной процедуре оценки специалистами, независимыми от организации, представляющей такую информацию. Поскольку предлагаемая процедура экспертной оценки включает из нее всех ученых, получающих гранты от государственной организации или имеющих с ней

Многие компании сумели избежать затрат и неудобств, тормозя принятие мер по защите общественного здоровья.

против гарантий высокого уровня распространяемой государственными учреждениями информации? Однако на практике документ предоставляет компаниям возможность влиять на правительственные документы, с которыми они не согласны. Группы, финансируемые нефтяной промышленностью, использовали *DQA* для дискредитации федерального доклада «Государственная оценка изменений климата», свидетельствующего о глобальном потеплении. Пищевая промышленность использовала *DQA* для нападок на рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) уменьшить потребление сахара, чтобы снизить количество людей, страдающих ожирением, а Институт соли – чтобы оспорить рекомендации Национальных институтов здоровья, которые предлагали американцам употреблять меньше хлорида натрия.

Административно-бюджетное управление (OMB) при президенте США выдвинуло новое предложение: «Экспертная оценка и качество информации», предусматривающее экспертизу всей закрытой инфор-

контракты, она, похоже, задумана специально для того, чтобы предоставить компаниям возможность «производить» и преувеличивать научную неопределенность.

В ноябре 2003 г. на съезде, который по требованию ОМВ финансировала Национальная академия наук, обычно спокойное научное сообщество выразило протест. Перед лицом мощной оппозиции ОМВ отступило и приняло менее жесткую программу, которая позволяла не отстранять наиболее компетентных ученых от экспертной оценки.

Необходимость новой парадигмы регламентации очевидна, но администрация Буша идет в неверном направлении. Правительственные учреждения должны не поощрять промышленные группы к пересмотру докладов государственных ученых, а более тщательно оценивать данные, представляемые исследователями, которые заняты в промышленности и в компаниях по защите продуктов. Нельзя допускать использования научной неопределенности для оправдания бездействия и требовать полной определенности там, где ее не может быть. ■

Современные
методы
структурной
кристаллографии
позволяют
устанавливать
характер
химических
связей атомов.



Атомное строение
молекулы 6α-метил-16α,17α-
циклогексанопрогестерона
 $C_{26}H_{38}O_2$ – активной составляющей
отечественного контрацептивного
препарата для орального приема.

Валентин Симонов,
Аркадий Мальцев

СТРУКТУРНАЯ кристаллография

Кристаллы –
единственные
природные
преобразователи
одних видов
энергии в другие.

Практически весь окружающий нас неорганический мир состоит из кристаллов, которые оказались единственными созданными природой преобразователями одних видов энергии в другие. Если приложить механические усилия к пьезокристаллу, то на его гранях появится электрический заряд. Если же поместить его в переменное электрическое поле, то он станет источником ультразвука. Кристаллы – это основа современной электроники, акустооптики, оптоэлектроники, квантовой электроники, техники твердотельных лазеров. Влияние кристаллических материалов на уровень развития нашей цивилизации очевидно.

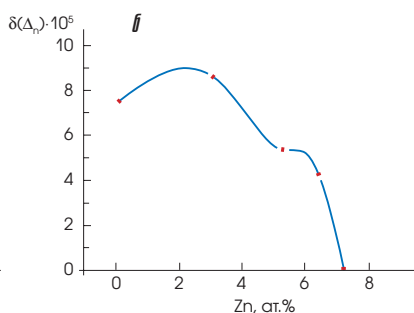
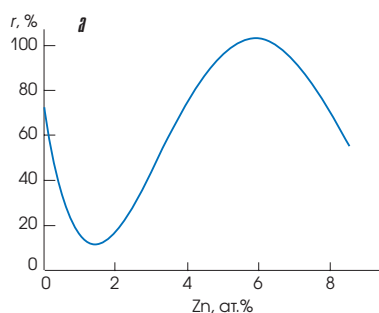
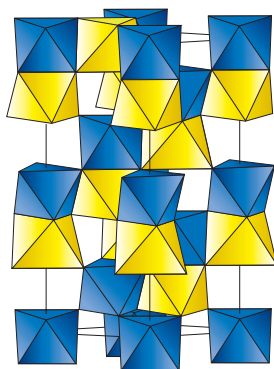
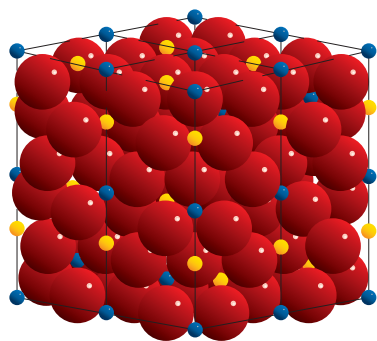
Структурная кристаллография, являясь составной частью междисциплинарной науки – кристаллографии, позволяет решать целый ряд научных задач в минералогии, химии, материаловедении, физике твердого тела и молекулярной биологии. Одним из методов исследования стала дифракция на соответствующих кристаллах рентгеновских лучей, нейтронов или электронов. Структурный анализ монокристаллов неорганических и органических соединений дает возможность фиксировать положения атомов в элементарной ячейке кристалла с точностью, превосходящей тысячные

доли нанометра, а также надежно определять параметры их тепловых колебаний с учетом анизотропии и ангармонизма (отклонение от законов маятника). Для кристаллов умеренной сложности прецизионные рентгеноструктурные исследования позволяют получать распределение в кристаллическом пространстве валентных электронов и, тем самым, прямым методом устанавливать характер химических связей атомов. Кроме того, структурные исследования в широком интервале температур и давлений позволяют на атомном уровне изучать механизмы фазовых переходов в кристалле.

Монокристаллы для оптики

Свойства различных кристаллических материалов определяют сферы их применения. Скажем, монокристаллы ниобата лития LiNbO_3 при легировании их редкоземельными элементами широко применяют в оптике (от оптических волноводов до записи голограмм) и лазерной технике в качестве активной среды.

Впервые их атомное строение было установлено более 30 лет назад американским кристаллографом С. Абрахамсом. Он показал, что практически все выращиваемые кристаллы имеют существенное отклонение от стехиометрии (теоретически правильной структуры – LiNbO_3). ▶



Два представления атомной структуры ниобата лития LiNbO_3 : шариковая и полиэдрическая модели. В последнем случае вершины октаэдров (NbO_6) и (LiO_4) отвечают положениям атомов кислорода, а цвет — катиону, находящемуся внутри октаэдра. На графиках представлены зависимости линейного электрооптического эффекта (а) и фоторефракции (б) от количества допирующего ниобата лития цинка.

Дальнейшие исследования выявили в них избыток ниобия и дефицит лития. Для расширения практического применения ниобата лития было необходимо повысить устойчивость кристаллов к оптическим искажениям, возникающим при мощном лазерном облучении, под воздействием которого кристалл может помутнеть и потерять прозрачность. Такое упрочнение появилось благодаря допированию магнием, цинком, индием или скандием. Было установлено, что увеличение оптической прочности ниобата лития за счет этих добавок сопровождается существенно нелинейным влиянием допирующих элементов на все оптические характеристики кристалла.

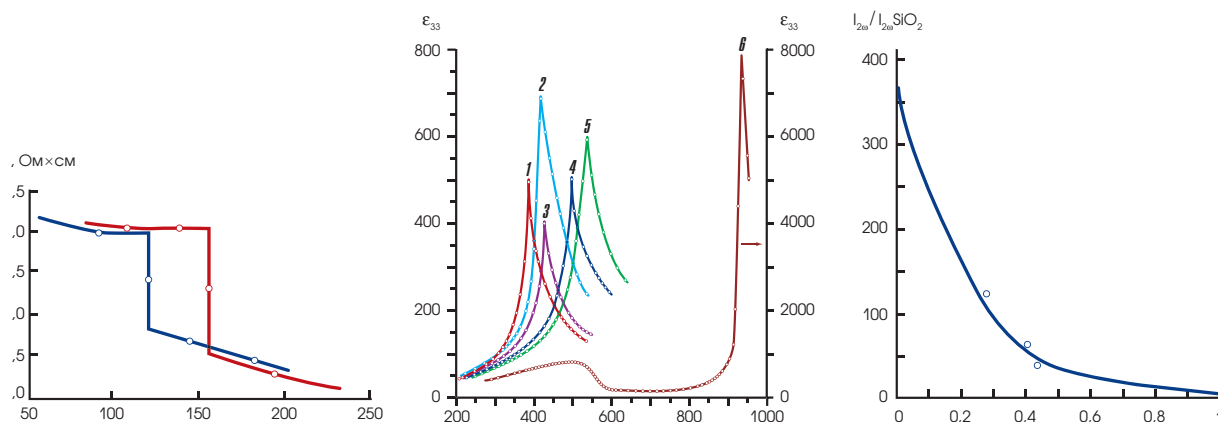
В результате исследований, проводимых на рубеже XX–XXI вв. в Институте кристаллографии РАН под руководством доктора физико-математических наук Татьяны Волк, были установлены количественные характеристики такого влияния. Для наглядной иллюстрации сказанного рассмотрим линейный электрооптический эффект (см. рис. *вверху*). Наложение возрастающего постоянного электрического поля

на монокристалл меняет показатель преломления, причем — линейно, т.е. между ними существует постоянный коэффициент связи. Однако когда кристалл ниобата лития допируют цинком, то коэффициент преломления меняется, и он напрямую связан с содержанием цинка.

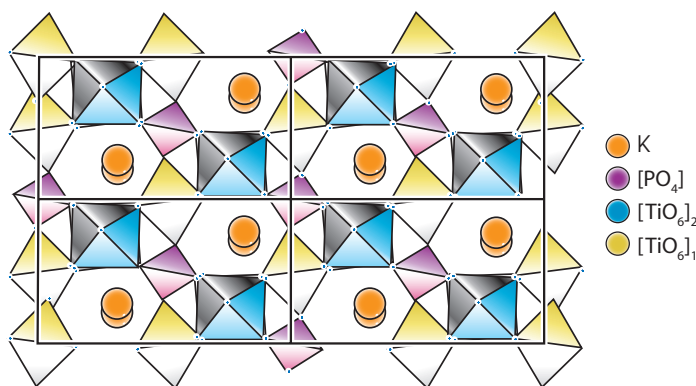
Оказалось, что при увеличении количества допирующего включения от нуля до 1,5 ат.% названный коэффициент уменьшается в 7,5 раз, а при дальнейшем вводе цинка от 1,5 ат.% до 6,0 ат.% он, наоборот, возрастает в 10 раз от своей минимальной величины. И на этом своеобразии изменения оптических свойств не заканчивается. Увеличение содержания цинка свыше 6,0 ат.% вновь приводит к уменьшению коэффициента взаимодействия электрического поля с кристаллом. Причину такой сложной зависимости удалось установить кандидату физико-математических наук Борису Максимову и Татьяне Черной. Они использовали прецизионные рентгеноструктурные методы исследований. Оказалось, что при концентрациях цинка 1,5 ат.% и 6,0 ат.% механизм его вхождения в кристалл меняется.

В оптике чаще всего применяются монокристаллы ниобата лития с избытком ниобия в 1,5 ат.% ($\text{Li}_{0,925}\text{Nb}_{0,015}\square_{0,060}\text{NbO}_3$, где квадратом обозначены вакансии (еще их называют структурными дефектами) в позициях лития. При допировании цинком таких кристаллов на первом этапе последний замещает избыточный ниобий. Учитывая валентность элементов Li^{+1} , Nb^{+5} , Zn^{+2} , O^{-2} замещение ниобия цинком для сохранения баланса валентностей сопровождается увеличением количества лития и соответствующим сокращением вакансий в кристалле. Этот процесс продолжается до полного замещения избыточного ниобия ($\text{Li}_{0,970}\text{Zn}_{0,015}\square_{0,015}\text{NbO}_3$ (т.е. цинка стало 1,5 ат.%). При дальнейшем увеличении количества допирующего металла он замещает литий. Такой механизм вхождения цинка в кристалл реализуется до получения состава ($\text{Li}_{0,880}\text{Zn}_{0,060}\square_{0,060}\text{NbO}_3$ (здесь цинка 6,0 ат.%). Затем при увеличении количества цинка снова происходит смена механизма его вхождения. В результате он начинает замещать ниобий в основной позиции, с естественным уменьшением вакансий. При полном исчезновении последних образуется кристалл ($\text{Li}_{0,940}\text{Zn}_{0,060})(\text{Nb}_{0,980}\text{Zn}_{0,020})\text{O}_3$.

Таким образом, было установлено, что изменение характера зависимостей оптических характеристик кристалла от количества цинка происходит при смене механизма вхождения последнего в структуру ниобата лития. Важно влияние на его



Атомная структура титанил-фосфата калия KTiOPO_4 . На графиках представлены: фазовый переход в суперионное состояние соединения $\text{K}_{0.98}(\text{Ti}_{0.98}\text{Nb}_{0.02})\text{OPO}_4$ (а); зависимость диэлектрической проницаемости от количества олова в соединениях $\text{K}(\text{Ti}_{1-x}\text{Sn}_x)\text{OPO}_4$, где кривая 1 для соединения с $x=1.00$, кривая 2 с $x=0.45$, кривая 3 с $x=0.40$, кривая 4 с $x=0.28$, кривая 5 с $x=0.16$, кривая 6 с $x=0.00$ (б); зависимость от x относительной интенсивности второй гармоники в соединениях $\text{K}(\text{Ti}_{1-x}\text{Sn}_x)\text{OPO}_4$ (в).



свойства оказывает и количество структурных дефектов. Данные исследования показали возможности и пределы целенаправленного изменения физических свойств рассматриваемых кристаллов.

Метод изоморфных замещений

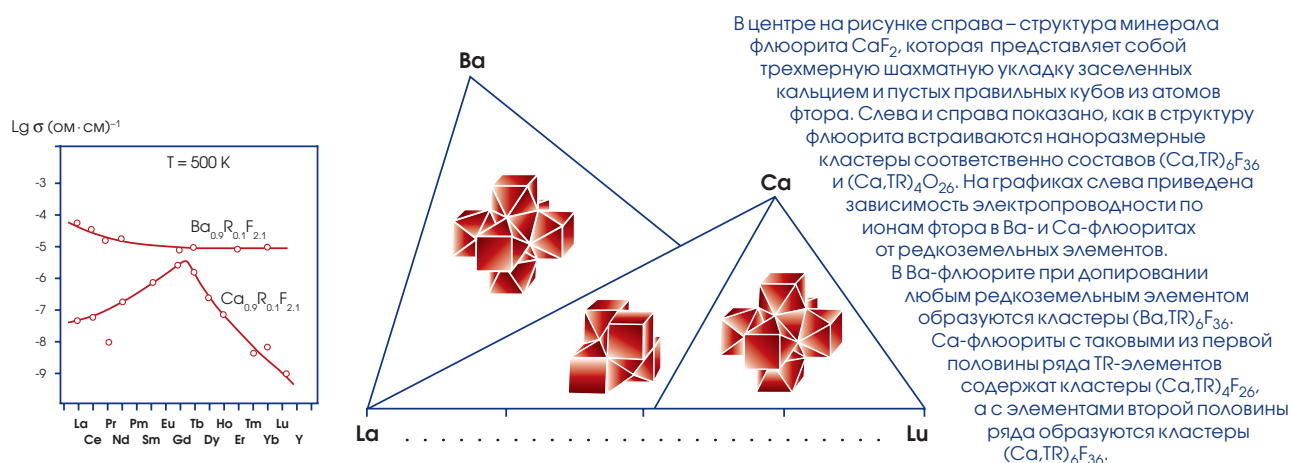
Позднее, чем ниобат лития, внимание исследователей привлекло обширное семейство кристаллов, во главе с титанил-фосфатом калия (KTiOPO_4). Исследования, проводившиеся в середине 90-х гг. XX в. научными группами доктора физико-математических наук Валентины Воронковой (физический факультет МГУ) и кандидата химических наук Натальи Сорокиной (Институт кристаллографии РАН), показали, что многочисленность семейства обусловлена возможностью частичного или полного изоморфного (без смены структурного типа) замещения калия натрием, таллием, рубидием или цезием; титана – германием,

оловом или ниобием, а фосфора – мышьяком. Эти кристаллы обладают уникальным набором физических свойств. Для них характерна высокая ионная электропроводность, нелинейные оптические характеристики и сегнетоэлектрический фазовый переход. Понимание структурной обусловленности перечисленных свойств кристаллов позволяет управлять ими методом замещений одних атомов другими.

Для того чтобы показать на атомном уровне механизмы управления свойствами кристаллов семейства титанил-фосфата калия, кратко остановимся на его строении. Основу структуры составляет ажурный каркас из кислородных октаэдров, внутри которых расположены атомы титана $[\text{TiO}_6]$, и тетраэдров $[\text{PO}_4]$. Октаэдры через общие кислородные вершины соединены в зигзагообразные бесконечные цепочки. Тетраэдры связывают эти цепочки в каркас, который пронизывают широкие винтообразные ка-

налы, в которых размещаются крупные однозарядные катионы калия (см. рис. вверху). Нелинейные свойства этих кристаллов определяются ацентричным положением титана в октаэдрах $[\text{TiO}_6]$. В проходящих через весь кристалл цепочках чередуются укороченные сильные титанильные связи $\text{Ti}=\text{O}$ с более слабыми удлиненными $\text{Ti}-\text{O}$: $-\text{O} = 1.716\text{\AA} = \text{Ti}-1.985\text{\AA}-\text{O} = 1.736\text{\AA} = \text{Ti}-2.099\text{\AA}-\text{O} =$. Различие в связях ведет к существенному ангармонизму тепловых колебаний атомов титана, от чего в первую очередь зависит их оптическая нелинейность.

Кристаллы титанил-фосфата калия нашли широкое применение в высоких технологиях. В частности, их используют в качестве активной среды для удвоения частоты излучения лазера на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом. При этом излучение с длиной волны $\lambda=1064$ нм преобразуется в излучение с $\lambda=532$ нм. В аналогичных условиях кристаллы кварца по ▶



эффективности уступают кристаллам KTiOPO_4 примерно в 400 раз.

Следует отметить, что прецизионные рентгеноструктурные исследования позволяют понять на атомном уровне механизм суперионной проводимости по ионам калия в названных кристаллах, которая обусловлена статистической заселенностью калием (наличием вакансий) своих позиций в широких каналах жесткого каркаса из Ti-октаэдров и P-тетраэдров. Существенное увеличение ионной проводимости может быть достигнуто увеличением вакансий в позициях калия. Так, если 2 ат.% Ti^{+4} заместить на 2 ат.% Nb^{+5} , то для компенсации валентности в кристалле возникает дополнительно 2 ат.% вакансий в позициях K^{+1} . При этом проводимость увеличивается более чем на порядок. Что касается температуры фазового перехода в сегнетоэлектрическое состояние, то изоморфными замещениями ее можно регулировать в пределах 350–900°C, что позволяет сегнетоэлектрику работать в разных температурных интервалах.

ОБ АВТОРАХ:

Валентин Иванович Симонов, доктор физ.-мат. наук, профессор, **Аркадий Константинович Мальцев**, независимый эксперт.

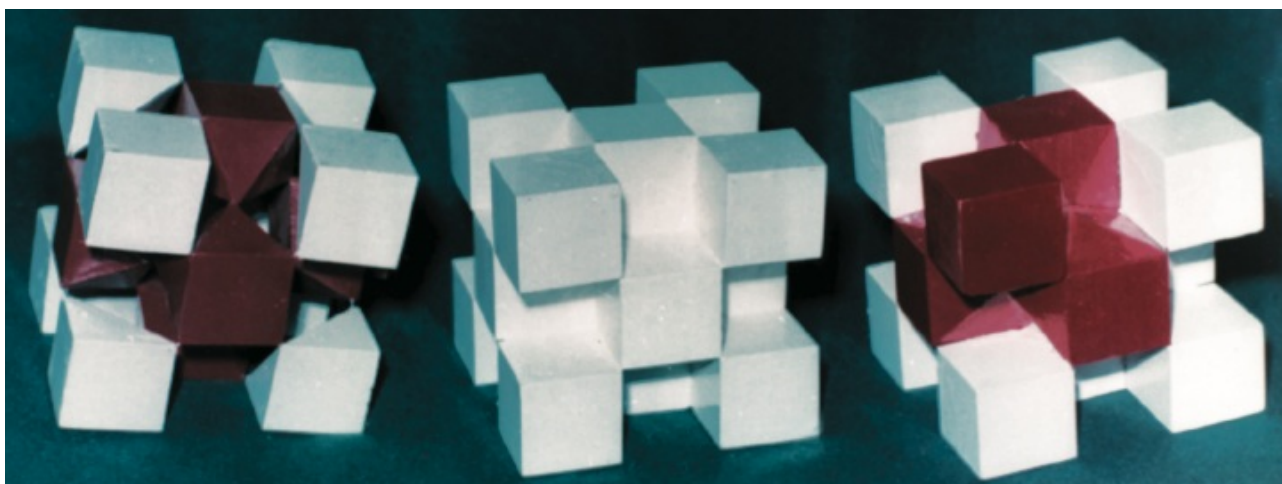
Кристаллы с высокой электропроводностью по ионам носят название твердых электролитов или супериоников. В наши дни ионика твердого тела развивается ускоренными темпами. Среди миниатюрных источников тока по запасу количества электричества на единицу веса лидируют батарейки и аккумуляторы на основе супериоников с проводимостью по катионам лития. Крохотная литиевая батарейка в ваших ручных электронных часах не требует замены несколько лет. Детские игрушки, мобильные телефоны, портативные вычислительные машины, переносные устройства для записи электрокардиограмм и многое другое работает на таких источниках тока.

Изоморфные примеси редкоземельных элементов

В первой четверти прошлого века норвежский кристаллограф В.М. Гольдшмит, изучая минерал флюорит (CaF_2), встречающийся во многих месторождениях мира, установил, что он всегда содержит изоморфную примесь редкоземельных элементов – лантаноидов (TR). Позднее флюоритами в силу их особенных физических свойств серьезно заинтересовались физики, материаловеды и специалисты по выращиванию монокристаллов. Эти минералы прозрачны в широком спектральном диапазоне, обла-

дают суперионной проводимостью по анионам фтора, являются матрицами, при допировании которых получают лазерные среды и детекторы ионизирующих излучений. Группой ученых во главе с академиком РАН Вячеславом Осико было показано, что редкоземельные элементы, допирующие флюориты, не распределяются в кристалле равномерно, замещая статистически атомы кальция, а образуют наноразмерные кластеры определенного атомного строения, которое удалось определить с помощью методов нейтронографии и рентгеноструктурного анализа. Более того, оказалось, что в кальциевых флюоритах редкоземельные элементы образуют кластеры разного строения.

Однако кристаллы со структурой флюорита можно синтезировать не только на основе кальция, но также бария и других элементов. Именно такие соединения были наиболее детально исследованы, в результате чего удалось выявить существенные различия в их свойствах. Для примера рассмотрим, как меняется электропроводность по ионам фтора в зависимости от разных редкоземельных элементов (см. рис. сверху). Если в соединениях $(\text{Ba}_{1-x}\text{TR}_x)\text{F}_{2+2x}$ проводимость монотонно спадает по мере продвижения по ряду редкоземельных элементов, то в кальциевых флюоритах $(\text{Ca}_{1-x}\text{TR}_x)\text{F}_{2+2x}$ проводимость существенно возрас-



тает для первой половины этого ряда и уменьшается для второй.

В 2004 г. появился ряд работ доктора химических наук Бориса Соболева и Елены Сульяновой с соавторами (Институт кристаллографии РАН) по синтезу и структурным исследованиям ряда кадмиевых флюоритов $(\text{Cd}_{0,9}\text{TR}_{0,1})\text{F}_{2,1}$. В соединении $(\text{Cd}_{0,9}\text{Yb}_{0,1})\text{F}_{2,1}$ было впервые установлено одновременное присутствие нейтральных кластеров $(\text{CdYb}_3)\text{F}_{26}$ и кластеров, несущих отрицательный заряд $[(\text{Cd}_2\text{Yb}_2)\text{F}_{26}]^{-1}$. Оказалось, что компенсация этого заряда осуществляется за счет образования вакансий в основных позициях фтора в кристаллах, что увеличивает электропроводность по анионам фтора. Полученные результаты имеют практическое значение в связи с использованием редкоземельных элементов для улучшения спектральных характеристик фото-рефрактивных оптических материалов на основе CdF_2 .

Биологически активные молекулы

Перечень работ по структурной кристаллографии нельзя завершить без примера исследований биологически активных малых молекул. В лаборатории профессора Алексея Камерницкого (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН) еще в 80-е года прошлого века были успешно завершены синтез

и исследования нового активного вещества для отечественного контрацептивного препарата орального приема. Таким веществом оказался 6α -метил- $16\alpha,17\alpha$ -циклогексано-прогестерон-модификация природного стероидного гормона беременности – прогестерона (см. стр. 76).

Дело в том, что при наступлении беременности в крови женщины резко повышается количество прогестерона. Именно данный гормон запускает перестройки, которые происходят в организме во время всего периода вынашивания плода. Правда, химики давно научились синтезировать прогестерон. Однако систематическое использование его в качестве контрацептивного средства вело к тому, что беременность не наступала, а вторичные ее признаки развивались. В результате у синтетиков появилась серьезная задача – создать такой контрацептивный препарат, который не приводил бы к развитию сопутствующих изменений в организме.

Гормоны наряду с нервной системой служат для передачи информации от одних органов к другим. С током крови и лимфы они разносятся по всему организму, но воспринимаются только теми органами, у которых есть соответствующие рецепторы. Взаимодействие гормон–рецептор идет по принципу ключ–замок. В лаборатории А.В. Камерницкого на основе про-

гестерона синтезировали большое количество модифицированных соединений, биологическую активность которых исследовали в Санкт-Петербургском институте акушерства и гинекологии АМН, а атомную структуру определяли в Институте кристаллографии РАН. В результате сопоставление конформации молекул с биологической активностью позволило понять принцип их действия.

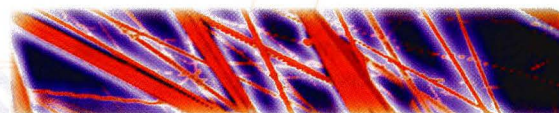
Приведенные выше примеры исследований кристаллов дают возможность утверждать, что методы структурной кристаллографии являются актуальными для решения проблем разных научных дисциплин. Установление закономерных связей состав–структура–свойства кристаллов в физике твердого тела позволяет перейти от феноменологического описания к микроскопической теории свойств и явлений, происходящих в кристаллах при внешних воздействиях. В результате открываются пути целенаправленного синтеза материалов такого атомного строения, которое связано с определенным набором свойств. Структурные исследования изоморфизма в минералах помогают геологам при поиске редких и рассеянных элементов, которые не имеют собственных минералов. Таким образом, обобщая развитие методов структурной кристаллографии, можно сказать: они имеют большое значение для многих областей знаний. ■

Вискеры:

НЕПОЗНАННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

ЧТО ТАКОЕ ВИСКЕРЫ?

Современная индустрия наноматериалов предлагает вещества с уникальными механическими, электрическими и оптическими свойствами. Спектр применения наночастиц настолько широк, что перспективность нанотехнологий не вызывает сомнений. Наночастицы уже используются для повышения износостойкости двигателей, очистки воды, обеззараживания помещений, заживления ран, создания самоочищающихся и пуленепробиваемых



материалов. Многие лаборатории мира занимаются изучением одномерных нанотрубок, а нанотубулярные формы оксидных материалов вызвали настоящий ажиотаж в научных кругах. В то же время мало кто знает, что родными братьями многих оксидных нанотрубок являются известные более полвека нитевидные кристаллы, получившие название «вискеры» (whisker – волос, англ.). По размерам они сопоставимы с наночастицами: диаметр некоторых из них не превышает 100 нм. Но большинство вискеров толще, что, впрочем, не делает их менее интересным объектом исследования.

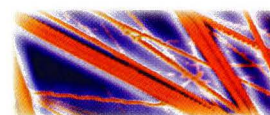




Для съемки использована цифровая фотокамера на литий-ионном аккумуляторе.

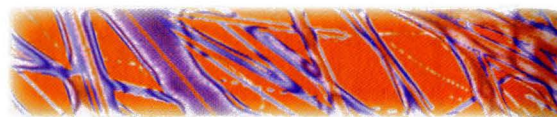
Обычно словом «нить» мы называем сплетенные волокна хлопка, льна или другого полимера. В последнее время в моде неорганические волокна – асбестовые, базальтовые, стекловолокна. Все они, как правило, выступают в роли огнеупорных материалов, уплотнителей, фильтров, носителей катализаторов и т.д. Также в научной литературе часто упоминаются классические объекты подобной природы – железные и алмазные «усы», обладающие непревзойденными механическими свойствами. Нитевидная форма обеспечивает отсутствие в них дислокаций – дефектов, обуславливающих хрупкость и пластичность объемных кристаллов. В последнее время большой интерес вызывают также вискеры карбида кремния, которые используются для

упрочнения металлов и керамики. С их помощью получают материалы с несовместимыми, на первый взгляд, свойствами. Прочные, пластичные и легкие, они годятся для изготовления и крыльев самолетов, и бронежилетов. К сожалению, до сих пор вискеры привлекали инженеров только своей термической стабильностью, исключительной гибкостью и механической прочностью. Конечно, это немало, поскольку использование вискерев позволяет создавать широкий спектр чрезвычайно полезных волокнистых и композиционных конструкционных материалов, применяемых в строительстве и авиакосмической технике. Но до конца ли исчерпаны возможности этих уникальных объектов, которые вот уже полвека интенсивно изучаются в ведущих лабораториях мира?



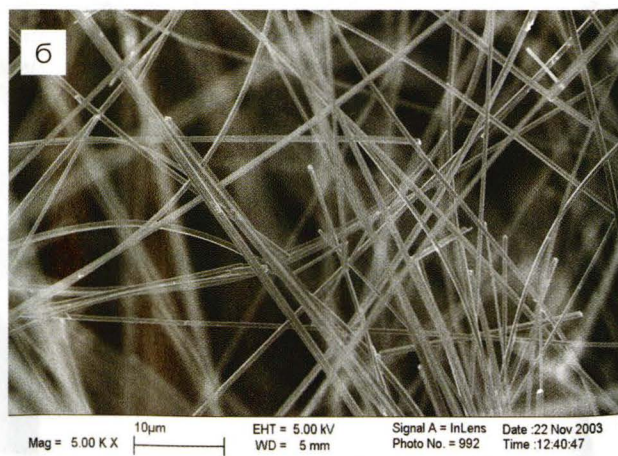
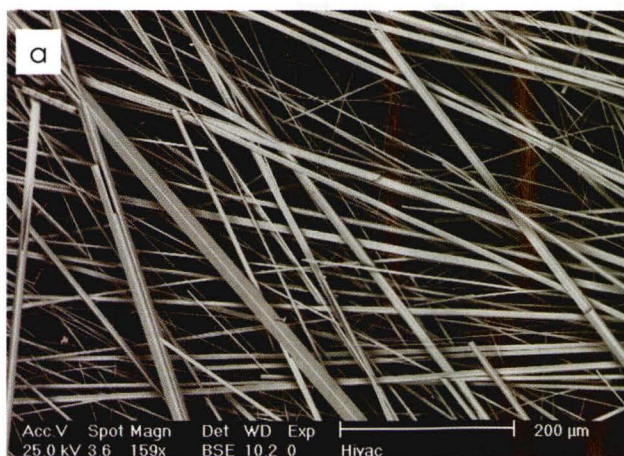
ВОЗМОЖНОСТИ ВИСКЕРОВ

Производство ионных проводников, катодных материалов, твердофазных электролитов, катализаторов, а может и матриц для захоронения радиоактивных отходов, – вот лишь некоторые из возможных сфер применения нитевидных кристаллов нового типа, методика роста которых недавно была разработана на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова в лаборатории неорганического материаловедения, возглавляемой академиком Ю.Д. Третьяковым. Полученным нитевидным кристаллам, кроме прочности и гибкости, унаследованной от своих предшественников, прочат уникальные физические свойства, в частности, одномерную суперионную проводимость. Она обеспечивается перемещением ионов определенного типа по структурным туннелям, являющимся характерной особенностью кристаллического строения вискеро-

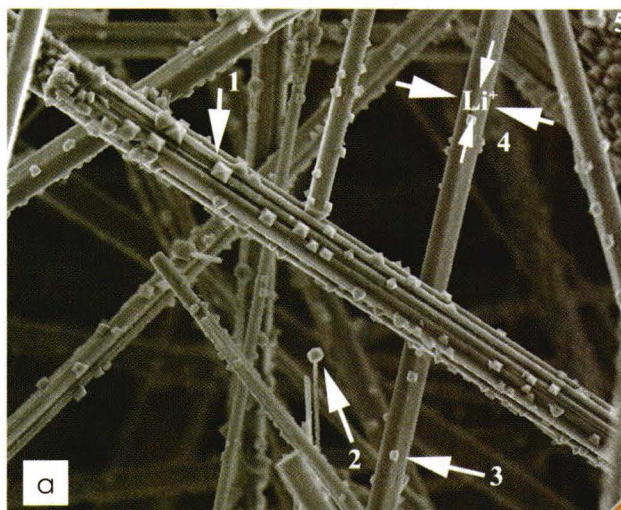


Например, когда в структурные каналы помещают небольшие ионы лития, возникает одномерная литий-ионная проводимость. Если при этом в противоположную сторону движутся электроны, то речь идет уже о смешанном электрон-ионном проводнике. Сразу возникает мысль о создании нового поколения материалов для литиевых источников тока, которые повсеместно используются в сотовых телефонах, цифровых фотокамерах и т.д. Таким образом, открыт способ получения веществ, уникально сочетающих специфический тип кристаллической структуры и редкий тип габитуса (внешней формы) кристалла – вискера.

Внешний вид нитевидных кристаллов голландита $\text{BaMn}_8\text{O}_{16}$ (а) и фазы $\text{Ba}_6\text{Mn}_{24}\text{O}_{48}$ с композитной туннельной структурой (б).



Как это часто бывает в научных исследованиях, тема разработки была открыта случайно. Три года назад специалисты лаборатории работали над получением материалов с колоссальным магнетосопротивлением, которые резко меняют свое электрическое сопротивление в магнитном поле и могут быть использованы в считывающих головках цифровых накопителей на жестких магнитных дисках (НЖМД). В качестве флюса (растворителя) применялись хлориды щелочных металлов, аналогичные всем известной поваренной соли. Оказалось, что в системе Ва–Mn–O можно получить нитевидные кристаллы длиной несколько миллиметров, переплетенные в клубок и напоминающие вату, мех или войлок. Таким габитусом обладают фазы голландита $Ba_{2-x}Mn_{8-y}O_{16}$ и $Ba_6Mn_{24}O_{48}$ с туннельной кристаллической структурой.



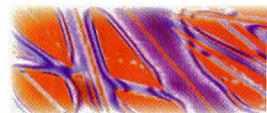
Mag = 25.00 K X 1 μm EHT = 5.00 kV Signal A = InLens Photo No. = 1159 WD = 3 mm



Нитевидные кристаллы после проведения реакции ионного обмена в расплаве нитрата лития (а); наряду с входением лития во внутренние (структурные) каналы фазы $Ba_6Mn_{24}O_{48}$ частично происходит образование фазы литиевой шпинели на внешней поверхности кристаллов (октаэдрические кристаллиты). Эти же нитевидные кристаллы, объединенные в нить за счет экструзии с клеевой массой (б).

немного истории

22 апреля 1915 г. у бельгийского города Ипр немцы впервые в истории применили химическое оружие против англо-французских войск, а 31 мая 1915 г. химической атаке вблизи Варшавы подверглись русские войска. Пострадали почти 9 тыс. человек, свыше тысячи солдат погибло. Так возникла необходимость создания противогАЗа, разработка которого связана с именем великого русского химика профессора МГУ Николая Дмитриевича Зелинского. Одним из лучших сорбентов, окисляющих ядовитые газы, оказалась смесь активированного угля и диоксида марганца (MnO_2). Полученные десятилетия спустя вискеры фаз $Ba_{2-x}Mn_{8-y}O_{16}$ и $Ba_6Mn_{24}O_{48}$ можно считать своеобразными кристаллическими модификациями MnO_2 и поставить их в один ряд с многочисленными минералами на основе MnO_2 , которые содержат небольшие количества других элементов и за счет своеобразного «темплатного эффекта» обладают слоистой, каркасной или туннельной кристаллической решеткой. Поэтому от полученных вискероВ следует ожидать высокой каталитической активности в газофазных реакциях. Поскольку их получают в виде войлока, они должны быть отличным каталитическим материалом, т.к. характеризуются высокой удельной площадью поверхности и одновременно обеспечивают доступ газообразным реагентам ко всем каталитическим волокнам.

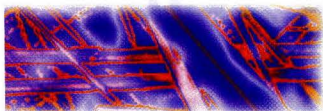


СВОЙСТВА ВИСКЕРОВ

Интересно отметить, что после обработки кислотой и перевода в так называемую Н-форму эти волокна становятся активным сорбентом тяжелых металлов (например, техногенных и радиоактивных отходов), поскольку структурно способны легко обменять протоны на катионы с большим радиусом, без стерических затруднений располагающихся в каналах кристаллической структуры. Благодаря геометрическим размерам, механическим свойствам и электрофизическим характеристикам вискером с интеркалированными катионами их также можно использовать при изготовлении ион-селективных щупов для атомно-силовой микроскопии.

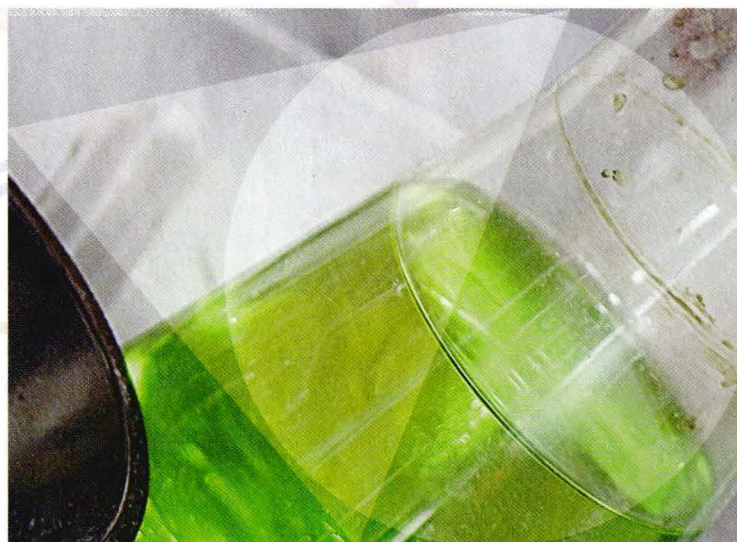
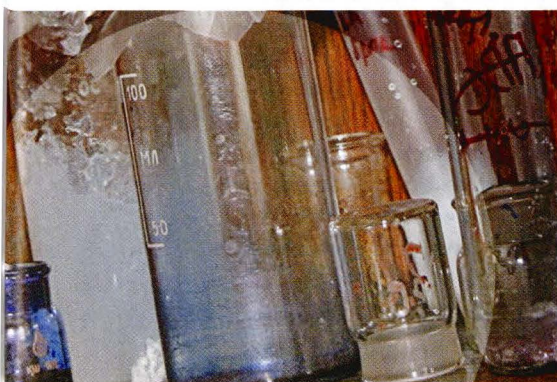


И все же главным направлением научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, связанной с использованием полученных вискером, стала разработка нового поколения тканевых электродных материалов для вторичных источников тока. Их создание требует достижения определенной обменной емкости, высокой подвижности ионов, электронной проводимости, а также живучести, т.е. долговечного использования в циклах разряда-зарядка. Последняя характеристика связана со значительным изменением параметров решетки, а значит, с возникновением чудовищных механических напряжений, разрушающих материал во время работы источника тока. Выращенные минеральные нити имеют почти идеально подходящую структуру, а параметры их кристаллической решетки изменяются таким образом, что ее сжатие и растяжение в циклах интеркаляции-деинтеркаляции происходит поперек, а не вдоль нитей, что позволяет избежать их растрескивания.

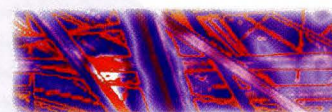


перспективы использования

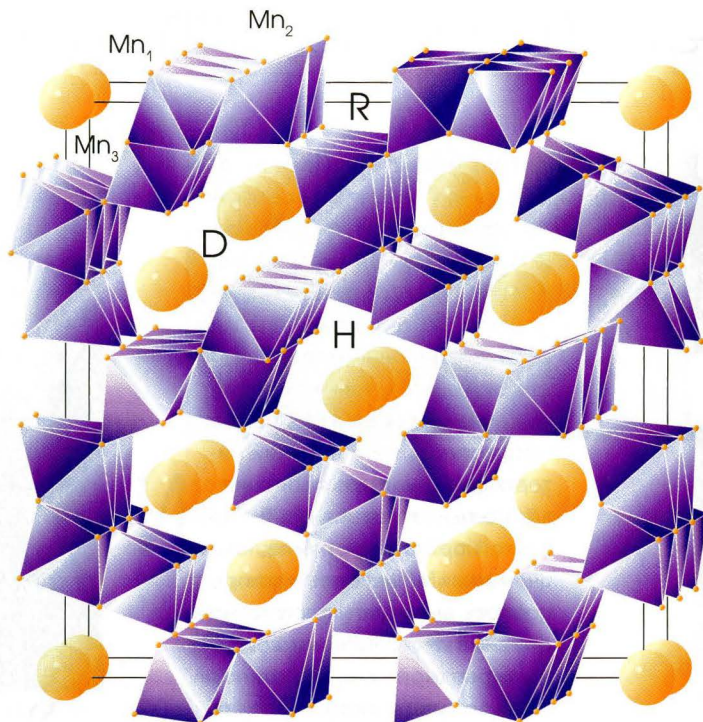
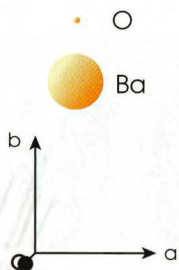
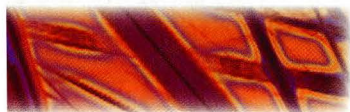
Помимо удивительных ионно-обменных свойств вискерам присущи уникальная гибкость и механическая прочность. Поэтому у московских исследователей возникла мысль о создании тканного электрода для литиевых источников тока. Подобная идея еще ни разу не обсуждалась ни в научной литературе, ни в российских или зарубежных патентных бюро по той простой причине, что ученым из МГУ впервые в мире удалось вырастить достаточно длинные минеральные волокна одномерных суперионных проводников экономически выгодным способом. Поэтому можно говорить о бесспорном приоритете России в области получения вискером одномерных суперионных проводников. На сегодняшний день в мире опубликованы три статьи на эту тему, две из них принадлежат ученым лаборатории неорганического материаловедения химического факультета МГУ. Европейская и американская патентные базы не содержат аналогов разработкам, которые проводятся с марганитными вискерами в Москве.



Уникальное сочетание кристаллической структуры и формы кристалла, из которого вырастают волокна, предопределяет преимущества источников тока, имеющих огромный потенциальный рынок во всем мире. Разработкой новых методов получения нитевидных кристаллов одномерных суперионных проводников сотрудники лаборатории неорганического материаловедения химфака МГУ занимаются в рамках федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники». Программа позволила ускорить перспективную работу и дала ученым возможность наладить сотрудничество с коллегами из Института проблем химической физики (ИПХФ) РАН (г. Черноголовка), которые занимаются литиевыми источниками тока и располагают необходимым оборудованием.



Кристаллическая
структура фазы
 $Ba_6Mn_{24}O_{48}$.



Хотя нитевидные кристаллы, интеркалирующие литий, уже получены, их функциональные характеристики пока не дотягивают до уровня, необходимого для промышленного производства. Но улучшение технологии и поиск различных модификаций вискеро́в – это задача второй стадии исследовательских работ. Ученые химфака МГУ считают, что если бы не конкурс, объявленный Министерством науки и образования РФ, вряд ли они смогли бы предпринять попытку технологического улучшения состава или отработки методики. Он позволил продумать практическую сторону работы и завязать контакты с коллегами, работающими в этой же области. Таким образом, конкурс способствовал объединению двух взаимодополняющих групп ученых и мотивировал их к практической переориентации.

Дешевую методику получения марганитных волокон лаборатория планирует разработать уже в этом году. Тем временем ИПХФ РАН изучит свойства вискеро́в и решит вопросы, связанные с возможностями их практического использования. Если установленные характеристики вискеро́в окажутся хуже, чем ожидается, ученые прибегнут к их химической модификации. На конец 2006 г. намечено изготовление тканевых электродов для прототипа коммерческого изделия. Пределы перспективности вискеро́в в лаборатории неорганического материаловедения химфака МГУ обозначить не берутся, поскольку уже задумываются о более интересных разработках, чем новые источники тока.

Евгений Гудилин,
Елена Укусова

участники проекта

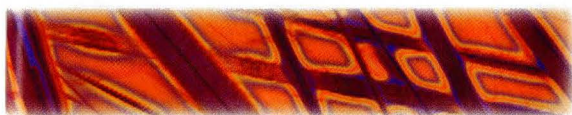
Коллектив исполнителей проекта «Разработка новых методов получения нитевидных кристаллов одномерных суперонных проводников» является структурным подразделением химического факультета МГУ и принадлежит лаборатории неорганического материаловедения кафедры неорганической химии (зав. кафедрой – академик РАН Ю.Д. Третьяков), которая долгое время занималась такими перспективными «хай-тековскими» темами, как ферритные материалы, высокотемпературные сверхпроводники и материалы с колоссальным магнетосопротивлением. В последнее время на кафедре неорганической химии и химическом факультете МГУ в целом проводятся современные междисциплинарные исследования, направленные на получение новых классов функциональных материалов. Создание подобных перспективных материалов закладывает фундамент для последующего развития в России наукоемких технологий в энергетике, информационных технологиях, здравоохранении и медицине.



программе

Федеральная целевая научно-техническая программа (ФЦНТП) «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» – первый шаг на пути финансирования российской науки с опорой на ряд важных критериев, учитываемых в мировом научном сообществе: научные публикации, участие в конкурсах, цитируемость, объемы и количество грантов, наличие контрактов. Программа предусматривает два этапа: конкурсный отбор на стадии формирования предложений и конкурсный отбор на стадии отбора исполнителя для этого предложения. Схема, предлагаемая разработчиками программы и заказчиками результатов, полученных в ходе ее реализации, – Министерством образования и науки РФ, Федеральным агентством по науке и инновациям и Федеральным агентством по образованию – качественно отличается от предыдущих программ, реализуемых в государственном научном секторе.

Определенные приоритетные направления и конкурсная система отбора исполнителей будут способствовать развитию и использованию научно-технологического потенциала Российской Федерации, включая комплексное развитие национальной инновационной системы на основе повышения инновационной активности, восприимчивости организаций к нововведениям и прогрессивным технологиям в интересах диверсификации и роста конкурентоспособности российской экономики.



Марк Фишетти

ЦЕНА прогресса

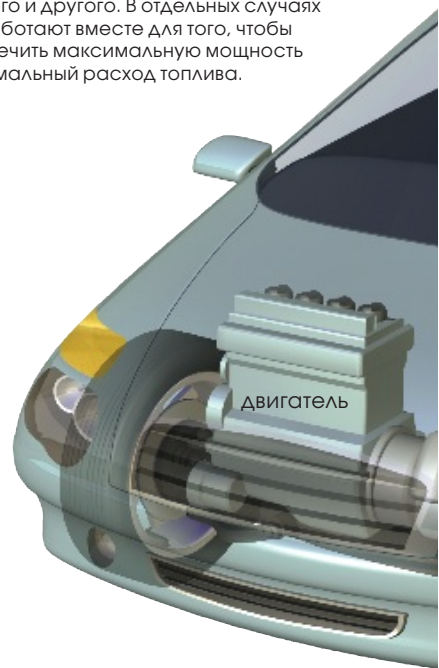
Автомобили с гибридными двигателями обладают высокими техническими характеристиками, экономят топливо и тем самым меняют конъюнктуру рынка.

«Полный гибридный двигатель, установленный на *Toyota Prius*, снабжен системой, позволяющей комплексно экономить топливо. При остановке автомобиля двигатель внутреннего сгорания выключается и начинает работать электродвигатель, т.е. аккумуляторная батарея вырабатывает необходимую энергию. Во время старта электромотор разгоняет машину до скорости, достигающей 30–45 км/час, затем включается двигатель внутреннего сгорания. При движении с большими нагрузками оба силовых агрегата функционируют одновременно. Система электронного контроля работы трансмиссии позволяет максимально увеличить мощность и снизить расход топлива. «Электронная система поддерживает синхронную работу всех компонентов», – говорит Дэвид Херманс (David Hermance), ведущий инженер технического центра компании *Toyota* в Лос-Анджелесе. В средних гибридных автомобилях, таких как *Honda Insight*, электрический двигатель малой мощности не в состоянии самостоятельно обеспечить движение машины, он лишь повышает эффективность работы двигателя внутреннего сгорания (основного силового агрегата). (На иллюстрации представлена схема устройства полного гибридного автомобиля.)

По мнению Херманса, стоимость машин с гибридным двигателем, производимых компаниями *Toyota*, *Honda* и *Ford*, на \$2–3 тыс. выше, чем аналогичных моделей с обычным силовым агрегатом. Именно этот фактор сдерживает продажи, поскольку никто не хочет платить лишнего, даже в том случае, если эти средства вернуться через экономию топлива в будущем. Но ситуация меняется. *Toyota Prius* потребляет 5,1 л бензина на 100 км пути. При цене бензина в \$0,44 за литр владелец гибридного автомобиля компенсирует свои траты на его покупку через четыре года, а далее он будет только в выигрыше.

Еще один стимул для роста продаж – увеличение мощности гибридных автомобилей за счет электронной системы управления двигателем и трансмиссией. Предыдущие модели не отличались необходимой динамикой, и лишь *Toyota Prius* может состязаться с одноклассниками, оснащенными двигателем внутреннего сгорания, а *Lexus RX 400* с гибридом 2006 г. выпуска достигает скорости 100 км/час менее чем за 7 сек., обгоняя обычный автомобиль на 1 сек. По данным журнала *Consumer Reports*, *Honda Accord* с гибридным двигателем имеет мощность на 15 лошадиных сил больше, что позволяет набирать 100 км/час на 1/5 сек. быстрее, чем такая же модель с обычным двигателем. И это несмотря на то, что электрический мотор и батарея увеличивают вес автомобиля. Так или иначе, американцы ценят прогресс и готовы платить за него.

Силовая установка гибридного автомобиля состоит из двигателя внутреннего сгорания и электрического мотора, питаемого аккумулятором. Движение может осуществляться за счет того и другого. В отдельных случаях они работают вместе для того, чтобы обеспечить максимальную мощность и оптимальный расход топлива.



Двигатель

Планетарный редуктор обеспечивает распределение крутящего момента между двигателем внутреннего сгорания, электромотором и колесами автомобиля, генератором.

GEORGE RETBECK

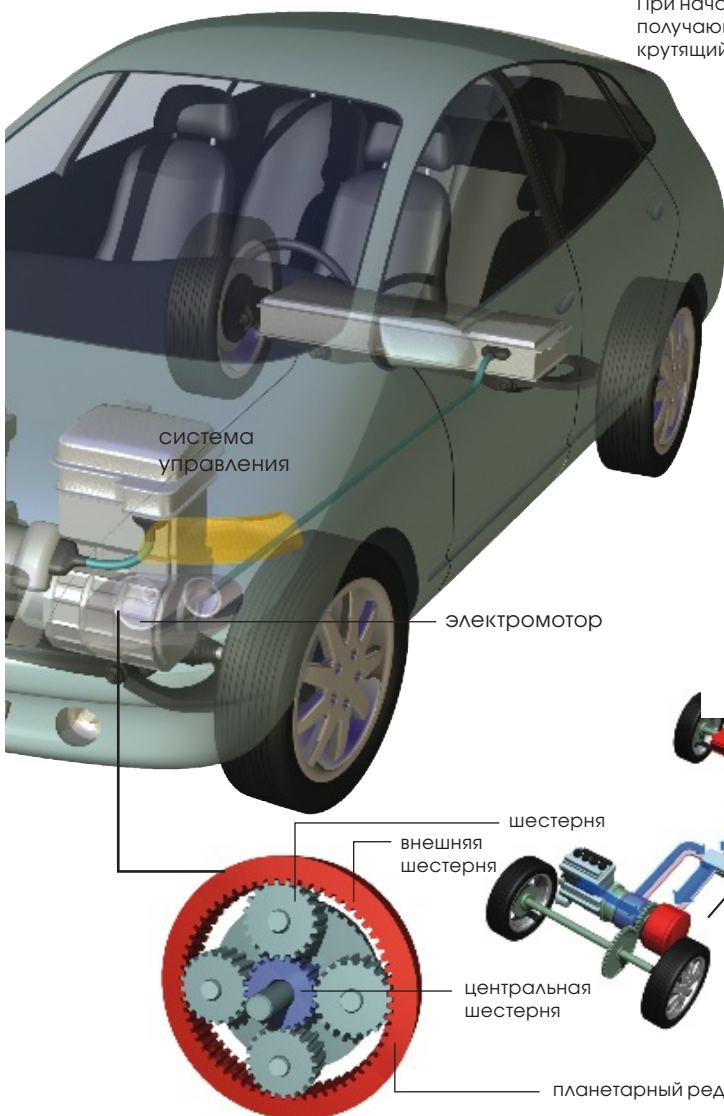
ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЯ. Электрические батареи гибридных автомобилей компании *Honda* дают постоянный ток с напряжением 144 В, на *Toyota Prius* используются батареи с напряжением 288 В, *Ford Escape* – 300 В. В то же время электрические моторы и генераторы имеют рабочее напряжение в 500 В, поэтому в электрическую схему автомобиля включены устройства для повышения напряжения. Кроме того, трансформатор снабжает электроэнергией бортовые системы, работающие на постоянном токе с напряжением 12 В.

ХОЛОДНАЯ ХИМИЯ. Электрическая батарея гибридного автомобиля велика

по размеру и состоит из большого количества соединенных между собой ячеек. Как правило, она устанавливается за спинкой заднего сиденья. Основной материал конструкций – гидрид никеля. При плюсовой температуре внешней среды охлаждение электрической батареи осуществляет воздух, поступающий из салона автомобиля, а при минусовых значениях поток меняет направление. Оптимальный температурный режим для таких элементов – от 20 до 30°C.

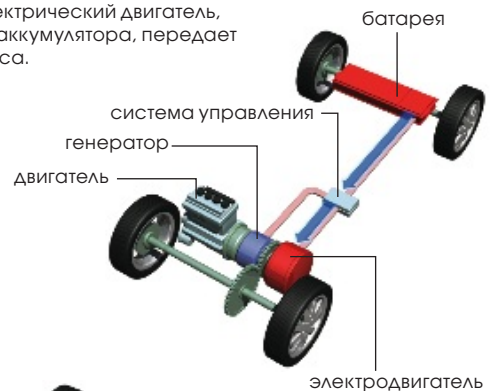
ОТ КОЛЕС ДО КОЛЕС. Общая эффективность использования топлива транспортным средством зависит от

экономичности его производства, транспортировки, заправки и непосредственно преобразования в поступательное движение автомобиля. Многие эксперты сходятся во мнении, что гибридный автомобиль по эффективности стоит на вершине этой пирамиды, что подтверждается данными Американской ассоциации инженеров-механиков. Согласно ее заключению, эффективность автомобилей, использующих различные виды топлива, выглядит следующим образом: двигатель внутреннего сгорания – 19%, электромобили – 21%, водородные – 27%, гибридные – 32%.



НАЧАЛО ДВИЖЕНИЯ:

При начале движения электрический двигатель, получающий энергию от аккумулятора, передает крутящий момент на колеса.



ДВИЖЕНИЕ БЕЗ НАГРУЗКИ:

При равномерном движении работает двигатель внутреннего сгорания. Получаемая от него энергия передается на колеса и генератор, питающий электрический мотор. Система электронного контроля задает оптимальный режим распределения мощности.

УСКОРЕНИЕ:

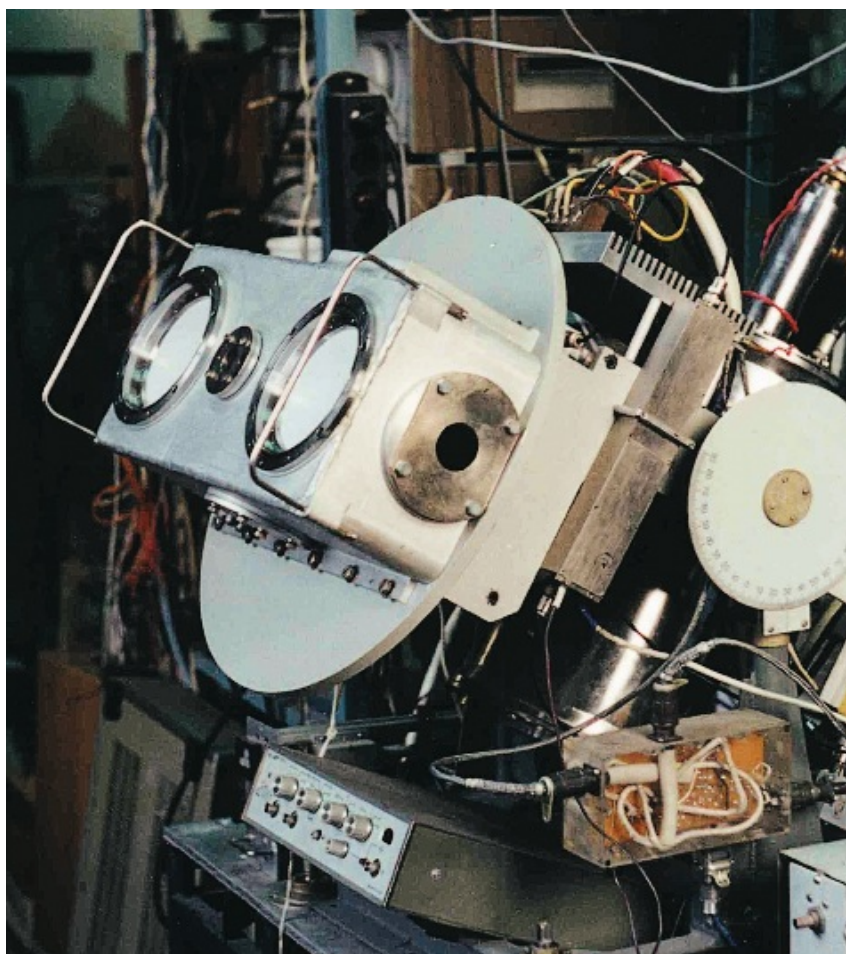
При резком наборе скорости электромотор получает дополнительную энергию от электрической батареи. При торможении электрический мотор превращается в генератор, который позволяет подзарядиться электрической батарее (тормозная генерация). Если она разрядилась, то ее компенсирует энергия от генератора.

Ирина Прошкина

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЗОННОГО СЛОЯ Над Москвой

Известно, что озоносфера служит для защиты Земли от ультрафиолетового излучения. Однако в последнее время все чаще появляются сообщения об аномальных явлениях, в частности об истончении озонового слоя.

Данные об озоносфере традиционно поступают с наземных озонметрических пунктов, с бортов самолетов, аэростатов, ракет и спутников, также проводится дистанционное зондирование в различных участках спектра – от ультрафиолетовой области до радиодиапазона.



Радиофизические методы дистанционного зондирования атмосферы, основанные на измерении собственного теплового радиоизлучения атмосферных газов на миллиметровых (ММ) и субмиллиметровых (субММ) волнах, открыли новые возможности в изучении атмосферы и ее озонового слоя.

Исследуя собственное тепловое излучение атмосферного озона и других газов, можно восстановить вертикальный профиль содержания излучающих молекул. Данные помогают создать современную модель озоносферы, учитывающую влияние на атмосферный озон всех факторов естественного и антропогенного происхождения. Справочная модель озоносферы COSPAR была построена по спутниковым данным, полученным в конце 70-х–начале 80-х гг., когда еще не наблюдались аномальные явления.

Поскольку воздействие естественных и техногенных факторов на озоносферу может протекать на разных высотах неодинаково и иметь разные характерные времена, для изучения ожидаемых откликов озоносферы на эти процессы необходимо исследовать вариации озона в широком диапазоне времен и высот.

Колебания концентрации озона могут происходить по причинам естественного и антропогенного характера.

В отличие от оптических наблюдений, радиофизические методы позволяют получать ценную информацию о распределении озона независимо от времени суток, при различных атмосферных условиях и в диапазоне высот от нижней стратосферы до мезосферы. Эти методы активно развиваются в США, Франции, Швеции, Германии, Японии и других странах. В России этой тематикой занимаются в лаборатории спектроскопии

ММ-волн Физического института им. П.Н.Лебедева РАН (ФИАН) в Москве и в Институте прикладной физики РАН (ИПФ РАН) в Нижнем Новгороде.

Особенно важно знать закономерности изменений в озоновом слое над густонаселенными регионами, на-

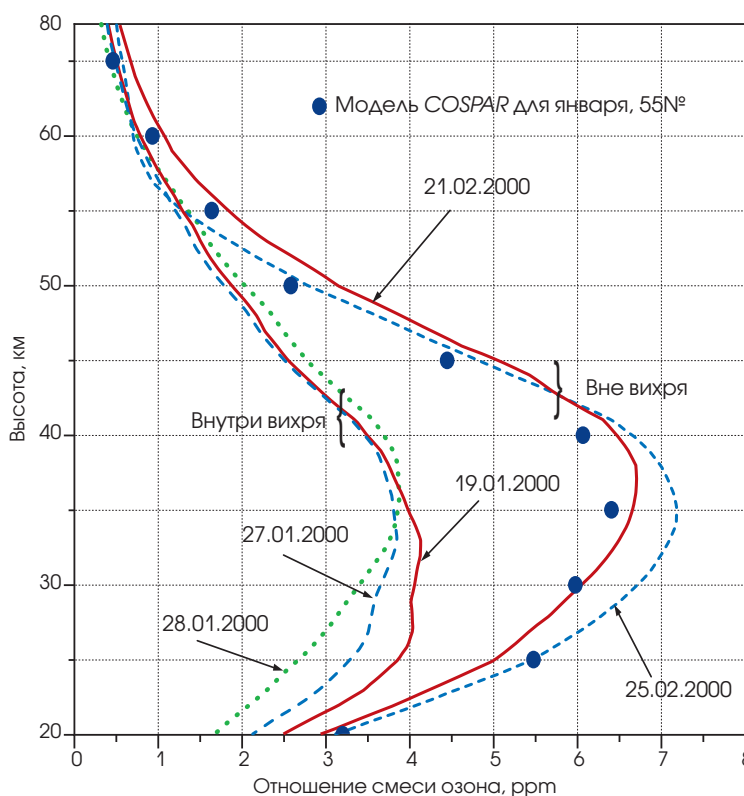
пример Московским, т.е. там, где возможное истощение озонового слоя может привести к серьезным последствиям для большого числа людей.

Для получения рядов экспериментальных данных с высокой точностью и в течение продолжительного периода наблюдения необходимы высокая чувствительность спектральной приемной аппаратуры и совершенная методика наблюдений и обработки информации. Для этих целей в ФИАН был создан спек-

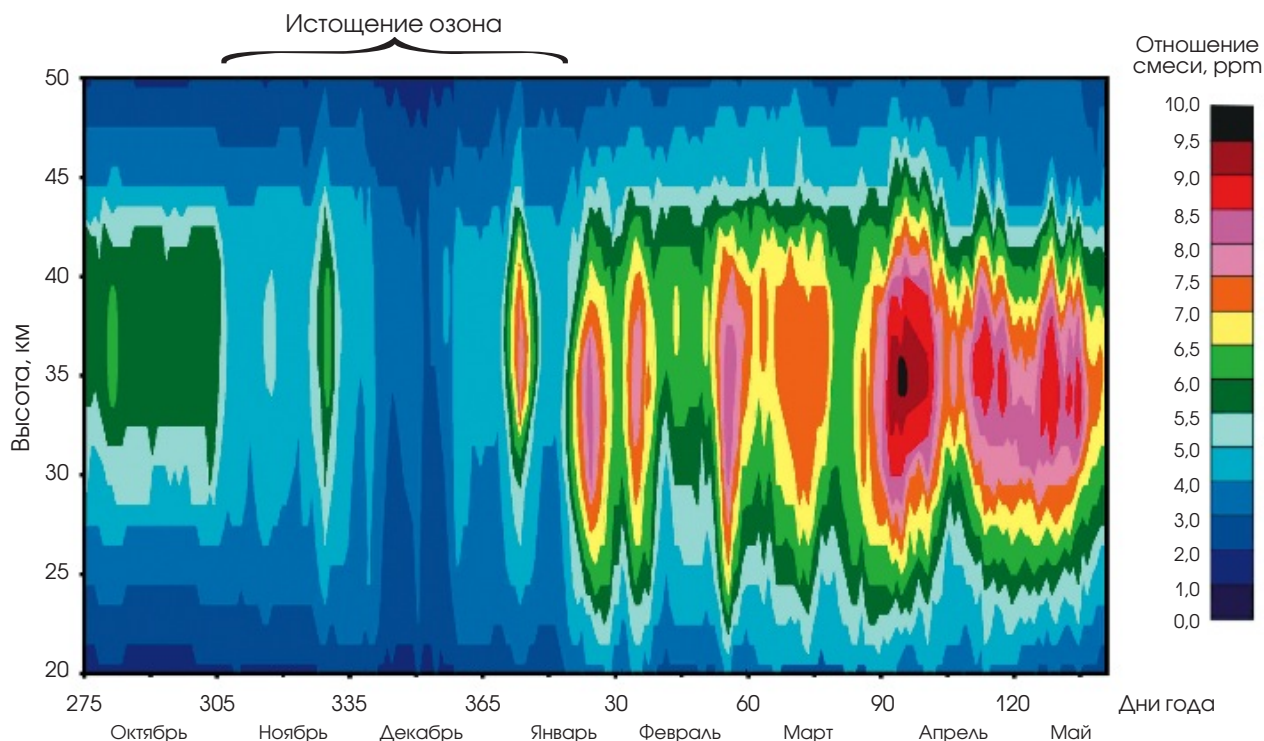
трорадиометр (см. рис. на противоположной стороне), параметры которого были подобраны с помощью численных экспериментов, имитирующих условия наблюдения озоносферы с поверхности Земли.

Спектрорадиометр установлен в лабораторном помещении перед радиопрозрачным окном. Оптимальный зенитный угол наблюдения зависит от метеословий и обычно составляет 60–70°. Благодаря высокой чувствительности приемника и эффективным методам обработки спектров технические параметры озонометрической аппаратуры ФИАН находятся на мировом уровне. В 2000 г. спектрорадиометр был включен в состав глобальной сети по международной программе SOLVE.

Для оперативной проверки параметров спектрорадиометра созданы программы, с помощью которых контролируются величины полезного сигнала и уровень шумов. Калибровка радиометра производится с помощью ▶



Холодный период 2002–2003 гг.



тепловых излучателей, один из которых охлаждается жидким азотом, а другой находится при комнатной температуре. Программа наблюдений позволяет производить регистрацию спектров атмосферного озона в автоматическом режиме. Все параметры устанавливаются оператором в соответствии с задачей и условиями наблюдения, а по завершении цикла накопления на экран управляющего компьютера выводится спектр излучения озона с указанием его данных.

На графиках приведены примеры профилей вертикального и высотного-временного распределения озона над Москвой. Наблюдавшиеся сезонные изменения его содержания качественно соответствуют данным справочной модели озоносферы COSPAR. Вместе с тем было обнаружено заметное систематическое отклонение от модели, наиболее существенное в холодные полугодия и особенно выраженное на высотах примерно от 25 до

45 км. При определении причин таких аномалий выяснилось, что на высотное распределение озона влияет динамика атмосферы. В холодный период года в стратосфере и мезосфере Северного полушария возникает полярный вихрь и происходит активизация планетарных волновых процессов, что вызывает особый интерес исследователей, поскольку явления, которые приводят к образованию озоновой дыры над Арктикой и над Антарктидой, во многом аналогичны.

Измерения показали, что по мере приближения центра полярного вихря к Москве содержание озона над Москвой снижалось. Весной, с уменьшением глубины вихря, его влияние ослабевает, появляется приток богатого озоном воздуха, регистрируется типичное для начала теплого сезона увеличение содержания стратосферного озона.

Как уже упоминалось, колебания концентрации озона могут происходить по причинам естественного

и антропогенного характера. Для решения проблемы необходимы подробные данные об откликах озоносферы на различные возмущения в широком диапазоне высот, а также постоянный мониторинг озоносферы. С этой целью в лаборатории спектроскопии ММ-волн ФИАН планируются наблюдения за газовыми компонентами, разрушающими озоновый слой. Для этих исследований радиофизические методы особенно эффективны. ■

Редакция благодарит сотрудников лаборатории спектроскопии ММ-волн: кандидата физико-математических наук Е.П. Кропоткину, кандидата физико-математических наук С.Б. Розанова и кандидата физико-математических наук С.В. Соломонова за предоставленные иллюстрации и помощь в подготовке материала.

www.sciam.ru

**СПЕЦИАЛЬНОЕ
ПРЕДЛОЖЕНИЕ
ДЛЯ БИБЛИОТЕК!**

Вы можете получить подборку номеров журнала "В мире науки"
за 2003 и 2004 гг. **БЕСПЛАТНО!**
Предложение ограничено.

Дополнительную информацию
Вы можете получить по телефонам:

105-03-72 и 727-35-30

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки
scientific american

Читайте в следующем выпуске журнала:

МОЖНО ЛИ ПОХОРОНИТЬ ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ?

Чтобы замедлить процесс накопления в атмосфере углекислого газа, его промышленные выбросы можно улавливать и затем инъецировать в пористые геологические формации, расположенные в земной коре на глубине нескольких километров.

МНОГОЛИКИЙ МАРС

История Марса – одна из наиболее захватывающих в Солнечной системе. Пока ученым удалось лишь схематично ее воссоздать, собирая фрагментарные данные.

КАК СТАТЬ ГИГАНТОМ – ОПЫТ ДИНОЗАВРОВ

До недавнего времени большинство палеонтологов полагало, что поскольку динозавры относятся к рептилиям, то и растут так же медленно на протяжении всей жизни.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРЕВНИХ ОБЩЕСТВ

С появлением компьютеров археологи начали проводить эксперименты по моделированию, чтобы с их помощью лучше разобраться в прединформационной истории человечества.

ЗАГАДКИ МАССЫ

Масса – привычное свойство вещества, но во многих отношениях она остается загадкой для ученых. Прежде всего, откуда у элементарных частиц берется масса и чем определяется ее количество?

КРЕЩЕНИЕ ВОДОЙ

165 лет назад флорентийский физик Джованни Баттиста Амичи поместил на препарат капельку жидкости, чтобы улучшить качество изображения в окуляре микроскопа. Сегодня его инновационная идея нашла применение в полупроводниковой промышленности.



журнал «В МИРЕ НАУКИ»



ГДЕ КУПИТЬ ТЕКУЩИЕ НОМЕРА:

- в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., 1;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА;
- в киосках г. Зеленограда;

- в Санкт-Петербурге, ЗАО «НЕВА-ПРЕСС», тел. (812) 324-67-40; ООО «Заневская пресса» тел. (812) 275-07-21
- в Новосибирске, АРПИ «Сибирь», тел. (3832) 20-36-26;
- в Нижнем Новгороде, «Роспечать»,

- тел. (8312) 35-15-92, 35-72-42, 19-76-05; «Шанс-пресс», тел. (8312) 31-31-14, 31-31-16;
- «Региональная пресса», тел. (8312) 35-88-16
- в Киеве, KSS, тел. (044) 464-02-20.

Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу: ул. Радио, дом 22, а также в ООО «Едиториал УРСС» по адресу: проспект 60-летия Октября, д. 9, оф. 203, тел./факс (095) 135-42-16.

Как оформить подписку/заказ на журнал «В мире науки»:

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, и ваш полный почтовый адрес.
 2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже).
 3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате по адресу: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22, редакция журнала «В мире науки». Бланк подписки можно отправить по электронной почте distr@sciam.ru, или по факсу: 105-03-72.
- Подписку можно оформить со следующего номера.

<p>Бланк подписки</p> <p><input type="checkbox"/> Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу 390 руб. 00 коп.</p> <p><input type="checkbox"/> Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу 780 руб. 00 коп.</p> <p>Цена за один номер журнала по подписке в 2005 г. 65 руб. 00 коп.</p> <p>В 2006 году стоимость подписки на полугодие составит 540 руб. 00 коп., на год – 1080 руб. 00 коп.</p> <p>Цена за один номер журнала по подписке в 2006 г. 90 руб. 00 коп.</p>	<p>Контактные данные</p> <p>Ф.И.О. _____</p> <p>Индекс _____</p> <p>Область _____</p> <p>Город _____</p> <p>Улица _____</p> <p>Дом _____ Корп. _____ Кв. _____</p> <p>Телефон _____</p> <p>Дата рождения _____ / _____ / 20____</p>	<p>Бланк заказа предыдущих номеров</p> <p><input type="checkbox"/> Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):</p> <p><input type="checkbox"/> №1/____ <input type="checkbox"/> №7/____</p> <p><input type="checkbox"/> №2/____ <input type="checkbox"/> №8/____</p> <p><input type="checkbox"/> №3/____ <input type="checkbox"/> №9/____</p> <p><input type="checkbox"/> №4/____ <input type="checkbox"/> №10/____</p> <p><input type="checkbox"/> №5/____ <input type="checkbox"/> №11/____</p> <p><input type="checkbox"/> №6/____ <input type="checkbox"/> №12/____</p> <p style="text-align: right;">Всего _____ экземпляров.</p> <p><input type="checkbox"/> Я заказываю полный комплект «В мире науки» за 20____ г.</p> <p>Цена за один номер журнала 65 руб. 00 коп.</p>
---	--	---

<p>ЗАО «В мире науки» Расчетный счет 40702810100120000141 в ОАО «Внешторгбанк» г. Москва БИК 044525187 Корреспондентский счет 30101810700000000187 ИНН 7709536556; КПП 770901001</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Фамилия, И.О., адрес плательщика</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Вид платежа</th> <th style="width: 25%;">Дата</th> <th style="width: 25%;">Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Плательщик _____</p>	Вид платежа	Дата	Сумма	Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров			<p>ЗАО «В мире науки» Расчетный счет 40702810100120000141 в ОАО «Внешторгбанк» г. Москва БИК 044525187 Корреспондентский счет 30101810700000000187 ИНН 7709536556; КПП 770901001</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Фамилия, И.О., адрес плательщика</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Вид платежа</th> <th style="width: 25%;">Дата</th> <th style="width: 25%;">Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Плательщик _____</p>	Вид платежа	Дата	Сумма	Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Вид платежа	Дата	Сумма											
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров													
Вид платежа	Дата	Сумма											
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров													

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО:

- по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970;
 - подписка на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 10729
 - через редакцию (только по России), перечислив деньги через Сбербанк или по почте, отправив копию квитанции (с указанием Ф.И.О., точного адреса и индекса подписчика) в редакцию по почте, по факсу: (095) 105-03-72; 727-35-30 или по e-mail: distr@sciam.ru.
- Подписаться можно со следующего номера, в квитанции обязательно указать номер, с которого пойдет подписка. Бланк подписки можно взять в любом номере журнала, получить в редакции или на сайте www.sciam.ru.

