ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

№2 2011

ИНФОРМАТИКА

ДА ПРЕБУДЕТ С НАМИ ВЕБ



ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

КРОВЬ ИЗ КАМНЯ

МЕДИЦИНА

ПСИХОДЕЛИКИ КАК ЛЕКАРСТВО

ФИЗИКА

СКРЫТАЯ ГЕОМЕТРИЯ ВСЕЛЕННОЙ

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР

Специальный репортаж

ISSN 0208-0621

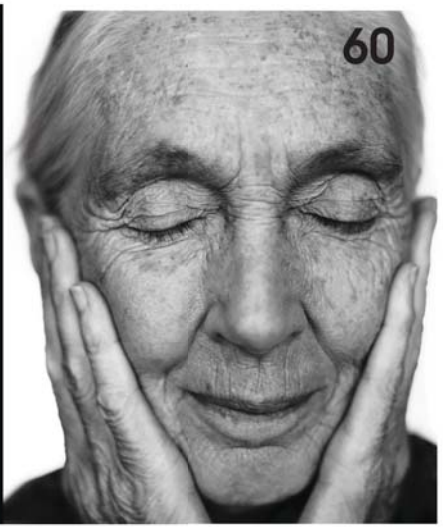
11002

9 770208 062001 >

Журнал выходит при поддержке МГУ имени М.В. Ломоносова







СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

Инновации

16 **ИДЕИ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ МИР**

Десять идей, тенденций и технологий, потенциально способных преобразовать нашу жизнь

Физика

30 **ЕДИНАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ**

Энтони Гаррет Лиси и Джеймс Оуэн Уэтерелл

На самых глубинных уровнях в иерархии строения нашей Вселенной частицы вещества и их взаимодействия могут представлять собой единый и полный изящества геометрический объект

Палеонтология

40 **КРОВЬ В КАМНЕ**

Мэри Швейцер

Исследования ископаемых скелетов динозавров показывают, что иногда органические материалы могут сохраняться в окаменелостях на протяжении миллионов лет

Биология

50 **НЕВИДАННАЯ ЖИЗНЬ**

Давиде Кастельвекки

Микромир удивляет многообразием форм населяющих его живых организмов

Здравоохранение

56 **ГАЛЛЮЦИНОГЕНЫ КАК ЛЕКАРСТВА**

Роланд Гриффитс и Чарлз Гроб

Всего за несколько часов нетрадиционные психотропные вещества могут благотворнее повлиять на мироощущение человека, чем регулярные сеансы психотерапии

Наука о жизни

60 **ДЖЕЙН ИЗ ДЖУНГЛЕЙ**

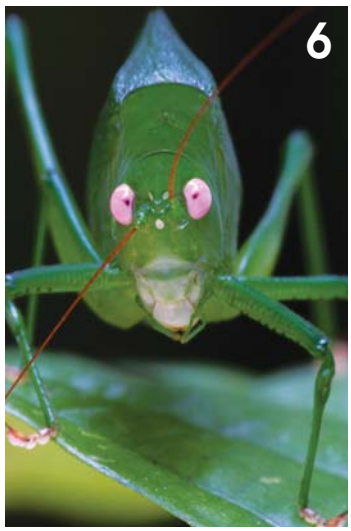
Интервью: Кейт Вонг

Приматолог Джейн Гудолл делится своими впечатлениями о пятидесятилетнем опыте обитания среди шимпанзе









Исследования космоса

62 **СТАРТ ОРБИТАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ**

Дэвид Фридман

Почему план NASA отказаться от пилотируемых полетов поможет сделать путешествия в космос обычным делом

Робототехника

70 **ЖУКИ–КИБОРГИ**

Мичель Махарбис и Хиротака Сато

Возможно, что миниатюрные летающие роботы, представляющие собой сочетание машины и насекомого, будут спасать жизни людей на войне и в условиях катастроф

Технологии

78 **ОТКРЫТИЯ, КОТОРЫЕ СЛЕДОВАЛО БЫ ЗАКРЫТЬ**

Выборка из списка изобретений, без которых миру лучше было бы обойтись

Информатика

82 **ДА ПРЕБУДЕТ С НАМИ ВЕБ!**

Тим Бернерс–Ли

Всемирная паутина – важнейший фактор не только цифровой революции, но и нашего дальнейшего процветания и больше того – свободы

Образование

92 **ВИТАМИНЫ БУДУЩЕГО**

Евгений Гудилин

Интернет-олимпиады как здоровая альтернатива сетевым играм

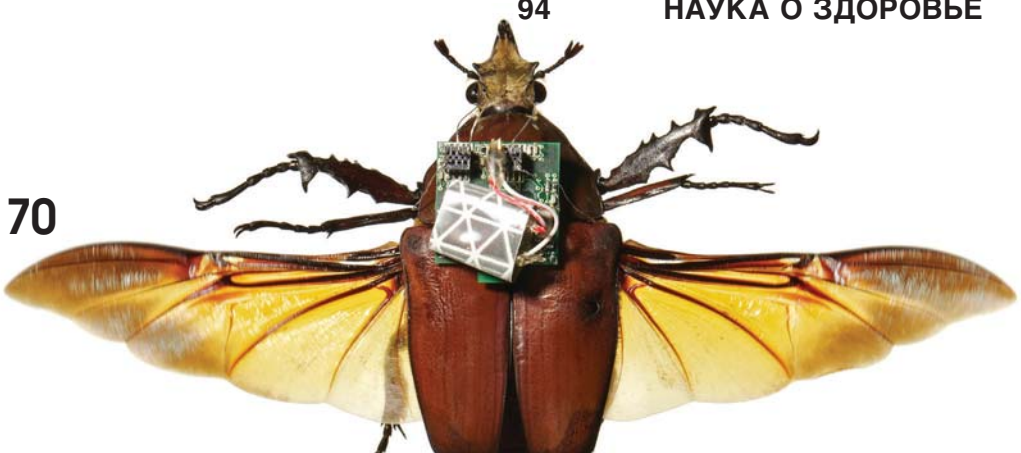
РАЗДЕЛЫ:

3 **ОТ РЕДАКЦИИ**

4 **50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

6 **СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

94 **НАУКА О ЗДОРОВЬЕ**



ежемесячный научно-информационный журнал
SCIENTIFIC AMERICAN
В мире науки

Учредитель и издатель:	**ЗАО «В мире науки»**
Главный редактор:	С.П. Капица
Заместители главного редактора:	А.Ю. Мостинская О.И. Стрельцова
Зав. отделом естественных наук:	В.Д. Ардаматская
Зав. отделом российских исследований:	Ю.Г. Юшкявичюте
Выпускающий редактор:	М.А. Янушкевич
Корреспондент:	Д.А. Мисюров
Над номером работали:	
Н.Н. Алипов, А.В. Ващенко, Е.А. Гудилин, Ф.С. Капица, Т.А. Митина, И.В. Ногаев, А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, А.А. Сорокин, П.Ю. Худолей, Н.Н. Шафрановская	
Арт–директор:	С.Б. Кедис
Корректура:	Я.Т. Лебедева
Генеральный директор АНО«Телекомпания "Очевидное–Невероятное"»:	С.В. Попова
Директор Управляющей компании:	И.Г. Семенков
Генеральный директор ЗАО «В мире науки»:	М.М. Стеблянко
Главный бухгалтер:	Д.В. Сухоносова

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

Журнал «В мире науки» – участник НП «Международное партнерство распространения научных знаний»

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*
В верстке использованы шрифты *Helios* и *BookmanC*

Отпечатано: ЗАО «ПК "Экстра М"».
Заказ №2/2011 – 11–01–00038

© В МИРЕ НАУКИ

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

ЗАО «В мире науки» входит в состав Гильдии издателей периодической печати

Тираж: 12 500 экземпляров

Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Acting editor in chief:	Mariette DiChristina
Editors:	Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Mark Fichetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong
Chief news editor:	Philip M. Yam
Senior writer:	Gary Stix
Contributing editors:	Mark Alpert, Steven Ashley, Stuart F. Brown, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Christie Nicholson, Michelle Press, John Rennie, Michael Shermer, Sarah Simpson
Art director:	Edward Bell
President:	Steven Inchcoombe
Vice president, operations and administration:	Frances Newburg
Vice president, finance and business development:	Michael Florek
Vice president and publisher:	Bruce Brandfon

© 2007 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.

КАПИЦА СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ — ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА «В МИРЕ НАУКИ», ВЕДУЩИЙ ТЕЛЕПРОГРАММЫ «ОЧЕВИДНОЕ – НЕВЕРОЯТНОЕ», ПРОФЕССОР, ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК, ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ ИМ. КАЛИНГИ (ЮНЕСКО), ЛАУРЕАТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРЕМИИ, ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ РАН. ПРЕЗИДЕНТ ЕВРАЗИЙСКОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА, ЧЛЕН МИРОВОГО ИНСТИТУТА НАУКИ, ВСЕМИРНОЙ АКАДЕМИИ НАУК И ИСКУССТВ, ЕВРОПЕЙСКОЙ АКАДЕМИИ И ДРУГИХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ. АВТОР МНОГИХ КНИГ И СТАТЕЙ

НАШИ ПАРТНЕРЫ:

1755

МЕЖДУНАРОДНОЕ ПАРТНЕРСТВО РАСПРОСТРАНЕНИЯ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ
INTERNATIONAL PARTNERSHIP OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE DISSEMINATION

PETER SERVICE

Telecominvest

«ТЕЛЕКОМПАНИЯ "ОЧЕВИДНОЕ–НЕВЕРОЯТНОЕ"»

НАУКА ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ

«Может ли изменить мир к лучшему то дело, которым вы заняты? – спросил Ларри Пейдж, соучредитель Google. – Если вы в этом не уверены, то сосредоточьте свои усилия на другом».

Эти слова прозвучали на ежегодной встрече ученых и деятелей, связанных с наукой, в научном лагере Sci Foo Camp, организованном издательской группой Nature, медиагруппой O'Рейлли и Google в Маунтин–Вью, Калифорния. Здесь прошли импровизированные семинары, побуждающие к свободному обмену мнениями. Для меня же слова Пейджа с тех пор стали главной темой для размышлений.

Scientific American регулярно освещает те достижения, которые могут сделать будущее нашей планеты более светлым. В этом номере представили список идей, имеющих возможность изменить мир. Среди этих десяти нововведений – роботы–вегетарианцы, которые производят электричество, ДНК–транзистор и алгоритмы, подсмотренные у природы. Такие темы, как управление информацией и выгода от использования биологических моделей, заслуживают особенного внимания.

Предлагаю два наиболее перспективных и многообещающих с моей точки зрения пути изменения мира. Первый: почему бы не выйти из ступора, вызванного изменением климата, и не обратиться к рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов в пределах существующего человеческого опыта? Менеджеры по использованию водных ресурсов могут тем или иным образом прогнозировать ежегодные изменения – наводнения в ближайшее десятилетие, засухи в ближайшее столетие и т.д., что вполне реально и даст дополнительную возможности для адаптации, внося корректировки в инфраструктуру. Это придумано не мной, я просто извлекла урок, сопровождая группу опытных менеджеров по использованию водных ресурсов во время симпозиума «Проблемы климата», проводимого Институтом Земли при Центре по изучению проблем климата Колумбийского университета и Генеральным консульством Дании.

И второй способ – улучшить по крайней мере часть мира: что если бы американская культура наконец повернулась лицом к науке, начала восхищаться ею и воспринимать ее как двигатель современного процветания, вместо того чтобы держаться от науки подальше? Scientific American недавно стал спонсором первого национального Фестиваля американской науки и техники в Вашингтоне, округ Колумбия, выступал информационным партнером Всемирного научного фестиваля в Нью–Йорке и других мероприятий. Вот бы родители водили детей по подобным фестивалям и музеям так же часто, как на бейсбол или концерты! Возможно, пора прекратить оплакивать упадок науки, утрату навыков счета американскими студентами и потерю конкурентоспособности, а ценить то, что у нас получается лучше всего: прекрасную литературу, искусство и боевики? Но я предпочитаю, чтобы в ближайшем будущем, сталкиваясь с проблемами, мы говорили: «Мы должны это изучить». ■

Мариэтт Ди Кристина
главный редактор журнала Scientific American



Наука как игра: семиклассники прошли отбор на Фестивале американской науки и техники

ФЕВРАЛЬ 1961

СТРУКТУРА БЕЛКА. «Только когда структуры многих белков будут определены, биохимики смогут ответить на многие из фундаментальных вопросов, разрешения которых они долго искали. Не лишним было бы отметить, что химический подход не обеспечивает полное снятие проблемы структуры белка. Порядком связей в цепи дело не исчерпывается. При определении биологической активности белка его пространственная структура не менее важна, чем последовательность атомов. Химические методы могут обеспечить только частичное понимание объемной, или "третичной", структуры белка. Через несколько лет пространственная задача начала уступать рентгеноскопическому анализу». – Уильям Стайн и Станфорд Мур. **Примечание:** У. Стайн и С. Мур получили половину Нобелевской премии по химии 1972 г. «за вклад в прояснение связи между химической структурой и каталитическим действием активного центра молекулы рибонуклеазы».

ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ. «Отражение сигнала радара от Луны породило панику в национальных центрах ПВО 5 октября, – сообщила Associated Press. – Инцидент <...> произошел, когда компьютеры системы дальнего обнаружения баллистических ракет на авиабазе Туле в Гренландии получили радиолокационное эхо от Луны на расстоянии в 250 тыс. миль». Согласно сообщению BBC, «паника продолжалась всего мгновение, т.к. быстрая проверка зафиксировала ошибку». Была проведена корректировка оборудования, чтобы предотвратить подобные сбои.

ФЕВРАЛЬ 1911

ИЗОБРЕТАТЕЛИ И ФЕРМЕРЫ. Во всей истории страны нет другой главы, могущей сравниться с той, что рассказывает историю превращения просторов прерий, пустынь и девственных лесов Дикого Запада в самую богатую и обширную сельскохозяйственную империю в мире. Скоростью и полнотой эти преобразования обязаны изобретению сельскохозяйственной машины замечательной точности и производительности (на илл.). Инженер–механик сразу и упростил работу, и увеличил продуктивность ферм.

КРЫСЫ И ЛЮДИ. В 1905 г. Комиссия по изучению чумы проводила исследования в Индии и своевременно обратила внимание на связь вспышек заболевания у крыс и человека. Согласно исследованию, каждая вспышка бубонной чумы была связана с эпизоотией – широким распространением заболевания среди крыс, – предшествующей эпидемии с интервалом в 10–14 дней. В Бомбее популяция крыс огромна. Серая крыса (пасюк) гнездится в коллекторах, оврагах и надворных постройках города, а черная крыса, живущая в бесчисленных количествах в зданиях, – можно сказать, почти домашнее животное.

ФЕВРАЛЬ 1861

ПИРЕТРИН. Растительный порошок, известный под именем «персидского», был недавно представлен на рынок как препарат для истребления насекомых, овощных вредителей и т.д. До недавнего времени источник этого порошка не был известен никому, кроме его производителя. В течение многих лет ошибочно полагали, что это вещество родом из Персии. Но теперь доктор Кох развеял все сомнения: родина его – Кавказ, порошок готовят из цветов Pyrethrum roseum и Pyrethrum carneum. Он имеет желтовато–серый цвет, практически без запаха, но все же немного раздражает ноздри; сначала почти безвкусный, впоследствии сильно жжет язык. Порошок весьма эффективно уничтожает жуков, тараканов, паразитов нежных растений и т.д. Он вполне безопасен, его введение в широкое использование принесет много пользы растениям и садоводам.

ОШИБКА БЕЗОПАСНОСТИ. В механизме сейфа Банка Ревера в Бостоне с миллионом комбинаций недавно произошел сбой, и даже его производитель оказался не способен открыть дверцу. Бизнес замер. В конце концов бригаде рабочих пришлось разбить кладку стены, в которую был вмурован сейф.■



НАУКА НА ФЕРМЕ. НОВЫЕ ТИПЫ МАШИН И ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПОВЫШАЮТ УРОЖАЙ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР, 1911 г.


www.sciam.ru
• анонсы
• новости
• статьи
• архив
• подписка

ГЛОБАЛЬНЫЙ ПРИЗЫВ К БОРЬБЕ С ХРОНИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Большинство смертей от рака и болезней сердца происходит в беднейших странах мира

Современная медицина уже одержала значительное число побед в борьбе с инфекционными заболеваниями в странах третьего мира: в частности, это эрадикация оспы в 1970–х гг. и снижение числа зарегистрированных случаев полиомиелита. Теперь мировое медицинское сообщество переместило фокус внимания на онкологические и кардиологические заболевания. Институт медицины в Вашингтоне, округ Колумбия, недавно опубликовал отчет, предупреждающий, что рост числа сердечно–сосудистых заболеваний в странах с низким и средним уровнем дохода угрожает экономическому благосостоянию этих стран. Группа врачей совместно с известными общественными деятелями обратилась со станиц журнала Lancet с призывом обратить больше внимания на проблемы контроля онкологических заболеваний в наиболее бедных странах.

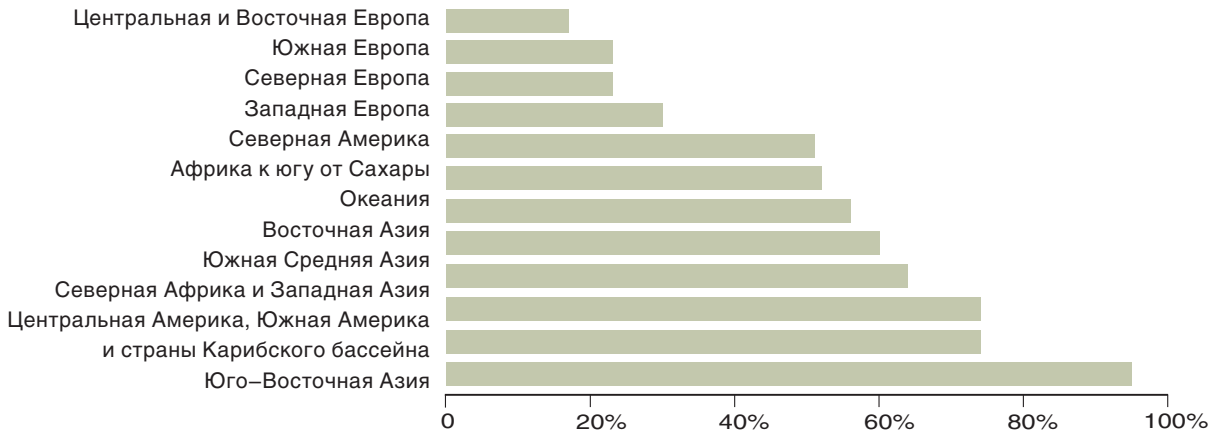
Озабоченность обусловлена существенными изменениями в тенденциях заболеваний. Согласно данным Международного агентства по изучению рака в Лионе, Франция, более 50% людей, у которых впервые диагностировали рак в 2008 г., проживают в развивающихся странах, таких как Нигерия, Египет и Бразилия – по сравнению с 15% в 1970 г. Институт медицины в 2010 г. сообщил, что 80% смертей от сердечных приступов, инсультов и других сердечно–сосудистых заболеваний во всем мире теперь происходят в развивающихся странах.

В некотором смысле изменение пропорции в пользу онкологических заболеваний – побочный эффект развития цивилизации. Люди живут дольше, а вероятность заболеть раком растет с возрастом, меньше людей умирает от инфекций. Рост числа сердечно–сосудистых заболеваний связан не только со старением населения. Распространение западного типа питания и уменьшение физических нагрузок также вносят свою лепту.

Многие препараты, от которых отказались уроженцы других стран, заменив их более новыми, все еще эффективны, поэтому лечение рака в самых бедных областях мира не обязательно стоит дорого. То же самое верно и для болезней сердца. К сожалению, даже такие лекарства в бедных странах часто трудно достать, и врачи, медсестры и другие работники здравоохранения часто испытывают их нехватку. ■

Кристин Горман

Прогноз летальных исходов, обусловленных онкологическими заболеваниями (2002–2020)



УНЕСЕННЫЕ ПЕПЛОМ

Есть основания полагать, что причиной гибели неандертальцев стала вулканическая активность

Возможно, ключ к давней тайне исчезновения неандертальцев скрыт в пещере на Северном Кавказе. В течение около 300 тыс. лет наши густобровые широкогрудые ближайшие сородичи властвовали над Евразией, переносяя такие морозы, с которыми человеческий род больше никогда не сталкивался. Затем, примерно 40 тыс. лет назад, численность неандертальцев стала постепенно снижаться, и примерно 28 тыс. лет назад они полностью исчезли. Палеоантропологи спорят, было ли это связано с вытеснением неандертальцев предками современного человека, либо с резкими климатическими колебаниями. Однако полученные недавно данные говорят о том, что гибель неандертальцев и последующее заселение освободившихся территорий нашими предшественниками могли быть обусловлены природными катаклизмами.

Группа исследователей под руководством Л.В. Головановой из Санкт–Петербургской автономной некоммерческой организации «Лаборатория доистории» изучала отложения в Межмайской пещере на юго–западе России. В этой пещере, открытой археологами в 1987 г., сначала обитали неандертальцы, а затем предки современного человека. При стратиграфических исследованиях были выявлены слои вулканического пепла, геохимический состав которых указывал, что сформировались они вследствие извержений, сотрясавших Северный Кавказ примерно 40 тыс. лет тому назад. Поскольку следы длительного пребывания неандертальцев в пещере ограничиваются слоями пепла, а поверх этих слоев следов обнаружено не было, исследователи предположили, что среда обитания неандертальцев была опустошена извержениями вулканов.

Более того, при подробном изучении других регионов Евразии ученые отметили, что извержения почти повсеместно совпали с исчезновением неандертальцев – осталось лишь несколько племен, нашедших убежище на юге. В статье, опубликованной в журнале Current Anthropology, исследователи предположили, что извержения вызвали так называемую вулканическую зиму, которая и привела к массовой гибели неандертальцев как непосредственно, так и вследствие вымирания их добычи. Однако трагедия обернулась большой удачей для предков современного человека, обитавших в не затронутых катаклизмами южных регионах. В соответствии с таким предположением, наши предки смогли расселиться в освобожденных северных областях.

Выводы, сделанные санкт–петербургскими исследователями, были подвергнуты сомнению некоторыми другими учеными. В частности, сотрудник Неаполитанского университета Франческо Феделе (Francesco G. Fedele) в опубликованных комментариях к статье отметил, что возраст слоев вулканического пепла не настолько твердо установлен, чтобы делать подобные выводы. Однако другие авторы, например исследователь из Шеффилдского университета Пол Петтит (Paul B. Pettitt), сочли такой сценарий «угасания и замещения» вполне правдоподобным. Тайна исчезновения неандертальцев остается неразгаданной, но теория извержений может стать дополнительным стимулом к ее изучению. ■

Кейт Вонг



CHIP CLARK Human Origins Program, Smithsonian Institution

ОХОТА НА ОБОРОТНЯ

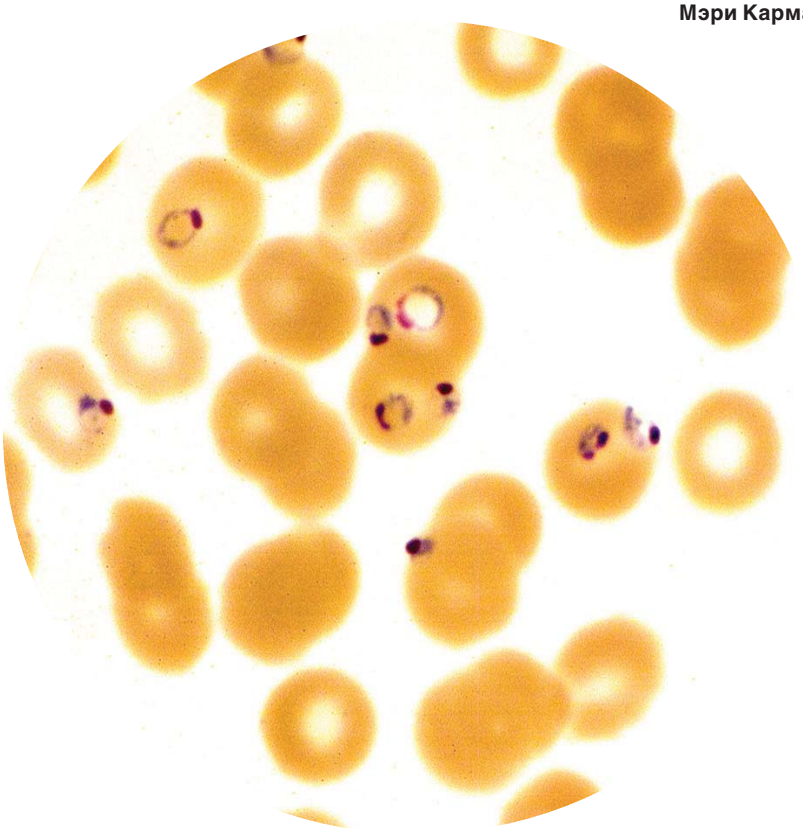
Изучение генома возбудителя малярии проливает свет на его смертоносные свойства

За всю историю человечества от малярии погибло больше людей, чем от какого–либо другого заболевания. Исследование Plasmodium falciparum – возбудителя самой тяжелой тропической (африканской) формы малярии – позволяет понять его смертоносные свойства. Этот микроорганизм характеризуется жизненным циклом из нескольких стадий и крайне изменчивым геномом. Он уже приобрел устойчивость к одному из самых распространенных противомалярийных средств – хлорохину, и появляются признаки устойчивости к новому препарату – артемизинину. Кроме того, P. falciparum – настоящий оборотень: белки на его поверхности в ходе жизненного цикла меняются, постоянно опережая иммунный ответ.

Такая сложность оборачивается бедой для больных, но в каком–то смысле удачей для ученых. В 2002 г. был полностью расшифрован геном возбудителя и стали накапливаться новые данные о его происхождении и эволюции. В частности, до недавнего времени считалось, что P. falciparum перешел на человека от шимпанзе. Однако в сентябре 2010 г. группа исследователей из Алабамы, известных своими трудами по происхождению ВИЧ, показала, что все штаммы этого микроорганизма – потомки одной линии, перешедшей от горилл несколько миллионов лет назад. С тех пор P. falciparum быстро эволюционировал, что проявилось, в частности, приобретением лекарственной устойчивости. Однако, по мнению ученых из Института Броудов (объединенного института Массачусетсского технологического института и Гарвардского университета), главным виновником развития лекарственной устойчивости выступает сам организм человека. Гены возбудителя, подвергавшиеся наибольшему эволюционному давлению в результате постоянной игры в «кошки–мышки» с иммунной системой и в результате приобретшие наибольшую вариабельность, – это как раз те гены, которые кодируют расположенные на поверхности оболочки паразита специфические белки. Важно понять, почему у одних P. falciparum вызывает тяжелое заболевание, а у других – лишь стертые формы. Уже получены данные о том, что за развитие тяжелых форм у детей могут отвечать именно вариабельные гены.

Важнейший следующий этап в исследовании генома Plasmodium falciparum – изучение различий этого генома у разных паразитов и в разных регионах. «К счастью, мы можем определить его с предельной точностью», – утверждает Доминик Квятковски (Dominic Kwiatkowski), проводящий работы в области генома возбудителей малярии в кембриджском Институте Сенгера. Группа Квятковски и другие научные коллективы недавно создали интерактивную базу данных MapSeq, содержащую генотипы возбудителей от нескольких сотен больных малярией по всему миру. Ученые надеются, что это поможет выявить уникальные, специфические для каждого отдельного региона мутации и соответствующим образом скорректировать лечение. ■

Мэри Кармайкл



Plasmodium falciparum (фиолетовый) внедряется в эритроциты (желтые)

PHOTO RESEARCHERS, INC.

В ТВИТАХ ЕСТЬ СМЫСЛ

Популярный интернет–ресурс Twitter представляет интерес с научной точки зрения

Критики высмеивают сообщения длиной до 140 символов, ежедневно появляющиеся в Twitter. Однако для исследователей этот популярный социальный сайт – кладезь информации. Барбара Поблит (Barbara Poblete) и ее коллеги из компании Yahoo Research проанализировали сообщения (твиты), появлявшиеся после февральского землетрясения в Чили, чтобы понять, как распространяются слухи по Сети. Они обнаружили, что люди используют Twitter для отделения истины от вымыслов. Группа Поблит нашла, что в 62% сообщения с ключевыми словами, относящимися к землетрясению (после событий в конце февраля 2010 г.), от пользователей из часового пояса Сантьяго, слухи, оказавшиеся впоследствии ложными, ставились под сомнение или отвергались. Что же касается подтвержденных фактов, то под сомнение они ставились в 2% сообщений и отвергались в 0,3%. Другие исследователи использовали Twitter для того, чтобы проследить динамику настроений в США. Специалист по информатике Алан Мислав (Alan Mislove) из Северо–Западного университета и физик Сьюн Леманн (Sune Lehmann) из Гарвардского университета анализировали твиты, содержащие слова, которые психологи относят к несущим эмоциональную нагрузку, например «триумф» и «самоубийство». Предварительные данные показывают, что раннее утро, поздний вечер и выходные дни характеризуются наибольшим уровнем радости и – это стало неожиданностью – что население Западного побережья счастливее жителей Восточного.

Сегодня исследователи планируют использовать Twitter для отслеживания изменений политического климата. «Twitter рассчитан на открытость, поэтому мы можем просматривать контент, не нарушая ничьей приватности», – говорит Леманн. В апреле Twitter объявил, что намерен передать уже опубликованные сообщения Библиотеке Конгресса США. Исследователей это наверняка порадует. ■

Чарлз Чой



БЕЛЫЙ МЕДВЕДЬ НА АРКТИЧЕСКИХ ПРОСТОРАХ

В октябре–ноябре 2010 г. состоялась комплексная экспедиция ИПЭЭ РАН по программе «Белый медведь» в рамках гранта Русского географического общества в район арктического архипелага Земля Франца–Иосифа. Цель программы – изучение, сохранение и восстановление популяции белого медведя в российской Арктике



Фото: Мордвинцев И.Н.

В настоящее время главные факторы, угрожающие белому медведю, – изменения сезонного состояния морского льда, промышленное освоение Арктики, загрязнение и разрушение местообитаний, прямое уничтожение (браконьерство). Одна из основных задач экспедиции состояла в организации работ по спутниковому мечению на удаленной арктической территории государственного природного заказника «Земля Франца–Иосифа».

В неблагоприятных погодных условиях, при сильном ветре и тридцатиградусном морозе, за два месяца работы ученым

БЕЛЫЙ МЕДВЕДЬ (Ursus maritimus) – представитель рода медведи, семейства медвежьих, отряда хищных, класса млекопитающих. Самый крупный вид рода: масса тела достигает 800 кг. Обычно самцы весят 400–450 кг, самки 350–380 кг, длина тела самцов 200–250 см, самок 160–250 см, высота в холке 130–150 см.

Внешний вид. Внешний облик, характерный для медведей. Окраска меха – чисто белая. От бурого медведя отличается окраской меха и более короткими лапами. Географическая изменчивость незначительна, в России реальными признаются три популяции.

Распространение. Распространен циркумполярно, на север – до 88° с.ш., на юг – до Ньюфаундленда, на материке – до зоны тундры.

Образ жизни. Придерживается паковых льдов. Хорошо плавает. Совершает сезонные кочевки. За самкой в течке следуют три–четыре самца, иногда до семи. Настоящих социальных группировок не образует, хотя во время вынужденных скоплений между животными могут устанавливаться иерархические отношения. Миролюбивы по отношению друг к другу. Взрослые самцы могут быть опасны для медвежат. У животных хорошо развиты зрение, обоняние и слух. Самки для родов собираются в определенных местах – «родильных домах», где выкапывают в снегу берлоги. На зиму залегает в спячку на 50–80, максимум до 106 дней. Основа питания – тюлени (кольчатая нерпа, морской заяц и др.), иногда поедает детенышей моржей. Гон в марте–апреле. Беременность – 230–250 дней, в развитии эмбриона имеется латентная стадия. При потере медвежат у самок может начаться повторная поздняя течка. Роды в январе–апреле. Самка рожает раз в два–три года одного–трех медвежат. Масса новорожденных – 700–800 г. Медвежата рождаются слепыми и с закрытыми слуховыми проходами, пигментация кожи отсутствует. Прозревают на 30–31–й день, в это же время у них открываются слуховые проходы. Зубы прорезаются к концу второго месяца, тогда же медвежата начинают выползать из берлоги. Половое созревание наступает на третьем–четвертом году.

Численность. Редкий охраняемый вид, внесен в Красную книгу Российской Федерации и в Красный список МСОП. Общая численность вида – не более 25 тыс. особей.



удалось поймать и обездвижить 12 белых медведей, в том числе трех самок с медвежатами, которые во время работы ученых старались не отходить от матерей, но при этом активно атаковали собак.

Во время отлова и обездвиживания у всех 12 животных взяты пробы крови, шерсти, экскрементов для генетических и ветеринарных исследований, сделаны биометрические измерения. На трех самок были надеты спутниковые ошейники. Все медведицы были с медвежатами–сеголетками. Самцы растут всю жизнь, соответственно, и масса их тела также становится больше, увеличивается и объем шеи. Во всем мире принято устанавливать ошейники со спутниковыми передатчиками именно на самок белого медведя. Став взрослыми, медведицы перестают расти, и ошейник долго остается на животном.

Отлавливали и обездвиживали медведей из укрытия у пищевой «привады», с вездехода на маршруте. Метод отлова медведей с помощью специальных живоловушек с размещенной внутри пищевой «привадой» не применялся, т.к. это могло представлять опасность для медведиц с медвежатами.

Всего в результате наблюдений в период экспедиции зоологами было отмечено 40 особей белых медведей. Опрос сотрудников погранзаставы о ситуации и характере движения белого медведя в предыдущие годы позволил сделать вывод о наличии в центральной равнинной части острова Земля Александры (с двух сторон окруженной ледниками) сезонных путей миграции животных. Время миграций определяется сроками образования морского льда в акватории острова и проливах. Путь миграций медведей проходит с северо–востока на юго–запад архипелага Земля Франца–Иосифа. Предварительный анализ данных Argos о местоположении и перемещениях трех меченых самок с медвежатами подтвердил правильность вывода ученых. В настоящий момент все ошейники продолжают работать. По их сигналам ученые составляют карту перемещений животных. Эта информация, полученная в режиме реального времени, позволит ученым определить основные места нахождения самок белого медведя баренцевоморской популяции в ноябре–декабре. С учетом изменений ледовой обстановки можно будет в дальнейшем сделать выводы об основных путях перемещений этих животных.

В работе экспедиции участвовали специалисты самого широкого профиля: зоологи, экологи–климатологи, специалисты по морским млекопитающим, специалисты по обездвиживанию, сотрудники Института экологических проблем Севера (УрО РАН, Архангельск), Государственного заказника «Земля Франца–Иосифа».



ОБЪЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Рассуждения о том, как заинтересовать крупных производителей в редких лекарствах

С тех пор как в 1983 г. был принят Акт о редких препаратах, в США было утверждено 357 лекарственных средств для лечения редко встречающихся заболеваний и поданы заявки на утверждение более чем 2,1 тыс. дополнительных препаратов. За все время до принятия этого Акта выпускалось лишь десять препаратов подобного рода. Учитывая, что только от 7 тыс. редких заболеваний страдает от 20 до 30 млн американцев, федеральные попечители и адвокаты пациентов стремятся ускорить данный процесс. Но их попытки пока не увенчались успехом.

В США Акт был принят в целях поощрения фармацевтических компаний, занимающихся разработкой лекарств для необычных заболеваний, которыми страдают примерно 200 тыс. американцев. В соответствии с принятым документом для производителей редких препаратов предусматривались финансовые льготы, включая гранты, выделенные из федерального бюджета, частичная (до 50%) оплата государством клинических испытаний (в виде налоговых льгот) и, помимо прочего, семь лет эксклюзивного права на препарат, начиная со дня утверждения. (Обычные лекарства нуждаются в патентовании, а патентная защита более трудоемка и потенциально не эффективна.) Закон давал возможность исследователям и производителям смело инвестировать средства в создание тех препаратов, разработка которых не окупится из–за ограниченности спроса на них.

Тем не менее до сих пор эти льготы не способны породить стабильный интерес производителей и регулярно обеспечивать пациентов новыми медикаментами, которые разрабатываются лишь время от времени. Питер Салтонсталл (Peter Saltonstall), президент Национальной организации больных редкими заболеваниями и член группы адвокатов пациентов, утверждает, что недавно одна компания, сославшись на финансовые льготы, прекратила разработку многообещающего препарата и занялась лекарством от болезни, которая встречается лишь у 1,5 тыс. людей в стране. Сомнительность этого утверждения отражает положение дел: обычно пациенты с заболеванием, поражающим лишь небольшое число людей (а таких заболеваний множество), не имеют шансов на получение лекарства.

Тим Коте (Tim Cote), глава Бюро по утверждению редких препаратов при Управлении по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA), признает, что у этой проблемы нет простого решения. Бюро решает, присвоить ли новому продукту статус редкого, оно также обеспокоено постоянным нежеланием крупных фармацевтических компаний обращать внимание на редкие заболевания. «Они часто выпускают пресс–релизы, рассказывающие, как важны для них редкие препараты, – говорит он, – но зачастую не предъявляют что–либо существенное моему бюро».

Чтобы привлечь индустриальных гигантов и поощрить более мелкие компании, которые уже взяли на себя подобные обязательства, FDA огласило список ассигнований на 2010 г., составленный бюро Коте, и изменения в требованиях по утверждению редких препаратов. Как объясняет Коте, альтернативные статистические модели (такие как, например, байесовская модель) позволят исследователям уменьшить размер испытательной группы, не снижая уровень безопасности и эффективности клинического теста – в основном за счет более детального анализа меньшего количества данных. Такие модели все еще ждут широкого внедрения, но Коте подчеркивает гибкость политики FDA, когда это касается изучения редких лекарств. Препарат PEG–ADA, который используется при лечении тяжелой комбинированной иммунологической недостаточности, был утвержден FDA после исследования, проведенного всего на 12 пациентах.

Коте также надеется заинтересовать фармацевтические компании в разработке редких лекарств посредством проведения семинаров на местах. Эти сессии, первая из которых прошла недавно в Клермонте в Калифорнии, должны рассказать о финансовых льготах, прописанных в Акте о редких препаратах, и о том, как их получить.

Любые лекарства требуют вложений при создании, а экзотические медикаменты еще и дороги в производстве, поэтому чтобы затраты были возмещены (при столь малом рынке сбыта), их цена должна быть умопомрачительно высока. Эксклюзивное право на продукт, обозначенное в Акте о редких препаратах, означает также и право изготовителя оценить лекарство так, как позволяет рынок. А если оно станет популярным, как это случилось с ботоксом (изначально созданным для лечения двух редких заболеваний, которые были обусловлены мускульными спазмами: блефароспазма и спастической кривошеи), они могут получить огромную прибыль. В отличие от США, европейский аналог Акта о редких препаратах включает условие, по которому производителю необходимо регулярно подтверждать для медикамента статус редкого. В американском Акте сход-



УСПЕХ РЕДКОГО ЛЕКАРСТВА. Изначально предназначенные для лечения редких нарушений, сопровождаемых спазмами, инъекции ботокса стали блокбастером в борьбе с морщинами

ное изменение было запланировано и утверждено Конгрессом в 1990 г., но президент Джордж Буш–старший наложил на него вето, ссылаясь на то, что возможное изменение статуса лекарства (и связанное с этим лишение льгот) будет снижать интерес к инновациям.

Коте считает, что если производитель вдруг получит заслуженную и неожиданную выгоду от своей разработки, то никто от этого не пострадает. «Акт о редких препаратах и без того слишком слабо стимулирует внедрение новшеств, – говорит он. – Если от открытий, сделанных ради больных редкими заболеваниями, окажется в выигрыше несколько большее число людей – что в этом плохого?»

Но редкие препараты, на которые американское государство тратит до $600 тыс. в год, по–прежнему вызывают дебаты относительно того, не слишком ли дорого они обходятся. Майк Скотт (Mike Scott), занимающий пост директора Международного фонда по борьбе с миеломой, заявляет, что потребителям в любом случае придется мириться с этими тратами. Ведь то, что идет вразрез с коммерческой выгодой, дает выигрыш в социальной и научно–исследовательской сфере.

Как полагает Коте, основное внимание необходимо уделять получению готовых редких лекарств вне зависимости от того, сколько это будет стоить, ведь таким образом общество выплачивает давно просроченный кредит. Именно благодаря изучению редких заболеваний произошло накопление определенных медицинских знаний, включая наши представления о функционировании мочевыводящей системы, метаболизме и свертывании крови. «Мы уже в неоплатном долгу перед людьми, страдающими редкими заболеваниями, т.к. благодаря им были открыты некоторые методы лечения, – утверждает он. – Большая часть наших знаний в медицинской науке получена в результате исследования редких заболеваний». ■

Джессика Уопнер

МОДНИК ИЗ ПАПУА

Это розово–зеленое насекомое из семейства кузнечиков – один из представителей 200 не известных ранее новых видов, которые ученые недавно обнаружили в Папуа – Новой Гвинее. Его длина около 7,5 см, обитает он в лесном пологе в предгорьях хребта Муллер, в центральной части страны. Петр Наскрецки (Piotr Naskrecki) из Гарвардского университета, который нашел кузнечика во время экспедиции Международного комитета охраны природы, говорит, что розовые глаза – скорее всего своеобразная форма камуфляжа. «Листья в тропических лесах часто усеяны грибами и эпифитами – растениями, поселяющимися на других растениях, – говорит он. – Хотя эти глаза могут поразить ваше воображение, но когда кузнечик сидит неподвижно, создается иллюзия, что это просто лист». К счастью, Наскрецки кузнечику обмануть не удалось.■

Анна Кушман



COURTESY OF PIOTR NASKRECKI

РАСТЕНИЯ В СТРЕССЕ

На Всероссийском симпозиуме «Растение и стресс», проходившем на базе Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН (ИФР РАН) в ноябре 2010 г., ученые обсудили актуальные научные направления. Рассмотрены физиологические, клеточные и молекулярные механизмы устойчивости растений к различным стрессорным факторам, рецепция и трансдукция стрессорного сигнала, адаптация представителей флоры к техногенному загрязнению окружающей среды, а также экология мегаполисов. Ряд докладов были посвящены метаболическим реакциям растений на факторы глобального изменения климата и вопросам функционирования общих и специализированных защитных механизмов на различных уровнях организации растительной системы.

Ученые ИФР РАН сделали доклады о механизмах передачи этиленового сигнала и участии в этом процессе белка CTR1, о системе регуляции генной экспрессии цианобактерий, о влиянии магнитного поля на липидный состав растений, о результатах изучения активности антиоксидантных ферментов у растений картофеля, трансформированных геном дрожжевой инвертазы и накапливающих вследствие этого большее количество сахаров в листьях, и другие. В Институте фитопатологии РАСХН исследовали способность капель воды на поверхности листьев индуцировать локальную и системную устойчивость растений огурца. Участию митохондрий в формировании стрессовых сигналов были посвящены доклады сотрудников Сибирского института физиологии и биохимии растений (СИФИБР) СО РАН, представлена гипотеза о функционировании митохондриального сигналинга при температурных стрессах. В Институте биологии Уфимского научного центра РАН изучили механизм участия цитокининов в поддержании роста растений при засухе. Ученые Института биохимии и биофизики КазНЦ РАН рассмотрели роль клеточных стенок в устойчивости растений к механическому стрессу. В Институте биологии Коми НЦ УрО РАН исследовали адаптивное значение термальной диссипации световой энергии в листьях растений, произрастающих в условиях избыточной инсоляции. Одно из заседаний было посвящено механизмам адаптации растений к действию тяжелых металлов.

На симпозиум было представлено более 300 работ, которые в основном отразили влияние на растения климатических и антропогенных воздействий с выяснением конкретных генов и белков, участвующих в адаптивных реакциях, механизмов трансдукции стрессовых сигналов в генетический аппарат растительной клетки. Как отмечают организаторы, практическая значимость мероприятия связана с повышением устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным условиям их произрастания, а также с использованием экологически безопасных технологий очистки загрязненных территорий с помощью фиторемедиации. Всероссийский симпозиум «Растение и стресс» был открыт для участия специалистов разных стран.

Дмитрий Мисюров

НИКОЛА ТЕСЛА В ПРОСТРАНСТВЕ НАУКИ И ИСКУССТВА

В московской Laboratoria Art&Science Space с 4 декабря 2010 г. по 12 декабря 2011 г. проходит серия мероприятий «Колумбово яйцо», посвященных выдающемуся ученому, изобретателю Николе Тесле. Интерактивные экспонаты, демонстрирующие электромагнитные явления (прибор Араго, индуктор Теслы, или Колумбово яйцо, и другие), наглядно поясняют физические явления, лежащие в основе производства, передачи и использования электричества. Трансформатор Теслы дает возможность увидеть, услышать и понять механизм действия молнии, он так и называется – «ручная молния». С помощью экспонатов Политехнического музея можно проследить эволюцию науки и техники в электрической отрасли. Кроме того, в своих новаторских изысканиях Никола Тесла пытался решить задачу беспроводной передачи энергии.

Организаторы «Колумбова яйца» предусмотрели также лекции, дискуссии, перформансы «Никола Тесла – человек вне времени», «Никола Тесла и перспективы современной энергетики», «Наука изобретать», «Тесла – сколько стоит идея», «Архетип Теслы. Герой? Пророк?», «Никола Тесла – ложь и правда о великом изобретателе» и другие, где ученые, художники, специалисты в различных областях обсуждают на междисциплинарном уровне проблемы, связанные с деятельностью ученого. Интересен мастер–класс и чтение лекции Н. Теслы 1893 г. «О свете и других высокочастотных явлениях». В Laboratoria Art&Science Space пытаются не только найти связь искусства и науки, но и установить их взаимодействие, поэтому дискуссии с участием физиков и лириков неизменно касаются современных проблем. Предусмотрены экскурсии, а также всевозможные испытания объектов.

Примечательна сама биография изобретателя, оставившего о себе удивительные воспоминания в Европе, США, России и других странах. Даже феномен Тунгусского метеорита иногда связывают с опытами Теслы. Его непростые отношения с Эдисоном, чудачества и таинственные опыты в США стали сюжетами книг и фильмов. Фотографии, чертежи, патенты, как и научно–популярный фильм о выдающемся ученом из коллекции Белградского музея Теслы, органично вписались в новую экспозицию. Организаторы предусмотрели, чтобы каждый объект выставки сопровождался аудиоописанием, которое передается с помощью нейрофона – устройства, способного передавать речь через контакт с кожей.

Образ Николы Теслы – эксцентричного ученого, преданного своему делу, исследователя, оставившего миру множество загадок, привлекает ценителей синтеза научно–технического творчества и искусства, на этот раз в сфере энергетики.

Дмитрий Мисюров



ИДЕИ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ МИР

Десять идей, тенденций и технологий, потенциально способных преобразовать нашу жизнь

Достижения науки и техники расширяют границы возможного, но иногда некое изобретение или новый подход создают особый эффект: они порождают «Большой разрыв», который делит историю на периоды «до» и «после». Так, паровая машина, транзистор и Всемирная паутина, появившись, казалось бы, из ниоткуда, радикально изменили мир. Что именно выкристаллизуется из огромного котла инноваций, чтобы завтра стать движущей силой, трансформирующей мир? Предсказать все это, разумеется, невозможно.

Ниже представлены десять кандидатов на роль десяти новых идей и технологий, которые могут переписать правила. Что если появится робот, способный превращать отходы в топливо? Или если, используя возможности видеоигр (да, именно видеоигр!), мы сможем мобилизовать наши способности к решению проблем? Что если «отходы» нашей ДНК не менее важны, чем гены? Может ли быть так, что насекомые хранят секрет отражения кибератак? Об этом – и о многом другом – в предлагаемом вам материале. n

Перевод: Н.Н. Алипов, Н.Н. Шафрановская, И.Е. Сацевич



Photograph by Mark Hooper



РОЛЬ ИГРЫ В ЖИЗНИ

Внедрение джойстиков и информационных табло в нашу повседневную деятельность может стать ключом к тому, чтобы сделать нас лучше

Возможно, в недалеком будущем, встав однажды утром перед зеркалом, чтобы причесаться, вы сможете (помимо собственного отражения) наряду с заголовками утренних газет увидеть сопоставление своего текущего «углеродного следа» с «углеродными следами» соседей. Ваша электрическая зубная щетка звуковым сигналом оповестит вас, что тщательный уход за полостью рта два раза в день в течение последних шести месяцев принес вам достаточно баллов, чтобы получить десятипроцентную скидку при очередном медицинском осмотре. Приняв душ (недолгий, чтобы не ухудшить показатели энергопотребления и не потерять связанные с этим налоговые льготы), вы одеваетесь и регистрируетесь в компьютере своего домашнего офиса для утренней встречи. После того как на экране появились персонализированные аватары – ваш и ваших сослуживцев, вы можете, не показавшись невежливым, просмотреть свою электронную почту и ответить на сообщения в ходе встречи. С момента замены произвольного нормирования деятельности «жизнемерами» (которые появляются на экране, отражая в реальном времени положительную обратную связь от ваших клиентов) вы ощущаете большую сосредоточенность и включенность в ежедневные дела. Это будет великий день.

Будущее, в котором чуть не каждая сторона жизни будет похожа на игру, почти неизбежно, полагает разработчик видеоигр и научный сотрудник Университета Карнеги – Меллона Джесс Шелл (Jess Schell). Он и группа разработчиков видеоигр и психологов убеждены, что включение элементов игры в повседневную жизнь станет предпосылкой к созданию общества более здоровых, творческих и инициативных людей. «Мы считаем игры пустяком, но на самом деле они представляют собой способ быстрой мобилизации наших способностей к решению проблем, – говорит Шелл. – При помощи хорошо спроектированной игры можно найти подход к преодолению любых трудностей» от смены вашей диеты или изучения нового языка до понимания ближневосточных конфликтов или уменьшения вашего «углеродного следа». «Есть проблемы, которыми многие из нас не могут или не хотят заниматься, но игра может изменить ситуацию, поскольку любая успешная интерактивная система по определению увлекает людей».



Важной составляющей новой игры жизни становится распространение в реальном времени информации от мобильных GPS–устройств, недорогих сетевых сенсоров и другой аппаратуры. «Все эти персонализированные данные позволят нам оценить типы поведения, с которыми до сих пор мы имели дело только в играх или виртуальных мирах, – говорит экономист–бихевиорист Дэн Эрили (Dan Ariely) из Массачусетсского технологического института. – Мы сможем детально рассмотреть, что побуждает и увлекает людей, и применить полученные знания в тех случаях, которые люди часто не считают важными, например к напоминанию о приеме лекарств или отслеживанию потребления энергии».

Однако для «игроизации» систем реального мира недостаточно ввести аватары и использовать баллы. Необходима быстрая персонализированная обратная связь. Эффективные игры «изящно используют основные мотивационные тенденции человека», – указывает психолог Ричард Райан (Richard Ryan). Например, баллы – не столько вознаграждение, сколько метод обратной связи для накопления опыта и знаний. «Человек – любознательное существо с природной склонностью к игре и подчинению себе окружающей среды, – отмечает Райан. – Игры помогают подключить свойственную нам внутреннюю мотивацию, сформированную в ходе эволюции». По мнению психологов, использование внутренней мотивации позволяет нам чувствовать себя хозяевами положения и ожидать понятных последствий от своих действий.

Однако Шелл допускает, что игры, хорошо работающие в теории, могут быстро обернуться разочаровывающими и контрпродуктивными. Он даже придумал название для будущего, в котором такой род мотивационного обратного удара станет распространенным: «игропокалипсис» (gamepocalypse). Лучшей страховкой от этого он считает наведение мостов между талантливыми создателями игр и техническими лидерами в областях, не связанных с развлечениями. С ним согласен психолог и специалист по играм Байрон Ривз (Byron Reeves): «Не существует психологических механизмов, работающих в играх, но не действенных в реальной жизни. У нас только один мозг. Центры подкрепления, возбуждаемые хорошо спроектированной игрой, будут возбуждаться и тогда, когда мы увлечемся хорошо спроектированной интерактивной системой. Их не нужно помечать ярлыком “игровые”».

Именно поэтому ученые оптимистичны в отношении «игроизации» как средства радикального улучшения нашего мира. Использование игроподобных программ позволило корпорации Microsoft снизить текучесть кадров в одном из своих отделений на 50%. В экспериментальном математическом курсе First Things First («Главные вещи на первое место») введенном в пяти школах Канзаса и Техаса, программы алгебры и геометрии подразделены на 101 уровень, что поощряет учеников осваивать основные положения в своем индивидуальном темпе, прежде чем двигаться вверх, как в видеоиграх. За четыре года, прошедшие с введения этого курса, ученики всех пяти школ показали на математических тестах штата существенное повышение уровня успеваемости. В одной школе этот показатель вырос на целых 40%. Райан сотрудничает с игровой медицинской консультационной организацией Immersyve в деле создания «виртуального клинициста» с «аватарным» интерфейсом, назначение которого – уменьшить страхи пациентов, которым нужна консультация.

«Источником игроизации всего на свете не может быть какая–то одна система – нужны миллионы различных инноваций в сотнях направлений, причем каждый раз необходимо будет изобретать новый сенсор», – говорит Шелл. ▫

Джон Павлус

ЛЮДИ—ВЫЧИСЛИТЕЛИ

Когда исследование подобно видеоигре, компьютер уступает человеку

При сравнении возможностей человека и машины много лет господствовало мнение, что при выполнении задач на распознавание лиц или сопоставление образов сильнее человек, а в областях, связанных с обработкой чисел, компьютер незаменим. Однако это мнение может оказаться ошибочным. Успех сетевой головоломки Foldit, созданной биологами и специалистами по информатике из Вашингтонского университета, доказывает, что при решении сложных научных задач интуиция человека может превосходить любые компьютерные алгоритмы.

Суть Foldit в том, что игрокам (не ученым) предъявляется изображение частично свернувшегося белка и предлагается, пользуясь простыми правилами, свернуть его в идеальную форму. Люди не только предсказывают правильную форму белка намного быстрее, чем это способны сделать алгоритмы

компьютера (простой перебор всех возможностей потребовал бы миллионов лет), но могут интуитивно находить решения, которые компьютер, возможно, вообще никогда не нашел бы. «Чтобы придать белку правильную форму, нужно сначала согнуть его в нескольких направлениях, представляющихся совершенно неверными, – говорит Сет Купер (Seth Cooper), специалист по информатике из Вашингтонского университета и один из создателей игры Foldit. – Человек, играющий с виртуальным объектом, может видеть более широкую картину и находить нестандартные решения».

В Центре наук об играх Вашингтонского университета Купер и его коллеги сегодня создают новую серию игр, цель которых – ускорить темпы исследований в таких областях, как биоинформатика, создание новых лекарств и даже нанотехники. «Сегодня в мире всего 15 человек знают, как спроектировать молекулярную машину на основе ДНК,– говорит специалист по информатике из Вашингтонского университета Зоран Попович (Zoran Popovic). – Эти игры способны увеличить число людей, способных совершать открытия, раз в двадцать». n

Джон Павлус

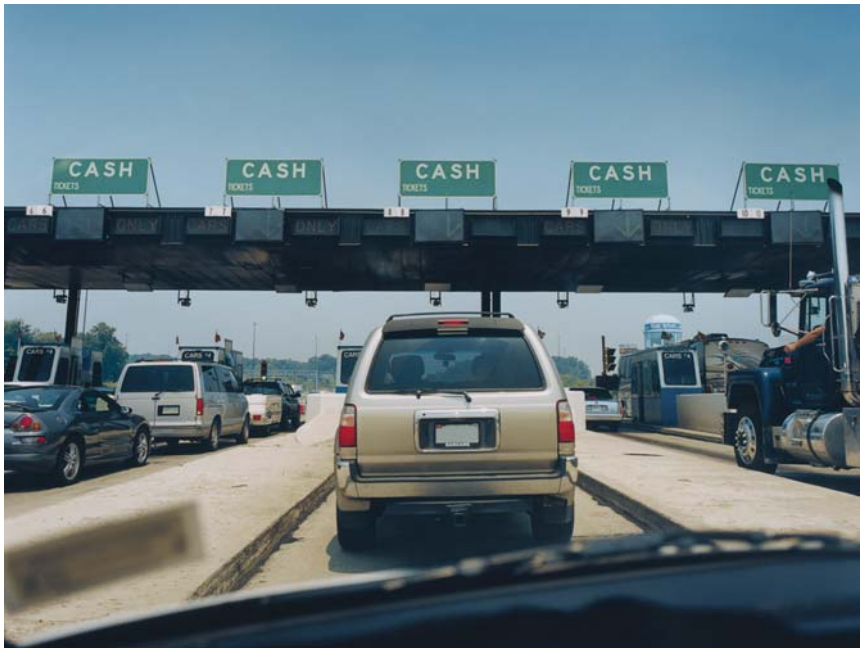
ВСЕЗНАЮЩИЕ ПЛАТНЫЕ ДОРОГИ

Интенсивность движения можно снизить не при помощи строительства новых дорог, а путем разумного ценообразования

Автомагистрали будущего вероятнее всего будут платными. «У вас может быть своя подъездная дорога, – говорит Берн Груш (Bern Grush), основатель торонтской компании Skymeter, создающей устройства на основе технологии GPS для измерения интенсивности использования дорог. – Но если вы отправитесь в гости, вам придется заплатить за пользование автодорогой, соединяющей обе точки».

Появление беспроводных технологий местоопределения вроде GPS позволило определить истинные затраты на перемещение и истинную загруженность трасс. Введение динамического начисления платы за пользование дорогами означает, что водители будут платить по фактическому километражу, а не косвенно – оплачивая регистрацию автомобиля или налог на бензин. Сегодня действует несколько таких пилотных программ, но проектировщики городов считают, что такой подход может переменить наше отношение к управлению автотранспортом с собранного на беспечное. Исследователи из Массачусетского технологического института и компании General Motors уже изложили в 2010 г. подобный взгляд в работе Reinventing the Automobile («Заново изобретая автомобиль»), где утверждали, что прозрачное начисление платы за пользование дорогами оптимизирует их использование, уменьшит заторы и снизит число погибших в ДТП.

Сегодня автовладельцы платят одинаково за проезд и по забитым, и по свободным дорогам, а человек, который ездит раз в месяц, отдает за страховку столько же, сколько те, кто не мыслит себя без автомобиля. Плата за стоянку тоже одинакова как в часы, когда все места заняты, так и в самое тихое время. Федеральный налог на бензин, за счет которого оплачивалось строительство автомагистралей в США, снизился с 3,9 центов за милю (в долларах 2007 г.) до 0,9 центов за милю сегодня, пишет аналитик Института Като Рэндал О'Тул (Randal O'Tool) в своей книге Gridlock: Why We're Stuck in Traffic



SILVIA OTTE Getty Images

and What to Do about It («Почему мы застряли в дорожных пробках, и что с этим делать»). В результате уровень заторов в городах и пригородах неуклонно растет. Как отметил экономист Эдвард Глезер (Edward Glaeser) из Гарвардского университета, дефицитные ресурсы (например, городские дороги) можно оптимизировать с помощью цен или очередей. До сих пор использовался только второй способ.

Результаты первых исследований обнадеживают. Правительство Нидерландов планирует к 2016 г. ввести покилометровую плату на всех дорогах страны, используя для этого систему GPS. Шесть месяцев испытаний новой системы ценового регулирования в Эйндховене в 2009 г. показали, что под ее влиянием 70% пользователей дорог изменили свое поведение, выбирая часы наименьшей загрузки либо наименее загруженные трассы. Правительство рассчитывает, что с распространением этой системы на всю страну задержки трафика уменьшатся на 58%.

Систему покилометровой оплаты можно использовать также в целях защиты окружающей среды. В Германии, где плата с тяжелых грузовиков взимается не с километра, а с количества выбросов, доля поездок, выполняемых грузовиками с низким уровнем выбросов, выросла с неполного 1% в 2005 г. до 55% с лишним.

Правительственный кризис в Нидерландах в начале 2010 г. поставил под сомнение осуществление программы покилометровой оплаты, а это лишний раз говорит о том, что политики хотят видеть строительство новых дорог, а не новых контрольных постов. Кроме того, технология, необходимая для осуществления программы покилометровой оплаты, может оказаться очень дорогой. Британская страховая компания Norwich Union (известная сегодня под названием Aviva) провела испытания системы на основе бортовых автомобильных устройств, которые контролировали не только то, где и когда побывали молодые водители, но и то, как они ездили. Компания использовала бортовые акселерометры, чтобы наказывать агрессивных водителей более высокими страховыми ставками. И хотя число ДТП в ходе этих испытаний уменьшилось на 30%, необходимая аппаратура была настолько дорогой, что система оказалась нежизнеспособной.

«Интеллектуальное» взимание платы может снизить остроту и другой дорожной проблемы: парковки на улицах. Доналд Шоуп (Donald Shoup) из Калифорнийского университета в Лос–Анджелесе и другие исследователи считают, что слишком дешевые уличные парковки увеличивают загруженность дорог, т.к. водители ездят в поисках более выгодной парковки. Для борьбы с такой практикой в Сан–Франциско вводится система «динамических парковок», где датчики отслеживают присутствие машин на стояночных местах и подсчитывают общую заполненность парковки. На основе этих данных город устанавливает цену за стоянку так, чтобы поддерживать постоянную заполненность на уровне 85%. Цены могут меняться в зависимости от времени суток и дня недели, хотя всегда будут устанавливаться заранее, что делает их прогнозирование гораздо более легким, чем потери времени в дорожных пробках. ▫

Том Вандербильт

ДНК–ТРАНЗИСТОР

Новый подход к определению последовательности ДНК может произвести революцию в понимании генетических основ многих заболеваний

Прошло десять лет с того времени, когда была впервые секвенирована нуклеотидная последовательность всей геномной ДНК человека, а явной связи между нарушениями в конкретных генах и определенными заболеваниями так и не выявлено (см.: Холл С. Отложенная революция // ВМН, № 11–12, 2010). Многие считают, что на самом деле прогресс в идентификации генетических корней различных патологий будет связан не с установлением простой корреляции X Y, а с глубоким, статистически обоснованным анализом нуклеотидной последовательности миллионов геномов – обширнейшим набором данных, из которых можно извлечь информацию о связи особенностей нашего генетического материала с условиями окружающей среды – той связи, которая определяет нашу индивидуальность.

Чтобы решить эту задачу, необходим дешевый метод секвенирования – не дороже $1 тыс. В настоящее время эта процедура стоит от $5 тыс. до $15 тыс. Если учесть, что первоначально секвенирование генома обошлось в $2,7 млрд, то прогресс налицо. Исследователи из IBM и компании Roche пытаются достичь цели, радикально изменив методику секвенирования. Традиционные методы очень сложны

и трудоемки. Так, они предполагают «нарезание» генома на тысячи небольших фрагментов и использование дорогостоящих реагентов и флуориметров. Новый метод, основанный на применении так называемого ДНК–транзистора, чрезвычайно прост: цепи интактно протягивают через трехнанометровое отверстие в середине кремниевого чипа и по мере прохождения их через эту нанопору пошагово считывают азотистые основания с помощью электрического датчика.

Подобные эксперименты проводились и в других лабораториях, но там не смогли справиться с трудностями контроля скорости протягивания цепей ДНК. Метод, разработанный группой из IBM, использует тот факт, что каждый нуклеотид в молекуле ДНК несет отрицательный заряд. «Мы подумали, что если поместить электроды нашего устройства в саму нанопору, стенки которой образованы чередой слоев диэлектрика и полупроводника, то из–за разности потенциалов между центральным и боковым электродами образуется электростатическая ловушка, удерживающая заряженную молекулу ДНК. Если потенциал уменьшить до нуля, то цепь продолжит движение через пору, пока очередь не дойдет до следующего нуклеотида и поле вновь не включится, и т.д. Процесс будет продолжаться до тех пор, пока не просочится вся цепь ДНК», – поясняет Густаво Столовицки (Gustavo A. Stolovitzky), один из создателей метода.

Новый метод до конца не отработан. Чтобы удержать молекулу ДНК на месте, в поре необходимо создать достаточно сильное поле. Высокое напряжение, необходимое для создания такого поля, способно вызвать пробой. «Это можно сравнить с молнией, бьющей из слишком низко опустившейся грозовой тучи», – говорит Столовицки. Вероятность порождения искры между электродами особенно велика, если учитывать небольшие расстояния между электродами, как в рассматриваемом здесь случае. Сейчас Столовицки и его группа подбирают подходящий материал для электродов, способный выдержать соответствующий заряд.

Есть основания полагать, что в конце концов ДНК–транзистор позволит быстро, эффективно и с наименьшими затратами определять геномные ДНК. «Вся процедура состоит из небольшого числа этапов и позволяет прочитывать генетический текст буква за буквой», – говорит Брюс Шиамберг (Bruce Schiamberg), специалист по оценке коммерческого потенциала биотехнологических инноваций. «Новый метод не требует ни дорогих реагентов, ни сложных оптических инструментов, применяемых при традиционном секвенировании. Весь процесс занимает совсем не много времени».

ДНК–транзистор будет готов к применению в ближайшие годы, стоимость процедуры не превысит $1 тыс. Он поможет устанавливать корреляцию между генами и склонностью к тем или иным заболеваниям, а также подбирать оптимальные способы лечения. Деятельность фармакологов станет более целенаправленной, поскольку они будут заранее знать, какую мишень нужно поразить. В качестве примера Столовицки приводит разработку герцептина, нового препарата для лечения рака молочной железы, подавляющего рост опухоли у лиц с чрезмерной экспрессией гена HER2. «Примеров пока мало, – говорит он. – Мы хотели бы, чтобы такой подход стал обычным делом». n

Элизабет Свобода



STEVEN PUETZER Getty Images

УБИЙСТВЕННЫЙ ФИЛЬТР

Новые материалы позволят повысить доступность чистой воды во всем мире

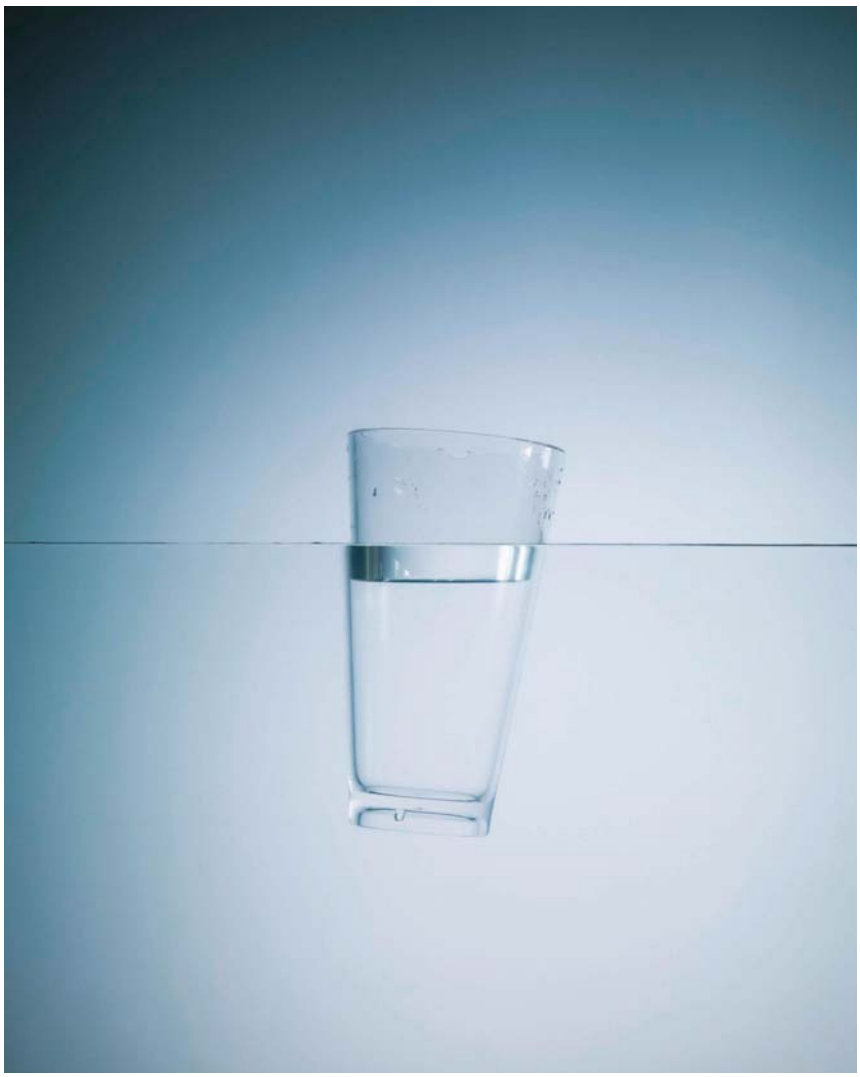
Каждый шестой житель Земли испытывает нехватку чистой воды. Это приводит к резкому ухудшению санитарных условий и, как следствие, к желудочно-кишечным заболеваниям – главной причине смертности во всем мире. Решить эту проблему можно было бы с помощью водяных фильтров, но они слишком дороги для того, чтобы их можно было распространять в достаточном количестве. Однако в последнее время в связи с развитием нанотехнологий появилась возможность использовать для изготовления водяных фильтров такие дешевые материалы, как хлопчатобумажная ткань или пакетики для чая. Их себестоимость – меньше пенса.

Обычные водяные фильтры обладают мелкими порами, задерживающими бактерии. Со временем поры забиваются, что требует дорогостоящей замены фильтрующего элемента. И Цуй (Yi Cui), исследователь из Стэнфордского университета, занимающийся изучением материалов, нашел способ не задерживать бактерии, а убивать их с помощью серебра и электрического тока. Для этого он погрузил обычную хлопчатобумажную ткань, приобретенную в розничной сети Walmart, в раствор со смесью электропроводящих углеродных нанотрубочек и серебряных нанопроволочек. Серебро – мощное бактерицидное средство, эффект которого частично обусловлен повреждающим действием ионов серебра на генетический аппарат бактерий. Слабый электрический ток (для создания которого достаточно было двух батареек по 9 В) усиливает эффект серебра, нарушая проницаемость клеточных мембран. При лабораторных испытаниях разработанный Цуем фильтр уничтожал до 98% находящихся в воде кишечных палочек. Поскольку же поры в хлопчатобумажной ткани большие, производительность такого фильтра была в 80 тыс. раз выше, чем обычных.

Еще дешевле оказался фильтр из пакетика типа чайного, заполненного покрытыми бактерицидным веществом углеродными гранулами. Исследователи из Стелленбошского университета (ЮАР) нашли способ упаковывать химические вещества в нанотрубочки для того, чтобы повышать поверхность контакта и тем самым эффективно задерживать токсические вещества и бактерии. Разработанный ими фильтр умещается в бутылочное горлышко и стоит меньше цента. Каждый такой пакетик очищает 1 л загрязненной воды.

В настоящее время эта технология испытывается Южноафриканским бюро стандартов, и по окончании испытаний планируется раздать такие фильтры нуждающемуся населению. n

Мелинда Мойер



GETTY IMAGES

САМОХОДНЫЙ РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫЙ РОБОТ

Он пожирает древесную щепу, листья и другую «биомассу» и вырабатывает электроэнергию

Недалек тот день, когда по Земле станут бродить автономные роботы в поисках грубой биомассы для потребления ее с целью выработки энергии. Так видится программа энергетически автономных тактических роботов (Energetically Autonomous Tactical Robot, EATR). «Вообразите себе робота из фильма WALL–E, но не просто прессующего отходы, а сжигающего их для получения электроэнергии», – говорит Роберт Финкельштейн (Robert Finkelstein), директор Лаборатории интеллектуальных систем Технической школы Кларка Мэрилендского университета и президент компании Robotic Technology, которая разрабатывает EATR. Робот оснащен интеллектуальным программным обеспечением, которое позволяет ему при помощи зрения отличать предпочтительную для него «пищу» (древесную щепу, сухие листья и другую растительную биомассу) от «несъедобных» материалов – камней, живой материи и металлов. Затем его механическая рука, управляемая лазерной системой наведения с малой дальностью действия, подбирает растительную массу и помещает ее в бункер двигателя внешнего сгорания, который заряжает бортовую аккумуляторную батарею. Такие самоуправляющиеся электрогенераторы могут полностью изменить проведение многих военных, гражданских и даже научных процессов, считает Финкельштейн. «В ближайшие годы суточная потребность каждого солдата армии США в энергии для питания аппаратуры связи и поддержки достигнет эквивалента 120 батареек типа АА, – говорит он. – Использование EATR существенно снизит нагрузку на снабженческие службы, доставляющие эту энергию в отдаленные места, потому что, пока воинская часть отдыхает, робот может “пастись”, пожирая растительную массу». Финансирует проект EATR Агентство передовых оборонных исследовательских проектов (DARPA). Робот–вегетарианец может пригодиться и в деле защиты окружающей среды. Лесная служба США хочет иметь шагающие EATR – на ногах, а не на автомобильном шасси. Передвигаясь в поисках инвазивных растений, они не будут оставлять колеи. «Ноги позволят роботу передвигаться по пресеченной местности, повреждая ее меньше, чем шины или гусеницы», – говорит Финкельштейн. Пока EATR прикован к стационарной испытательной платформе Мэрилендского университета, но Финкельштейн надеется создать полностью мобильную работоспособную модель, самостоятельно добывающую себе «пропитание», где–то к 2012 г. Ученый уверен, что мир, в котором будут существовать самодостаточные роботы, не просто желателен: его появление неотвратимо. «У нас уже есть роботы–слуги, способные самостоятельно подключаться к розеткам питания для подзарядки, – говорит он. – А EATR – это та же идея, только реализованная на более высоком уровне». ▫

Мелинда Мойер

НЕ ПОРА ЛИ ИЗМЕНИТЬ СТАТУС?

Генетический материал, который когда–то считали лишним, продолжает удивлять биологов

На долю генов в их традиционном понимании приходится всего 2% геномной ДНК человека. Остальные 98% называют «хламом», мусором, лишней ДНК. Но данные, полученные за последние десять лет, убеждают нас в том, что этот «хлам» – на самом деле хранилище ценной информации, которая необходима для регуляции работы генов. Более детальное исследование так незаслуженно обойденной вниманием молекулярных биологов области генома поможет раскрыть тайну тонких взаимодействий между генами и средовыми факторами и выработать новые способы борьбы с различными заболеваниями.

Ситуация с «лишней» ДНК меняется буквально с каждым месяцем. В статье, опубликованной в сентябрьском номере 2010 г. журнала Nature Medicine, сообщается, что редкое системное онкологическое заболевание нейробластома уходит своими корнями в малоизученные области генома: небольшая моле-

кула мРНК, кодируемая сегментом ДНК из этой области, блокирует работу гена, сдерживающего развитие нейробластомы. А в февральском номере журнала Nature того же года говорится, что одна из редко встречающихся форм мышечной дистрофии обусловлена наличием до десяти копий специфического сегмента «лишней» ДНК на конце четвертой хромосомы; кроме того, один из участков такого же рода ДНК на девятой хромосоме связан с повышенным риском сердечно–сосудистых заболеваний.

«Лишняя» ДНК, возможно, помогает организмам адаптироваться к изменениям окружающей среды. В мае 2009 г. группа биологов из Университета Левена в Бельгии сообщила, что у дрожжей активность генов хромосомной ДНК непосредственно контролируется числом повторов в одной из областей «лишней» ДНК. Поскольку этот параметр изменяется чаще в областях ДНК, относимых к «хламу», чем в остальной ее части, это позволяет данному организму быстрее эволюционировать.

С учетом всего сказанного резонно задать вопрос: не пора ли придумать для «лишней» ДНК какое–нибудь другое, более респектабельное название? Научная общественность считает, что делать это рано. Функции весьма немногочисленных сегментов этой ДНК действительно установлены, а роль остальных «может оказаться не столь явной и трудно идентифицируемой», – говорит Кевин Верстрепен (Kevin Verstrepen), один из соавторов упомянутого сообщения о дрожжевой ДНК. Не исключено, однако, что со временем генетический «хлам» может обернуться шкатулкой с драгоценностями. ▫

Мелинда Уэннер Мойер

КОДЫ ОТ ПРИРОДЫ

Управлять нашей огромной цифровой «биосферой» помогают алгоритмы, подсказанные природой–матерью

В поисках способов управления усложняющимся цифровым миром специалисты по информатике все чаще обращаются за подсказками к природе. «Жизнь зависит от солнечного света и информации», – говорит Жанин Бениус (Janine Benyus), президент Института биомимикрии в Мизуле (штат Монтана). Виды непрерывно эволюционируют, находя оптимальные способы выживания в конкретной среде обитания. «Организмы буквально стремятся помочь людям, которые ищут новые решения задач обработки информации», – говорит она.

Например, дендритные клетки на первый взгляд не имеют никакого отношения к защите компьютеров. Они играют роль стражей в иммунной системе млекопитающих: выдают сигналы тревоги при проникновении патогенов. Специалист по информатике из Ноттингемского университета в Англии Жюли Гринсмит (Julie Greensmith) разработала «алгоритм дендритной клетки», который выявляет компьютерные вирусы и другие вредоносные коды так же, как наша иммунная системы обнаруживает реальные вирусы.

А группу специалистов в области защиты компьютеров из Северо–Западной Тихоокеанской национальной лаборатории в Ричленде (штат Вашингтон) вдохновили муравьи и другие общественные насекомые. «Цифровые муравьи», созданные учеными, могут перемещаться по компьютерной сети, как их прототипы, патрулирующие свой муравейник, быстро скапливаясь вокруг любого обнаруженного источника угрозы.

Такие «биовдохновленные» алгоритмы столь же стары, как машина Тьюринга и другие классические вычислительные устройства, говорит Мелани Митчелл (Melanie Mitchell), специалист по информатике из Портлендского государственного университета. Но в мире, связанном одной Сетью, непрерывно насыщаемом «большими данными» (ежегодно порождаются сотни эксабитов информации), коды, созданные на основе заимствований у природы, могут оказаться наилучшим средством, позволяющим справиться с такой огромной нагрузкой.

«Интерес к сотрудничеству у биологов и специалистов по информатике огромен, поскольку люди понимают, что информатика – более широкое понятие, чем просто компьютеры, – объясняет Митчелл. – Одно из главных достоинств биологических систем – то, что все они очень хорошо распознают образы, выделяя сигнал из шумов, даже когда перегружены информацией. На это способны и мозг, и отдельные клетки, и колонии насекомых, т.е. все биологические системы. Мы хотим научить этому и компьютеры». ▫

Джон Павлус

Photograph by Mark Hooper





ОДИН ТЕСТ ВМЕСТО СТА

Дорогостоящая диагностика не по карману многим семейным парам, которые хотели бы избежать появления на свет ребенка с редким генетическим заболеванием

На что вы готовы пойти во имя того, чтобы ваш будущий ребенок не стал жертвой опасного для жизни редкого генетического заболевания? Ответ очевиден: на все что угодно. К сожалению, в реальной жизни большинство семейных пар этому принципу не следуют. Сегодня индивидуальное генетическое тестирование позволяет выявлять отвечающие за многие серьезные наследственные патологии одиночные рецессивные гены. Термин «рецессивный» означает, что кодируемый данным геном признак проявляется, если и отец и мать – носители одинакового генного варианта. При таком стечении обстоятельств рождаются дети, страдающие муковисцидозом, болезнью Тея – Сакса и многими другими заболеваниями. Но почти никто не проходит соответствующее тестирование заранее. Объяснение простое: каждый из десятков необходимых для диагностики тестов стоит несколько сотен долларов. А поскольку упомянутые заболевания очень редки, большинство людей полагаются на случай в надежде, что их ребенка эта беда минует, – и вот тут–то может произойти трагедия.

По счастью, благодаря усилиям работников компании Counsyl больше нет необходимости в многократном тестировании. Достаточно сделать простой анализ ДНК слюны – и вы получите информацию о более чем 100 рецессивных генах, сопряженных с различными заболеваниями. Эта работа аналогична проведению сотни отдельных тестов одновременно; с диагностической точки зрения ее результат ничем не отличается от традиционных тестов, но стоит вся процедура $350.

Традиционные тесты на выявление рецессивных генных вариантов основаны на анализе определенных областей генома. В некоторых случаях секвенируют отдельные гены. Тест компании Counsyl вообще не связан с секвенированием. Он нацелен на выявление сайтов полиморфизма однонуклеотидных замен (single–nucleotide polymorphisms, SNP) – крошечных сегментов генома, в которых одно из азотистых оснований заменено другим, «неправильным». Некоторые SNP вносят вклад в развитие конкретного заболевания, другие связаны с генами, прямо отвечающими за ту или иную патологию. Поскольку SNP–сайты очень малы, их идентификация обходится гораздо дешевле, чем секвенирование целых генов или областей хромосомы, иногда включающих миллионы нуклеотидов. Как заверяют разработчики, чувствительность и специфичность их метода превышает 99%.

До сих пор фирма Counsyl занималась тестированием только бесплодных пациентов. Один из участников эксперимента – доктор Паскуале Патрицио (Pasquale Patrizio), директор Йельского центра фертильности. По его мнению, есть большой смысл обследовать подобным образом пары, в анамнезе которых указывается привычное невынашивание беременности. Не исключено, что причина всему – рецессивные гены, которые препятствуют развитию плода. «Для нас появление подобного теста – настоящая революция», – говорит Патрицио. Конечно, многие носители таких генов не обращаются к помощи специалистов и узнают о генетическом дефекте слишком поздно, когда ребенок уже родился.

Семейные пары, осведомленные об опасности, имеют возможность планировать свои действия. Они могут прибегнуть к оплодотворению in vitro и превентивной генетической диагностике или усыновить ребенка. В любом случае это значительно уменьшит число неизлечимо больных детей в популяции. Большинство заболеваний, обусловленных наличием гена, оба аллеля которого дефектны, относятся к категории так называемых «сирот». Поскольку встречаются они редко, их исследование недофинансируется. Тест фирмы Counsyl – лучший способ показать, что больных не так уж мало.

На пути продукта к фармацевтическому рынку могут возникнуть препятствия. Существует мнение, что новый тест откроет двери к «конструированию младенцев». Всестороннее генетическое тестирование позволит выявлять гены, связанные с какими–то нежелательными для родителей признаками, например излишним весом или низким интеллектом.

Но технология, разработанная фирмой Counsyl, направлена на выявление отдельных генов, а не на идентификацию сложной многоуровневой генетической сети, отвечающей за интеллект. «Не существует единственного гена, детерминирующего IQ человека или его музыкальные способности», – говорит Стивен Пинкер (Steven Pinker), психолог из Гарвардского университета и советник фирмы Counsyl по этическим проблемам, связанным с персональной геномикой. И добавляет: «Есть популяция, для которой генетическое тестирование – действительно вопрос жизни и смерти». Речь идет об ашкеназских евреях. Сам Пинкер – ашкеназ и носитель рецессивного варианта гена, отвечающего за развитие синдрома Райли – Дея (семейной вегетативной дисфункции), неизлечимого заболевания, при котором блокируется развитие нейронов. Он узнал об этом, только когда прошел тест Counsyl. «Моя жена тоже носитель дефектного варианта упомянутого гена, – говорит Пинкер. – Мы встретились с ней слишком поздно, чтобы иметь детей. Если бы наше знакомство произошло несколькими годами раньше, могла бы случиться трагедия». Теперь семейные пары получили реальную возможность не рисковать.n

Мэри Кармайкл

ANN CUTTING Getty Images





ГАЗ ИЗ ОТБРОСОВ

Модифицированные микробы поедают мусор и «секретируют» топливо

Photograph by Mark Hooper

Заводы по производству бензина, керосина и дизельного топлива выглядят как запутанные лабиринты стальных труб и резервуаров, потребляют очень много энергии, выбрасывают в атмосферу токсичные вещества и работают на нефти, запасы которой не безграничны. Но сегодня они могут быть микроскопическими и работать на углеводородных отходах, которые окружают нас повсюду: это бумага, на которой напечатан номер журнала, который вы держите в руках, обрезки пиломатериалов со стройки или листья, которые вы сгребли осенью со своей лужайки.

Задача состоит в том, чтобы превратить водород– и углеродсодержащие молекулы различных предметов в вещество, жидкое при комнатной температуре и пригодное в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания. Наиболее перспективный подход основан на генетической модификации одноклеточных организмов, уже строящих молекулы углеводородов из сырья, которое имеется в среде их обитания. Правда, то, что они производят, непригодно для использования человеком. Например, водоросли очень эффективно перерабатывают углекислый газ в жирные кислоты, которые могут быть затем переработаны в топливо, но извлечение самих водорослей из воды и получение жирных кислот из них требуют таких больших усилий, что этот процесс используется в основном в производстве дорогих продуктов, например косметических средств.

Лучше было бы создать организмы, непосредственно выделяющие («секретирующие») углеводороды. (Коммерческие фирмы по понятным причинам не любят более точный, но менее приятный на слух термин «экскретирующие».) С помощью таких организмов «вы преобразуете биомассу из чего–то, что вы собрали, в нечто, получаемое с маленьких химических заводов», – говорит Эрик Тун (Eric Toone) из Управления энергетики, ответственный за выделение грантов компаниям, которые предлагают новые идеи в области производства биотоплива.

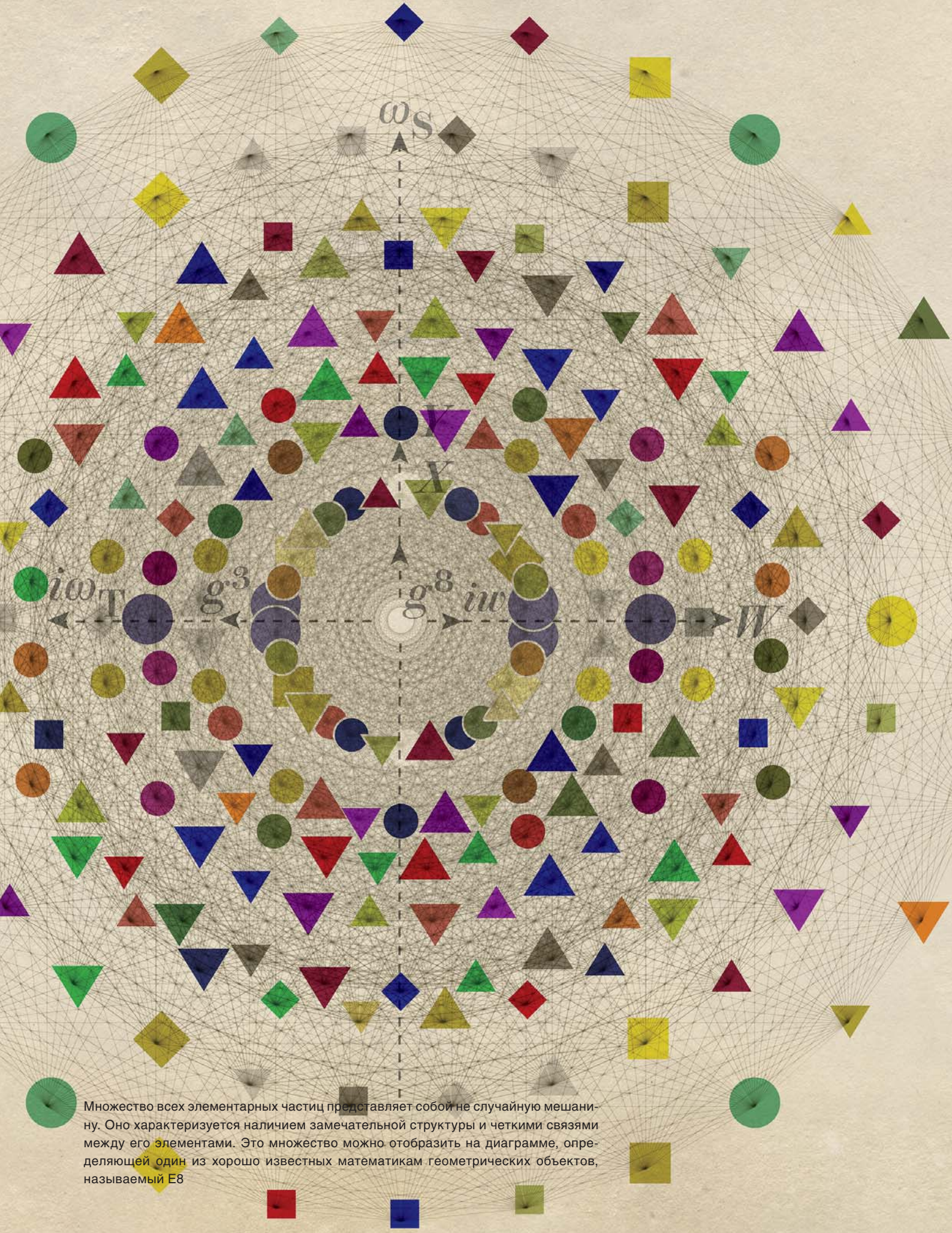
Однако создание генетически модифицированных организмов, способных играть роль топливных заводов, наталкивается на другие сложности. Многих людей тревожит, что такие искусственные организмы могут попасть в окружающую среду: удержать их в резервуарах будет почти невозможно.

Кроме того, такие микрорганизмы нужно хорошо питать, но чем? Один подход состоит в использовании солнечного света. В сентябре 2010 г. новая биотехнологическая компания Joule Unlimited получила патент на генетически модифицированную бактерию, которая использует солнечный свет и углекислый газ для формирования компонентов дизельного топлива.

Другой подход – использование сахаров. Когда растения поглощают солнечную энергию, они химически запасают ее в сахарах, формирующихся в деревянистых частях зерновых растений. Многие исследователи разрабатывают способы извлечения сахаров из «целлюлозных источников» и переработки их в этанол, на который даются налоговые льготы, но который характеризуется меньшей плотностью энергии, чем бензин, и не очень хорошо работает в обычных автомобилях при высоких концентрациях.

Ученые и инженеры надеются получать более полезные химические соединения непосредственно из сахаров. В июле 2010 г. компания LS9 из Сан–Франциско заявила, что модифицировала бактерии E. coli таким образом, что они превращают сахара в алканы – насыщенные алифатические углеводороды, идентичные многим молекулам, производимым на стандартных нефтеперерабатывающих заводах. Еще несколько подстроек генома, и топливо в баке вашей машины может оказаться сделанным даже из сахаров, извлеченных из куч мусора. n

Мэтью Уолд



Множество всех элементарных частиц представляет собой не случайную мешанину. Оно характеризуется наличием замечательной структуры и четкими связями между его элементами. Это множество можно отобразить на диаграмме, определяющей один из хорошо известных математикам геометрических объектов, называемый E8

ЕДИНАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

На самых глубинных уровнях в иерархии строения нашей Вселенной частицы вещества и их взаимодействия могут представлять собой единый и полный изящества геометрический объект

Энтони Гаррет Лиси и Джеймс Оуэн Уэтерелл

Современная физика началась с всеобщего объединения большого количества беспорядочных теорий, описывающих все что угодно, начиная от движения планет и заканчивая качанием маятника. В 1687 г. Исаак Ньютон показал, что все эти теории представляют собой различные аспекты универсального закона тяготения. До сих пор идея объединения различных теорий занимает центральное место в физике. В середине XX в. Джеймс Максвелл показал, что электричество и магнетизм суть две стороны одной теории – электромагнетизма. Сто лет спустя электромагнетизм и слабые ядерные взаимодействия, ответственные за явление радиоактивного распада, были объединены в теорию электрослабых взаимодействий.

Для поиска теорий объединения физика руководствуется как практическими, так и философско–эстетическими принципами. Если на каком–то этапе такое объединение удается, то полученная теория проясняет наше понимание устройства Вселенной и приводит к открытиям, которые невозможно было бы получить иным путем. Усилия современной экспериментальной физики элементарных частиц, например создание Большого адронного коллайдера (CERN, окрестности Женевы), во многом направлены на поиски проявлений электрослабой теории. Помимо предсказания новых физических эффектов единая теория предоставляет более эстетически привлекательную картину устройства Вселенной, чем совокупность отдельных не связанных между собой теорий. Многие исследователи, руководствуясь интуицией, считают, что на самом глубоком уровне иерархии материи все физические законы объединятся в универсальную математическую структуру.

Стандартная модель физики элементарных частиц – лучшая современная теория, объединяющая все физические взаимодействия, исключая гравитационные (электромагнитные, слабые и сильные ядерные). Эта теория была сформулирована в 1970–х гг. Она описывает три силы и подчиняющиеся им частицы как динамичные геометрические объекты, в математическом формализме называемые группами Ли или пространствами расслоений (fiber bundles). В таком подходе, однако, существует проблема: каждой силе соответствует свой собственный геометрический объект. На протяжении многих лет физики предлагали различные варианты теории Великого объединения, в которой все три силы описывались бы единым геометрическим объектом, но до сих пор неизвестно, какой из этих вариантов истинный, если такой вообще есть.

Современные физики столкнулись с еще более сложной проблемой. В действительно полной единой теории должны найти свое место и гравитация с материей; гравитационные силы должны естественно объединиться с другими силами, и все они – стать частью единой математической структуры, «теории всего». С 80–х гг. прошлого века теория струн – основная исследовательская программа современной физики частиц – предпринимает попытки описания теории гравитации в рамках Стандартной модели, с использованием понятия струн и мембран, вибрирующих в многомерном пространстве–времени.

Теория струн не одинока в попытках создания теории всего. Альтер-

нативная теория – петлевая квантовая гравитация – ближе к Стандартной модели, чем теория струн (см.: Смолин Л. Атомы пространства и времени // ВМН, № 4, 2004). Работая на основе этой теории, один из авторов настоящей статьи (Энтони Гаррет Лиси) в 2007 г. предложил новую теорию объединения. Ее основная идея заключается в том, чтобы расширить теории Великого объединения и включить гравитацию как часть некоей всеобъемлющей геометрической концепции. В такой Единой теории поля, называемой E8, все частицы и силы описываются поворотами единого геометрического объекта.

Все новые идеи должны проходить испытание каленым железом, и теория E8 – не исключение. Как это обычно бывает, в научных кругах у нее нашлось много критиков. Основная проблема заключается в том, что теория E8 остается неполной. Однако даже находясь только на начальной стадии своего развития, она демонстрирует в действии красивейшие структуры глубинных слоев в иерархии вещества и предсказывает существование новых частиц, которые, возможно, будут обнаружены на Большом адронном коллайдере. Хотя современные ученые далеки от того, чтобы завершить путь длиной в столетия, ведущий к Единой теории, E8 представляет собой важный шаг в этом путешествии.

Каждая нить нашего бытия

Для того чтобы объяснить суть теории E8, нам необходимо знание некоторых широко используемых геометрических принципов, которые управляют всеми известными частицами и взаимодействиями. Геометрия изучает формы. Однако применительно к задачам фундаментальной физики читатель может спросить, формы чего. Платон представлял основные элементы – землю и воздух – как маленькие кубы и октаэдры (восьмигранники). Точно так же в современной физике геометрические объекты, сопоставленные с элементарными частицами, суть правильные фигуры, существующие как бы в некотором абстрактном воображаемом пространстве. Разумеется, мы не можем видеть эти фигуры – они принадлежат математическому пространству, – однако нам дано выявить обусловленные ими эффекты уже в нашем реальном мире.

Основная геометрическая идея, лежащая в основе Стандартной модели, заключается в том, что каждой точке нашего пространства–времени сопоставляются некие формы, называемые слоями (fibers). Каждый слой соответствует своему типу частиц. Для наглядности нашу Вселенную можно представить в виде терракотовой фигурки, сплошь покрытой ростками. Вся ее поверхность – аналог нашего четырехмерного пространства–времени, а отростки – слои. Вся фигурка целиком – наше реальное пространство–время и слои–отростки – называется многомерным пространством расслоения (fiber bundle). Слои, очевидно, лежат вне нашего пространства; математически они представляют собой внешние пространства, «прикрепленные» к каждой точке нашего обычного пространства, и обладают различными формами в зависимости от свойств частиц.

Эта наглядная геометрическая концепция, впервые предложенная в 1918 г. математиком Германом Вейлем (Hermann Weyl), сегодня стала прочно устоявшимся физическим принципом. Слои внешнего пространства отличаются от предполагаемых пространственных измерений струнной теории, обладая фиксированной формой. Их динамика определяется способом прикрепления к нашему четырехмерному миру.

Говоря языком геометрической теории, тот факт, что электромагнитное поле существует повсюду в нашем пространстве, есть результат того, что у его слоев имеется простейшая форма – окружность, которая обладает симметрией, называемой U(1), и представляет собой простейший пример группы Ли, названной так в честь норвежского математика XX в. Софуса Ли (Sophus Lie). Окружность обладает единственной симметрией: при ее повороте вокруг своего центра она переходит сама в себя, не меняясь. Вращение окружности вокруг своего центра на малый угол называется генератором группы Ли. Следуя генератору как указанию стрелки компаса, можно осуществлять произвольные вращения вокруг центра.

Пространство расслоения для электромагнитных взаимодействий представляет собой окружности, «присоединенные» к каждой точке нашего реального пространства–времени. Важно отметить, что каждая окружность может вращаться на небольшие углы относительно своих пространственно–временных «соседей». Так называемое поле связности для пространства расслоения описывает, как соседние слои связаны

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В 2007 г. физик Энтони Гаррет Лиси написал ставшую предметом широких дискуссий среди физиков–теоретиков статью.
- Многие современные ученые полагают, что попытка объединить теорию относительности Эйнштейна и квантовую теорию должна радикально изменить наше понимание реальности. Однако в противовес им Лиси полагает, что геометрическое описание современной квантовой физики может быть расширено с включением в него и гравитационной теории, приведя к созданию долгожданной единой теории всех взаимодействий.
- Даже если ученый и ошибается, предложенная теория E8 вскрывает важные связи между элементарными частицами и их взаимодействиями, что так или иначе предстоит сделать любой теории, претендующей на роль единой.

Illustrations by Chad Hagen

с помощью своих симметричных поворотов. Поля электрического и магнитного взаимодействий заполняют пространство–время согласно кривизне своих слоев; другими словами, электрическое и магнитное поля следуют поворотам круговых слоев в пространстве–времени. Электромагнитная волна – это волнообразные колебания указанных окружностей в пространстве–времени. Один квант электромагнитной волны (фотон) – это распространяющаяся частица света.

Каждый сорт элементарных частиц соответствует разному слою в пространстве–времени. У упомянутой нами фигурки много разных типов отростков. Так, все на свете электроны происходят от поворота слоя одного вида – что, в частности, объясняет, почему все электроны одинаковые. Слои электрически заряженных частиц, таких как электрон, поворачиваются вокруг круговых слоев электромагнитных взаимодействий как нити вокруг винта. Скорость поворотов соответствующего частице слоя вокруг окружности эквивалентна электрическому заряду этой частицы, т.е. характеризует степень ее взаимодействия с электромагнитным полем.

Поскольку обороты вокруг окружности обладают периодичностью, заряды соответствующей частицы суть целые числа, умноженные на некую стандартную единицу электрического заряда. Среди элементарных частиц вещества, называемых фермионами, электроны обладают электрическим зарядом –1 (три полных оборота), верхние кварки обладают электрическим зарядом +2/3 (два противоположных поворота), нижние кварки – электрическим зарядом –1/3 (один поворот) и нейтрино – 0. Частицы антиматерии, такие как позитроны и антикварки, вращаются вокруг электромагнитной окружности в противоположную сторону, что дает этим частицам противоположный электрический заряд.

При столкновении частицы могут преобразовываться в частицы других типов, но их общий электромагнитный заряд до и после взаимодействия не изменяется. Это важное свойство можно интерпретировать как следствие геометрии слоев: когда любые две частицы встречаются, их повороты складываются. Таким образом, картина пространства расслоения хорошо объясняет то, что мы знаем об электромагнетизме. Электрические заряды описывают геометрическую структуру совокупного электромагнитного поля и пространства расслоения для вещества, определяя, какие взаимодействия возможны между электрически заряженными частицами.

Каждому заряду – свое поле взаимодействия

Физики применили аналогичный подход к слабым и сильным ядерным взаимодействиям. Каждое из этих взаимодействий обладает собственным зарядом и собственными частицами–переносчиками. С геометрической точки зрения они описываются слоями более сложных конфигураций, составленных не из одной окружности, а из набора пересекающихся окружностей, взаимодействующих между собой и с веществом согласно своим вращениям.

Слабое ядерное взаимодействие ассоциируется со слоем, обладающим симметриями трехмерной группы Ли, которое называется SU(2). Имеющиеся три вида симметрии соответствуют трем генераторам группы, которые отвечают за три частицы–переносчика

ОТ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА К ГЕОМЕТРИИ

Геометрическая картина мира возникает из анализа его поведения. Простейший и наиболее известный пример – электрические и магнитные силы. Электрическая искра, магнитное притяжение, свет лазера представляют собой разные проявления электрических и магнитных полей, которые пронизывают все пространство. Физики полагают, что все в мире – силы природы и даже частицы материи – проявления полей различных типов. Поведение этих полей можно положить в основу построения некоей наглядной геометрической структуры



Луч лазера (а) состоит из осциллирующих электрического и магнитного полей (б), которые суть проявления одного поля – электромагнитного поля «связности» (в). В рамках рассматриваемого геометрического подхода это поле описывает, как круговой «слой», которому принадлежат электромагнитные взаимодействия, вращается вокруг луча. Этот круговой слой «присоединен» к каждой точке пространства–времени, и частица света (фотон) соответствует волнообразному движению этих окружностей (г). Заряженная частица (например, электрон) в таком геометрическом формализме соответствует другому слою, который оборачивается вокруг кругового слоя (д)

слабого взаимодействия – это W^+–, W^-– и W^3–бозоны, «родственники» фотонов в электромагнитном взаимодействии. Геометрически каждая группа Ли представляет собой многомерный сглаженный клубок пересекающихся окружностей, которые поворачиваются друг вокруг друга. Окружности W^+– и W^-–бозонов в SU(2) поворачиваются в противоположные стороны вокруг окружностей W^3–бозона, и таким образом заряд, соответственно, +1 и –1. Слабость заряда дает возможность этим частицам взаимодействовать друг с другом так же, как и с частицами материи.

Половина элементарных частиц материи чувствительны к слабому взаимодействию, соответствующие этим частицам слои вращаются вокруг окружностей W^3–бозона и других окружностей в SU(2). Фермионы бывают двух типов в зависимости от проекции спина на момент вращения: левые и правые. Только левые фермионы участвуют в реакциях слабого взаимодействия и обладают зарядами: с левым верхним кварком и нейтрино они обладают зарядом +1/2, а с левым нижним кварком и электроном они обладают зарядом –1/2. Для античастиц ситуация противоположная: только правые из них обладают зарядом слабого взаимодействия. Другими словами, наша Вселенная не обладает симметрией левых и правых частиц: мы всегда можем отличить, смотрим ли мы на прямое слабое взаимодействие или на его отражение в зеркале. Такая асимметрия есть одна из многих требующих объяснения загадок Единой теории.

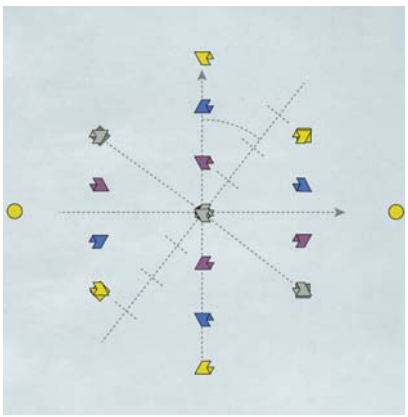
При объединении электромагнитного и слабого взаимодействий в единое электрослабое взаимодействие физики скомбинировали пространство SU(2) и окружность U(1). Полученная конструкция отличается от простой окружности, которая была в электромагнетизме. Она – предшественница электромагнитного взаимодействия, характеризующегося неким гиперполем, вокруг которого его частицы–переносчики поворачиваются согласно своим гиперзарядам, называемым Y. В четырехмерной группе Ли, отвечающей электрослабому взаимодействию, окружности W^3–бозонов комбинируются с окружностями гиперзарядов, формируя двухмерные торы. Эти торы могут быть разрезаны на слои многими способами. Слои частиц,

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ТЕОРИЙ

Каждый тип элементарных частиц соответствует различным слоям в модели геометрического представления частиц и их взаимодействий с помощью пространств расслоения. Эти слои вращаются вокруг различных круговых слоев, соответствующих фотонам и другим частицам – переносчикам взаимодействий. Вращение определяется электрическими и другими зарядами этих элементарных частиц. В математике все эти заряды носят название весов. Каждое взаимодействие характеризуется типами зарядов и частицами–переносчиками. Структура зарядов частиц может быть представлена геометрически сообразно тому, как слои вращаются друг вокруг друга. Эти вращения характеризуют особенности взаимодействия частиц

БОЗОНЫ	ФЕРМИОНЫ	
Фотон	Нейтрино	Левый, спин вверх
Бозоны слабых ядерных взаимодействий	Электрон	Левый, спин вниз
Глюоны	Верхний кварк	Правый, спин вверх
Гравитоны	Нижний кварк	Правый, спин вниз
«Система–Хиггс»	Верхний кварк	Правый, спин вверх, анти
Бозоны неизвестных новых взаимодействий	Нижний кварк	Правый, спин вниз, анти
X–бозоны	Верхний кварк	Левый, спин вверх, анти
Другие бозоны Хиггса	Нижний кварк	Левый, спин вниз, анти

Мир элементарных частиц напоминает большой зверинец. Частицы делятся на два основных типа – бозоны и фермионы. Бозоны – переносчики взаимодействий. Фермионы – элементарные кирпичики всего вещества. Каждый фермион также бывает различных типов: частица или античастица, правый или левый, обладающим направленным или вверх, или вниз спином (внутренним моментом вращения). Для кварков существуют еще дополнительные характеристики, называемые цветом. Каждая частица однозначно определяется своими зарядами и может быть отображена на весовой диаграмме



ЭЛЕКТРОСЛАБАЯ ТЕОРИЯ. Электромагнетизм и слабые ядерные взаимодействия объединяются в единое взаимодействие. На весовую диаграмму заряды наносятся соответственно своим так называемым «гиперзарядам» (Y) и зарядам слабого ядерного взаимодействия (W). Бозоны Хиггса (на диаграмме отмечены серыми значками) лежат на наклонной линии, идущей из левого верхнего в правый нижний угол, и определяют нулевой электрический заряд. Электрически заряженные частицы лежат на параллельных линиях. Таким образом, электрический заряд есть особая смесь гиперзаряда и заряда слабого ядерного взаимодействия

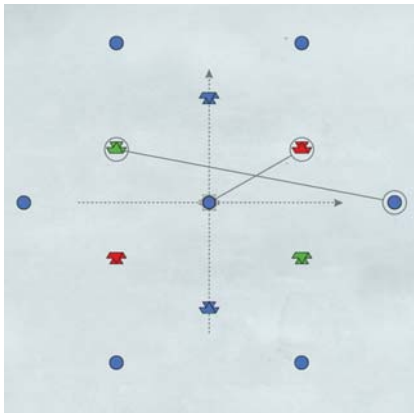
известных как бозоны Хиггса, поворачиваются вокруг электрослабой группы Ли и определяют конкретный набор окружностей, нарушающих симметрию, – подобно тому, как если бы некто издал закон о единственном способе разрезания бублика. Вокруг этих окружностей пространство Хиггса не поворачивается, они соответствуют безмассовым фотонам – частицам–переносчикам электромагнитного взаимодействия.

Перпендикулярно этим окружностям существует другой набор окружностей, соответствующий другой частице, которую исследователи электрослабой теории назвали Z–бозоном. Слои бозонов Хиггса вращаются вокруг окружностей Z–бозона, так же как окружности W^+– и W^-–бозонов, делая все три частицы массивными. Z–бозон был экспериментально обнаружен в 1973 г., что подтвердило теоретические предположения.

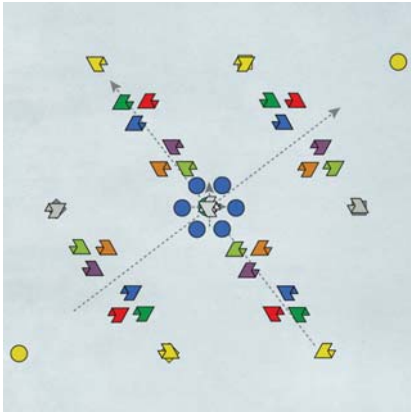
Разобраться в описанных сложных принципах построения геометрической модели электрослабой теории помогает наглядное графическое изображение зарядов слабого взаимодействия и гиперзарядов для всех известных частиц. Поскольку математики называют заряд весом, то это изображение называется весовой диаграммой, где все частицы лежат на однотипно распределенных наклонных линиях, соответственно своим электрическим зарядам. Таким образом, электрические заряды суть специальные комбинации зарядов слабого взаимодействия и гиперзарядов, определяемых бозонами Хиггса. По экспериментальным измерениям слабого взаимодействия физики знают, что угол между этими линиями, известный как угол смешивания для слабых взаимодействий, составляет около 30°. Объяснение величины этого угла – один из важнейших вопросов Единой теории.

«Разноцветная» физика

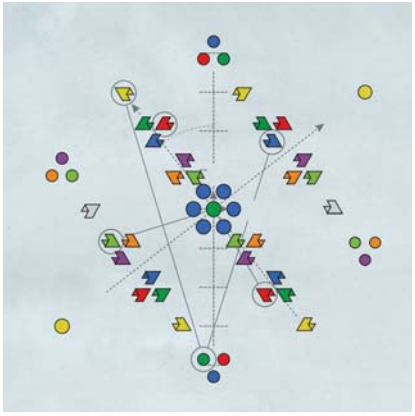
В Стандартной модели сильное ядерное взаимодействие, отвечающее за поведение кварков в атомных ядрах, геометрически соответствует еще большей группе Ли: SU(3). Пространство SU(3) – восьмимерное математическое пространство, состоящее из восьми наборов окружностей, вращающихся друг вокруг друга по сложным путям, производя взаимодействия среди восьми типов фотоноподобных частиц, называемых глюонами (от англ. glue – «клей», поскольку они как бы «склеивают» ядра в единое целое). Поскольку данные структуры очень сложны, так же как и их геометрические фигуры, мы можем разделить их на более простые части: тор, сформированный двумя наборами невращающихся окружностей, соответствующих двум генераторам g^3 и g^8, и оставшиеся шесть генераторов глюонов. Последние вращаются вокруг тора,



СИЛЬНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. Восемь глюонов (шесть в вершинах шестиугольника и два в середине), переносчики сильных ядерных взаимодействий, взаимодействуют друг с другом, а также с кварками и антикварками согласно своим зарядам g^3 и g^8. Три кварка, каждый со своим цветовым зарядом, лежат в вершинах треугольника. При взаимодействии частиц баланс зарядов обязан сохраняться: например, окружность, соответствующая глюону, взаимодействует с зеленым кварком, в результате чего образуется красный кварк



СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ. Объединенная весовая диаграмма для электрослабых и сильных взаимодействий дает Стандартную модель физики элементарных частиц – господствующую теорию реального мира. Все негравитационные взаимодействия соответствуют зарядам на этой диаграмме – четырехмерной, но показанной здесь для наглядности на плоскости



ВЕЛИКАЯ ТЕОРИЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ. Электрослабые и сильные взаимодействия могут оказаться частью более сложной структуры, как, например, пространство расслоений, называемое SU(5). Весовая диаграмма этого пространства состоит из 12 новых частиц–переносчиков, называемых X–бозонами. Эти новые частицы приводят к реакциям распада протона (содержащего два верхних кварка и один нижний кварк, отмеченные на диаграмме кружками) на позитрон (антиэлектрон) и пион (состоящий из пары верхнего кварка и его античастицы)

заряды g^3 и g^8 формируют восьмиугольник на весовой диаграмме.

Слои кварков вращаются вокруг SU(3) Ли–группы. Заряды кварков формируют треугольник на весовой диаграмме. Эти кварки получили причудливые обозначения по названиям трех цветов: красный, зеленый и голубой. Слои материи формируют полную фигуру, три кварка в вершинах треугольника, называемую представлением группы Ли. Цветовое описание сильных ядерных взаимодействий известно как теория квантовой хромодинамики.

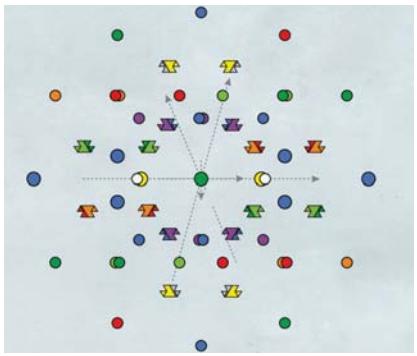
Квантовая хромодинамика и электрослабая модель вместе составляют Стандартную модель физики частиц с группой Ли, сформированной из групп SU(3), SU(2), U(1), так же как и материя в различных представлениях. Такая структура описывается весовой диаграммой с четырьмя осями зарядов, которые могут быть спроектированы в два измерения и нарисованы. Эта диаграмма напоминает корону с драгоценными камнями – венец всей современной физики. Любая частица Стандартной модели находит в ней свое место.

Стандартная модель – огромное достижение физики элементарных частиц. Однако она содержит некоторые непреодоленные трудности. Например, почему природа использует комбинации групп Ли? Почему существуют пространства расслоения для вещества? Почему существует бозон Хиггса? Что означает величина угла смешивания? Как включить в Стандартную модель теорию гравитации? Есть и много других вопросов. Кварки, электроны и нейтрино – элементарные кирпичики всего известного нам вещества – называются первым поколением фермионов. Они обладают вторым и третьим поколениями соответствующих им частиц с такими же зарядами, но гораздо большими массами. Почему так? И что такое космологические темная материя и темная энергия? Единая теория смогла бы дать ответы на эти и другие вопросы. Первый шаг к построению Единой теории – объединение электрослабого и сильного взаимодействий.

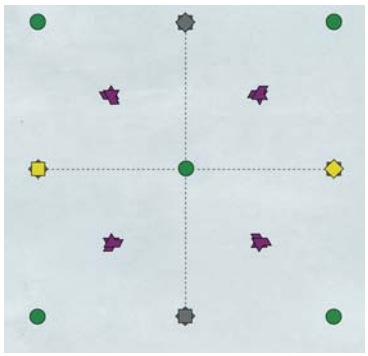
Большое, но пока еще не Великое объединение

Несмотря на то что электрослабые и сильные взаимодействия описываются в едином формализме пространств расслоения, их слои отделены друг от друга. Физики задались вопросом, есть ли такое математическое многомерное пространство, которое могло бы включить в себя структуры как электрослабого, так и сильного взаимодействий. Вместо того чтобы описывать каждое из этих взаимодействий своей отдельной группой Ли, можно ли найти для них единую, более широкую Ли–группу? Ученые нашли хорошие предпосылки для утвердительного ответа на этот вопрос. Они опирались на тот факт, что все рассматриваемые взаимодействия становятся равноправными по силе при сверхвысоких энергиях, и это указывает, что они представляют собой единую силу. Теория Великого объединения могла бы описывать данную единую силу, воспроизводя Стандартную модель и делая экспериментально проверяемые предсказания.

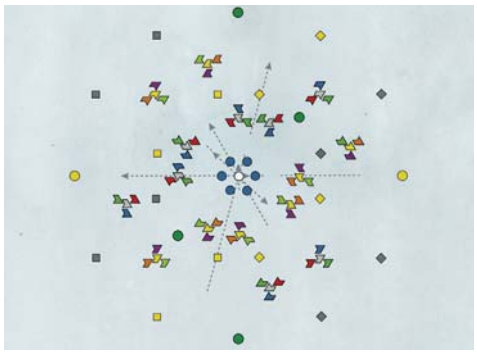
Исследователи пытаются использовать эту идею для объяснения структуры таблицы Менделеева: так, некоторые химики тщательно подбирают такую структуру, чтобы сделать возможным предсказание свойств элементов и существования новых элементов, которые могут быть открыты в будущем. Точно так



ТЕОРИЯ E6. Идея построения этой теории заключается в том, что в виде расслоенных пространств представляются не только взаимодействия, но и частицы вещества. Однако она не включает в себя ни бозоны Хиггса, ни гравитационное взаимодействие



ГРАВИТАЦИЯ. Гравитационная сила обладает двумя «зарядами»: пространственным (ω_{-S}) и временным (ω_{-T}) спинами, связанными с вращением и движением. Частицы в левом верхнем и правом нижнем углах весовой диаграммы обладают левоориентированным винтовым движением в пространстве



ГРАВИТАЦИОННАЯ СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ. Объединяя весовые диаграммы Стандартной модели и гравитации, можно построить единую диаграмму (так называемую «Хиггс–систему»), совмещающую в себе все четыре типа взаимодействий. Бозоны Хиггса объединяются с «гравитационной» системой отсчета. Диаграмма содержит особенность: только левые фермионы чувствительны к слабым ядерным взаимодействиям

же и специалисты по элементарным частицам пытаются понять, почему весовая диаграмма Стандартной модели имеет именно такую структуру, а поняв это, ученые смогут предсказывать свойства частиц и, возможно, предугадывать новые типы еще не открытых частиц.

Первые попытки создать подобную теорию были предприняты в 1973 г. Шелдоном Глэшоу (Sheldon Glashow) и Говардом Джорджи (Hovard Georgi). Ученые обнаружили, что комбинированная группа Ли Стандартной модели обладает хорошим приближением – она представляет собой подгруппу группы Ли SU(5). Эта SU(5)–модель делает ряд важных предсказаний. Во–первых, фермионы должны обладать именно такими гиперзарядами, какими они обладают согласно эксперименту: очевидный успех теории. Во–вторых, угол смешивания в электрослабом взаимодействии должен быть 38°, что также хорошо согласуется с экспериментом. И, наконец, в дополнение к 12 бозонам Стандартной модели в теории SU(5) существуют 12 новых частиц–переносчиков, названных X–бозонами.

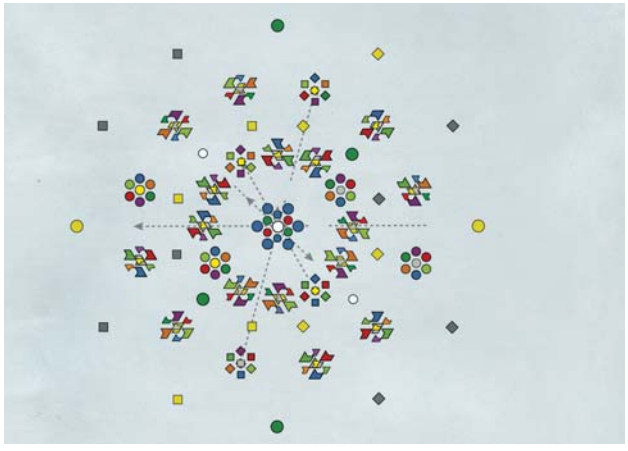
Однако именно X–бозоны привели теорию SU(5) к серьезной проблеме. Дело в том, что существование этих новых частиц должно быть причиной распада протона на более легкие частицы, но в Стандартной модели таких процессов не должно происходить. В ряде экспериментов, включая наблюдения 50 тыс. т воды в специальной шахте (Япония), предсказанный распад протона не был обнаружен. Таким образом, теория SU(5) была отвергнута.

Несмотря на недостатки теории SU(5), ее достоинства показали, что ученые находятся на верном пути. Теория Великого объединения, развиваемая в то же время, основывается на Ли–группе Spin(10). В этой теории появляются те же гиперзаряды и электрослабый угол смешивания, что и в теории SU(5). Кроме этого, Spin(10) предсказывает существование нового фундаментального взаимодействия, очень схожего со слабым ядерным. Это новое взаимодействие обладает частицами–переносчиками W^{+}, W^{-} и W^{3} бозонами и действует на правые фермионы, сохраняя левую симметрию Вселенной на малых расстояниях. Несмотря на то что эта теория предсказывает избыток X–бозонов, она прогнозирует более редкий распад протона, а потому, в отличие от теории SU(5), более реалистична.

Весовая диаграмма для теории Spin(10) показывает, что заряды частиц расположены на четырех концентрических окружностях. Красивая симметрия диаграммы опирается на важную идею: в теории Spin(10) все ее 45 бозонов, а также представления из 16 фермионов и 16 антифермионов суть части единой особой Ли–группы, называемой E6.

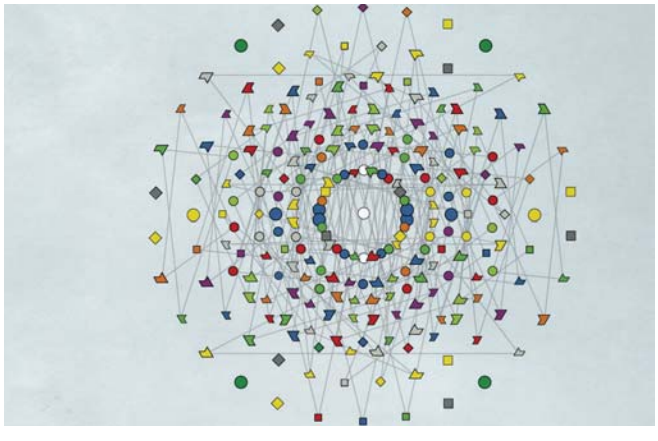
Группа E6 играет важную роль в математике. Существует очень много способов поворота окружностей друг вокруг друга, но есть небольшое число соответствующих Ли–групп. Математики завершили классификацию групп Ли век назад. Мы уже познакомили читателей с группами SU и Spin, которые часто встречаются в физике. Среди групп Ли есть пять особых случаев: G2, F4, E6, E7, E8. Они обладают специальной структурой и широкими связями с различными разделами математики.

Важно отметить, что бозоны и фермионы группы Spin(10) и Стандартной модели хорошо соответствуют структуре группы E6 с ее 78 генераторами. До недавнего времени ученые полагали, что бозоны и фермионы суть принципиально



ОБОБЩЕНИЕ НА МОДЕЛЬ E8. Структура гравитационной Стандартной модели позволяет дать ее описание в рамках особой Ли–группы E8, которая дополнительно содержит «экзотические» частицы, такие как зеркальные фермионы и неизвестные бозоны – переносчики неизвестных взаимодействий

ТЕОРИЯ E8. Элементы пространства расслоения («слои») этой теории представляют собой все известные взаимодействия, все известные частицы и даже ответственные за темную материю неизвестные частицы. Это пространство обладает особой симметрией, называемой триальностью, связывающей все ее части, каждая из которых соответствует одному из трех поколений частиц. Теория E8 может оказаться долгожданной теорией всего



различные частицы. Бозоны – части являющихся Ли–группами слоев, отвечающих за взаимодействия. Фермионы – разные типы слоев, вращающихся вокруг групп Ли. А что если бозоны и фермионы – части единого слоя? Именно это предполагается при рассмотрении группы Spin(10) как подгруппы группы E6. Структура группы E6 такова, что в определяемом ею слое присутствуют оба типа частиц. В теории E6 происходит объединение сил взаимодействия (бозонов) и материальных частиц (фермионов) – они полагаются частью единого суперсвязного поля.

Несмотря на то что многие ученые критикуют эту идею, потому что она комбинирует фермионы и бозоны таким способом, который прежде всего выглядит фундаментально неполным, эта идея – математическая. Кривизна сверхсвязности, описывая повороты E6 в пространстве–времени, описывает динамику и взаимодействия бозонов и фермионов Стандартной модели. Однако теория E6 не включает в себя ни бозона Хиггса, ни гравитации.

Гравитация как элемент вращения

Альберт Эйнштейн описал гравитацию как кривизну пространства–времени. Его математический формализм стал общепринятым, но исследователи смогли предложить эквивалентное описание гравитационных взаимодействий с помощью понятия пространств расслоения.

Идея заключается в следующем. Каждой пространственно–временной точке мы можем сопоставить ортогональный репер и часы – это называется системой отсчета. Без нее пространство–время будет не пространством–временем, а всего лишь четырехмерной тканью без понятия о расстоянии или ориентации. При движении от точки к точке в пространстве–времени мы находим различно ориентированные ортогональные реперы и разные показания часов. Вращения систем отсчета происходят относительно нашей первоначальной системы отсчета. Каким образом происходит это вращение – определяется спиновой связностью, более известной как гравитационное поле. Группа Ли всех возможных вращений трехмерного репера и одного временного направления есть группа Spin(1,3) – группа Ли гравитационных взаимодействий. Мы чувствуем гравитационную силу, потому что поле гравитационной спиновой связности вращает нашу систему отсчета при нашем движении во времени, стремясь ориентировать нас относительно центра Земли.

Частицы обладают различными зарядами, которые характеризуют то, как эти частицы участвуют во взаимодействиях Стандартной модели. Кроме того, частицы обладают типами зарядов, описывающими, как частицы ведут себя в пространстве. Рассмотрим, что произойдет, если мы повернем линейку в пространстве на 360°: она вернется в исходное положение. Эта линейка – и гравитационное поле, реализующее систему координат, – обладают пространственным спиновым зарядом +1 или –1. Если же вы повернете фермион, например электрон, в пространстве на 360°, то он не вернется в исходное состояние. Для того чтобы вернуть электрон в исходное положение, необходимо повернуть его на 720°. Спиновый заряд фермиона – +1/2 или –1/2.

Спиновый заряд значим и в гравитации, поскольку она связана с геометрией пространства–времени. Таким образом, подобно тому как это было сделано для всех остальных взаимодействий, мы можем построить весовую диаграмму и для гравитации с помощью понятия спина. Пространственный спиновый заряд для частиц есть их внутренний момент вращения, а временной спиновый заряд связан с их движением в пространстве. Фермионы, чей пространственный спин совпадает по ориентации с направлением движения, изображены на верхней правой или нижней левой частях диаграммы, описывая правую винтообразную линию в своем пространственном движении. Фермионы, чей пространственный спин ориентирован против движения, описывают левую винтообразную линию.

Удивительно то, что спиновый заряд связан со слабыми ядерными взаимодействиями неожиданным образом. Только левые частицы и правые античастицы участвуют в реакциях слабого ядерного взаимодействия. Факт, что слабые ядерные взаимодействия чувствительны к величине спина, дает возможность предположить, что гравитация и остальные взаимодействия, несмотря на кажущиеся различия, на самом деле обладают глубинными связями.

«Из многих – единое»

Собрать все вместе – дело техники. Гравитацию, описываемую группой Spin(1,3), и наиболее предпочтительную модель теории Великого объединения, основанную на группе Spin(10), можно объединить с использованием единой группы Ли – Spin(11,3), ведя к построению гравитационной теории Великого объединения. В 2009 г. это было сделано группой ученых из Триеста и Италии, что, возможно, вплотную подведет научное сообщество к созданию завершенной Единой теории.

Ли–группа Spin(11,3) содержит блоки в 64 фермиона и успешно предсказывает их спины и заряды в сильных и слабых взаимодействиях. Эта теория также автоматически включает в себя набор бозонов Хиггса и гравитационную систему. Последние фактически объединяются в «Хиггс–систему» генераторов группы Spin(11,3). Кривизна пространств расслоения этой группы правильно описывает динамику гравитации, остальных взаимодействий и бозонов Хиггса. Эта группа даже включает в себя космологическую постоянную, которая дает одну из возможных объяснений темной энергии. Все становится на свои места!

Скептики придерживаются другого мнения. По их утверждению, такая теория в принципе невозмож-

на, поскольку она нарушает одну из теорем физики элементарных частиц – теорему Коулмена – Мандулы, которая запрещает объединение гравитации и остальных взаимодействий в единой группе Ли. Однако эта теорема содержит важную особенность: она применима только в том случае, если существует пространство–время. В группе Spin(11,3) (и в группе E8) гравитация объединяется с другими силами только до того, как полная симметрия Ли–группы нарушена, т.е. когда пространство–время больше не существует. Наша Вселенная родилась в результате нарушения симметрии: поле «Хиггс–системы» стало ненулевым, выбрав конкретное направление в пространстве, определяемом полной Ли–группой. С этого момента гравитация стала независимой силой, и произошел Большой взрыв. Таким образом, условия теоремы не нарушаются.

Весовая диаграмма теории Spin(11,3) обладает сбалансированной структурой. Ее симметрия, подобно симметрии теории Великого объединения Spin(10), основана на строгой математике. Ее структура есть часть красивейшего математического объекта, наибольшей простой Ли–группы E8. Подобно тому, как группа E6 содержит структуру теории Великого объединения Spin(10) со своими 16 фермионами, Ли–группа E8 содержит структуру гравитационной теории Великого объединения Spin(11,3) со своими 64 фермионами Стандартной модели, включая их спины. Таким образом, гравитация и все другие известные силы, Хиггс и фермионы первого поколения Стандартной модели суть части единого суперсвязного поля пространств расслоения E8.

Ли–группа E8 с 248 генераторами обладает удивительной внутренней структурой. В дополнение к гравитации и частицам Стандартной модели E8 включает в себя W'–, Z'– и X–бозоны, богатое семейство бозонов Хиггса, новые частицы, называемые зеркальными фермионами, а также аксионы – кандидаты в частицы темной материи. Еще более интересна симметрия этой группы, называемая триальностью. С ее использованием 64 генератора первого поколения фермионов Стандартной модели могут быть связаны с двумя другими блоками из 64 генераторов каждый. Эти три блока все вместе могут пересекаться, производя все три известных поколения частиц.

Сливаясь с реальностью

Таким образом, реальная Вселенная может быть естественным образом объяснена математической структурой. Математическая теория объясняет нам, что такое бозоны Хиггса, как гравитация и другие взаимодействия возникают из нарушений симметрии, почему фермионы существуют именно с таким спинами и зарядами, почему частицы взаимодействуют так, а не иначе. Однако, несмотря на ее успехи, над этой теорией предстоит еще работать и работать. Надо понять, как теория E8 позиционирует себя в качестве квантовой теории, как взаимодействуют между собой все три поколения частиц, как они получают свои массы, взаимодействуя с бозонами Хиггса.

Если данная теория верна, то, вероятно, Большой адронный коллайдер сможет зарегистрировать некоторые предсказываемые ею частицы. Если же на этом ускорителе будут обнаружены частицы, которых нет в модели E8, это будет сокрушительный крах теории. В любом случае все найденные частицы найдут свое место на весовой диаграмме, ведя нас к сердцу Природы. Если структура Вселенной на мелких масштабах элементарных частиц описывается все же E8 с ее 248 наборами окружностей, наматывающихся друг на друга, вращающимися и танцующими в пространстве–времени всеми возможными способами, тогда мы достигнем полного объединения теорий и получим удовлетворение от осознания того, что мы живем в удивительно красивой Вселенной.■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Deep Down Things. Bruce A. Schumm. Johns Hopkins University Press, 2004.
- Lie Groups, Physics, and Geometry. Robert Gilmore. Cambridge University Press, 2008.
- The Beauty of Particle Physics. A. Garrett Lisi. www.ted.com/index.php/talks/garrett_lisi_on_his_theory_of_everything.html
- An Exceptionally Simple Theory of Everything. A. Garrett Lisi. http://arxiv.org/abs/0711.0770



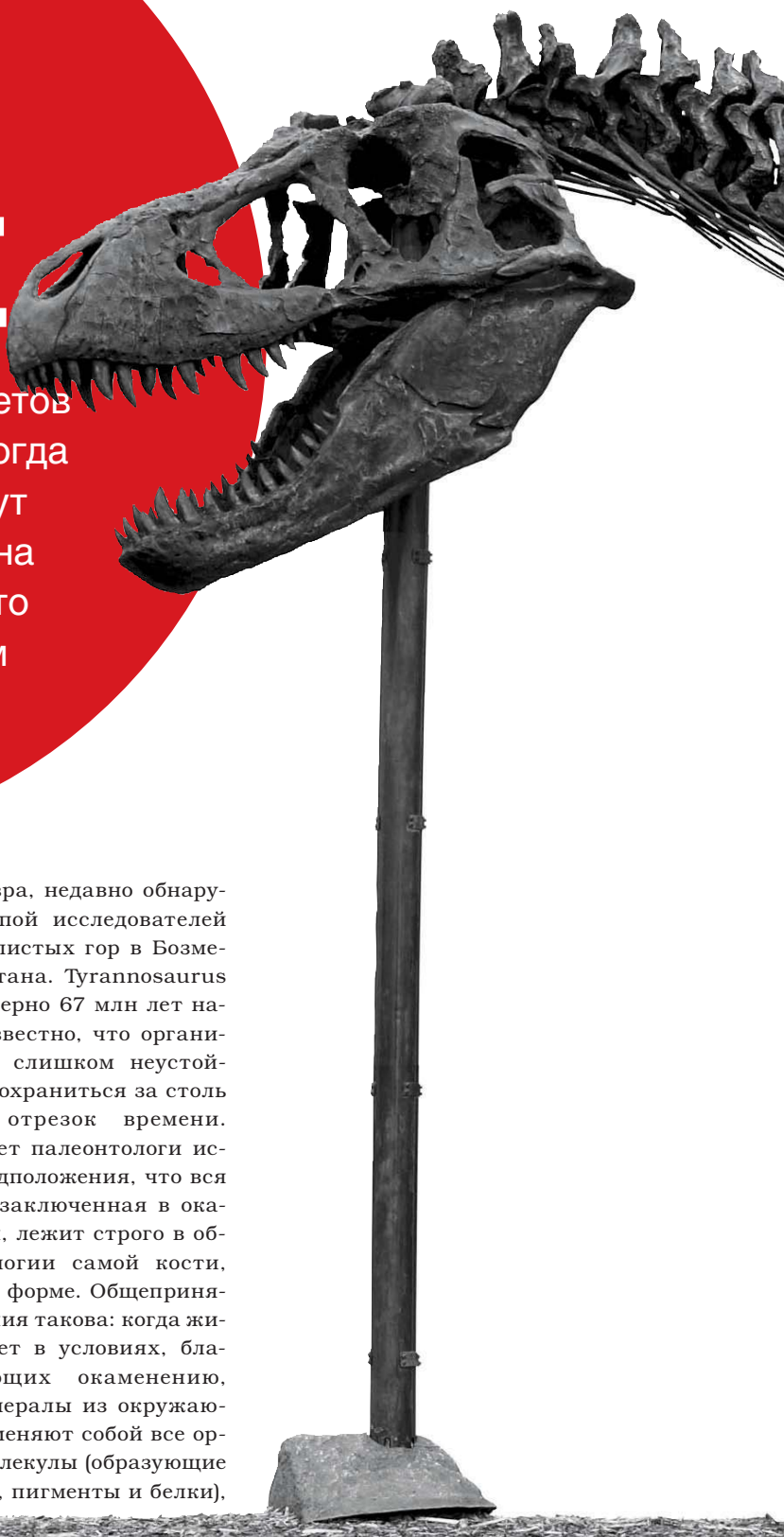


ОБ АВТОРАХ

Энтони Гаррет Лиси (Antony Garrett Lisi) делит свое время между теоретической физикой и серфингом. Он – «кочующий» ученый, официально не числящийся ни в одном вузе, и находится в процессе осуществления мечты всей его жизни – основания Института изучения Тихого океана на Гавайских островах.

Джеймс Оуэн Уэтерелл (James Owen Weatherall) недавно защитил диссертацию по физике и математике в Технологическом институте Стивенса и уже завершает второе диссертационное исследование – по философии – в Калифорнийском университете в Ирвайне. Ему тоже удается найти время еще и для работы над книгой по истории идей, перемещаясь из сферы физики в область финансового моделирования.

КРОВЬ В КАМНЕ



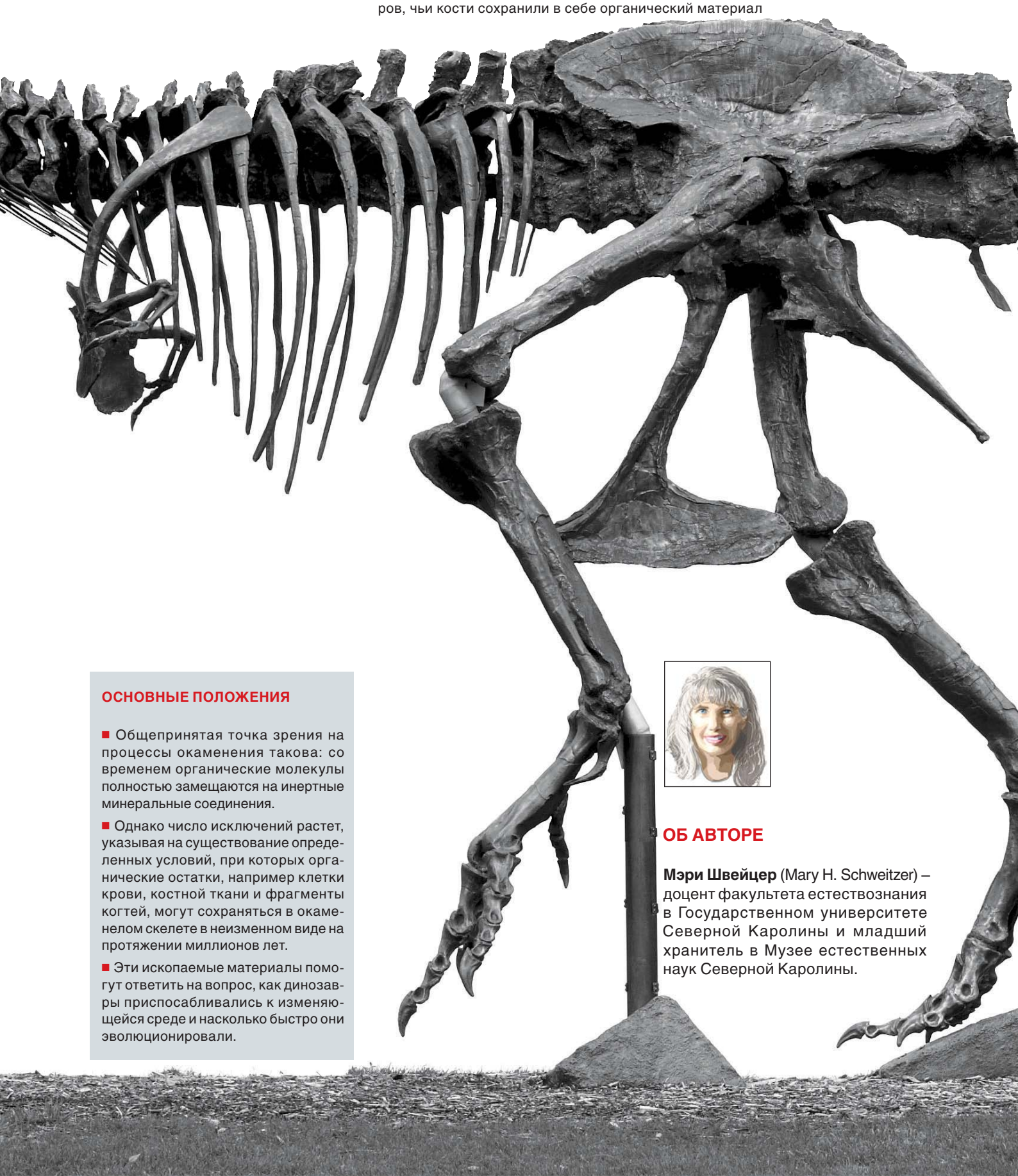
Исследования ископаемых скелетов динозавров показывают, что иногда органические материалы могут сохраняться в окаменелостях на протяжении миллионов лет, что противоречит общепринятым убеждениям палеонтологов

Мэри Швейцер

Разглядывая в микроскоп тонкий срез окаменелой кости, я замерла, не в силах поверить увиденному, наткнувшись на то, чего не может быть: на срезе были четко видны небольшие красные сферические образования. Эти крошечные объекты располагались внутри кровеносного сосуда, пронизывавшего бледно–желтую костную ткань. В центре каждого из них можно было рассмотреть затемнение, напоминающее клеточное ядро. Таким образом, данные сферы выглядели как кровяные клетки рептилий, птиц и всех остальных ныне существующих позвоночных, за исключением млекопитающих, у которых циркулирующие в сосудах эритроциты лишены ядер. Срез был получен из кости динозавра, недавно обнаруженного группой исследователей из Музея Скалистых гор в Бозмене, штат Монтана. Tyrannosaurus rex умер примерно 67 млн лет назад, а всем известно, что органические ткани слишком неустойчивы, чтобы сохраниться за столь длительный отрезок времени.

Более 300 лет палеонтологи исходили из предположения, что вся информация, заключенная в окаменелой кости, лежит строго в области морфологии самой кости, в ее размере и форме. Общепринятая точка зрения такова: когда животное умирает в условиях, благоприятствующих окаменению, инертные минералы из окружающей среды заменяют собой все органические молекулы (образующие клетки, ткани, пигменты и белки),

Тираннозавр (Tyrannosaurus rex), известный как MOR 555 или Большой Майк, копия скелета которого показана на фотографии, – один из нескольких динозавров, чьи кости сохранили в себе органический материал



ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Общепринятая точка зрения на процессы окаменения такова: со временем органические молекулы полностью замещаются на инертные минеральные соединения.
- Однако число исключений растет, указывая на существование определенных условий, при которых органические остатки, например клетки крови, костной ткани и фрагменты когтей, могут сохраняться в окаменелом скелете в неизменном виде на протяжении миллионов лет.
- Эти ископаемые материалы помогут ответить на вопрос, как динозавры приспосабливались к изменяющейся среде и насколько быстро они эволюционировали.

ОБ АВТОРЕ

Мэри Швейцер (Mary H. Schweitzer) – доцент факультета естествознания в Государственном университете Северной Каролины и младший хранитель в Музее естественных наук Северной Каролины.

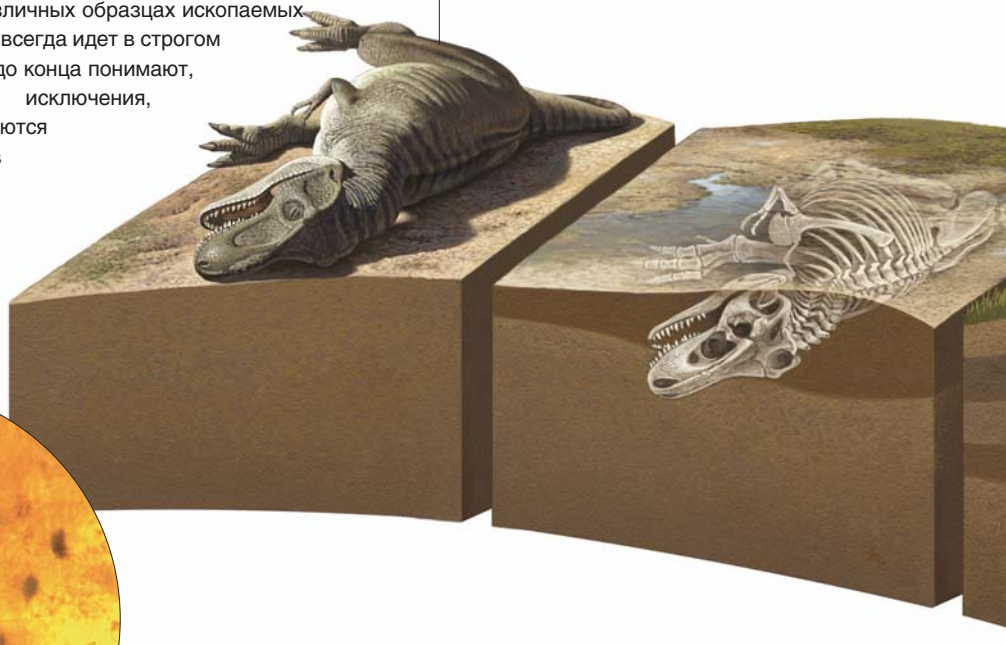
в результате чего окаменевающая кость полностью минерализуется. В тот решающий день 1992 г., когда я сидела в музее перед микроскопом и разглядывала алые микроструктуры внутри кости динозавра, во мне зрела уверенность, что основные положения палеонтологии не всегда представляют собой непреложную истину. Известно, что динозавры были позвоночными, не относящимися к млекопитающим, поэтому их кровяные клетки должны были иметь ядра, и красные образования несомненно выглядели именно так. В то же время я допускала, что они возникли в результате протекания каких–то неизвестных мне геологических процессов.

Слух об этой загадке достиг ушей Джека Хорнера (Jack Horner), куратора палеонтологического музея и одного из мировых авторитетов в области динозавров. Он пришел взглянуть на чудо своими глазами. Профессор, нахмурив брови, придвинулся к микроскопу и, не говоря ни слова, прильнул к окуляру, затем перевел взгляд на меня и недовольным голосом спросил: «А вы как думаете, что это?» В то время я училась в магистратуре Университета Монтаны и изучала микроструктуру костей динозавров не более года. Я ответила, что точно не знаю, но по размеру, форме и цвету это похоже на клетки крови, кроме того, объекты находятся внутри сосудистого русла. «Так докажите мне, что это не они», – крякнул Хорнер. Это был вызов, не принять который было невозможно.

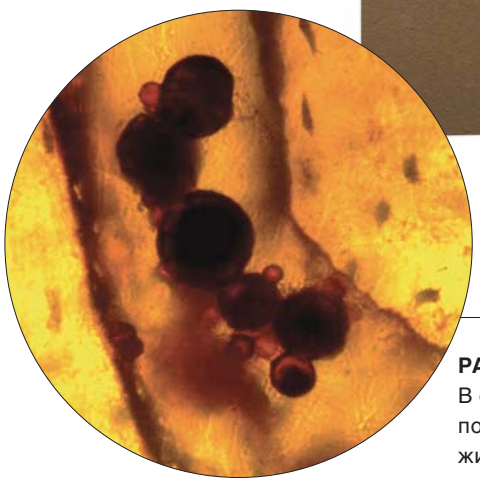
С тех пор мы с коллегами обнаружили несколько различных типов сохранившихся органических остатков, включая стенки кровеносных сосудов, клетки костей и крошечные фрагменты, похожие на материал, из которого состоят наши ногти и когти животных. Мы изучили огромное коли-

История из учебника с неожиданным поворотом

В соответствии с классической схемой кожа, мускулатура, внутренние органы и сухожилия довольно быстро разлагаются, оставляя лишь чистые кости. Кровеносные сосуды, клетки и отдельные молекулы белков внутри костей также распадаются, а их место занимают минеральные компоненты из окружающей среды. В конечном счете на месте исходной кости образуется твердая смесь минеральных веществ. Но фрагменты мягких тканей, отдельные клетки и белковые молекулы, обнаруженные в различных образцах ископаемых костей, показывают, что минерализация не всегда идет в строгом соответствии с этим правилом. Ученые не до конца понимают, почему случаются подобные исключения, и иногда органические компоненты сохраняются в неизменном виде на протяжении десятков миллионов лет. Исследователи идентифицировали факторы (выделены красным), способствующие такому сохранению



СМЕРТЬ
Труп умершего животного оказывается вне досягаемости падальщиков



РАННЕЕ ОТКРЫТИЕ
В отличие от обычного среза окаменелой кости под микроскопом, этот образец кости T. rex, обнаруженный автором, содержит объекты, напоминающие клетки крови

чество образцов и выяснили, что наличие мягких тканей в окаменелостях – хоть и редчайший, но не единичный случай. Наши открытия не только противоречат распространенным представлениям о процессе окаменения, но и проливают свет на биологию давно вымерших животных. Например, анализ кости, принадлежавшей другой особи T. rex, позволил установить, что это была самка в момент кладки. А исследование волокон белка, обнаруженных на костях небольшого хищного динозавра, раскопанного в Монголии, помогло определить, что у него были перья, подтвердив тем самым его сходство с птицами на молекулярном уровне. Подобную информацию невозможно получить, изучая исключительно форму и размер костей.

Результаты нашей работы были встречены с изрядной долей скепсиса, поскольку казались слишком невероятными. Однако подобный скептицизм – неотъемлемая часть науки. Изучение сохранившихся в скелетах динозавров доисторических органических молекул может изменить наши представления об эволюции и вымирании удивительных животных, открыв нам новый источник информации, о котором два десятилетия назад мы не могли и помыслить.

Первые следы

Подобные экстраординарные заявления требуют и экстраординарных подтверждений. За последние 20 лет я пыталась провести все возможные эксперименты, которые могли бы опровергнуть предположение, что обнаруженные органические фрагменты были компонентами мягких тканей динозавров и других древних животных.

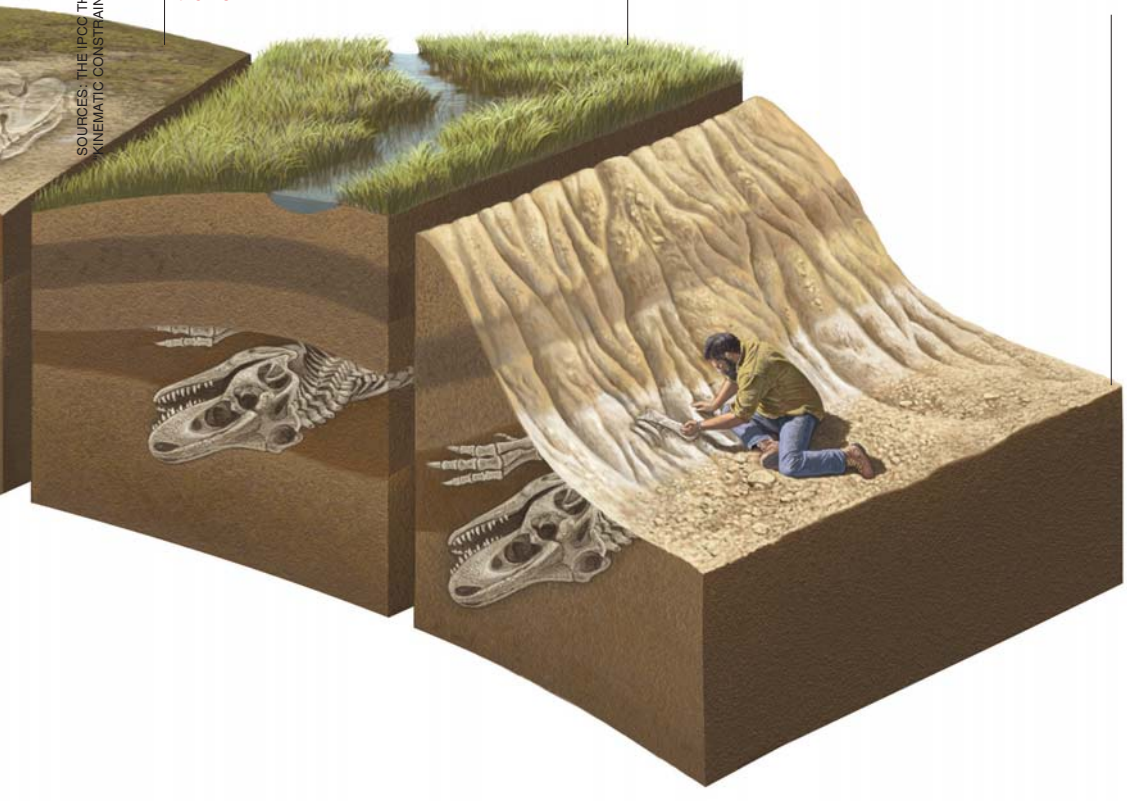
В случае с красными микроструктурами, обнаруженными в кости тираннозавра, я начала с рассуж-

ПОГРЕБЕНИЕ
Тело оказывается под землей до того, как падальщики или погодные условия уничтожат его. Например, такое возможно, если труп оказался в пойме реки и его быстро занесло илом

Отложения песчаника, вероятно, способствуют неполному распаду органических компонентов благодаря тому, что пористый песок не задерживает вызывающие окисление жидкости, которые образуются в процессе разложения

ГЛУБОКОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ
На протяжении миллионов лет повторяющиеся процессы покрывают скелет толстым слоем отложений, кости оказываются глубоко под поверхностью земли, где неорганические соединения из грунтовых вод могли бы проникать в них

Наиболее глубокое захоронение может способствовать сохранению мягких тканей, т.к. препятствует облучению ультрафиолетом, окислению и защищает от колебаний pH и температуры. Чем ближе к поверхности почвы оказывается тело животного, тем интенсивнее данные факторы способствуют разрушению органических материалов. Глубоко под землей труп постепенно оказывается в состоянии химического равновесия с веществами окружающей среды, которые могут способствовать сохранности мягких тканей



ВЫХОД НА ПОВЕРХНОСТЬ
Движения земной коры изменяют рельеф поверхности, в результате чего отложения с окаменелыми остатками снова оказываются наверху, затем в результате эрозии разрушается окружающая порода, обнажая кости, что делает их доступными для палеонтологов

Во время раскопок сведение к минимуму контакта окаменелого скелета с атмосферой способствует сохранности нестойких органических молекул, защищая их от загрязнения и распада; анализ костей на наличие органики, проведенный сразу после их извлечения из почвы, повышает вероятность обнаружения остатков мягких тканей

SOURCES: THE IPCC THIRD ASSESSMENT REPORT, 2001 (temperature graph); THE IPCC THIRD ASSESSMENT REPORT, SUMMARY FOR POLICY MAKERS, 2007; "KINEMATIC CONSTRAINTS ON GLACIER CONTRIBUTIONS TO 21ST-CENTURY SEA-LEVEL RISE," BY W. T. PFEFFER ET AL., IN SCIENCE, VOL. 321; 2008 (projected sea level)

В ископаемых скелетах давно умерших животных присутствует большое количество органических остатков

дений о том, что если бы они были связаны с кровяными клетками или их компонентами (такими как молекулы гемоглобина или гема, высвободившиеся из умерших клеток крови), то могли бы обнаруживаться только в исключительно хорошо сохранившихся костях. В плохо сохранившихся скелетах такая ткань должна была исчезнуть. На макроуровне это было очевидной истиной, которую следовало проверить. Поэтому я принялась за изучение уцелевшего скелета из восточной Монтаны, официально названного MOR 555, а неофициально получившего прозвище Большой Майк, который включал в себя множество редко сохраняющихся фрагментов. Микроскопическое изучение тонких срезов костей конечностей подтвердило наши ожидания и выявило высокую степень сохранности микроструктур. Большинство кровеносных сосудов, пронизывающих костную ткань, были пустыми, не заполненными отложениями минералов, а внутри них встречались красные микроскопические объекты, которые обнаруживались всегда только там, и никогда – в окружающей костной ткани или отложениях вокруг скелета (так, как если бы это были настоящие эритроциты).

Далее я обратила свое внимание на химический состав алых образований. Анализ показал, что они были богаты железом (как и положено красным кровяным клеткам), и что железо присутствовало только в них, не встречаясь больше нигде. Элементарный состав загадочных красных кружочков отличался не только от состава прилегающих к сосуду костей, но и от отложений, в которых динозавр был погребен. При дальнейшей проверке связи между красными объектами и клетками крови я хотела проанализировать образцы на наличие гема – небольшой железосодержащей молекулы, обусловливающей характерный яркий цвет крови позвоночных и способность присутствующего в ней белка гемоглобина транспортировать кислород из легких в остальные органы и ткани. Если воздействовать на гем специально настроенным лазерным лучом, он начинает колебаться или резонировать, что объясняется присутствием в его центре атома железа, который поглощает свет весьма характерным образом. Когда костные образцы были подвергнуты спектрографическому исследованию, позволяющему определить состав вещества по спектру его свечения, мы получили результаты, показавшие, что где–то в останках динозавра присутствовали соединения, содержащие гем.

Один из наиболее неопровержимых проведенных нами экспериментов был основан на реакции иммунного ответа. Когда организм регистрирует проникновение чужеродных, потенциально вредоносных субстанций, он начинает продуцировать антитела, которые специфически распознают и связывают данные субстанции. Для определения присутствия конкретного белка мы ввели экстракт из кости динозавра мышам, побудив их организм выработать антитела к органическим компонентам экстракта. Затем мы проверили реакцию антител на гемоглобин крыс и индюков – они связывались с гемоглобином. Следовательно, экстракт, вызвавший выработку антител у мышей, содержал гемоглобин или что–то очень с ним сходное. Данные иммунологического анализа подтвердили гипотезу, что кости Большого Майка содержали нечто близкое к гемоглобину ныне живущих существ.

Ни один проведенный нами иммунологический или химический тест не противоречил нашему предположению, что загадочные алые кружочки, видимые под микроскопом, были красными кровяными клетками тираннозавра. К сожалению, мы не можем подтвердить, что гемоглобиноподобная субстанция присутствовала именно в красных объектах (а не в стенках сосудов, например): доступные нам технологии недостаточно чувствительны и не позволяют провести столь тонкий анализ. Таким образом, мы не можем утверждать, что это именно клетки крови. В 1997 г. мы изложили наши выводы осторожно, настаивая лишь на том, что молекулы белка–гемоглобина способны сохраняться в окаменелостях, и что наиболее вероятным источником данного белка были клетки крови динозавра. На ту давнюю публикацию практически не последовало реакции.

Количество подтверждений растет

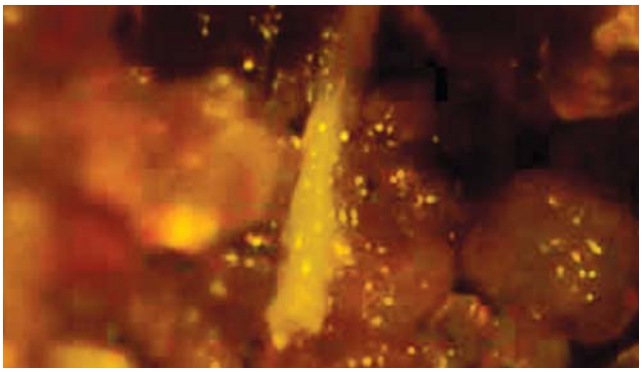
В процессе работы с T. rex я начала осознавать, как много органических остатков присутствует в ископаемых скелетах давно умерших животных. Если станет возможным выделить эти белки, то мы сможем расшифровать последовательность кодирующих их аминокислот примерно так же, как генетики определяют последовательности нуклеотидов, составляющих ДНК. И как ДНК, так и последовательность аминокислот в белке содержит информацию об эволюционных взаимоотношениях между животными, о том, как виды менялись с течением времени и как приобретение новых генетических признаков могло обеспечить преимущества животным, обладающим ими. Однако в первую очередь я должна была показать, что древние белки присутствовали в окаменелых костях не только того удивительного образца T. rex, который я изучала. Сотрудничая с Марком Маршаллом (Mark Marshall) из Университета Индианы и с коллегами из Университета Монтаны Сетом Пинкусом (Seth Pincus)

Ископаемые остатки органической природы

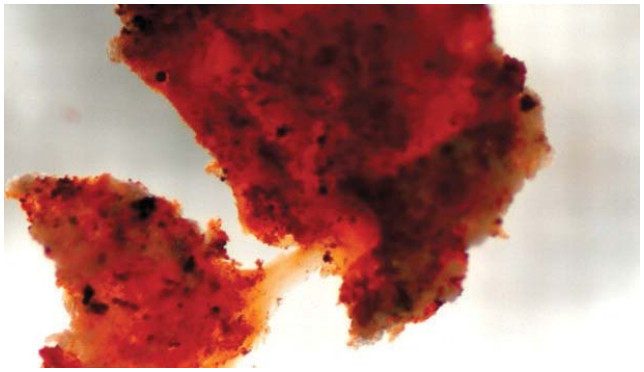
Сейчас ученые обнаружили присутствие фрагментов мягких тканей в различных окаменелых скелетах, возраст которых насчитывает примерно несколько десятков миллионов лет



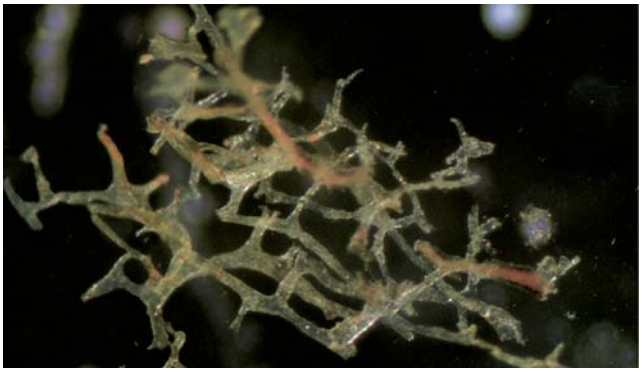
Кость из лапы древней птицы рахонависа (Rahonavis ostromi), которая жила около 80–70 млн лет назад на Мадагаскаре, покрыта белой субстанцией, напоминающей фрагменты материала когтя



Медуллярная кость – особая ткань, формирующаяся у самок на короткое время, когда их организм готовится к яйцекладке, – была обнаружена внутри бедренной кости T. rex возрастом в 68 млн лет, скелет которого был откопан в Монтане



Полая нить (в центре), напоминающая волокна пера, найдена в скелете мелкого хищного динозавра шувуйи (Shuvuuia deserti), обитавшего на территории нынешней Монголии 83–70 млн лет назад



Кровеносные сосуды – или нечто весьма похожее на них – были обнаружены при растворении минерализованной части обычной окаменелой кости, называемой кортикальной, принадлежавшей тираннозавру, откопанному в Монтане

и Джоном Уоттом (John Watt), я сконцентрировалась на двух хорошо сохранившихся ископаемых скелетах, которые выглядели весьма многообещающими в смысле обнаружения органических остатков.

Первым был скелет красивой примитивной птицы рахонависа (Rahonavis), который нашли палеонтологи из Университета Стони–Брук и Колледжа Макаллистера в отложениях на Мадагаскаре, датированных концом мелового периода, от 80 до 70 млн лет назад. Во время раскопок они заметили белый волокнистый материал на костях пальцев. Ни одна другая кость скелета, как им показалось, не содержала посторонних тканей, равно как не было заметно их присутствие и в окружающих скелет отложениях, что позволяло предположить, что данная субстанция была частью тела погибшего животного, а не частицами среды, появившимися позже. Они заинтересовались, мог ли данный материал быть сродни крепкой оболочке из белка кератина, которая покрывает пальцы всех современных птиц, формируя их когти.

Группа белков семейства кератинов – удачный кандидат на сохранение, потому что они имеются в изобилии у позвоночных, а состав данного белка делает его устойчивым к распаду; такой белок хорошо иметь в органах наподобие кожи, защищающей организм от жестких воздействий окружающей среды. Выделяют два типа кератинов: альфа– и бета–кератины. У всех позвоночных встречается альфа–кератины, которые у человека образуют волосы, ногти и делают кожу устойчивой к травмам и обезвоживанию. Бета–кератин отсутствует у млекопитающих, зато встречается у современных птиц и рептилий.

GETTY IMAGES

Для того чтобы обнаружить присутствие кератинов в белой субстанции на скелете рахонависа, мы задействовали ряд методик, которые я применяла при изучении тираннозавра. Интересно, что тест на антитела показал наличие в образце обоих типов кератина – и бета, и альфа. Мы использовали также дополнительные диагностические приборы, которые, например, зафиксировали присутствие аминокислот, локализовавшихся в белой ткани скелета лап, а также отметили наличие связанного азота (компонента аминокислот), который был соединен с другими компонентами. Результаты всех наших тестов подтвердили предположение, что таинственный материал, покрывающий кости лап доисторической птицы, содержит в себе фрагменты альфа– и бета–кератина и может считаться остатком смертоносных когтей этого животного.

Второй образец, который мы исследовали, был удивительным окаменелым скелетом из позднего мела, обнаруженным в Монголии исследователями из Американского музея естественной истории в Нью–Йорке. Несмотря на то что ученые окрестили животное Shuvuuia deserti, или «пустынной птицей», на самом деле шувуйя была маленьким хищным динозавром. Очищая кость, Эмми Дэвидсон (Amy Davidson), техник музея, заметила небольшие белые волокна в районе шеи животного. Птицы произошли от динозавров, и «охотники за окаменелостями» обнаружили ряд остатков тех динозавров, у которых сохранились отпечатки перьев, так что чисто теоретически шувуйя вполне могла иметь пуховое оперение. Однако я не ожидала, что такая деликатная структура, как перьевой покров, может выдержать столь длительное время. Я предполагала, что белые волокна наоборот окажутся фрагментами современных организмов, например растений или грибов, и решила присмотреться к ним поближе.

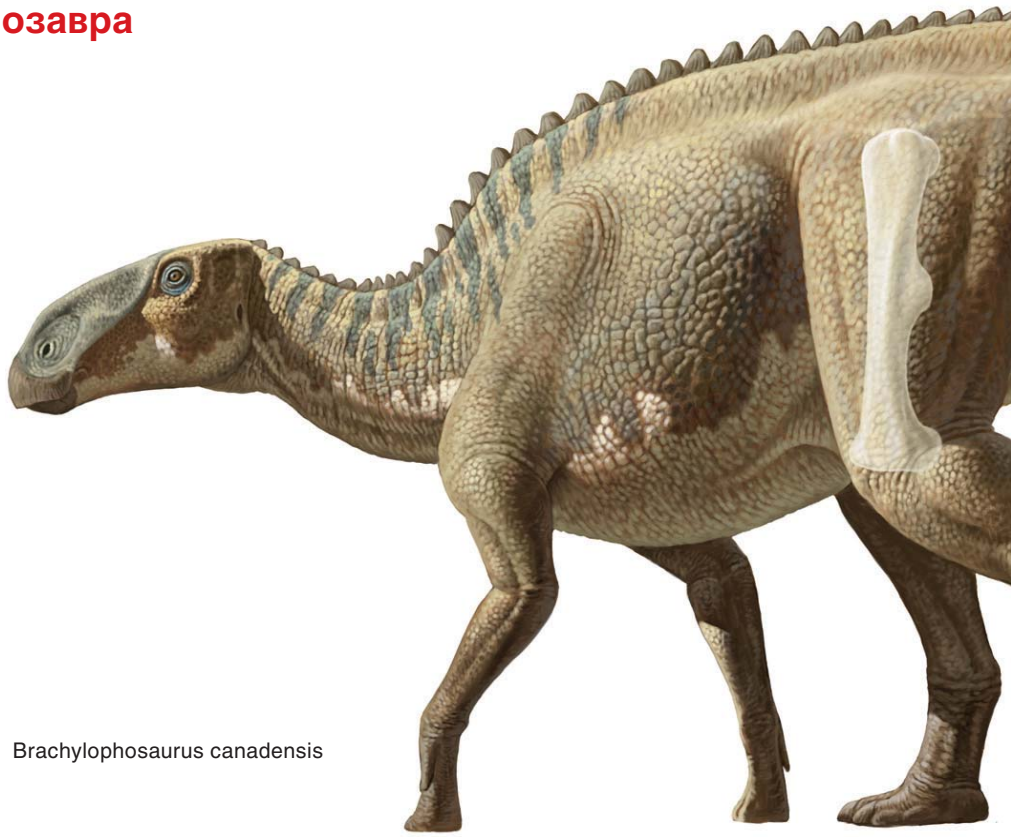
Первые же тесты исключили растения и грибы из вероятных источников происхождения данных волокон. Более того, последующий анализ микроструктуры странных белых нитей зафиксировал наличие в них кератина. Полноценные перья у ныне существующих птиц состоят почти полностью из бета–кератина. Поэтому если эти маленькие фрагменты волокон имели отношение к перьям, то они должны были содержать практически один бета–кератин (тогда как остатки тканей когтя, например на кости рахонависа, содержат оба вида кератина). Именно это мы и обнаружили, когда провели тесты на антитела, о чем и написали в статье, опубликованной в 1999 г.

Неожиданные открытия

На тот момент я была уверена, что небольшие фрагменты мягких тканей могут уцелеть в окаменелых скелетах, сохранившихся в идеальном состоянии, и что у нас есть необходимые инструменты для их идентификации. Но многие представители научного сообщества по–прежнему не доверяли таким доводам. Наши находки противоречили всему, что до сих пор было известно о разложении клеток и молекул. Исследования орга-

Изучая утконосого динозавра

В 2007 г. палеонтологи, работавшие в восточной Монтане, обнаружили отлично сохранившуюся бедренную кость утконосого динозавра брахилофозавра (Brachylophosaurus canadensis). Микроскопические исследования показали, что в кости сохранились структуры, напоминающие остеоциты – клетки костной ткани, – заключенные в матрикс из белого, волокнистого материала, который выглядит как белок коллаген (на микрофотографии). Последующие тесты подтвердили присутствие мягких тканей и опровергли предположение, что похожие на коллаген и остеоциты образования могли иметь бактериальное происхождение: экстракт из кости динозавра давал реакцию на антитела к коллагену и другим белкам, которые бактерии синтезировать не способны



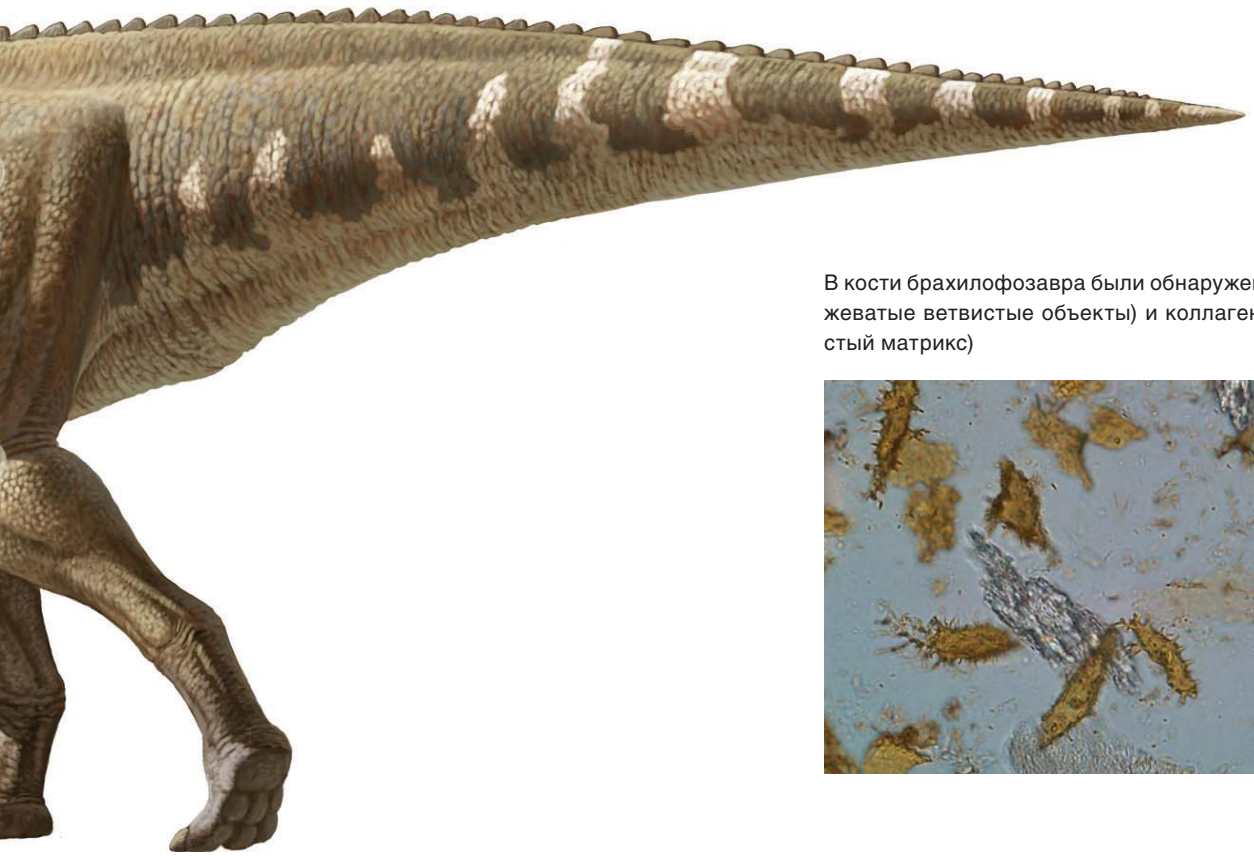
Brachylophosaurus canadensis

нических молекул in vitro показали, что белки могут сохраняться в течение миллиона лет или около того, а жизнь ДНК еще короче. Ученые, работающие с древними ДНК, ранее заявляли, что они восстановили ДНК возрастом в миллионы лет, но последующая работа была прекращена из–за невозможности проверки результатов. Единственное общеизвестное и благосклонно принятое общественностью заявление об исследовании древних молекул было основано на анализе материала возрастом не более нескольких десятков тысяч лет. Один анонимный рецензент статьи, опубликованной мною в научном журнале, написал, что такое длительное сохранение органического материала невозможно, поэтому я не смогу убедить его в своей правоте вне зависимости от полученных данных.

В ответ на такую инертность мышления один из коллег посоветовал мне сделать шаг назад и продемонстрировать действенность наших методов при идентификации ископаемых белков из костей несколько менее древних, чем кости динозавров, чтобы подтвердить эффективность такой работы в принципе. Сотрудничая со специалистом в области аналитической химии Джоном Азарой (John Asara) из Гарвардского университета, я выделила белок из окаменелых останков мамонта, возраст которых оценивался приблизительно в 300–600 тыс. лет. Определяя аминокислотную последовательность данного белка методом масс–спектрометрии, я однозначно идентифицировала его как коллаген – ключевой компонент костей, сухожилий, кожи и других тканей. Публикация с результатами исследования мамонта вышла в 2002 г. и практически не вызвала нареканий у членов научного сообщества. По сути, общественность проигнорировала ее. Но теперь у нас было принципиальное подтверждение эффективности нашего метода.

На следующий год группа специалистов из Музея Скалистых гор завершила раскопки еще одного скелета T. rex, возрастом около 68 млн лет, т.е самого древнего из найденных образцов. Как и более молодые динозавры, данный экземпляр, получивший название MOR 1125 и прозвище Брекс в честь исследователя Боба Хармона (Bob Harmon), был найден в формации Хелл–Крик на востоке Монтаны. Работы проходили в изолированном от всего мира месте, куда можно было добраться только по воздуху, так что мешки с гипсом, в которые были запакованы кости задних конечностей, с места раскопок в лагерь должен был доставлять вертолет. Мешки оказались слишком тяжелыми, поэтому команда разбила оболочку, отделила скелет от гипса и переупаковала его. Но кости были слишком хрупкие, и когда первоначальная упаковка была разрушена, наружу выпало множество костяных осколков. Они были собраны специально для меня. Благодаря тому что мои изначальные исследования на тираннозаврах столь активно опровергались, я жаждала повторить работу на еще одном динозавре.

Первый осколок кости, извлеченный из ящика, оказавшийся фрагментом бедренной кости, указывал на то, что скелет был особен-



В кости брахилофозавра были обнаружены остеоциты (рыжеватые ветвистые объекты) и коллаген (белый волокнистый матрикс)

«Боже мой, это же девочка, и она беременна!», – воскликнула я, обернувшись к своей помощнице. Она посмотрела на меня так, будто я потеряла рассудок

ным. Внутренняя поверхность этого фрагмента была выстлана тонким слоем кости совершенно необычного типа, который никогда ранее не находили у динозавров. Прослойка была очень волокнистой, наполненной кровеносными сосудами и совершенно другой по цвету и текстуре, отличаясь от кортикальной кости, из которой состоит почти весь скелет. «Боже мой, это же девочка, и она беременна!» – крикнула я своему ассистенту Дженнифер Уиттмейер (Jennifer Wittmeyer). Она глянула на меня так, как будто я потеряла рассудок. Однако, хорошо зная физиологию птиц, я была почти уверена, что эта различимая структура была медуллярной костью – особой тканью, которая формируется и существует только в ограниченный период времени (часто в пределах двух недель), в момент яйцекладки, и представляет собой источник кальция, необходимого для образования скорлупы яиц.

Одна из характеристик, отличающих медуллярную кость от всех прочих типов костей, – случайная ориентация ее коллагеновых волокон, что указывает на высокую скорость ее формирования. (Подобная структура присуща первичной ткани, образующейся на месте перелома, которая ощущается как утолщение на срастающейся кости.) Скелеты современных птиц и всех прочих животных могут быть деминерализованы с помощью слабых кислот, что необходимо для определения расположения волокон коллагена. Мы с Уиттмейер решили попытаться удалить минеральную составляющую окаменевшей кости. Если это была медуллярная кость и в ней сохранился коллаген, то удаление минеральной составляющей позволило бы выявить случайную ориентацию волокон, т.к. если из кости убрать неорганические компоненты, то от нее должен остаться только гибкий волокнистый коллагеновый каркас. В итоге мы провели деминерализацию, и я не сразу поверила тому, что увидела. Я попросила Уиттмейер повторить эксперимент. Каждый раз, когда мы помещали необычный слой кости в деминерализующий раствор, на ее месте оставалась волокнистая эластичная ткань характерной структуры – как и происходило с медуллярной костью птиц, обработанной аналогичным образом.

Более того, когда мы деминерализовали фрагменты более обычной для скелетов тираннозавров кортикальной кости, мы получили и иные образцы мягкой ткани. Сквозь раствор, удаляющий костный матрикс, проступили полые, прозрачные и гибкие трубки – и выглядели они совершенно как кровеносные сосуды. А внутри сосудов присутствовали все те же небольшие красные тельца или же аморфные сгустки красной субстанции. Дополнительные эксперименты по деминерализации выявили присутствие хорошо различимых клеток костной ткани, называемых остеоцитами, которые вырабатывают коллаген и прочие компоненты органической составляющей кости. Практически весь динозавр содержал в себе уникальный материал, никогда ранее не обнаруживавшийся в костях ископаемых ящеров.

Когда мы в 2005 г. опубликовали отчет о наших находках в журнале Science, описав наличие структур, выглядевших как коллагеновые волокна, кровеносные сосуды и клетки костной ткани, статья привлекла внимание, но научная общественность заняла выжидательную позицию. Мы заявляли, что обнаруженный нами материал напоминает упомянутые выше современные структуры, не утверждая, что это те же самые образования. После миллионов лет пребывания под слоем осадочных пород и в меняющихся геологических условиях то, что сохранилось в этих костях, могло иметь лишь небольшое химическое сходство с тем, что было в костях в тот момент, когда динозавр был жив. Определить истинную ценность данных можно было лишь после определения их подлинного состава. Наша работа только начиналась.

Используя все методы, отточенные нами в исследованиях костей Большого Майка, рахонависа, шувуйи и мамонта, я приступила к подробному анализу кости последнего T. rex, обратившись к помощи Азара. Он усовершенствовал методы очистки и секвенирования, которые использовались в исследовании мамонта и которые теперь мы собирались применить при изучении более древних костей динозавра. Это была гораздо более сложная задача, потому что концентрация органических веществ в скелете динозавра была на порядок меньше, чем в более молодых костях мамонта, и потому что пептиды в старых костях подверглись гораздо более значительной деградации. В итоге мы оказались способны определить их аминокислотную последовательность. И, к нашему удовлетворению, когда коллега Крис Орган (Chris Organ) из Гарварда сравнил полученные нами структуры пептидов тираннозавра с таковыми у целого ряда иных организмов, было обнаружено, что наибольшее сходство наблюдается при сравнении их с пептидами птиц, и чуть меньшее – с белками крокодилов. Такой результат косвенно подтвердил полученные нами данные, т.к. именно эти две группы животных считаются ближайшими ныне существующими родственниками динозавров.

Дискуссия и ее последствия

Наши статьи, подробно описывающие работу по определению аминокислотной последовательности пептидов, были опубликованы в 2007 и 2008 гг., вызвав шквал эмоций и обсуждений, связанных не столько с самими результатами, сколько с нашей интерпретацией данных по секвенированию (с помощью масс–спектрометра). Некоторые спорщики были недовольны тем, что мы произвели анализ недостаточно большого числа последовательностей. Другие возмущались, что ткани, которые мы сочли изначально присутствовавшими в образце, на самом деле были биопленками – «слизью», выделяемой микроорганизмами, которые поселились на окаменевших костях. Было и множество других возражений. Такая обратная связь вызвала у меня смешанные чувства. С одной стороны, ученым платят за то, чтобы они скептически относились ко всему выходящему за рамки их убеждений и тщательно перепроверяли все необычные утверждения. С другой стороны, в основе науки всегда лежал «принцип экономии» – самое простое объяснение всех имеющихся данных наверняка окажется наиболее верным. Мы и без того подвергали свою гипотезу всем возможным способам проверки.

Очевидно, что отдельное сенсационное открытие не имеет особого значения для науки. Поэтому мы проанализировали пептиды из разных образцов костей динозавров. Когда волонтер, сопровождавший нас в летней экспедиции, нашел кости умершего 80 млн лет назад травоядного утконосого динозавра брахилофозавра (Brachylophosaurus canadensis), получившего прозвище Брахи, мы решили, что он окажется прекрасным источником древних пептидов. Надеясь, что скелет может содержать следы органики, мы сделали все, что могли, чтобы извлечь его из почвы как можно скорее, сведя к минимуму влияние окружающей среды на его минералогический состав. Загрязненный воздух, колебания влажности и прочие факторы могут значительно повредить лабильные молекулы, и чем дольше кость выдерживается в таких условиях, тем больше вероятность разложения органических соединений.

Благодаря усиленной заботе, а также немедленно проведенному анализу, морфология и химический состав тканей второго динозавра подверглись деградации в меньшей степени, чем Брекса. В костях животного были обнаружены клетки, заключенные в матрикс из белых коллагеновых волокон. Клетки имели длинные, тонкие ветвистые выросты, характерные для остеоцитов, которые мы могли проследить от тела клетки до того места, где они соединялись с другими клетками. У некоторых остеоцитов сохранилось даже подобие внутренней структуры, включая образование, напоминающее ядро.

Более того, вытяжки из костей утконосого динозавра дали реакцию на антитела к коллагену и другим пептидам, которые не могут синтезироваться бактериями (опровергая предположение, что найденные нами фрагменты мягких тканей были всего лишь остатками бактериальных пленок). Помимо этого пептидные последовательности, полученные из кости, более всего походили на таковые у современных птиц, как и в случае с тираннозавром. В довершение мы отправили образцы кости утконосого динозавра в несколько различных лабораторий, чтобы обеспечить независимое тестирование, каждое из которых подтвердило наши результаты. После нашего отчета об этих открытиях в Science в 2009 г. я не услышала ни одного возражения.

Наша работа не прекращена и сейчас. Есть много вопросов, связанных с доисторическими остатками мягких тканей. Например, почему они сохранились, если все наши модели говорят, что органика должна была давно разложиться? Как на самом деле происходит окаменение? Насколько много мы можем узнать о давно умерших животных по остаткам их белковых молекул? Работа по секвенированию выявила, что в дальнейшем с помощью подобного анализа мы сможем определять родство вымерших животных – это случится, когда будет создана обширная библиотека из пептидных последовательностей древних животных и ныне живущих видов, позволяющая проводить подобное сравнение. По мере расширения такой базы данных мы могли бы проследить, как внутри одной филогенетической ветви различные ее представители менялись на молекулярном уровне. А расположение аминокислотных последовательностей в соответствии с их возрастом позволит лучше понять ход эволюции. Подобные открытия помогут ученым собрать воедино знания о том, как динозавры и другие исчезнувшие существа реагировали на значительные изменения среды, как они восстанавливались после катастрофических событий и – прежде всего – что вызвало эти события. ■

Перевод: Т.А. Митина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Preservation of Biomolecules in Cancellous Bone of Tyrannosaurus rex. Mary H. Schweitzer et al. in Journal of Vertebrate Paleontology, Vol. 17, No. 2, pages 349-359; June 1997.
- Beta-Keratin Specific Immunological Reactivity in Feather-like Structures of the Cretaceous Alvarezsaurid, Shuvuuia deserti. Mary H. Schweitzer et al. in Journal of Experimental Zoology, Vol. 285, pages 146-157; August 1999.
- Protein Sequences from Mastodon and Tyrannosaurus rex Revealed by Mass Spectrometry. John M. Asara et al. in Science, Vol. 316, pages 280-285; April 13, 2007.l
- Dinosaurian Soft Tissues Interpreted as Bacterial Biofilms. Thomas G. Kaye et al. in PLoS ONE, Vol. 3, No. 7; July 2008.
- Biomolecular Characterization and Protein Sequences of the Campanian Hadrosaur B. canadensis. Mary H. Schweitzer et al. in Science, Vol. 324, pages 626-631; May 1, 2009.

НЕВИДАННАЯ ЖИЗНЬ

Микромир удивляет многообразием форм населяющих его живых организмов

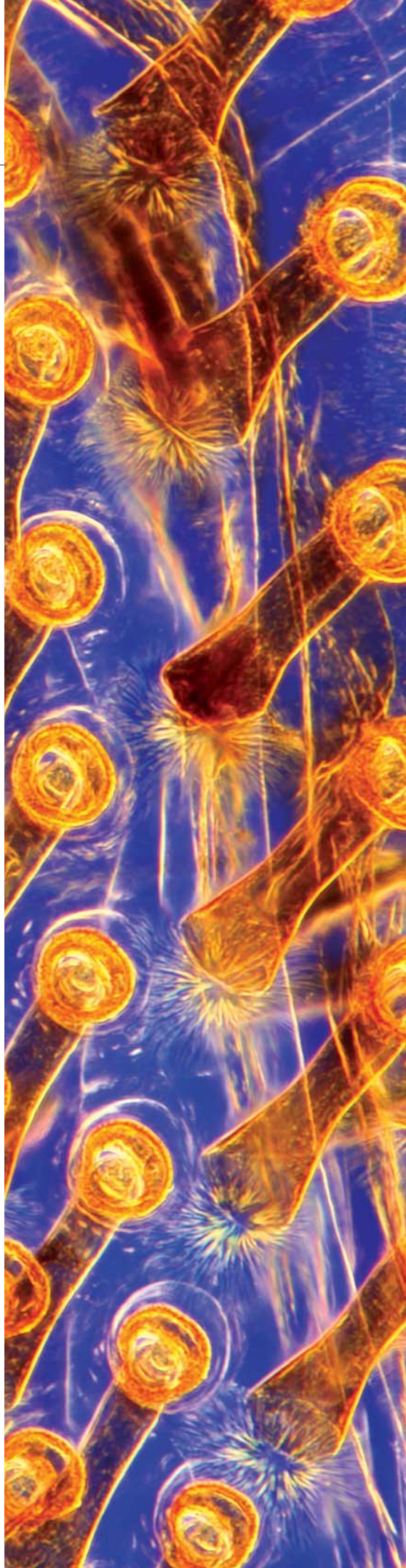
Давиде Кастельвекки

В зависимости от выбора единиц измерения природа может выглядеть совершенно по-разному. Такие различия особенно заметны в биологии, где материя самоорганизуется в постоянно изменяющиеся живые системы, предлагая глазам наблюдателя – сквозь окуляр микроскопа – безграничную перспективу.

Человек способен видеть прекрасное в абсолютно неожиданных вещах – в цветке на обочине дороги, в удивительной анатомии тела блохи или в шляпке гриба, растущего на мертвом дереве. Некоторые люди воспринимают мир, видимый под микроскопом, как источник научной информации, другие, такие как Лори Найт (Laurie Knight), – как настоящее откровение. «Причина, по которой я изучаю микромир, – это интерес к тому, что вижу я, но что не доступно большинству других людей», – говорит он.

К счастью, Найт любит делиться с окружающими тем, что он видит. Каждый год ученые и просто увлеченные люди демонстрируют фотографии и свое видение микромира на Международном конкурсе цифровой фотографии Olympus BioScapes. Цель конкурса, по словам другого энтузиаста, Эдвина Ли (Edwin K. Lee), – «запечатление торжества искусства в науке». И каждый год на страницах Scientific American мы представляем читателям свои любимые фотографии. Надеемся, они вам понравятся! ■

Перевод: Т.А. Митина

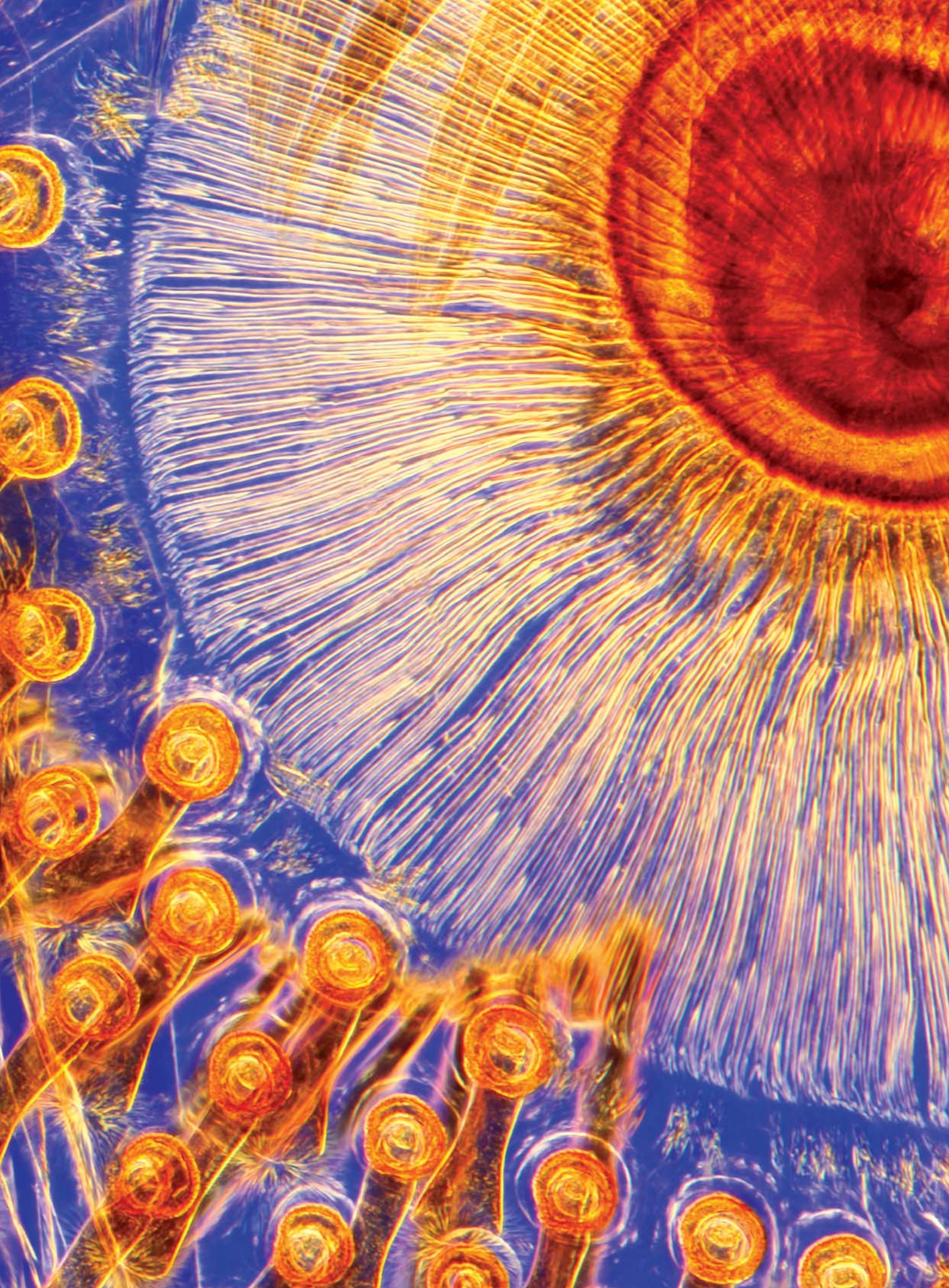


ЛАПКА ЖУКА

Делая снимок фрагмента передней ноги жука–плавунца (Dytiscus), Спайк Уокер (Spike Walker) – преподаватель биологии, живущий в английском городе Пенкридже, стремился к визуальной абстракции. Он использовал одну из разновидностей микроскопии на темном фоне, когда объект фотографируется на фоне голубого экрана. Синий свет просвечивает сквозь оранжевую окраску экзоскелета. Снимок, охватывающий примерно 1,8 мм в ширину, демонстрирует волоски (слева и внизу) и присоски (большой диск справа). Самцы используют эти присоски, удерживая ими самку в период спаривания. Изображение скомпоновано из 44 отдельных снимков, каждый из которых имеет свою фокальную плоскость.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Если вы хотите узнать больше о конкурсе Olympus BioScapes, посетите сайт www.olympusbioscapes.com.Больше фотографий и видео по теме – на www.ScientificAmerican.com/dec2010/bioscapes



ТЫЧИНКИ СОРНЯКА

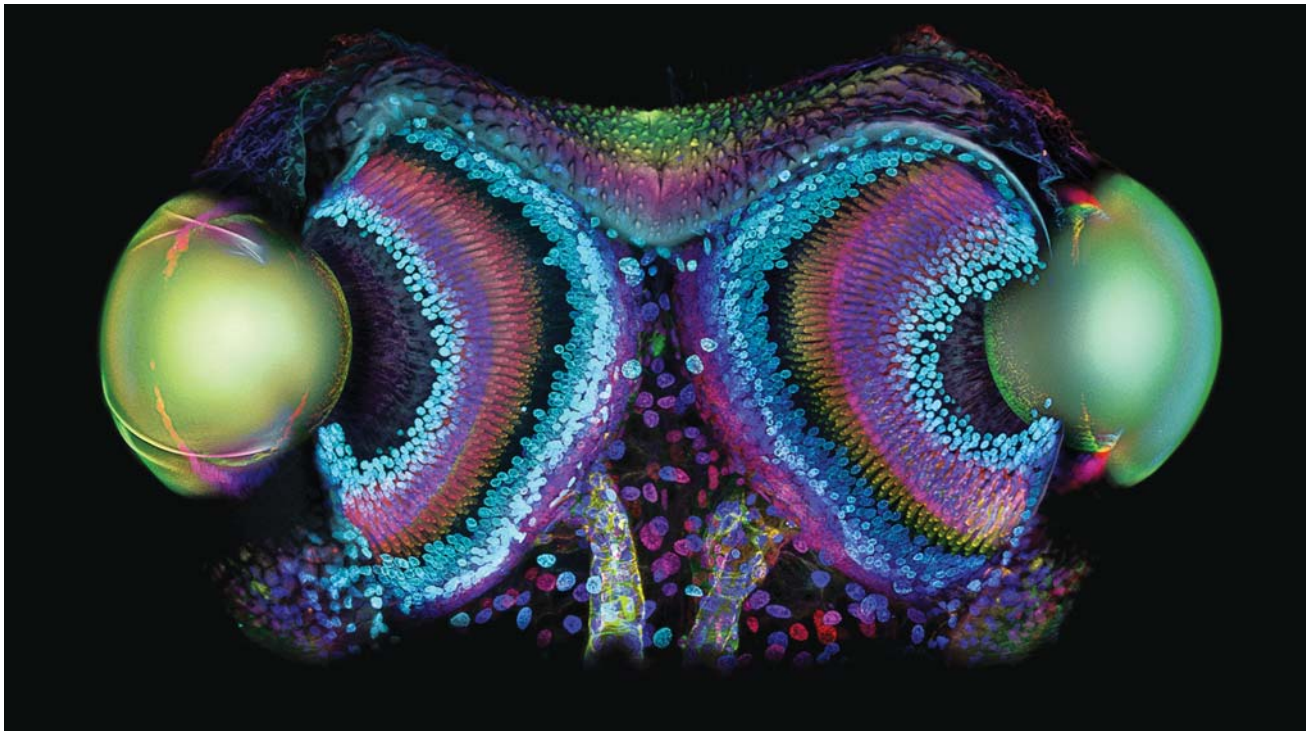
Яснотка стеблеобъемлющая – обычный сорняк. Эдвин Ли (Edwin K. Lee), микробиолог в отставке, сфотографировал цветок, попавшийся ему на обочине дороги по дороге к дому в Карролтоне, штат Техас, чтобы понять, представляет ли он собой объект, интересный для микроскопии. Он удалил тычинки из цветков и сфотографировал их (справа). Для того чтобы подчеркнуть оранжево–коричневый цвет пыльников (головок с пыльцой), он использовал поляризованный свет. Реальный размер тычинок составляет около 3 мм в ширину.

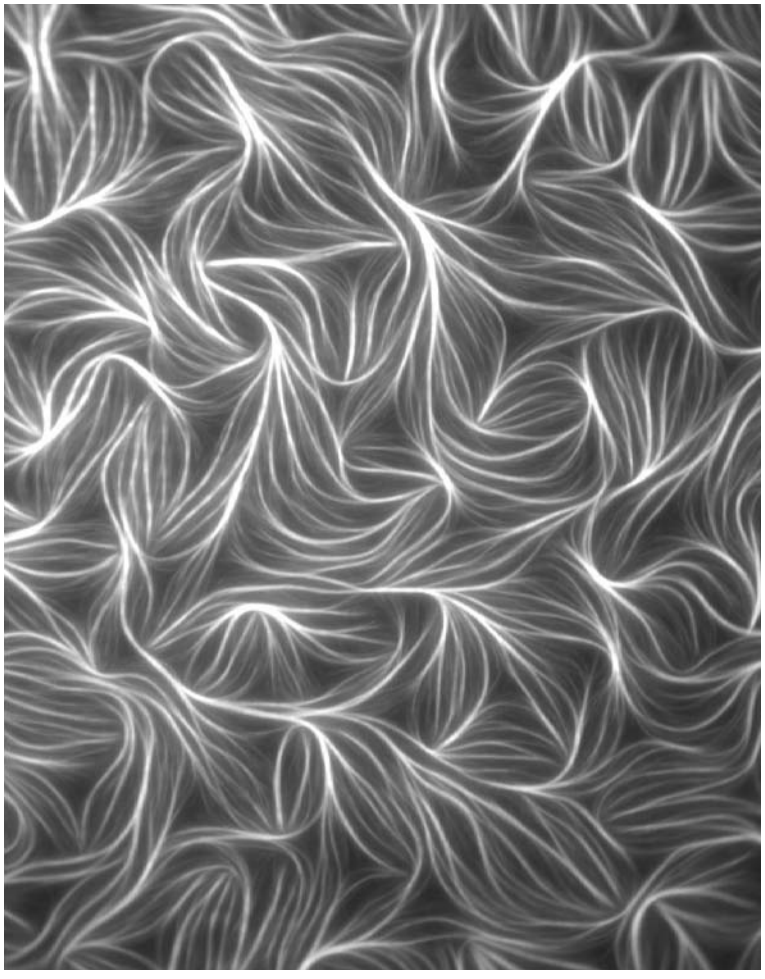


ЛИЧИНКА МОШКИ

Десятки тысяч крошечных созданий, напоминающих полипы, которые прикреплены к камням или водным растениям, можно иногда увидеть на одном квадратном метре речного дна в Нормандии. Растопыренными щупальцами («ротовым веером») личинки улавливают пищу, как говорит Фабрис Паре (Fabrice Parais), гидробиолог из Регионального управления землепользования, охраны окружающей среды и жилищного строительства. Однако эти существа – не полипы, а насекомые, личинки кровососущих мошек. Паре разрабатывает и описывает методы анализа образцов, таких как на фото внизу (помещенных в формалин и снятых с помощью оптической микроскопии в темном поле), благодаря чему ученые могут следить за изменением биоразнообразия и фиксировать следы воздействия на экосистему. Каждое щупальце в длину имеет около 2 мм.







ГЛАЗА ПАУКА

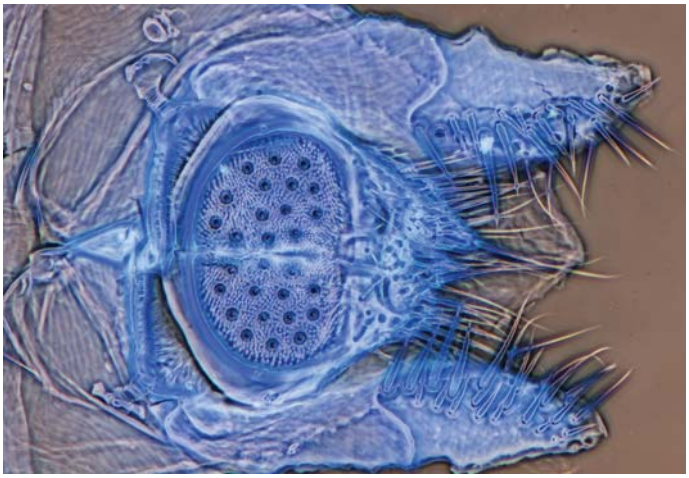
Первый приз конкурса получил Игорь Сиванович (Igor Siwanowicz) из Мюнхенского института нейробиологии им. Макса Планка за фотографию глаз сенокосца (вверху), сделанную с помощью конфокального микроскопа. Изображение неестественного цвета показывает срез, сделанный через глаза с хрусталиками (два больших овала), которые расположены менее чем в миллиметре друг от друга, и сетчатками, состоящими из отдельного слоя палочкообразных клеток–фоторецепторов, которые обеспечивают довольно слабое монохроматическое зрение. Ядра фоторецепторов на снимке окрашены в синий цвет, а вытянутые тела клеток по окраске варьируют от пурпурного до алого.

НИТИ АКТИНА

Все клетки имеют внутренний каркас, называемый цитоскелетом, который частично образован нитями белка актина. На фото слева представлены чистые нити актина (десятки микронов в длину), которые Деннис Брайтшпрехер (Dennis Breitsprecher) вырастил в пробирке во время учебы в магистратуре по биохимии в Ганноверской медицинской школе в Германии. «Специалистам известны сотни ферментов, влияющих на форму цитоскелета, но только правильный подбор ферментов приводит к появлению волнистых структур, запечатленных на фото, – говорит он. – Я знаю, какой белок нужно добавить, чтобы все выглядело красиво».

СЕНСОРНЫЙ ОРГАН БЛОХИ

Постоянные препараты, сделанные для просмотра через старомодный микроскоп (в особенности те, что дошли до нас из викторианской эпохи), стали предметами коллекционирования, которые увлеченные люди покупают через Интернет или в специализированных магазинах. Дэвид Уокер (David Walker), бывший нефтехимик из Хаддерсфилда в Англии, запечатлел деталь строения тела блохи (а именно осязательный орган насекомого, называющийся сенсилла и имеющий длину примерно в 0,7 мм), упражняясь с фотоаппаратом на готовом постоянном препарате конца XVIII – начала XIX в., который приобрел на электронном аукционе eBay за $15.



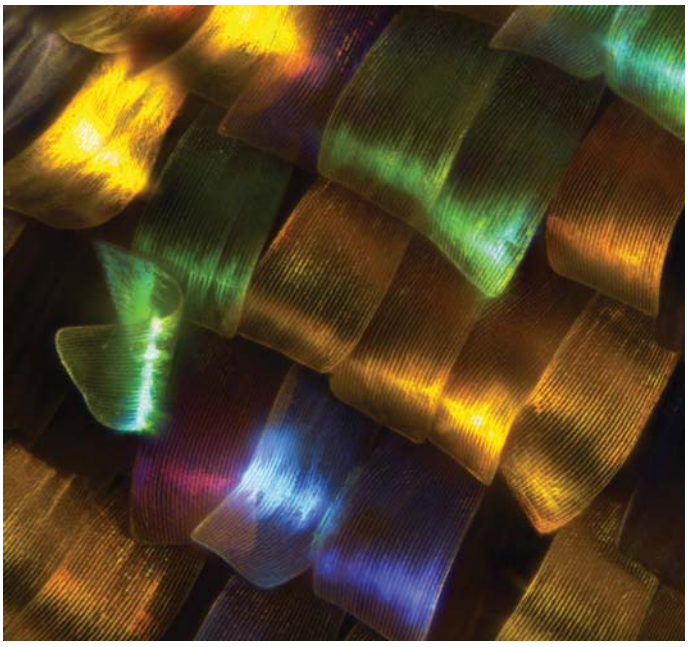
ОПЕНОК ОСЕННИЙ

Снимок гриба с нижней стороны шляпки (в середине), напоминающий складки ткани на работах художницы Джорджии О'Киф (Georgia O'Keeffe), был сделан фотографом Нейлом Иганом (Neil Egan) из Кливленда. Осенние опята часто встречаются возле здания, в котором он работает (в качестве специалиста по контролю качества на производстве автомобильных красок); данный экземпляр Иган обнаружил на мертвом стволе дерева. Фотограф говорит, что он не первый, кто увидел красоту в обыденном объекте: «Чем больше вы смотрите на вещи, тем больше интересного вы в них видите».



КРЫЛО БАБОЧКИ

Урания мадагаскарская, или Chrysiridia rhipheus – дневная бабочка с красивыми радужными крыльями. Чешуйки на крыльях (фото внизу) состоят из нескольких слоев кутикулы, вызывающих оптическую интерференцию; расстояние между слоями варьирует, поэтому чешуйки окрашиваются в различные цвета. Лори Найт (Laurie Knight), разработчик веб–сайтов из Тонбриджа в Англии, сделал множество снимков этих чешуек при 20–кратном увеличении. Затем с помощью специальной программы он соединил отдельные кадры в единое изображение на своем сверхмощном компьютере.



ГРИБОВИДНЫЙ КОРАЛЛ

Большинству из нас знакомы колонии небольших полипов, имеющих ветвистые скелеты из карбоната кальция. Но фунгии, или грибовидные кораллы (фото на противоположной стр.), – одиночные. Джеймс Николсон (James Nicholson), бывший специалист по медицинской интроскопии, сфотографировал живого представителя грибовидных кораллов 5 см в ширину для Исследовательского центра разведения кораллов в Чарлстоне, штат Южная Каролина, где он работает бесплатным консультантом. Николсон и его коллеги стремятся выяснить, как можно определять средовой стресс, связанный, например, с разливами нефти или повышением температуры. Небольшие пузырьки – это щупальца животного, которые оно использует для проталкивания пищи в глотку (белая щель в центре).



ГАЛЛЮЦИНОГЕНЫ КАК ЛЕКАРСТВА







ОБ АВТОРАХ

Роналд Гриффитс (Ronald R. Griffiths) – профессор Университета Джонса Хопкинса; работает в отделе психиатрии и нейрофизиологии. В центре его научных интересов – влияние психотропных веществ на поведение людей. Возглавляет группу, занимающуюся исследованием псилоцибина.

Чарлз Гроб (Charles S. Grob) – профессор психиатрии и педиатрии Медицинской школы Дэвида Геффена при Калифорнийском университете в Лос–Анджелесе и директор отделения детей и подростков Медицинского центра университета. Проводил клинические испытания нескольких галлюциногенных лекарственных веществ, в частности занимался проверкой псилоцибина на способность устранять чувство тоски у раковых больных.

Всего за несколько часов нетрадиционные психотропные вещества могут благотворнее повлиять на мироощущение человека, чем регулярные сеансы психотерапии

Роланд Гриффитс и Чарлз Гроб

Однажды весенним утром 2004 г. Сэнди Ландал (Sandy Lundahl), 50–летний педагог, пришла в Медицинскую школу Университета Джонса Хопкинса, чтобы принять участие в одном из первых за последние 30 лет испытаний галлюциногенных препаратов. Она заполнила опросный лист, поговорила с двумя врачами, которые должны были неотступно находиться рядом с ней все восемь часов сеанса, и перешла в уютную комнату. Здесь она проглотила две голубые капсулы и удобно устроилась на кушетке. Для того чтобы расслабиться и сосредоточиться на своем состоянии, она надела темную повязку на глаза и наушники, из которых звучала тихая, успокаивающая классическая музыка.

Капсулы, которые приняла Сэнди Ландал, содержали высокую дозу псилоцибина, основного компонента галлюциногенных грибов. Он оказывал такое же влияние на настроение и восприятие, как ЛСД и мескалин, но развернутые галлюцинации вызывал крайне редко. По окончании сеанса, когда действие псилоцибина прекратилось, Ландал, никогда раньше не принимавшая галлюциногенов, заполнила еще один опросный лист. Судя по ответам, под влиянием псилоцибина она испытала ощущения, сходные с теми, которые так красочно описывали в разные времена религиозные фанатики: единение со всем миром, чувство непостижимости времени и пространства, необыкновенный духовный подъем и радость.

Во время своего следующего – через год с лишним – посещения Медицинской школы Ландал сообщила, что вспоминает о своем опыте каждый день и считает его одним из наиболее значительных событий в своей жизни. Она ощущает положительные сдвиги в настроении, отношении к окружающим, в своем поведении, а также испытывает больше, чем прежде, радости от жизни. «Похоже, что эксперимент, в котором я участвовала, ускорил мое духовное развитие, – написала она. – Осталось чувство более глубокого проникновения в суть вещей. Я стала более уступчивой – раньше я была излишне категоричной... Все чаще и чаще я воспринимаю людей как носителей божественного света».

Ландал была одной из 36 участников испытания, начатого одним из нас (Роландом Гриффитсом) в 2001 г. Результаты были опубликованы в 2006 г., а подробный отчет – двумя годами позже. Когда в журнале Psychopharmacology появилась первая статья, научное сообщество с энтузиазмом откликнулось на возобновление исследований в области, долгое время находящейся на периферии интересов медиков и физиологов. Изучение псилоцибина в Университете Джонса Хопкинса идет в двух направлениях. В первом случае исследуется психоспиритическое влияние галлюциногенов на здоровье добровольцев, во втором выясняется, можно ли использовать вещества этого класса для устранения или смягчения симптомов различных психических и поведенческих расстройств. Последнее особенно ценно в тех случаях, когда традиционные методы не помогают. Основное лекарственное средство, применяемое в такого рода испытаниях, – псилоцибин. Как и подобные ему вещества – псилоцин, мескалин, ДМТ и ЛСД, – он действует на рецепторы клеток головного мозга. К сожалению, лекарственные вещества другого типа, оказывающие иное фармакологическое действие, чем классические галлюциногены, в популярной медицинской литературе и эпидемиологических публикациях называют так же. В их числе – кетамин, метилендиоксиметамфетамин (МДМА, известный под сленговым названием «экстази»), сальвинорин А и ибогаин.

Тяжелое наследие

Исследования терапевтического действия галлюциногенов начались в 1950–е гг. при участии тысяч добровольцев. Стимулом послужили указания на то, что галлюциногены помогают избавиться от вредных привычек, а также надежда на устранение дистресса у пациентов, находящихся в терминальной стадии болезни. Однако в начале 1970–х гг. все эти мероприятия были прерваны по причине роста злоупотребления галлюциногенами, прежде всего ЛСД. Масла в огонь подлило широко обсуждавшееся в печати увольнение в 1963 г. Тимоти Лири (Timothy Leary) и Ричарда Олперта (Richard Alpert) из Гарвардского университета. Их обвинили в том, что они использовали неподходящие методы изучения действия галлюциногенов. В частности, Олперт испытывал псилоцибин на студентах, проживавших в кампусах.

Широкое неконтролируемое использование плохо изученных веществ, отчасти вследствие непродуманного поведения Лири и Олперта, заставило власти предпринять ре-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В 1950–1960–х гг. в печати появились сотни сообщений о действии галлюциногенов на поведение человека. Начались массовые злоупотребления этими веществами, что привело к их запрету, а заодно и к прекращению финансирования всех связанных с ними исследований.
- Результаты тех давних опытов указывали, что галлюциногены могут оказаться полезными при лечении больных с различными отклонениями психики, но ими не воспользовались в связи с запретом на какие–либо работы с этими веществами.
- Новый этап в изучении галлюциногенов (в первую очередь псилоцибина) наступил после появления свидетельств того, что они облегчают страдания раковых больных и помогают избавиться от вредных привычек.
- Уже самые первые эксперименты в этой области дали обнадеживающие результаты. Многие участники испытали чувство необыкновенного душевного подъема, которое в умеренной степени оставалось с ними надолго.

Photograph by James Worrell

шительные действия. В 1970 г. был принят Закон о контролируемых веществах, в рамках которого галлюциногены внесли в список соединений, подлежащих наиболее строгому контролю. Новые ограничения были наложены на финансируемые из федерального бюджета испытания на добровольцах. В результате исследователи, имеющие отношение к данной тематике, оказались профессиональными маргиналами.

Понадобилось несколько лет, чтобы запретительные меры, прервавшие всякие исследования галлюциногенов, смягчились настолько, чтобы можно было их возобновить. «Мистические» опыты с галлюциногенами были интересны прежде всего потому, что данные вещества оказывали быстрое и стойкое положительное влияние на жизненный настрой и поведение испытуемых – результат, которого можно достичь только после длительной психотерапии. Работа, выполненная в Университете Джонса Хопкинса, была встречена с таким энтузиазмом еще и потому, что подобные опыты можно осуществить в любой лаборатории соответствующего профиля. Нужно только провести тщательное научно обоснованное обследование пациента до и после приема препарата. Это позволяло выяснить психологические и поведенческие последствия столь необычных экспериментов.

В своем первом исследовании мы использовали опросник, составленный для людей, которые когда–либо испытывали ощущения, сходные с описанными выше, но без применения галлюциногенов. Они прошли сеанс «галлюциногенотерапии», и через два и 14 месяцев мы оценили их психологический статус. Обнаружились, что испытуемые стали более уверенными в себе, они легче справлялись с депрессивным настроением, меньше нервничали, лучше чувствовали себя физически. Оценка их поведения со стороны друзей, членов семьи, коллег по работе, ничего не знавших об эксперименте, совпадала с той, что давали они сами. Вот типичное описание одного из участников: «Ощущение единства Вселенной, уверенность, что Богу от нас ничего не нужно, кроме любви. Я не одинок. Я не боюсь смерти. Я живу в согласии с самим собой». На одну из испытуемых все произошедшее подействовало так сильно, что она написала об этом целую книгу.

Избавление от страданий

От испытаний галлюциногенов 40–летней давности до нас дошли довольно сумбурные сведения о попытках лечения таких патологических состояний, как алкогольная и другая зависимость, паническое беспокойство у раковых больных, навязчивые страхи, посттравматический синдром, психосоматические расстройства, серьезные отклонения в поведении, аутизм. Большинство публикаций на эту тему кажутся, мягко говоря, несерьезными, достоверность результатов вызывает вполне обоснованные сомнения. Даже более или менее приемлемые эксперименты не предусматривали строгого контроля и четкого соблюдения инструкций – всего того, чем сопровождаются сегодня любые испытания психотропных веществ.

Раковые больные часто испытывают сильнейшую тревогу и депрессию, а антидепрессанты и транквилизаторы помогают им мало. В 1960–1970–х гг. были проведены клинические испытания, в рамках которых более 200 таких пациентов получали обычные галлюциногены. В 1964 г. Эрик Каст (Eric Kast) из Чикагской медицинской школы, который использовал ЛСД для облегчения страданий онкологических больных на терминальной стадии, сообщил, что «пациенты перестали непрерывно думать о катастрофичности своего положения, свободно говорили о неизбежности смерти с чувством, совершенно не свойственным людям западной цивилизации, но облегчающим их душевное состояние». Сходные результаты получили Станислав Гроф (Stanislav Grof) и Уильям Ричардс (William Richards) из Государственного госпиталя в Спринг–Гров в вблизи Балтимора, использовавшие ЛСД и другой галлюциноген, ДПТ (дипропилтриптамин).

Один из нас (Чарлз Гроб) воспроизвел эти исследования, но на другом уровне. В статье, опубликованной в сентябре 2009 г. в журнале Archives of General Psychiatry, были обобщены результаты пилотных испытаний по проверке действия псилоцибина на состояние 12 раковых больных на терминальной стадии. Несмотря на немногочисленность испытуемых, результаты обнадеживали: у всех пациентов отмечалось улучшение настроения и уменьшение тревоги даже спустя несколько месяцев после терапии. Сейчас сотрудники Университета Джонса Хопкинса и Нью–Йоркского университета проверяют действие на таких же больных больших доз псилоцибина, а в Швейцарии проводятся эксперименты с использованием ЛСД.

Имеются данные, что страдающие от алкогольной зависимости и табакокурения ощущают улучшение состояния после спонтанных приступов эйфории. Десятки лет назад этой теме было посвящено более 20 публикаций. В тех давних испытаниях принимали участие примерно 1,3 тыс. пациентов. В ряде случаев они получали галлюциногены в высоких дозах, и им оказывалась лишь минимальная психологическая поддержка, а некоторые настолько ослабли физически, что вынуждены были находиться на постельном режиме. Больные, о которых заботились больше, демонстрировали лучшие результаты.

Выяснить, действительно ли галлюциногены положительно действуют на таких пациентов, помогут новые методики. В Университете Джонса Хопкинса проводятся пилотные исследования действия псилоцибина на заядлых курильщиков, которые параллельно проходят курс когнитивно–поведенческой терапии. Их обучают менять образ мыслей и поведение, чтобы избавиться от вредной привычки.

Помимо этого, недавно началось тестирование псилоцибина на способность смягчать симптомы, характерные для навязчивых состояний. Терапевтическим эффектом предположительно обладают и вещества с совсем другим механизмом действия. Показано, что кетамин в низких дозах (его обычно применяют как анестетик) быстрее выводит из депрессии, чем такие антидепрессанты, как прозак, а МДМА снимает посттравматический стресс, когда никакие другие средства не помогают. Тестирование МДМА проводится сейчас в США, Швейцарии и Израиле.

Новые возможности и риски

Для того чтобы классические галлюциногены вошли в медицинскую практику, нужно преодолеть отрицательное отношение к ним, доставшееся нам в наследство от 1960–х гг. Иногда галлюциногены действительно вызывают беспокойство и паническое состояние, что в отсутствие контроля может привести к неадекватным действиям и самоубийству. Даже после тщательного отбора добровольцев и восьмичасовых занятий с психологом примерно треть пациентов, участвовавших в испытаниях в Университете Джонса Хопкинса, в течение некоторого времени испытывали непреодолимый страх, а у пятой части отмечались приступы паранойи прямо во время сеанса. Однако если пациенты находились под постоянным наблюдением опытного медицинского персонала, готового мгновенно прийти на помощь, такие аномалии возникали гораздо реже. Среди других нежелательных побочных эффектов, которые могут давать галлюциногены, – психоз, психологический дистресс, нарушения зрения, длящиеся несколько дней, а иногда и больше. Такие эффекты наблюдаются нечасто, а при тщательном отборе и психологической подготовке испытуемых – очень редко. Несмотря на то что иногда классическими галлюциногенами злоупотребляют (т.е. принимают их в дозах, опасных для самого человека или для окружающих), их обычно не относят к препаратам, вызывающим зависимость, поскольку они не способствуют выработке непреодолимой тяги и для них не характерен синдром отмены. Для минимизации нежелательных последствий лучше руководствоваться инструкциями, выработанными в Университете Джонса Хопкинса. Учитывая, что эти последствия поддаются контролю, мы считаем, что испытания галлюциногенов следует продолжать, поскольку они могут изменить жизнь многих людей в лучшую сторону. Если будет окончательно доказано наличие положительного эффекта галлюциногенов в описанных здесь и других случаях, их можно будет включать в комплексную терапию при таких состояниях, как аномальное пищевое поведение, сексуальные расстройства, неспособность адаптироваться к новым условиям. Глубже понять механизм действия галлюциногенов поможет применение новых методов исследований как в фармакологии, так и в физиологии, которых не существовало в 1960–е гг. Так, визуализация областей головного мозга, отвечающих за эмоциональную сферу и мыслительные процессы, может приподнять завесу тайны над механизмами, лежащими в основе ощущений, которые возникают при галлюциногенотерапии. В результате удастся выработать новые нефармакологические подходы, более результативные и быстродействующие, чем, например, традиционная медитация, которые вызывают положительные поведенческие сдвиги – подходы, напоминающие те, которые использовал Билл Уилсон (Bill Wilson) из Городской больницы в Нью–Йорке и которые побудили его в 1930–х гг. основать Общество анонимных алкоголиков. Поняв, каким образом мистический опыт помогает жить в ладу с самим собой и с другими, мы сможем объяснить влияние духовности на психологическое состояние и здоровье. Ощущение единства со всем сущим на Земле, возникающее во время подобных опытов, – это как раз то, к чему призывают мировые религии и что лежит в основе этических принципов, выработанных человечеством. Изучив биологическую подоплеку действия классических галлюциногенов, возможно, удастся прояснить основы общественного поведения людей, позволяющие выжить человеку как виду.■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

Основная цель проводимых сегодня испытаний галлюциногенов – выяснить, помогают ли эти вещества избавиться от вредных привычек и облегчить состояние раковых больных

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Hallucinogens: A Reader. Edited by Charles S. Grob. Tarcher, 2002.
- Psilocybin Can Occasion Mystical-Type Experiences Having Substantial and Sustained Personal Meaning and Spiritual Significance. R.R. Griffiths et al. in Psychopharmacology, Vol. 187, No. 3; pages 268-283; August 2006. csp.org/psilocybin

Human Hallucinogen Research: Guidelines for Safety. M.W. Johnson, W.A. Richards and R.R. Griffiths in Journal of Psychopharmacology, Vol. 22, No. 6; pages 603-620; August 2008.

- Pilot Study of Psilocybin Treatment for Anxiety in Patients with Advanced-Stage Cancer.
- Charles S. Grob et al. in Archives of General Psychiatry. Опубликовано онлайн 6 сентября 2010.
- Johns Hopkins Psilocybin Cancer Project: www.cancer-insight.org



PHILIPP HORAK Redux Pictures

ДЖЕЙН из ДЖУНГЛЕЙ

Приматолог Джейн Гудолл делится своими впечатлениями о пятидесятилетнем опыте обитания среди шимпанзе

Интервью: Кейт Вонг

Четвертого июля 1960 г. 26–летняя исследовательница Джейн Гудолл (Jane Goodall) прибыла в танзанийский заповедник Гомбе–Стрим для изучения поведения шимпанзе. В знаменитых описаниях полной драматических событий жизни Фифи, Дэвида Седобородого и других своих подопечных она показала, что шимпанзе обладают многими чертами, ранее приписываемыми исключительно человеку. Сегодня 76–летняя Джейн Гудолл пытается предотвратить некоторые угрозы, нависшие над этими приматами и средой их обитания. Недавно мы сумели побеседовать с ней по ее телефону в Гонконге, где приматолог отмечает 50–летие своей деятельности в Гомбе–Стрим. Здесь мы приводим некоторые выдержки из этой беседы.

– Какими вы представляли себе шимпанзе, когда впервые прибыли в Гомбе?

– Я знала, что шимпанзе обладают развитым интеллектом, но никому не было известно, как они живут в естественных условиях и каковы их социальные взаимоотношения.

– Что в их поведении вас больше всего поразило?

– Главным образом их схожесть с людьми. Их способность изготавливать и использовать орудия удивляет многих, но для меня это не было большим сюрпризом – еще немецким психологом Вольфгангом Келером (Wolfgang Kohler) было показано, что в неволе шимпанзе применяют орудия. Однако наблюдать за такой деятельностью в естественных условиях (одновременно с охотой и собиранием плодов для финансирования исследований) было крайне интересно.

Что меня потрясло, так это то, что и у шимпанзе есть своя темная сторона – они способны на жестокую агрессию, даже на войну. Различные стаи могут вести между собой примитивные боевые действия за территорию. Что еще больше поражает – так это нападения самок на новорожденных детенышей из той же стаи.

– Каково главное отличие человеческого разума от разума шимпанзе?

– Стремительное развитие интеллекта. Можно взять самого умного шимпанзе, способного освоить язык жестов и производить разные манипуляции с компьютерами, но совершенно бессмысленно сравнивать его не то что с Эйнштейном, но даже с самым обычным человеком. По моему мнению, развитие интеллекта получило основной толчок тогда, когда появилась характерная для современного человека речь, позволяющая обсуждать прошлое и планировать будущее.

– Как сегодня поживают шимпанзе в естественных условиях?

– Совсем не блестяще. В различных ареалах обитания наблюдаются разные сложности, но главная проблема – сокращение лесных массивов. В бассейне Конго, главном районе обитания шимпанзе, особую угрозу представляет жестокая нелегальная торговля мясом этих приматов. Кроме того, они болеют многими болезнями человека, поэтому по мере прокладывания все новых дорог вглубь лесов риск для шимпанзе возрастает.

– Что делается для охраны шимпанзе?

– Институт Джейн Гудолл в Танзании запустил программу TACARE (Take Care, «Забота»), способствующую улучшению жизни местных жителей путем снижения уровня бедности. В результате население стало поддерживать наши усилия по предотвращению вырубки лесов. Люди стали понимать, что сберечь лес – значит сохранить воду. Заповедник Гомбе представляет собой узкую полоску земли, но в настоящее время на его границах имеются зеленые насаждения, а не голые холмы, как раньше. Мы начали создавать зеленые коридоры между Гомбе и другими участками тропических лесов, где живут небольшие стаи шимпанзе. Мы не знаем, будут ли животные использовать их, но по крайней мере такая возможность им предоставляется.

Мы также разработали программу REDD («Сокращение выбросов CO_2 от уничтожения и деградации тропических лесов»). Она представляет собой механизм субсидирования, позволяющий перенаправить деньги от торговли продуктами вырубки леса, на виды деятельности, способствующие сохранению лесов. Средства, полученные в 2010 г. от посольства Норвегии в Танзании, стимулируют население участвовать в программе REDD, в том числе используя программы Google Earth Outreach для обучения применению смартфонов на основе операционной системы Android и других современных технологий для получения данных о рынке угля и состоянии лесов.

– Каковы ваши главные достижения?

– Стирание грани между человеком и другими созданиями. Я думаю, что изучение шимпанзе помогло понять, что мы – часть мира животных, а не стоим в стороне от него. Это создает основу для бережного отношения ко многим другим удивительным существам, с которыми мы делим нашу планету.

Молодые люди должны понять, что каждая мелочь в нашем повседневном поведении имеет большой смысл. Если каждый будет задумываться о последствиях таких, казалось бы, незначительных вещей – какую пищу мы едим, какую одежду носим, что покупаем, как перемещаемся из пункта А в пункт Б, и предпринимать соответствующие действия, то миллионы малых поступков сольются в значительные перемены, необходимые для будущих поколений. И поэтому я 300 дней в году нахожусь в пути, выступая перед молодежью, взрослыми, политиками и бизнесменами. Времени для начала позитивных перемен, по моему мнению, осталось совсем не много. ■

Перевод: Н.Н. Алипов

СТАРТ ОРБИТАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Почему план NASA отказаться от пилотируемых полетов поможет сделать путешествия в космос обычным делом

Дэвид Фридман

Почти два года назад компания Space Exploration Technologies Corporation удостоила прах почившего актера фильма «Звездный путь» Джеймса «Скотти» Духана (James “Scotty” Doohan) последнего путешествия. SpaceX была образована в 2002 г. для организации орбитальных полетов. До нее этим не занималась ни одна частная компания. В августе 2008 г. кремированный прах актера был помещен в ракету Falcon 1. Летательный аппарат должен был совершить третий испытательный полет на орбиту. Однако примерно через две минуты после запуска полет Духана преждевременно закончился, после того как первая ступень ракеты врезалась в только что отделившуюся вторую. Это была третья неудавшаяся попытка компании SpaceX.

«А чего вы ожидали?» – усмехались руководители космических программ, ветераны NASA. Здравый смысл подсказывал им, что безопасная доставка грузов и особенно людей на сотни километров от Земли требует немалых усилий, в том числе и со стороны инженеров, техников и руководителей, не говоря уже о миллиардном финансировании и десятилетиях разработок. Освоение космоса – тернистый путь. Небольшое частное предприятие способно запустить корабль, поднимающийся на высоту в несколько десятков километров, как это сделал инженер и предприниматель Берт Рутан (Burt Rutan) в 2004 г., чтобы выиграть приз X–Prize. Но это был лишь фокус по сравнению с операциями NASA, которая десятки лет работала с космическими челноками и МКС. Чтобы вывести полезную нагрузку на орбиту на высоте 300 км над Землей, требуется подняться на высоту 100 км от Земли и там быстро разогнаться до скорости 8 км/с.

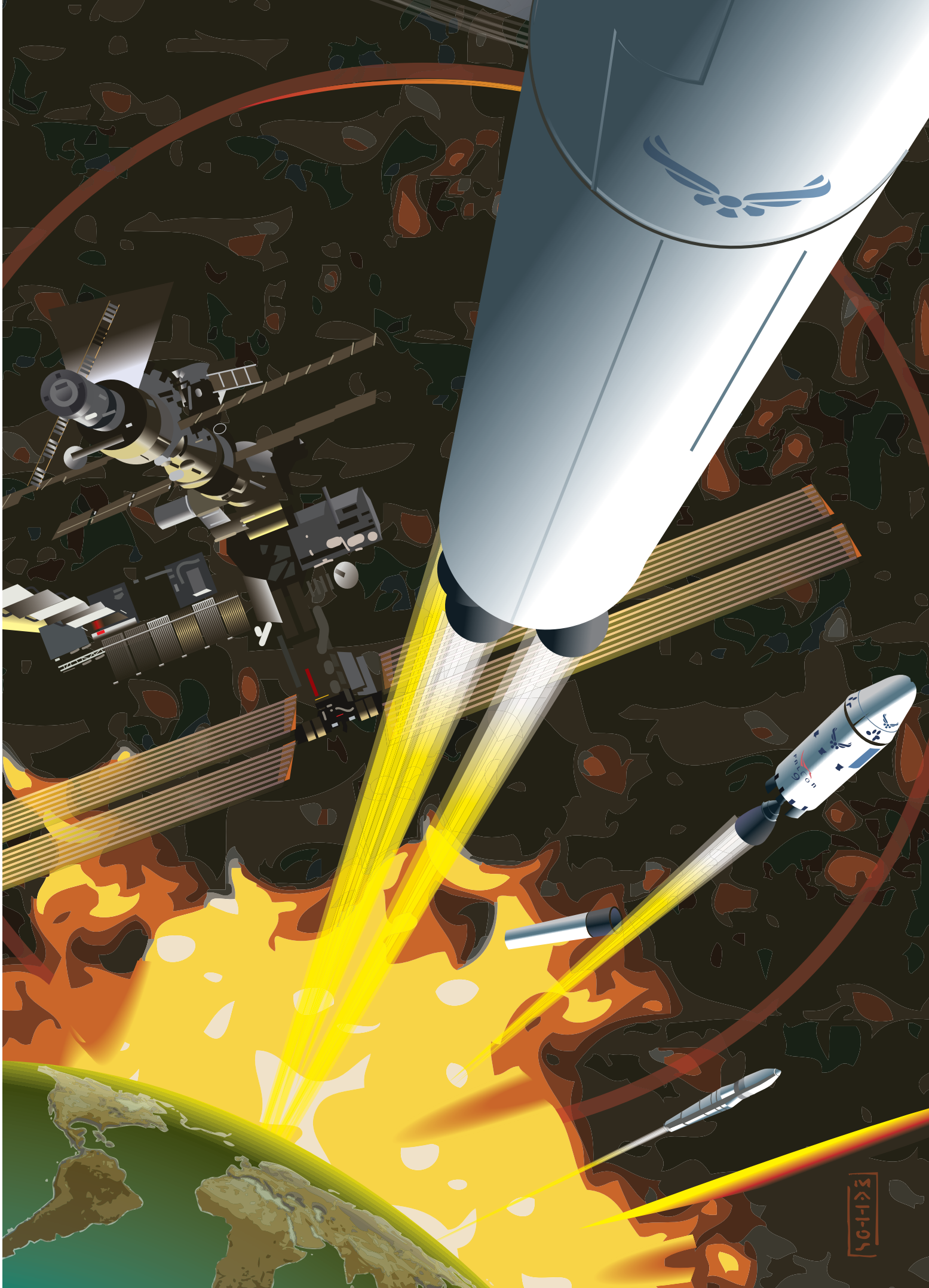
Так о чем же думала администрация Обамы, когда объявила в феврале 2010 г., что NASA практически откажется от пилотируемых полетов и поручит их частным компаниям? Согласно этому плану, NASA спишет большую часть $9 млрд, уже вложенных в программу Constellation, в рамках которой планировалось создание замены шаттлам для доставки людей и грузов на МКС и впоследствии на Луну. Вместо этого NASA предоставит стартовые средства новым компаниям вроде SpaceX и согласится покупать у них «билеты» для полетов на космическую станцию.

План наивен и безрассуден, утверждал целый хор голосов. Одним из самых громких был голос бывшего астронавта Нила Армстронга (Neil Armstrong), который не замед-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Век шаттлов закончился. Когда в середине 2011 г. NASA прекратит полеты шаттлов, у США не будет возможности посылать на МКС астронавтов или доставлять грузы.
- В дело вступают частные компании. Администрация Барака Обамы отказалась от программы Constellation, преемника шаттлов, и намерена возложить доставку астронавтов на частные компании.
- Надежды велики. В теории поддержка дерзких предпринимателей правительством может быстро стимулировать космическую экономику, причем конкуренция будет вести к снижению цен.
- Риски тоже велики. Никто не знает, смогут ли частные компании создать безопасный, недорогой и надежный космический носитель. Если нет, исследование космоса будет отброшено назад на десятилетия.

Illustration by John Mattos



План Барака Обамы – попытка вернуть NASA в ее звездные 1960–е гг., снова сделав эту структуру истинно научным и опытно–конструкторским учреждением. Это позволит Марсу стать новой Луной

лил поиздеваться над уверениями, будто частный сектор готов принять эстафету от NASA. «Чтобы достичь требуемого уровня безопасности и надежности, необходимы многие годы и огромные вложения», – утверждал он. Армстронг и другие настаивали, что передача доставки на орбиту в руки частных компаний в лучшем случае отбросит назад исследования космоса с участием людей. А если частный бизнес провалит дело, положение может оказаться еще катастрофичнее, чем полагают многие: все грандиозные попытки отправить людей в космос могут приостановиться, а то и застопориться навсегда. Если огромная машина пилотируемых полетов NASA будет разрушена, ее восстановление может потребовать гораздо большего количества времени и средств, чем кто–либо захочет потратить. Несмотря на все эти сомнения, конгресс США, хоть и неохотно, но одобрил осенью этот план.

Однако из одного того факта, что ставки высоки, а риски реальны, не следует вывод, что дело безнадежно. Есть основания полагать, что частные компании в состоянии быстро дорасти до уровня задачи доставки людей на орбиту и смогут делать это дешевле и надежнее, чем любая крупная программа NASA. А это может открыть двери успеху, о котором большинство людей даже не мечтали. К сожалению, тридцатилетний застой в космических пилотируемых исследованиях сделал свое черное дело. Теперь можно говорить о возможности полета на орбиту не только для небольшого отряда астронавтов, но и для легионов ученых, инженеров и даже тех, кто просто может получить большое удовольствие от полета в космос на несколько дней или недель. Более того, волна космических путешественников может запустить целую самоокупающуюся орбитальную экономику, которая обеспечит человечеству место в космосе, включая Марс и более далекие области.

Предоставляя свободу

Создание космических носителей коммерческим сектором – разумеется, не новость. Замечательные корабли, доставлявшие астронавтов NASA в космос, всегда разрабатывались и строились частыми компаниями. Что изменится с принятием нового плана, так это характер взаимодействия NASA с ними. Как и Пентагон, NASA нанимает подрядчиков на основе контракта, гарантирующего им компенсацию всех расходов и получение фиксированной прибыли (принцип cost–plus).

Специалисты признают, что такого рода контракты ведут к росту цен и появлению дополнительных сложностей, поскольку чем сложнее проект, тем больше денег заработает подрядчик, а NASA снизит свой риск столкнуться с лишними затратами, если из–за ее скупости полет не удастся. По мнению многих, именно это стало причиной того, что область пилотируемых полетов почти на 30 лет застряла на уровне низких околоземных орбит, причем стоимость одного полета шаттла, перевалившая за миллиард долларов, сильно ограничила число стартов. Критики предупреждали, что программа Constellation может быть столь же расточительной.

У новой модели – «платы за продукт» – были предшественники, говорит Пол Гатри (Paul Guthrie), старший аналитик Tauri Group, группы космических и оборонных консультантов из Алегзандрии (штат Виргиния). Со времени Второй Мировой войны правительство США сделало упор на большие инвестиции в отраслевую науку и технологии, сулящие неопределенную, но потенциально большую коммерческую отдачу, отмечает Гатри, и эти инвестиции проложили дорогу в частности биотехнологиям, компьютерам и информационным сетям. Как и орбитальные полеты сегодня, эти отрасли сталкивались на этапах своего становления с огромными техническими и деловыми трудностями, но справились с ними благодаря правительственным программам. Новый план NASA, предоставляющего компаниям средства на развитие и выступающего гарантированным покупателем, позволяет промышленности совершенствовать свою продукцию и обеспечивать экономию за счет масштаба производства. В начале 1970–х гг., до того как закон Мура и возросшая конкуренция привели к поразительному совершенствованию и удешевлению микросхем, главным спонсором и покупателем этой продукции было Министерство обороны США.

Существует ли закон Мура для космических путешествий, неизвестно, но наверняка нет закона, который заставлял бы нас вечно платить втридорога. Компании, соперничающие за заказы в рамках плана Обамы, будут вынуждены искать способы экономии денег. Если они превысят бюджет, доплачивать им придется из своих карманов. Если потратят меньше средств, остаток достанется им. Иными словами, сэкономленный пенни станет нажитым, а не еще одним правительственным пенни, который можно будет потратить, чтобы добавить к «плюсу» цены.

Сегодня компания SpaceX, явный лидер в новой космической отрасли, уже активно использует эту возможность. Начав самостоятельное изготовление анодированных алюминиевых болтов, она снизила их стоимость с $15 до 30 центов. Когда был разработан ее собственный состав

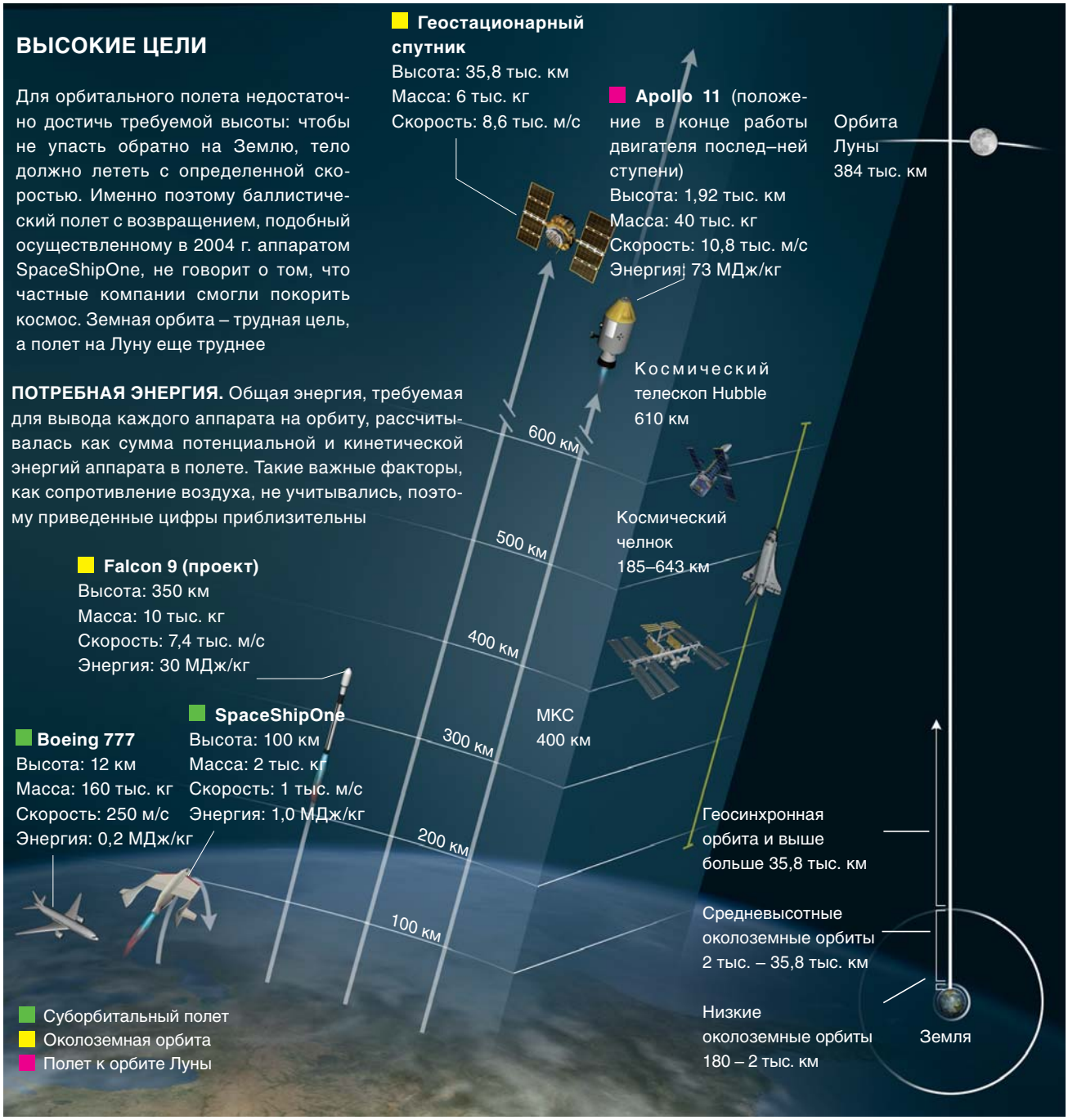


Illustration by Don Foley

высокотемпературных углеродных материалов для тепловых экранов и стало возможным отказаться от услуг единственного в отрасли поставщика, удалось снизить стоимость и этого компонента. Сократились затраты на заказные конические трубы, применявшиеся в шаттлах для формирования бестурбулентного потока в соплах ракетных двигателей, когда была создана конструкция, сглаживающая выхлопной поток с помощью свернутых в спираль дешевых труб постоянного диаметра.

Чтобы поощрить подобные инновации, NASA должна предоставить компаниям свободу. Прежде она всегда указывала подрядчикам, как именно должен быть построен космический носитель, но в рамках нового плана будут указаны лишь технические параметры носителя, например безопасная доставка определенного груза на орбиту. «Мы не хотим быть слишком навязчивыми в отношении конкретных конструктивных форм, в которых подрядчик должен исполнять

Даже если бы существовал полностью алмазный астероид, затраты на создание завода в космосе и доставку его продукции на Землю не были бы оправданы экономически

наши основные требования, мы лишь перечисляем главные цели и предоставляем подрядчику максимальную свободу в выборе способов достижения этих целей, – говорит Фил Макалистер (Phil McAlister), член группы анализа программ NASA. – Затем на определенных этапах мы будем проверять выполнение этих требований и осуществлять общий надзор». Чтобы помочь компаниям делать носители как можно более простыми и эффективными, новый план NASA предусматривает снятие предъявлявшегося к системе Constellation требования, чтобы орбитальный паром обеспечивал полеты на Луну. Требуется лишь, чтобы носитель безопасно доставлял людей и грузы на космическую станцию и обратно.

Отказ от возможности полетов на Луну вызвал некоторую критику, но на деле с учетом перспективы экспедиции человека на Марс такие полеты были бы лишь пустыми прогонами. И, несмотря на публичные намеки некоторых противников плана, он не требует от NASA тратить меньше денег на космические исследования или отказаться от долгосрочных планов исследования космоса с участием пилотируемых кораблей. Просто в основе программы лежит четкое понимание того, что экспедиция на Марс и обратно потребует больших технических достижений, далеко выходящих за рамки того, что мог бы, вероятно, обеспечить проект Constellation. Этот план дает NASA свободу, необходимую для того, чтобы добиться указанных и других целей. «План предоставляет NASA возможности снижения затрат и улучшения работы в области низких орбит, чтобы агентство могло сосредоточиться на исследованиях и разработках в области наук о Земле и космосе», – считает президент консалтинговой компании Astroconsulting International и научный сотрудник Центра космических и оборонных исследований им. Эйзенхауэра Академии ВВС США Элигар Садех (Eligar Sadeh). На самом деле предусматривается увеличение бюджета NASA на ближайшие годы. Во многих отношениях этот план стал попыткой вернуть NASA в звездные 1960–е гг., снова сделав его истинно научным и опытно–конструкторским учреждением, а работы по низким околоземным орбитам передать гражданским подрядчикам. Это сделает Марс новой Луной.

Открывая дорогу

Стимулирование подрядчиков, менее жесткое управление и обеспечиваемая этим экономия средств NASA могут оказаться не столь уж разумными, если компании так и не сумеют создать безопасный и надежный носитель для полетов на околоземные орбиты вроде того, который мог бы быть создан по проекту Constellation. Справится ли частный сектор? Хотя говорить об этом еще рано, обнадеживающие признаки есть. В сентябре 2008 г., всего через месяц после неудачного запуска с прахом Джеймса Духана на борту, Falcon 1 компании SpaceX стал первой частной ракетой на жидком топливе, вышедшей на орбиту. Меньше чем через год после этого на орбиту была выведена более мощная ракета Falcon 9, предназначенная для непилотируемых полетов.

Успешные испытания ракет компании SpaceX обнадеживают, но пока не служат твердым свидетельством того, что частный сектор может преуспеть. Сегодня единственный новый игрок, намеренный создать орбитальный носитель, – компания Orbital Sciences (штат Виргиния), но похвастаться ей пока почти нечем. Обе эти компании приглашают некоторых наиболее известных в космической отрасли менеджеров и инженеров, но сказать, сумеет ли какая–нибудь из них в итоге предложить хороший носитель за меньшую стоимость и без помощи орд инженеров NASA, пока невозможно.

Однако нет оснований полагать, что они не смогут сделать этого; получив шанс, они, вероятно, преуспеют, говорит Джон Логсдон (John M. Logsdon), бывший директор Института космической политики Университета Джорджа Вашингтона. И возможно, что созданные носители окажутся дешевле того, который был бы создан по проекту Constellation, добавляет Логсдон, но они не обязательно будут намного более надежными или эффективными, во всяком случае не те, что будут созданы в ближайшие пять–десять лет. «Вполне вероятно, что в этом первом раунде удастся достигнуть некоторого удешевления, – отмечает он. – Но в следующем появятся новые игроки, вот они–то и могут принести истинные инновации». В число этих игроков, которые, по слухам, решили бороться за контракты, входят Blue Origin, основанная создателем компании Amazon Джеффом Безосом (Jeff Bezos), Armadillo Aerospace, детище магната в области ПО Джона Кармака (John Carmack), и Xcor Aerospace, созданная несколькими ветеранами ракетной отрасли.

В деле могут принять участие не только создатели космических паромов. Если удешевление транспортировки привлечет в космос гораздо большее количество людей, едва ли всем найдется место на космической станции. Эта проблема нуждается в решении. И вот компания Bigelow Aerospace из Лас–Вегаса создает надувные контейне-

ры, модульные компоненты которых можно доставлять на орбиту, а там надувать, получая орбитальные жилые помещения. Вполне вероятно появление других компаний, которые займутся созданием орбитальных станций, лабораторий, складов и сборочных систем. Еще более острую конкуренцию создадут правительства разных стран мира, желающих принять участие в новой космической гонке. Со своими стартовыми комплексами космических объектов в схватку уже вступили Япония и Индия.

Конкурировать за бизнес в рамках плана Обамы станут, вероятно, и традиционные подрядчики космической отрасли. Эти гигантские компании несомненно способны создавать космические носители. Вопрос лишь в том, смогут ли они это делать по правилам фиксированных цен и в условиях давления, вынуждающего к снижению затрат. United Launch Alliance (ULA), совместное предприятие компаний Boeing и Lockheed Martin, уже доставляет грузы на орбиту за $100 млн – дешевле, чем это делает NASA. Хотя это вчетверо больше, чем намерена запрашивать SpaceX, ULA может устоять благодаря доказанной надежности. «Когда мы работаем в условиях фиксированных цен и заказчик не стоит у нас за спиной, можно работать экономно», – говорит вице–президент компании Boeing по развитию освоения космоса Джейн Шнаарс (Jayne Schnaars).

Орбитальная экономика

Наибольшей потенциальной отдачей от плана Обамы будет возможность снизить стоимость полетов на орбиту настолько, чтобы создать цепную реакцию: по мере снижения цен летать будет больше людей, а с увеличением их числа экономия за счет масштаба и усилившаяся конкуренция приведут к дальнейшему снижению цен и т.д. Этот процесс ускорится, когда число желающих полететь возрастет.

Встанет ли достаточное количество людей в очередь за билетами, чтобы сделать паромы прибыльными и тем создать конкуренцию, вызвать снижение цен и привести к инновациям? Без ясного пути к получению реальной прибыли помимо того, за что будет платить NASA, места для частного сектора в космосе нет. «Не исключено, что космос может стать новым Интернетом, открывающим для США долговременный источник экономического роста, – говорит Гатри из Tauri Group. – Но над всем висит вопрос, как эти рынки будут развиваться».

Строго говоря, рынок уже существует – тот, который обслуживали космические челноки. США и другие страны будут стремиться посылать ученых и инженеров на космические станции для проведения медицинских, биологических или химических исследований в условиях невесомости либо с целью настройки аппаратуры, предназначенной для наблюдения Земли или космических объектов. (В рамках плана Обамы срок существования МКС может быть продлен с 2015 до 2020 г.) Если новая конкурентная космическая отрасль сможет снизить цену полета на орбиту до $5 млн, большее число стран станет посылать в космос своих исследователей. Но даже эта, столь резко сниженная цена будет, вероятно, слишком высокой для большинства финансирующих организаций. Хотя возможно, что в космос будут летать несколько десятков человек в год.

Перспективы процветания космической экономики весьма укрепятся, если покажется, что производство в условиях невесомости может быть прибыльным. Однако пока обнадеживающих признаков этого нет. Почти полное отсутствие силы тяжести (она, естественно, никуда не делась, но тела на орбите находятся в состоянии свободного падения и не «чувствуют» ее) позволяет выращивать необычайно большие и чистые кристаллы, изготавливать идеальные шарики для подшипников и другие сферические изделия, а также создавать максимально однородные смеси химических веществ. Независимо от надбавки к цене, которую могут дать такие необычные изделия, затраты на создание и эксплуатацию завода в космосе, доставку туда сырья и вывоза продукции на Землю в тысячи раз превысят эту надбавку, по крайней мере для всего, известного сегодня. «Даже если бы где–то поблизости существовал полностью алмазный астероид, затраты на полет к нему, добычу и доставку добытого материала на Землю вряд ли оправдали бы себя экономически», – говорит Лон Левин (Lon Levin), соучредитель компании X M Satellite Radio и президент венчурного фонда SkySevenVentures, вкладывающего средства в компании, связанные с космосом.

Одна лишь возможность того, что вот–вот будет открыто какое–то фантастически ценное вещество (например, лекарственное или наноматериал), получать которое можно только в условиях невесомости, уже гарантирует то, что некое орбитальное такси отправится к исследователям из промышленности, которые ищут применение для этого вещества. «Область исследований ограничивает высокая цена поездки на орбиту, – подчеркивает Шнаарс. – По мере снижения этой цены исследований будет все больше, и если их станет достаточно, появится шанс, что какое–то из них принесет успех». Возможно, всего одно такое открытие приведет к созданию производства достаточно крупного, чтобы дать толчок возникновению орбитальной экономики.

Пока же большинство специалистов считают, что наилучшая ставка для роста потенциального рынка в краткосрочной перспективе – космический туризм. С 2001 г. Россия доставила на МКС на кораблях «Союз» семерых туристов (причем одного даже два раза) при стоимости полета от $30 до $50 млн. При значительном снижении цены число желающих сильно возрастет. «Мы имеем один и только один рыночный факт: количество туристов, желаю-

ВЫСОКИЕ ЦЕЛИ

О намерении отправлять людей в космос заявили больше десяти компаний. Астронавты смогут доставляться на МКС ракетой Taurus 2 (1), созданной компанией Orbital Science Corp., ракетой Falcon 9 (2) компании SpaceX, успешно запущенной в начале лета 2010 г.; вариантом ракеты Delta (3), созданной компанией United Launch Alliance (совместное предприятие компаний Boeing и Lockheed Martin). Туристы же смогут воспользоваться развлекательными суборбитальными рейсами на кораблях, построенных компаниями Xcor (4), Virgin Galactic (5), Blue Origin (6) или Armadillo Aerospace (не показан)













COURTESY OF ORBITAL SCIENCES CORPORATION (1); COURTESY OF SPACEX (2); COURTESY OF UNITED LAUNCH ALLIANCE (3); COURTESY OF MIKE MASSEE Xcor (4); COURTESY MARK GREENBERG Virgin Galactic (5); COURTESY OF BLUE ORIGIN (6)

щих отправиться в космос, отлично от нуля, – говорит Левин. – Мы знаем, что есть категория людей, готовых заплатить за такой полет от $10 до $20 млн. Если цена устремится вниз к одному миллиону, может ли статься, что билет захотят купить сотни людей? И такая ситуация позволит создать реальный бизнес». Увеличить продажи можно и при помощи лотереи, которая за $100 даст шанс выиграть путевку, равный одной десятитысячной.

Однако Левин и другие наблюдатели указывают и на опасность для зарождающейся отрасли космического туризма: вероятность того, что в одном из полетов кто–то из туристов погибнет. Случись такое – и космический туризм сразу же прекратится, считает Шерман Маккоркл (Sherman McCorkle), главный управляющий инвестиционно–консалтинговой компании Technology Ventures из города Альбукерке (в 240 км к северу от этого города расположен «космопорт» стоимостью в $300 млн, ожидающий развития отрасли космического туризма). «Если седьмой туристический полет на орбиту закончится катастрофой, вполне вероятно, что восьмого не будет еще многие годы, – говорит он. – Предприниматели обычно разбираются с провалами, тщательно изучая причины случившегося, но в отношении космического туризма может не случиться так, как это работает на примере спутниковой связи».

Однако Скотт Тиббитс (Scott Tibbits), основавший в партнерстве с Колорадским университетом организацию eSpace Center for Space Enterpreneurship, уверяет, что ни риск, ни катастрофа не испугают большой сегмент потенциального рынка. «Общество благосклонно относится к рискам экстремального туризма, – считает он. – Когда в 1996 г. при восхождении на Эверест погибли восемь человек, продажи путевок сюда резко возросли. Никто не говорил и о прекращении затяжных прыжков с парашютом, когда один из парашютистов погиб. Приемлемость риска в космосе будет расти, особенно когда цены на полет опустятся до $1–5 млн за место. При такой стоимости может возникнуть преграда для многих людей, которые будут желать отправиться в полет так скоро, как только компания сможет запустить их».

Если вскоре не появится какая–то альтернатива, стержнем орбитальной экономики, по крайней мере на ближайшие годы, останется космический туризм, который может развиваться медленно. «Ясно, что в обозримом будущем рынок будет узким», – говорит Логсдон. Экстремальный туризм для мультимиллионеров может выглядеть ненадежным проектом, на который мы должны возлагать свои мечты об исследовании космоса, но в нем есть определенный смысл. Капитализм – это самый мощный инструмент из всех изобретенных до сих пор человечеством. Стремление выйти за пределы нашего земного дома – сильнейший стимул. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Rocketeers: How a Visionary Band of Business Leaders, Engineers, and Pilots Is Boldly Privatizing Space. Michael Belfiore. Smithsonian, 2007.
- Space Sticker Shock. George Musser in Scientific American, Vol. 300, No. 1, pages 22–23; January 2009.
- Review of U.S. Human Spaceflight Plans Committee – Final Report. Chaired by Norman R. Augustine, October 2009. http://www.nasa.gov/offices/hsf/home
- Видеовзгляд на орбитальный полет: www.Scientific American.com/dec2010/space



ОБ АВТОРЕ

Дэвид Фридман (David H. Freedman) уже 30 лет пишет на темы науки, бизнеса и техники, публикуясь в таких изданиях, как Atlantic, Newsweek, the New York Times, Science, Wired and Technology Review.

ЖУКИ–КИБОРГИ

Возможно, что миниатюрные летающие роботы, представляющие собой сочетание машины и насекомого, помогут людям выжить в условиях катастроф

Мичель Махарбис и Хиротака Сато



Обыкновенная комнатная муха – чудо с точки зрения авиастроения. Одна из причин ее феноменальной способности ловко уклоняться от мухобоек – исключительная частота взмахов крыльев: около 200 в секунду. Такая необычная способность обеспечивается сложным биомеханическим устройством. Крылья мухи не связаны непосредственно с мышцами грудного отдела. Насекомое периодически напрягает и расслабляет мышцы, заставляющие грудной отдел менять свою форму. Эти деформации в свою очередь ведут к тому, что крылья начинают трепетать так же, как колеблются бранши (ветви) камертона после удара. Таким способом мухе удается с очень малыми усилиями преобразовать ничтожное количество энергии во множество движений.

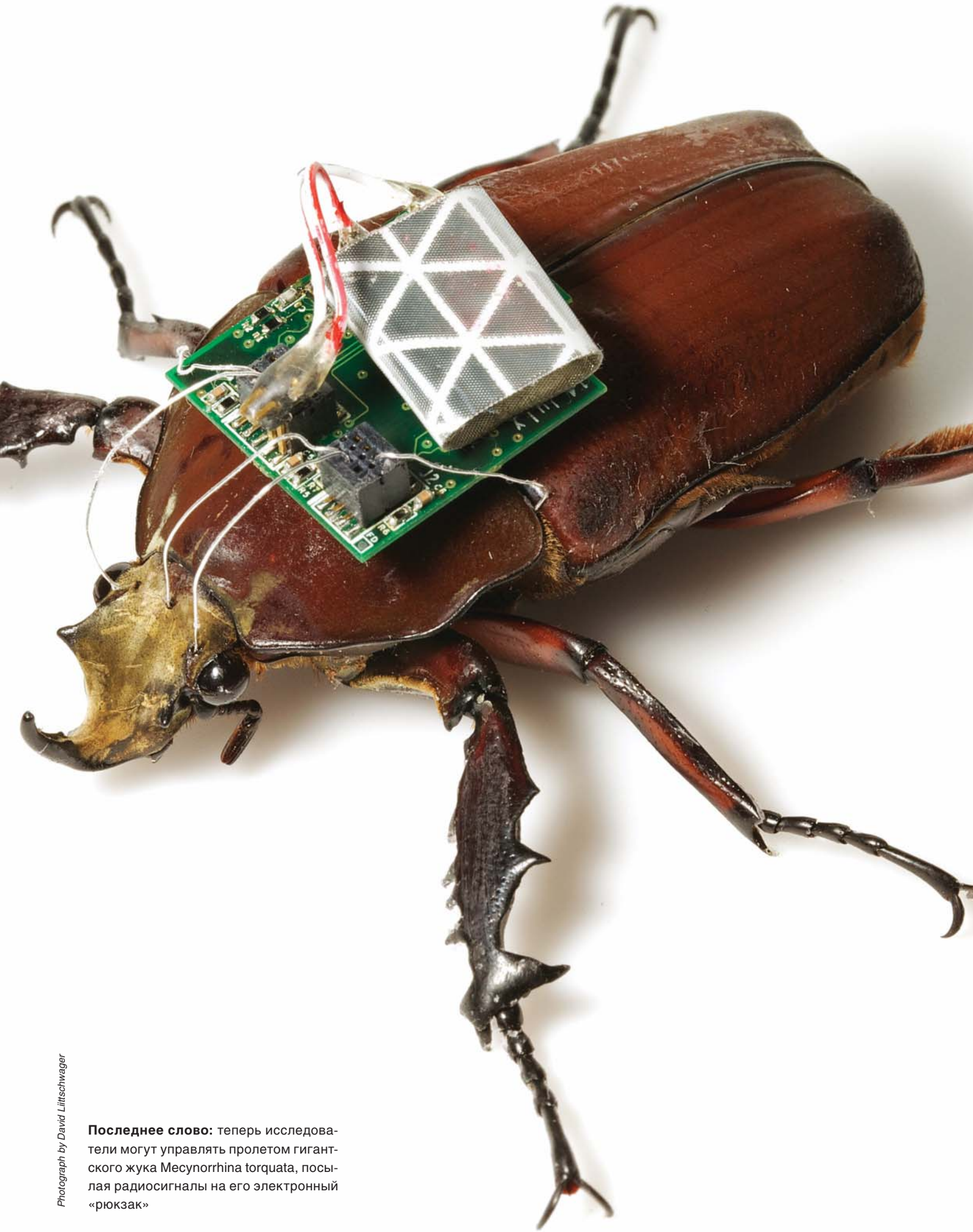
Инженеры, подталкиваемые миниатюризацией электронных схем компьютерной техники и методами производства микроизделий, делают все, что в их силах, пытаясь создать крошечные летательные аппараты, воспроизводящие двигательные способности насекомых. Аппарат DelFly Micro, представленный в 2008 г. исследователями из Делфтского технологического университета в Нидерландах, при массе всего в 3 г имеет размах крыльев 100 мм и способен нести крошечную видеокамеру. Летательный аппарат, созданный в Гарвардской лаборатории микророботов, еще меньше: его масса составляет лишь 0,06 г (что в четыре раза больше массы мухи), но управлять его полетом после запуска невозможно. Однако истинной ахиллесовой пятой механических насекомых стало энергопотребление: никому пока не удалось найти способ запасти в миниатюрных батареях достаточно энергии, чтобы питать аппараты больше нескольких минут полета.

В последние годы мы сделали упор на поиски способа обойти технические ограничения. Вместо того чтобы создавать с нуля механического жука, мы решили использовать в качестве летательных аппаратов существующих в природе насекомых. Это позволило отказаться от тяжелых батарей и техники производства микроизделий и сосредоточиться на создании систем управления, вмешивающихся по мере необходимости в полет. Иными словами, насекомое летает само, но схема, подключенная к его нервной системе, передает ему команды оператора: повернуть направо или налево, набрать высоту или снизиться. В итоге получается летающий киборг – отчасти насекомое, отчасти машина.

К этой идее мы пришли пять лет назад, когда один из авторов (Мичель Махарбис) участвовал в симпозиуме по летающим киборгам, который проводило Агентство по передовым оборонным проектам (DARPA). (Хиротака Сато, специалист по микротехнологиям, при-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Военные хотели бы иметь миниатюрных роботов, способных влетать в подземелья и забаррикадированные помещения и передавать в реальном времени разведывательные данные о находящихся там людях и оружии.
- Техническая трудность: существующие микромеханические летательные аппараты потребляют слишком много энергии, поэтому миниатюрные батареи могут обеспечивать продолжительность полета не больше нескольких минут.
- Возможное решение – прикрепить видеокамеру и другое оборудование на спинку насекомого, которое по своей природе – энергоэффективный летун, и управлять его полетом.
- Специалисты из Калифорнийского университета в Беркли, Массачусетсского технологического института и Корнеллского университета показали, что они могут контролировать полет гигантских жуков, управляя ими без проводов.



Photograph by David Liittschwager

Последнее слово: теперь исследователи могут управлять пролетом гигантского жука Mecynorrhina torquata, посылая радиосигналы на его электронный «рюкзак»

Наша цель состояла в том, чтобы показать, что мы можем дистанционно отправлять насекомое в полет, управлять направлением и скоростью этого полета, а также останавливать его, когда оно долетит до заданного места, и делать все это воспроизводимо и надежно

знает, что мало разбирается в энтомологии.) Участники симпозиума обсуждали технологии, которые могли бы позволить биологам принимать и регистрировать электрические сигналы от отдельных мышц летящего насекомого. Менеджер DARPA по программам Амит Лал (Amit Lal), организовавший семинар, считал, что пришло время сосредоточиться на этих достижениях, дабы определить, нельзя ли передавать электрические сигналы и на мышцы через имплантированные микросхемы, заставляя насекомое двигаться так, как это нужно нам.

Насекомое–киборг потенциально могло бы выполнять различные военные задачи, например сообщать, сколько человек и кто именно находится в здании или подземелье, чтобы солдаты, которым предстоит штурмовать помещение, знали, что их ждет. Кремниево–углеродные гибриды могли бы также стать основой для создания роботов–инсектоидов, предназначенных для выполнения мирных задач, таких как поиск выживших под завалами, вызванными землетрясением.

Почему именно жуки

Множество серьезных исследований, описывающих полет саранчи, бабочек и мух, были выполнены еще до симпозиума DARPA. Я полагал, что, базируясь на этих монографиях, смогу уменьшить число фальстартов, которые всегда сопровождают начало работ в новой области исследований. Бабочки и саранча имеют достаточно крупные размеры, но не могут нести большой нагрузки, поэтому от них пришлось отказаться. Остались мухи.

У этих насекомых много достоинств. Во–первых, биологам о них многое известно. Майкл Дикинсон (Michael H. Dickinson) и его коллеги из Калифорнийского технологического института очень подробно исследовали, какие мышцы, когда и где должны сократиться, чтобы легкокрылое существо набрало высоту или повернуло. Во–вторых, мухи исключительно эффективно используют энергию, что позволяет им двигать крыльями с фантастической скоростью. Однако в техническом отношении работать с мухами очень трудно: они так малы, что для вживления в них необходимых проводов и микросхем нужно быть нанохирургом. Я начал искать альтернативу. Стрекозы велики и прекрасные летуны, но слишком хрупки. Может быть, подойдут тараканы?

И тут мне попалась на глаза работа The Biology of the Coleoptera – классический путеводитель по миру жесткокрылых, написанный Роем Кроусоном (Roy A. Crowson)

Cotinis textana (натуральная величина)





ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ
Предварительная работа с техасскими бронзовками показала, что управлять работой крыльев можно. В этой первой модели команды были заранее заложены в микроконтроллер, но для радиоуправления в состав полезной нагрузки жука необходимо было включить радиоприемник, а он был слишком тяжел для насекомого длиной в 2 см

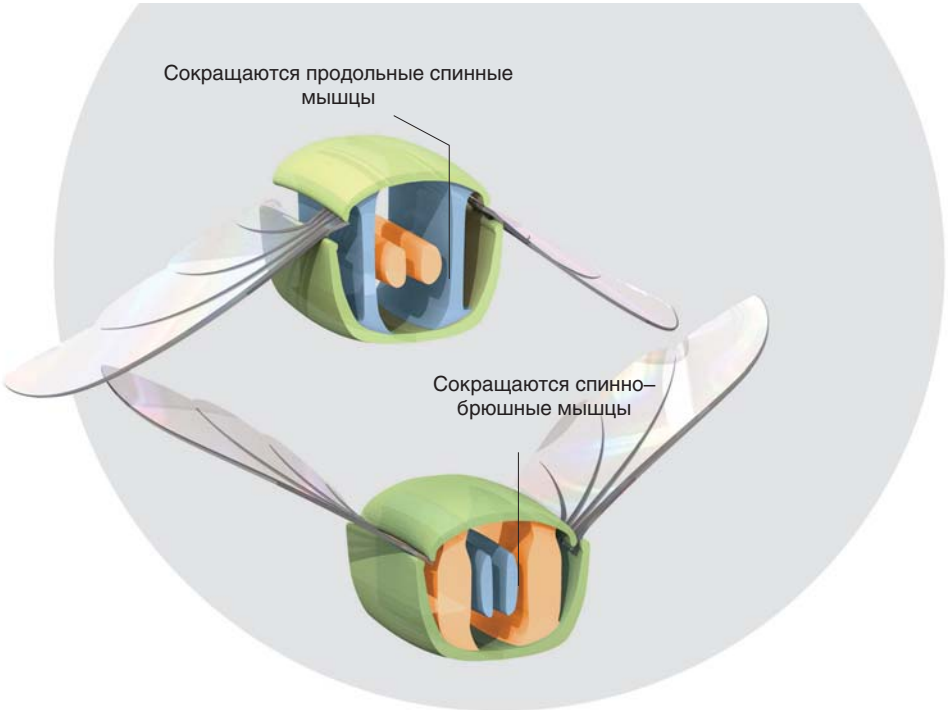
Illustration by Bryan Christie; photographs by David Littschwager

ПЛАН УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ

Авторы тщательно задали последовательности электрических импульсов для стимуляции сравнительно больших зон нервно–мышечной системы жука, чтобы управлять его полетом. Если бы схема стимуляции основывалась на возбуждении отдельных нейронов, добиться воспроизводимости результатов для разных особей было бы невозможно. Точка присоединения импланта могла бы изменяться в ходе полета, что делало бы жука неуправляемым

МЕХАНИКА ПОЛЕТА ЖУКА

Жуки движут своими крыльями подобно тому, как вибрируют ножки камертона. Вместо того чтобы непосредственно двигать крылья вверх и вниз, две системы мышц (показанные на рисунке оранжевыми в фазе сокращения и голубыми в фазе расслабления), работая поочередно, деформируют грудную часть панциря жука. В результате крылья очень быстро движутся вверх–вниз

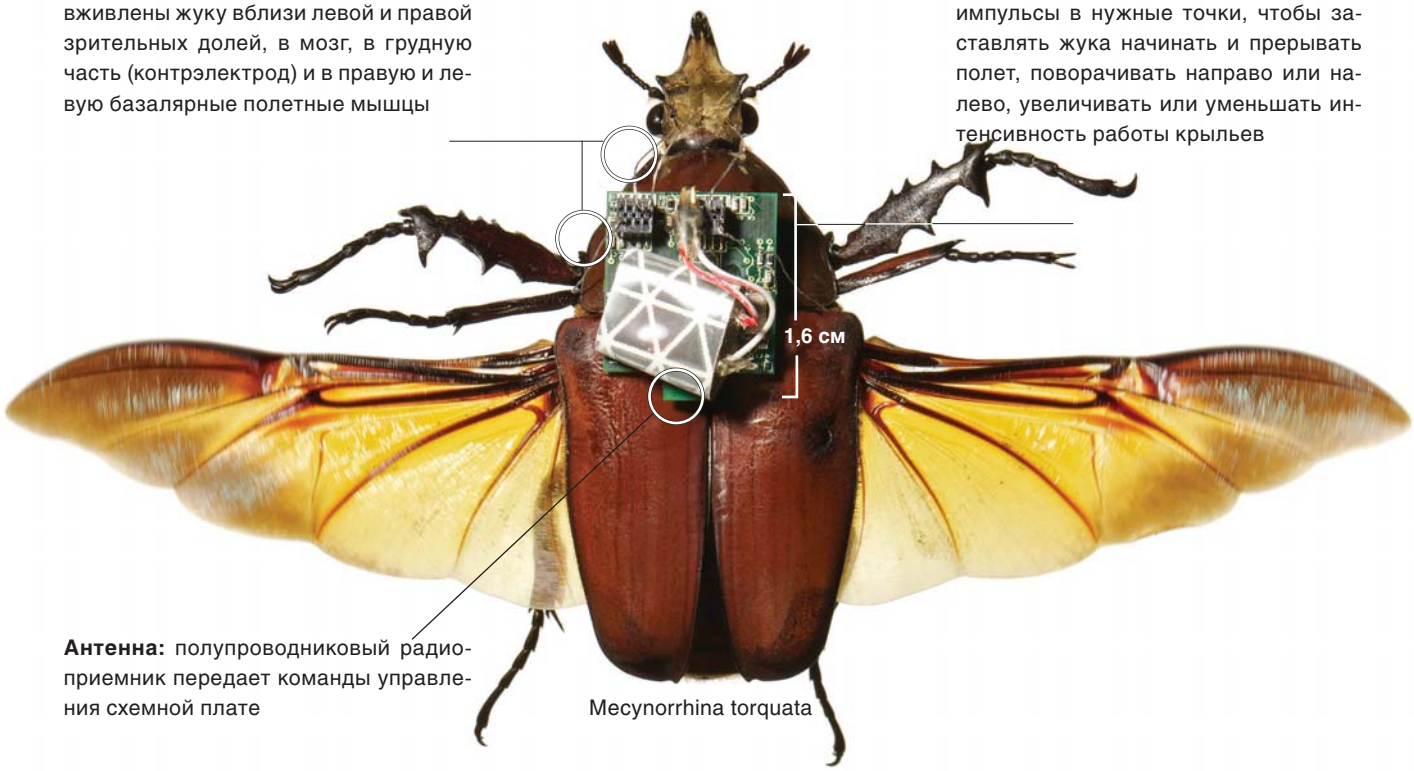


РАДИОУПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ

Инженеры разработали систему передачи радиокоманд жукам в полете, во многом подобную тем, какие применяют моделисты для управления моделями автомобилей, самолетов и вертолетов

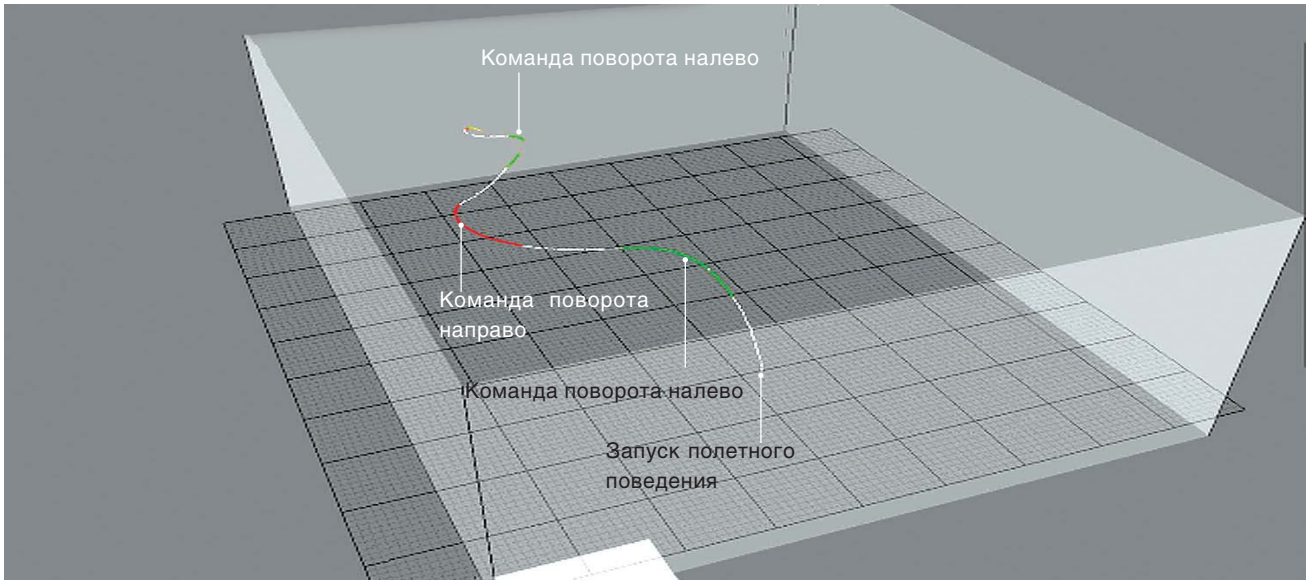
Шесть электродов–стимуляторов вживлены жуку вблизи левой и правой зрительных долей, в мозг, в грудную часть (контрэлектрод) и в правую и левую базалярные полетные мышцы

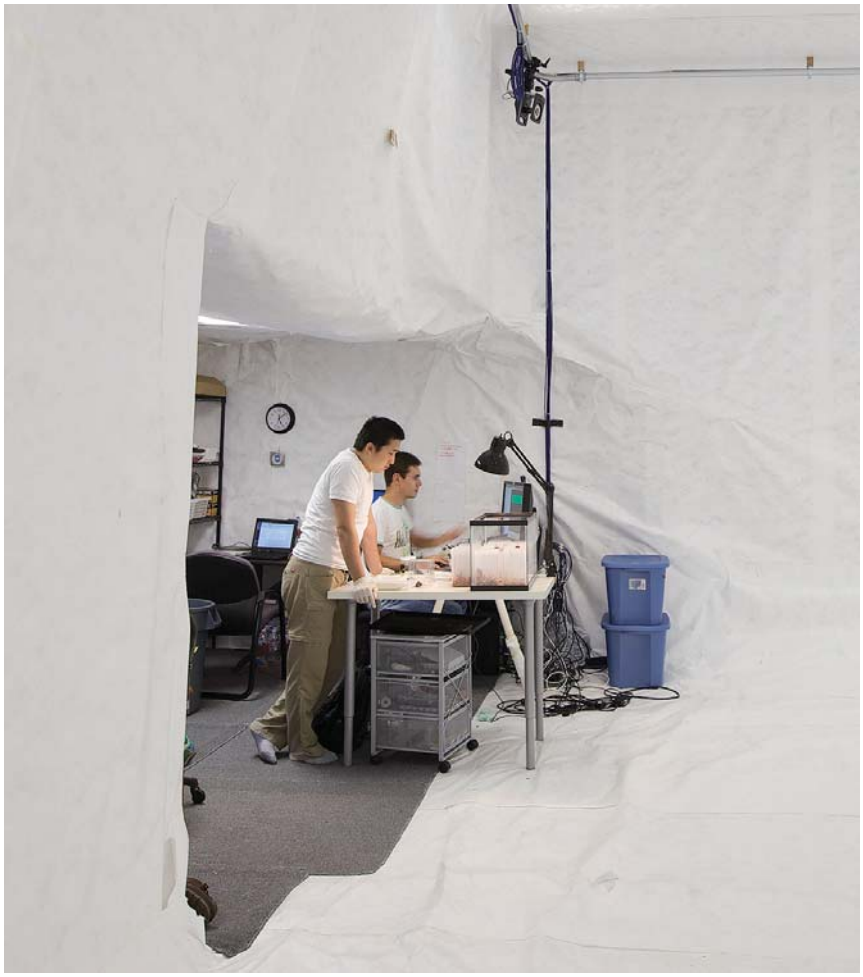
Схемная плата (над ней – серебристая батарея) подает электрические импульсы в нужные точки, чтобы заставлять жука начинать и прерывать полет, поворачивать направо или налево, увеличивать или уменьшать интенсивность работы крыльев



Антенна: полупроводниковый радиоприемник передает команды управления схемной плате

ТРАЕКТОРИЯ ПОЛЕТА КИБОРГА





Исследователи в лаборатории Махарбиса помещали жуков–киборгов в специальную испытательную камеру (снимок внизу, стоит Сато). Полет начался (белая линия в правом нижнем углу рисунка справа) со стимуляции оптических долей жука, что запустило «полетное поведение». Электрические импульсы, подававшиеся на правую базалярную мышцу, заставляли жука поворачивать налево, а стимуляция левой базалярной мышцы вызывала поворот направо. Закончился полет (верхний левый угол), когда на оптические доли был подан импульс большей длительности, чем первый

SOURCE FOR TELEMETRY DATA: SVETOSLAV KOLEV AND NIMBUS GOEHAUSEN University of California, Berkeley

в 1981 г. Я узнал, что жуки летают почти так же, как мухи. Ответственные за полет мышцы грудного отдела жука деформируют его панцирь таким образом, что крылья колеблются подобно ветвям камертона. Типы мышц и их расположение тоже представлялись близкими к таковым у мух. Мысль о том, с чего начать, подсказали несколько изящных исследований жесткокрылых, выполненные после 1950–х гг. Но важнее всего, пожалуй, размеры этих насекомых: есть жуки и больше 10 см, и всего 1 мм длиной. Кроме того, они составляют около одной пятой всего числа известных видов насекомых. Таким образом, теоретически они казались легкодоступными. Но я столкнулся с новой проблемой: в США почти никто не занимался разведением жуков, достаточно крупных для моих целей. На то, чтобы добиться стабильной поставки «подопытных», которых мы сегодня закупаем у заводчиков в Европе и Азии, нашей лаборатории потребовалось несколько лет.

И в это время к нашим исследованиям подключился Хиротака Сато, второй из авторов настоящей статьи – химик с опытом работы в производстве микроизделий. Нашей целью было показать, что мы можем дистанционно отправлять насекомое в полет, и управлять направлением и скоростью этого полета, а также останавливать его, когда оно доберется до заданного места. Как инженеры мы хотели, чтобы все функции выполнялись с минимальным вредом для насекомого.

Прежде всего нам предстояло определить минимальный набор поведенческих функций, контроль над которыми необходим для создания примитивнейшего летающего киборга. Для управления жуком в свободном полете мы выбрали дистанционное радиоуправление, подобное тому, какое используется для моделей автомобилей, самолетов и вертолетов. Требовалось обеспечить возможность по желанию запускать и останавливать работу крыльев, увеличивать и уменьшать скорость и высоту полета насекомого и заставлять его поворачивать направо и налево. Мы ни в коем случае не хотели контролировать все характеристики полета, поскольку жуки и так прекрасно управляют своим положением относительно горизонта и корректируют траекторию полета в зависимости от ветра и наличия препятствий.

В то же время нужно было получить возможность передавать сигналы непосредственно в нервно–мышечную систему насекомого, чтобы пресечь попытки жука сделать что–то помимо заданного. Любой киборг, способный выйти из–под контроля, будет негодным роботом.

Мы действовали не вслепую. Большинство жуков, выбранных нами для работы, способны нести нагрузку, составляющую до 20–30% их собственной массы. Таким образом, максимальные габариты аппаратуры «системы управления» определялись размерами самого насекомого. Поскольку нам было известно, какие мышцы управляют работой крыльев, у нас появились основания полагать, что подача электрических сигналов изменяемой частоты на мышцы каждой из сторон тела насекомого даст нам возможность изменять траекторию его полета, меняя режимы работы крыльев.

Мы знали также, что жуки в полете широко используют зрительную информацию. Как и у человека, свет, попадающий в глаз насекомого, возбуждает светочувствительные нейроны. От них сигналы передаются через зрительные доли мозга в средний мозг и в ганглии, где обрабатываются, снабжая насекомое зрительной информацией в процессе его движения. Также мы располагали данными и о том, что во многих случаях важна и интенсивность света. Так, стоило резко выключить свет в помещении, как жуки немедленно прекращали полет. Это заставило предположить, что им необходим некий сенсорный сигнал от глаз, чтобы продолжать работать крыльями. Мы рассудили, что стимуляция зрительных долей мозга или зон вблизи их основания может вызывать необходимые двигательные реакции. Поскольку вживление электродов непосредственно в глаза или зрительные доли мозга снизит способность насекомого маневрировать, мы приняли решение о стимуляции зон у основания зрительных долей. Стимулировать отдельные нейроны нам не потребовалось. Когда мы посылали нужный электрический импульс в область вблизи основания зрительных долей мозга жука, остальную работу выполняли его собственные системы, и насекомое отправлялось в полет.

Нанесение вреда

Первому успешному полету предшествовало немало неудач. Сначала мы полгода работали с жуками–чернотелками (Zophobas morio) длиной около 1,5 см и массой в 1 г. Их легко приобрести в зоомагазинах, поскольку личинки этих насекомых используются в качестве корма для гекконов и других мелких пресмыкающихся. К сожалению, мы так и не сумели заставить чернотелок летать. Мы сотни раз подбрасывали их в воздух, но они просто не желали раскрывать крылья. Похоже, летать они не любят. Однако, работая с этими жуками, мы многое узнали об анатомии насекомых.

В итоге мы переключились на техасских бронзовок (Cotinis texana) длиной 2 см и массой 1–1,5 г, широко распространенных на юго–востоке США. Техасская бронзовка – не только хорошо известный летун, но и вредитель фруктовых садов. И за год–другой мы получили тысячи этих жуков от фермеров, которые не могли поверить, что кто–то готов не просто избавлять их от вредителей, но еще и приплачивать.

В результате первых опытов с Zophobas и Cotinis мы поняли, как именно удерживать жуков, не причиняя им вреда, и где приклеивать микропровода: на спине, вблизи мышц крыльев и у основания головы (клеили мы воском). Мы скон-

струировали и изготовили специальные миниатюрные схемные платы для приема радиокоманд и подачи электрических сигналов, с которыми мы экспериментировали. (Жуки, оснащенные как одним из первых вариантов нашей конструкции, так и самым последним, созданным в апреле 2010 г., представлены на иллюстрациях к статье.) Сегодня базовая система состоит из микропроцессора со встроенным радиоприемником (для приема команд), батареи питания и нескольких серебряных проводов диаметром 125 мкм, вживленных в мозг и полетные мышцы жука.

Поскольку техасские бронзовки способны нести полезную нагрузку всего в 200–450 мг, первоначальная система не имела радиоприемника. Для проверки управляемости мы заранее закладывали полетные команды в микропроцессор и наблюдали жука в свободном полете, привязанного к нити или закрепленного внутри карданова подвеса. (Закрепление жука в таком подвесе позволяет наблюдать его в «полете на месте».)

Первый успех с жуками Cotinis был достигнут через два месяца. После нескольких экспериментов мы нашли довольно большой участок нейронов, электрическая стимуляция которого позволяла осуществлять воспроизводимые и предсказуемые модуляции полета. Мы установили, что стимуляция зоны мозга жука, лежащей как раз посередине между его левой и правой зрительными долями, быстрыми электрическими импульсами (длительностью около 10 мс, или частотой около 100 Гц) заставляет насекомое бить крыльями и принимать правильную полетную позу почти во всех случаях (в 97% случаев, чтобы быть точными). Не менее интересно, что один более длительный импульс, поданный в ту же зону, полностью останавливал движение крыльев. Иными словами, мы смогли запускать и останавливать полет жука, подавая сначала один импульс, заставляющий крылья работать, а затем другой, который прекращал работу крыльев.

Нам представляется, что более длительный импульс вызывает перегрузку нейронов у основания зрительной доли мозга, блокируя передачу электрических сигналов. В результате разрушается пусковой сигнал, который поддерживает вибрацию крыльев (см. видеоматериалы о связи этого и других видов поведения, указанные в списке дополнительных источников). Мы установили, что электрические импульсы срабатывали снова и снова независимо от того, чего хотелось бы жуку в данный момент. Если тогда, когда мы начинали подавать 10–мс импульсы, насекомое ползло по столу, оно начинало бить крыльями и взлетало. Если мы переворачивали жука на столе на спину, он начинал бить крыльями в этом положении. Если же он летел, а мы подавали дополнительный импульс, то его крылья переставали работать, он падал и продолжал ползти.

Никаких признаков того, что наши подопытные получали повреждения, даже в случае падения на пол, мы не наблюдали. Жуки с вживленными проводами жили столько же, сколько и их свободные собратья (несколько месяцев). Они точно так же летали, ели и спаривались. Далее мы обнаружили, что, подавая поочередно в быстрой последовательности сигналы «пуска» и «остановки», можно модулировать колебания крыльев. Это значит, что, когда жук летит, быстрая поочередная подача этих двух команд не прекращает работу его крыльев, но несколько тормозит ее. В результате изменяется создаваемая крыльями тяга, что позволяет нам управлять мощностью, развиваемой насекомым для полета, как пилот использует ручку газа для управления тягой двигателя самолета.

Чтобы заставлять жука поворачивать, мы вживляли микропровода в его правую и левую базалярные мышцы. Подавая 10–мс импульсы в правую мышцу, мы заставляли ее развивать большую мощность, в результате чего насекомое поворачивало налево. В конце концов мы начали работать с жуками Mecynorrhina torquata, масса которых достигает 8 г, что делает их идеальными носителями радиоприемника и полезной нагрузки, которую мы разработали к тому времени.

Дальнейшие шаги

Не менее очевидна, чем некоторые наши достижения, необходимость идти дальше. Хотя мы доказали, что можем заставить жуков поворачивать налево и направо и летать по кругу, мы хотим добиться возможности направлять их полет по сложным трехмерным траекториям, чтобы они могли преодолевать препятствия, например влетать в помещения через дымоходы или трубы. С этой целью мы включили в полезную нагрузку миниатюрные микрофоны, регистрирующие колебания их крыльев в полете. Когда звук достигает определенного уровня, грубо характеризующего интенсивность колебаний крыла, мы можем подать точно выбранные стимулирующие импульсы на мышцы, управляющие поворотами жука в полете.

Аппаратура работает превосходно, но нам бы пригодилась помощь в создании программ для управления полетами наших подопытных насекомых. Мы обратились к некоторым своим коллегам, имеющим больший опыт в деле создания программ для полностью искусственных летательных аппаратов. На основе имеющегося опыта работы с беспилотными вертолетами Питер Аббил (Pieter Abbeel) из Калифорнийского университета в Беркли со своими студентами Светославом Колевым (Svetoslav Kolev) и Нимбусом Гехаузеном (Nimbus Goehausen) разрабатывают систему управления, которая будет разбивать сложные команды (например, команду «повернуть на 20^0 направо») на составляющие (например, «подавать 10–мс импульсы на левую базалярную мышцу

в течение стольких–то секунд»). Тогда пользователю достаточно будет вводить некоторые коррекции курса, а задавать стимулы, необходимые для того, чтобы направить жука на требуемый курс, будет микропроцессор. Чтобы выяснить, какими должны быть эти последовательности импульсов, мы использовали магнитно–резонансную томографию, обширные исследования анатомии жуков и высокоскоростную съемку их в полете с целью определения пространственной конфигурации и функций некоторых других мышц, отвечающих за работу каждого крыла. На основе полученных данных мы сегодня нацеливаемся на различные мышцы, чтобы получить возможность более стабильно управлять курсом и креном жука в свободном полете.

Нужно ли создавать жуков–киборгов?

Окажутся ли насекомые с дистанционным управлением полезными в качестве роботов, – вопрос открытый, хотя мы считаем, что да. На рынок и впредь будут поступать все меньшие по размерам и все более легкие микроконтроллеры и радиоприемники, что позволит нам разрабатывать более надежные и точные устройства управления нашими жуками–киборгами. Поскольку разработка миниатюрных источников питания большой емкости или механических крыльев с высоким КПД по–прежнему представляют большие трудности, наши жуки с их сверхэффективными мышцами будут иметь значительное преимущество перед полностью искусственными летательными аппаратами.

Из всех потенциальных последствий, которые может вызвать наша работа, наиважнейшим мы считаем следующее: по мере миниатюризации вычислительных устройств и углубления наших знаний о биологических системах человечество будет все настойчивее пытаться встраивать искусственные интерфейсы в контуры управления живых существ. Разработка деталей вначале на насекомых поможет избежать ошибок при работе с более высокоорганизованными существами вроде крыс и мышей, а впоследствии и с людьми. Возможно, это позволит отложить на будущее многие этические вопросы (в частности – о свободе воли), которые встанут острее, когда начнется работа с позвоночными. Работа с жуками–киборгами не помешает ученым заниматься созданием полностью искусственных роботов (ведь человек иногда делает более эффективные машины, чем природа). Но наука мягкой интеграции живых существ с рукотворными устройствами только зарождается. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ A Radiotelemetric 2-Channel Unit for Transmission of Muscle Potentials during Free Flight of the Desert Locust, Schistocerca gregaria. H. Fischer, H. Kautz and W. Kutsch in Journal of Neuroscience Methods, Vol. 64, No. 1, pages 39-45; January 1996.

■ Wing Rotation and the Aerodynamic Basis of Insect Flight. Michael H. Dickinson, Fritz-Olaf Lehmann and Sanjay P. Sane in Science, Vol. 284, pages 1954-960; June 18, 1999.

■ A Dual-Channel FM Transmitter for Acquisition of Flight Muscle Activities from the Freely Flying Hawkmoth, Agrius convolvuli. N. Ando, I. Shimoyama and R. Kanzaki in Journal of Neuroscience Methods, Vol. 115, No. 2, pages 181-187; April 2002.

■ Remote Radio Control of Insect Flight. H. Sato, C.W. Berry, Y. Peeri, E. Baghoomian, B.E. Casey, G. Lavella, J.M. VandenBrooks, J.F. Harrison and M.M. Maharbiz in Frontiers in Integrative Neuroscience, Vol. 3, Article 24; October 5, 2009.

www.eecs.berkeley.edu/~maharbiz/Cyborg.html

www.frontiersin.org/integrative_neuroscience/10.3389/neuro.07/024.2009/abstract

Наблюдайте полет кибержуков: www.ScientificAmerican.com/dec2010/cyborg_video





ОБ АВТОРАХ

Мичель Махарбис (Michel M. Maharbiz) – адъюнкт–профессор электротехники и информатики в Калифорнийском университете в Беркли. Его лаборатория использовала способность природы выращивать и приводить в движение миниатюрные летательные аппараты, называемые жуками, и скомбинировала их с компьютерной системой управления, которая позволила исследователям направлять полет насекомых.

Хиротака Сато (Hirotaka Sato) получил степени бакалавра и доктора химических наук в Университете Васэда в Токио за разработку электрохимических процессов нанофабрикации. Получив докторскую степень, он начал работать над жуками–киборгами в 2007 г. в Мичиганском университете в Анн–Арборе, а в 2008 г. продолжил ее в Беркли.

ОТКРЫТИЯ, КОТОРЫЕ СЛЕДОВАЛО БЫ ЗАКРЫТЬ

Выборка из списка изобретений, без которых миру лучше было бы обойтись



Перевод: А.А. Сорокин



ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ

Лишний час обходится недешево

Появление летнего времени не было научно обосновано. Его придумал натуралист из Новой Зеландии Джордж Вернон Хадсон (George Vernon Hudson), опубликовавший в конце XIX в. две статьи, в которых он предложил сезонный сдвиг времени на два часа «для более полного использования длинных летних дней». Главной причиной было, конечно, энергосбережение, поскольку светлые вечера сокращали потребление искусственного освещения. Германия ввела летнее время во время Первой мировой войны с целью экономии угля, и к 1918 г. Европа, Россия и США последовали ее примеру. В мирное время стрелки часов вернулись в нормальное положение, однако летнее время было снова введено во время Второй мировой войны. В мирное время Конгресс США первым в 1966 г. принял Акт об однородном времени, определяющий порядок введения летнего времени (хотя каждый штат сам решал, следовать ли его рекомендациям). Меры по «продлению светлого времени» были продолжены в ответ на энергетический кризис, вызванный нефтяным эмбарго 1970–х гг.

К сожалению, в условиях, когда в жилых и рабочих помещениях используются устройства климат–контроля, об экономии энергии говорить трудно. Журнал The Journal of Economics and Statistics привел результаты исследования характеристик потребления электроэнергии в штате Индиана, где в некоторых районах осуществляется переход на летнее время, а в некоторых нет. Оказалось, что в первых потребление электроэнергии выше, чем во вторых. Авторы исследования связывают это с повышенной интенсивностью использования вентиляторов и кондиционеров во время продленных летних дней.

Другие исследования показали, что переход на удлиненное светлое время может привести к увеличению числа дорожных происшествий (сбивается циркадный ритм, что приводит к нарушениям сна), к депрессии (исследования, проведенные в 2008 г., показали, что мужчины чаще совершают самоубийства в первые дни после перехода на летнее время) и даже к повышению риска сердечных приступов (согласно шведским исследованиями, вероятность приступов повышается на 5–10% в первую неделю после перевода стрелок часов вперед). Немалая плата за несколько дополнительных часов светлого времени, которые Джордж Вернон Хадсон хотел получить для коллекционирования насекомых.■

Джон Павлус

КОСМИЧЕСКИЙ ЧЕЛНОК

Грузовик для низких околоземных орбит оказался дорогим и небезопасным

Для многих американцев космическая транспортная система, известная больше под названием космический челнок или шаттл, олицетворяет не просто работы NASA на низких околоземных орбитах, но общее стремление человека к полетам в космос. И проблема в том, чтобы объяснить, почему прекращение в 2011 г. программы было оправдано.

«Многие думают, что шаттл способен совершать полеты на Луну и даже дальше. Они рассматривают сворачивание этой программы как сокрушительный удар по нашим усилиям в освоении дальнего космоса, хотя это совсем не так, – говорит Джим Белл (Jim Bell), профессор астрономии в Корнелском университете и президент Планетарного общества. – «Высота орбиты шаттлов не превышает 643 км над поверхностью Земли».

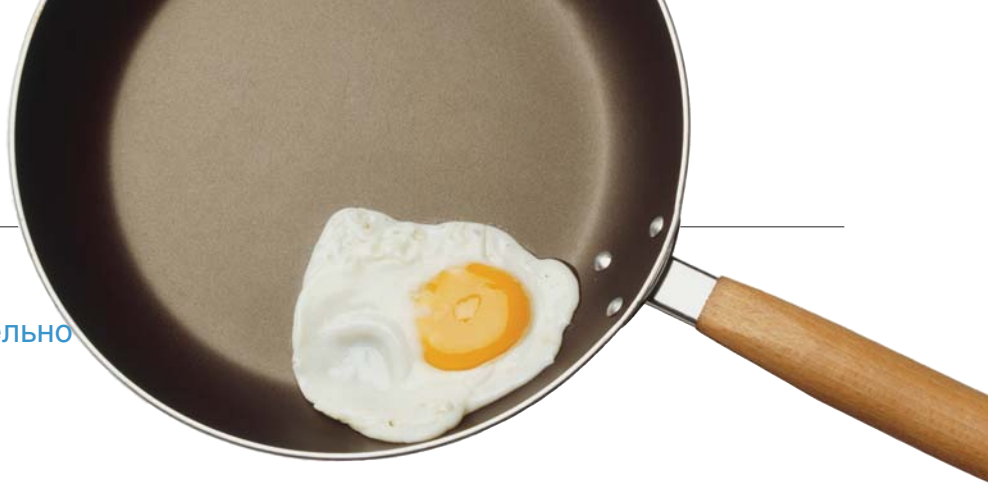
В обществе всегда существовало ошибочное представление, что космический челнок – воплощение высшего технологического достижения, хотя в действительности это экспериментальный корабль. «Шаттл должен был дать ответ на вопрос, можно ли превратить космические полеты в рутинное мероприятие, и ответ оказался – нет, по крайней мере на современном уровне развития техники, – говорит Скот Пэйс (Scott Pace), директор Института космической политики при Университете им. Джорджа Вашингтона. – Это было блестящее достижение инженерной мысли, но теперь нам предстоит решить новые проблемы, связанные с полетом человека в космос».

Безусловно, самым убедительным доводом для прекращения программы «Космический челнок» стала небезопасность в использовании, что продемонстрировали катастрофы кораблей Challenger и Columbia. «Космические полеты всегда опасны, – говорит Пэйс, – но многие считают, что если приходится рисковать человеческими жизнями, то такой риск должен быть оправдан».

Белл считает, что конец эры шаттлов позволит NASA сосредоточиться на более амбициозных целях, таких как полет человека к Марсу и далее. По его словам, «шаттл – замечательный красивый космический аппарат, но он ушел настолько далеко от начала программы Apollo, как Apollo от Spirit of St. Louis (название самолета Чарлза Линдберга, совершившего в 1927 г. первый перелет через Атлантику). Это были судьбоносные этапы в истории техники, и возможно, мы стоим на пороге новых перемен».■

Артур Каплан

COURTESY OF NASA (shuttle); EVA HEDLING Aurora Photos (clock)



ТЕФЛОН

Полезный на кухне – и смертельно опасный для озер и рек

Пища не пристает к тефлону, но тефлон имеет способность проникать в организм человека. Заводы, производящие сковородки с антипригарным покрытием, загрязняют реки и озера и наносят вред животным и растениям содержащейся в нем перфтороктановой кислотой. По данным Агентства по охране окружающей среды (EPA), это вещество не разлагается в условиях природной среды, успело проникнуть в организмы 95% американцев «и, вероятно, канцерогенно». Ряд исследований связывают именно с данным соединением бесплодие, нарушения иммунитета и внутриутробного развития плода. Хотя при правильном использовании тефлон безопасен, однако если оставить пустую сковороду на горячей плите, то при достижении температуры 260^0 С покрытие растрескивается и выделяет токсичные газы.

У компании DuPont, производящей тефлоновые покрытия, с этим веществом связана дополнительная головная боль. В 2005 г. EPA подвергла компанию штрафу в $16,5 млн за то, что она скрыла результаты проверки, показавшие загрязнение перфтороктановой кислотой питьевой воды в окрестностях заводов компании в Западной Виргинии, а также то, что это вещество проникает через плаценту от матери к плоду. Утверждая, что тефлон безопасен, компания тем не менее к 2015 г. собирается устранить его из производственного процесса и заменить соединением, легко разлагающимся в окружающей среде. Рене Шарп (Renee Sharp) из некоммерческой наблюдательной организации Environmental Working Group утверждает: данных, чтобы считать, что поступающие на рынок изделия стали более безопасными, еще недостаточно.■

Мелинда Уэннер Мойер

СВАЛКИ

Выброшенный мусор не исчезает сам по себе

Американцы ежегодно производят 250 млн т отбросов, из которых всего 83 млн, т.е. около трети, подвергается вторичной переработке или компостируется. Остальное вывозится на открытые свалки, по сути представляющие собой гигантские фабрики по превращению мусора в токсичные материалы и парниковые газы. Вода, просачивающаяся через слои мусора, растворяет содержащиеся в нем химикаты и тяжелые металлы, которые по большей части попадают в ближайшие источники грунтовых вод. Одновременно анаэробные бактерии превращают органические вещества в метан, парниковая активность которого существенно выше, чем у двуокиси углерода.

Оказавшись перед лицом грозной реальности, многие частные и муниципальные организации стремились уменьшить количество мусора, отправляемого на свалки, за счет его частичного вторичного использования и вторичной переработки оставшегося. В идеале свалки должны исчезнуть.

Например, завод по производству чая Lipton фирмы Unilever в Суффолке, штат Виргиния, сейчас отправляет на свалку на 92% меньше отходов, чем в 2007 г. Завод теперь производит вторичную переработку 70% своих отходов и еще 22% компостирует. Резко сократить или даже вообще обнулить отходы своих предприятий планируют фирмы Apple, Epson, Hewlett–Packard, Xerox и Walmart.

Компании действуют в своих собственных интересах: сокращение отходов до нуля за счет использования меньшего количества ресурсов в первую очередь позволяет снизить расходы. На заводе Lipton больше не обвязывают пластиковыми лентами контейнеры, а одноразовые обтирочные материалы заменены на многократно используемые. Каждого работника обеспечили металлическими обеденными приборами. Завод ежегодно экономит более 35 млн л воды, 5 ГВт ч электроэнергии и десятки миллионов долларов.

Десятки городов уже включились в движение за нулевые отходы, используя при этом не технологии, а стимулирование. В Сан–Франциско введена программа «выбросил – плати», по которой с жителей взимается плата, зависящая от объема выбрасываемого мусора. Это также один из первых городов США, где вводится программа по «притротуарной» переработке и компостированию отходов. Такие меры уже позволили городу вторично перерабатывать 72% отходов, сведя их количество, отправляемое на свалки, до уровня, не виданного с 1980 г.■

Кристофер Мимс



DORLING KINDERSLEY Getty Images (egg in pan); FRITZ HOFFMANN Corbis (landfill)



БУНКЕРНОЕ ТОПЛИВО

Выхлопные газы морских судов ежегодно убивают 90 тыс. человек

Двигатели торговых судов работают на одном из самых отвратительных видов топлива – бункерном топливе. Это последний (и самый дешевый) продукт перегонки нефти, вязкий как горячая смола. В его сортах содержится до 4,5 весовых процента серы. При сгорании образуется диоксид серы, что приводит к кислотным дождям и вызывает респираторные заболевания. (Отметим, что в дизельном топливе, разрешенном в США, содержится не более 0,0015% серы.) Согласно оценкам, сжигание бункерного топлива становится причиной преждевременной смерти 90 тыс. человек в год.

В июле 2010 г. Международная организация судоходства инициировала ужесточение контроля над качеством данного вида жидкого топлива. На первом этапе в топливе, используемом в прибрежной зоне, максимальное содержание серы было снижено с 1,5% до 1%. К 2020 г. организация потребует, чтобы содержание серы во всем бункерном топливе не превышало 0,5%. Такая мера должна сократить вдвое смертность от его сжигания.

Безусловно, контролировать содержание серы необходимо, но есть и другая, более существенная проблема, связанная с бункерным топливом: образующаяся при его сжигании двуокись углерода вносит вклад в глобальное потепление. Если бы торговый флот всего мира принадлежал одному государству, то по производству парниковых газов оно заняло бы шестое место – между Японией и Германией. ■

Кристофер Мимс

БИСФЕНОЛ А

Может влиять на здоровье детей

Подсчитано, что в телах 95% американцев обнаруживаются следы присутствия бисфенола А (БФА). Данное химическое вещество широко используется при изготовлении пластиковых емкостей, внутреннего покрытия консервных банок и в зубных пломбировочных материалах. Исследования на животных показали, что БФА оказывает негативное воздействие на мозг и развитие репродуктивных органов в потомстве, повышает риск онкологических заболеваний и ожирения. И хотя результаты, полученные на животных, не всегда применимы к человеку, «такие сигналы было бы неразумно игнорировать» – предостерегает Филип Ландриган (Philip Landrigan), директор Mount Sinai Children's Environmental Health Center в Нью–Йорке.

Однако они были оставлены без внимания. Когда в 2003 г. Национальные институты здоровья (NIH) запросили оценку безопасности БФА у Национальной токсикологической программы, то последняя обратилась к представителю промышленности, Science International, который заявил, что данное вещество безопасно. Как позже обнаружила некоммерческая организация Environmental Working Group, среди клиентов Science International были и производители БФА, что вызвало сомнения в беспристрастности компании. Затем в 2008 г. Управление по контролю качества продуктов питания и лекарств (FDA) направило в Комитет по энергетике и торговле Палаты представителей США письмо, в котором снова подтверждалась безопасность БФА. Позже это учреждение признало, что заключение было основано на результатах двух исследований, которые финансировал Американский совет по пластмассам. Одно из них было опубликовано в нерецензируемом журнале, а второе подверглось критике академических экспертов как «основанное на некорректных экспериментах». В марте 2009 г. международная экспертная группа заявила, что заключение FDA о безопасности бисфенола А – «неполное и недостоверное».

В прошедшем январе FDA наконец согласилось, что есть «определенные соображения» по поводу возможного влияния БФА на здоровье эмбрионов и детей; в 2011 г. Национальный институт здоровья пообещал истратить $30 млн на соответствующие исследования. Политики настойчиво инициируют во многих городах и штатах законопроекты, ограничивающие использование БФА, а сенатор от Калифорнии Диана Фейнстейн (Dianne Feinstein) заявила, что когда FDA представит в Сенат Акт о модернизации безопасности продовольствия, то она внесет поправку, запрещающую использование данного вещества в пищевых емкостях.

Представители промышленности, такие как Ассоциация производителей продовольствия и Торговая палата, выступают против запрета БФА, настаивая на его безопасности; они считают, что переход на его заменители окажется дорогостоящим. Однако под воздействием нарастающего недовольства в обществе крупные компании, такие как Gerber и Nalgene, приступили к сокращению использования БФА. ■

Мелинда Уэннер Мойер



SAM SLOAN Alamy (oil blob); BRUCE BENEDICT Corbis (driving)

ДА ПРЕБУДЕТ С НАМИ ВЕБ!

Всемирная паутина – наиважнейший фактор не только цифровой революции, но и нашего дальнейшего процветания и больше того – свободы. Веб так же нуждается в защите, как и сама демократия

Тим Бернерс–Ли

Всемирная паутина (Веб) родилась в декабре 1990 г. на моем компьютере в Женеве. Первоначально она состояла всего лишь из одного сайта и одного браузера, сведенных воедино. Столь простая система тем не менее проиллюстрировала фундаментальный принцип: любой человек может делиться информацией с кем угодно и где угодно. Благодаря этому принципу Всемирная паутина столь быстро распространилась среди широких масс пользователей, что уже в наши дни, отметив свое 20–летие, стала неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Принимая Веб как должное, мы считаем, что он всегда «должен быть» к нашим услугам, как электричество.

Веб стал мощным и повсеместно распространенным орудием потому, что в его основу были положены базовые принципы равноправия, а также благодаря содействию

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Принцип универсальности позволяет Вебу работать независимо от используемого компьютерного оборудования, программного обеспечения, вида сетевого подключения или языка, а также дает возможность обрабатывать информацию любого вида и качества. Принцип универсальности лежит в основе проектирования Веба.
- Открытые и бесплатные технические стандарты дают возможность пользователям создавать бесплатные приложения без необходимости получать разрешение. Патенты, а также те веб–службы, которые не используют для адресации обычные URI, ограничивают инновации.
- Правительства и компании, которые сдерживают интернет–трафик или же прослушивают его, создают угрозу для фундаментальных сетевых прав человека.

Веб–приложения, связанные данные и другие перспективные веб–технологии будут процветать только в том случае, если мы защитим основные принципы самого Веба.



Illustration by John Hendrix



тысяч отдельных пользователей, университетов, компаний, которые трудились – кто поодиночке, кто в рамках Консорциума Всемирной паутины, – дабы на основе базовых принципов расширить возможности Веба.

И все же над столь привычным нам Вебом стали нависать разные угрозы. Так, некоторые из наиболее преуспевающих обитателей Всемирной паутины уже начали постепенно отходить от ее базовых принципов. Крупные социальные сети отгораживаются от остального сетевого пространства, не желая делиться информацией, которую им предоставили пользователи. Компании, предоставляющие беспроводной выход в Интернет, стремятся занижать скорость доступа на сайты, с которыми не работают. Правительства – и тоталитарные, и демократические в равной степени – отслеживают привычки и предпочтения граждан в Сети, ставя тем самым под угрозу незыблемость прав человека.

Если мы, пользователи Интернета, не остановим эти и другие тенденции, то Веб распадется на отдельные островки. В этом случае мы рискуем утратить свободу посещать любые сайты, и со временем это пагубное поветрие перекинется на смартфоны и планшеты, через которые тоже можно получить доступ к обширной информации, предоставляемой Всемирной паутиной.

Почему все это должно вас беспокоить? Потому что Веб принадлежит вам, ведь он представляет собой общественный ресурс, от которого зависите вы, ваш бизнес, ваше окружение, ваше правительство. Кроме того, Веб жизненно важен для демократии: ведь будучи каналом связи, он позволяет поддерживать международный диалог. Сейчас по сравнению с остальными средствами массовой коммуникации значимость Всемирной паутины для свободы слова увеличилась как никогда раньше. В эпоху сетевых технологий Веб способствует продвижению принципов, закрепленных в Конституции США, британской Великой хартии вольностей и других основополагающих документах. Указанные принципы подразумевают свободу от несанкционированного наблюдения, фильтрации, цензуры и отключения.

Однако люди, видимо, полагают, что Веб – природное и, следовательно, преходящее явление, и уж коли он станет вдруг увядать, то ничего нельзя будет сделать. Это совсем не так. Смотрите сами: поскольку именно человек создает Всемирную паутину с помощью компьютерных протоколов и программного обеспечения, то и весь этот процесс полностью контролируется человеком. Именно человек решает, какие свойства взять, а какие отбросить. И этот процесс отнюдь не закончен. Если мы хотим отслеживать деятельность государства и компаний, понять истинное положение дел на нашей планете, найти, скажем, лекарство от болезни Альцгеймера, не говоря уже о возможности обмениваться фотографиями с друзьями, то все мы – общественность, научные круги, пресса – должны убедиться в том, что принципы Веба остаются незыблемыми. Такая уверенность нам нужна не только для того, чтобы упрочить наши достижения, но и чтобы добиться еще больших успехов, которые нас еще ждут впереди.

В основе лежит универсальность

Существуют несколько ключевых принципов, которые обеспечивают ценность Всемирной паутины. Основным принципом создания Веба, определившим его полезность и неуклонное развитие, стала универсальность, благодаря которой любая созданная пользователем ссылка позволяет перейти на желаемый ресурс. А это означает, что пользователи должны иметь возможность размещать в виртуальном пространстве все что угодно, причем вне зависимости от типа компьютера, которым они пользуются, а также программного обеспечения, языка и типа подключения к Сети – проводного или беспроводного. Кроме того, к Вебу должны иметь доступ люди с ограниченными возможностями. Он должен уметь работать с информацией любого вида (будь то документ или массив данных) и качества – начиная от малосодержательных разговоров и заканчивая научными трудами. Вся эта информация должна быть доступна для любых видов устройств, имеющих выход в Интернет, – стационарных или мобильных, с маленьким экраном или большим – без разницы.

Перечисленные принципы на первый взгляд кажутся вполне очевидными, само собой разумеющимися или просто несущественными, но именно им мы обязаны тем, что пользователи без особых усилий могут создавать в Интернете все что угодно, например сайт какого–нибудь кассового фильма или же домашнюю страницу футбольной команды, в которой играет их ребенок. Универсальность – одно из главных требований к любой системе.

Другой важный принцип построения – децентрализация. Пользователю не нужно получать разрешение от официальных структур, чтобы добавить страницу или пройти по ссылке. Ему необходимо всего лишь воспользоваться последовательностью из трех простых стандартных правил: написать страницу в формате HTML, присвоить ей URI–адрес и сделать ее доступной по протоколу HTTP. Принцип децентрализации, обусловивший широкое развитие Всемирной паутины, будет использоваться и в будущем.

URI – это ключ к универсальности. (Первоначально я назвал схему создания адреса сайта «унифицированным идентификатором ресурсов» – URI; сейчас она именуется «унифицированным указателем ресурсов» – URL). URI позволяет следовать по любой ссылке вне зависимости от содержания ресурса и его создателя. Система ссылок повысила ценность содержимого Веба, создав взаимосвязанное информационное пространство.

Однако в последнее время появился ряд факторов, угрожающих принципу универсальности Всемирной

паутины. Например, компании, предоставляющие кабельное телевидение вместе с доступом к Интернету, помышляют о том, чтобы ограничить своих клиентов, предоставив им для скачивания из Сети только развлекательную информацию, содержимое которой определяется самой компанией. Еще одну проблему представляют собой социальные сети: Facebook, LinkedIn, Friendster и другие сервисы предоставляют нужную информацию лишь после того, как запросят на входе данные о посетителе: дату рождения, адрес электронной почты, пользовательские предпочтения, а также попросят указать своих друзей и переслать их фотографии. Сайты собирают всю эту разрозненную информацию, формируя очень ценные базы данных, и повторно используют ее для предоставления дополнительных услуг – но исключительно в пределах своих сайтов. После ввода данных на одном из сайтов социальной сети пользователь уже не сможет просто так их использовать в других социальных сетях. Каждый такой сайт – накопитель информации, отгороженный стеной от других. В Сети находится лишь созданная вами страница, но не ваши данные. Вы, конечно, можете получить доступ к веб–странице со списком своих друзей, однако переместить данный список или какую–нибудь его часть на другой сайт уже нельзя.

Изоляция наступает потому, что каждый из массивов информации не имеет своего URI. Связь между различными данными существует только в рамках одного сайта. Чем больше вы вводите информации о себе, тем больше сайт вас к себе привязывает. Таким образом, социальная сеть позволяет клиенту лишь хранить свои данные, но не контролировать их. И чем шире будут использоваться подобные принципы построения сети, тем более фрагментированным станет Интернет и тем меньше мы будем наслаждаться единым, универсальным информационным пространством.

ВЕБ ИЛИ ИНТЕРНЕТ?

Веб – это одно из приложений, работающих в Интернете, наподобие сервиса обмена мгновенными сообщениями. Интернет представляет собой электронную сеть, которая передает информацию на компьютеры в виде пакетов с помощью проводной или беспроводной связи, используя при этом несколько протоколов обмена (правил), известных под разными аббревиатурами. Интернет и приложения можно представить себе условно в виде структуры, состоящей из слоев, каждый из которых пользуется услугами смежного слоя. Можно провести такую аналогию: приложения – это электроприборы, которые подключаются к электрической сети



Graphic by Jen Christiansen

Возникающая в связи с этим опасность состоит в том, что сайты социальных сетей – будь то один поисковик или один браузер – разрастутся настолько, что, превратившись в монополию, попытаются ограничить процесс инноваций. Как это и происходило с момента возникновения Веба, непрерывное творчество широких масс пользователей – вот лучшая система сдержек и противовесов, способных контролировать компании и государственные власти, которые пытаются посягать на принцип универсальности. GnuSocial и Diaspora – это интернет–проекты, которые, предоставляя свои сервера, позволяют любому пользователю создавать собственные социальные сети и подключаться к любому пользователю на любом другом сайте. Проект Status.net, на основе которого построены такие сайты, как identi.ca, дает возможность пользователю управлять своей собственной сетью, схожей с системой микроблогов Twitter, но в отличие от него не допускает централизации.

Открытые стандарты – условие инноваций

Возможность переходить по ссылке с одного сайта на другой – необходимое, но не достаточное условие надежности Сети. Базовые веб–технологии, позволяющие физическим лицам и компаниям разрабатывать мощные сервисы, должны быть доступны на бесплатной основе. Так, например, Amazon.com был сначала огромным онлайновым книжным магазином,

ВЕБ В БУДУЩЕМ

В настоящее время мы наблюдаем несколько интересных тенденций, возникших благодаря базовым принципам Веба. Они помогут изменить способ существования виртуального и физического миров

ОТКРЫТЫЕ ДАННЫЕ

Благодаря размещению в Вебе информации и созданию ссылок на нее пользователи во всем мире получают новые возможности. Это уже помогло избежать столкновений велосипедистов в Лондоне, выявить случаи дискриминации в Огайо, а также оказало содействие спасательным командам на Гаити после сильнейшего землетрясения в январе 2010 г.

СОЦИАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Многие люди любят писать рецензии о ресторанах и выставлять им рейтинги, что оказывает воздействие на предпочтения будущих клиентов. Такая деятельность – один из примеров социальной машины. Разрабатываются и более сложные социальные машины, которые вместо ресторана могут оценить область науки и качество функционирования демократии.

НАУКА О ВСЕМИРНОЙ ПАУТИНЕ

В настоящее время человек подошел лишь к поверхностному пониманию способа, посредством которого Веб отражает реальный мир в целом и его отдельные части. Наука о Всемирной паутине – новая область знания, изучаемая в различных организациях. С ее помощью выявляются интересные закономерности создания Веба, его функционирования, а также то влияние, которое он оказывает на общество

БЕСПЛАТНЫЕ КАНАЛЫ

Мало кто в развивающихся странах может себе позволить доступ в Интернет. Однако подключение к бесплатному Интернету, пусть и обладающему очень низкой пропускной способностью, могло бы значительно повысить качество образования, здравоохранения и уровень развития экономики этих регионов, а также побудить некоторых пользователей перейти на быстрые и платные услуги



Illustration by John Hendrix

затем сделался магазином музыкальным и в конце концов преобразовался в супермаркет, где продают все что угодно. Это стало возможным из–за того, что Amazon открыл свободный доступ к техническим стандартам, по которым работает Веб. Сайт Amazon, как и любой другой субъект Сети, мог применять HTML, URI и HTTP, не спрашивая ни у кого разрешения и ничего за них не выплачивая. Он мог, конечно же, использовать новшества, разработанные Консорциумом Всемирной паутины, позволяя клиентам заполнять на компьютере формы заказа, платить за товар через Интернет, оценивать купленный товар и т.д.

«Открытыми стандартами» я называю такие стандарты, к разработке которых может подключиться любой квалифицированный пользователь и которые, получив широкое одобрение, доступны в Сети на бесплатной и безвозмездной основе как для разработчиков, так и для обычных пользователей. Открытые, бесплатные и простые в использовании стандарты – фактор, создающий разнообразие и богатство Всемирной паутины, начиная с таких громких имен, как Amazon, Craigslist и Wikipedia, и кончая малоизвестными блогами энтузиастов, вплоть до любительских видео, созданных подростками.

Принцип открытости также означает, что любой пользователь может создать веб–сайт без санкции кого бы то ни было. Когда Всемирная паутина только зарождалась, мне не нужно было получать никаких разрешений или выплачивать отчисления за то, чтобы пользоваться стандартами Интернета (такими как TCP и IP), находящимися в открытом доступе. Аналогичным образом, согласно принципам соглашения веб–консорциума по бесплатному предоставлению патентованных материалов, компании, университеты и частные лица, которые вносят вклад в развитие стандарта, должны договориться о том, чтобы не взимать плату с тех, кто будет данный стандарт использовать.

Тот факт, что стандарты открыты для всех на бесплатной основе, совсем не означает, что компания или частное лицо не может создавать какие–то свои блоги или программы обмена фотографиями и взимать за них плату. Конечно, могут. Пользователь также может им заплатить, если решит, что их ресурс лучше, чем другие, ведь открытые стандарты подразумевают наличие множества вариантов – и платных, и бесплатных.

Действительно, многие компании тратят большие деньги на разработку невиданных доселе приложений как раз потому, что они уверены: их приложения подойдут каждому, независимо от компьютерного оборудования, операционной системы или поставщика интернет–услуг – такое положение дел стало возможным благодаря открытым стандартам Сети. Та же уверенность побуждает ученых день и ночь работать над созданием обширных баз данных, которые могут обмениваться любой информацией – скажем, информацией о белках в надежде создать какие–нибудь лекарства. Та же уверенность подвигает правительства таких стран, как США и Великобритания, становиться прозрачнее, т.е. выкладывать в открытом доступе все больше и больше данных о своей деятельности, чтобы граждане могли проверить их. Кроме того, открытые стандарты также повышают вероятность научных открытий, ведь кто–нибудь в конце концов может использовать эти стандарты так, как никому другому и в голову не придет. И мы постоянно наблюдаем подобную картину в Интернете.

С другой стороны, если не использовать открытые стандарты, то начнут появляться замкнутые миры. Например, системы iTunes, разработанные Apple, идентифицируют песни и видео с помощью URI, которые открыты. Но вместо HTTP: используются закрытые адреса – Itunes:, к которым можно получить доступ только с помощью специальной программы iTunes, разработанной компанией Apple. И вот оказывается, что пользователь не может делать ссылки на любую информацию в мире, где используется iTunes (скажем, ссылки на песни или информацию о группе), а также не может отправлять ссылки – а это означает, что пользователь уже находится за пределами Всемирной паутины. Мир iTunes централизован и огорожен высоким забором; можно сказать, что, покинув открытый рынок, мы оказались запертыми в магазине. Но несмотря на все замечательные особенности этого магазина, у него есть один недостаток – его развитие зависит от предпочтений его хозяина.

И другие компании тоже создают закрытые миры. Так, например, некоторые журналы стремятся создавать приложения для смартфонов, а не разрабатывать веб–приложения. Подобная практика вселяет тревогу, потому что в результате из Всемирной паутины начинает испаряться контент. Теперь уже ни закладки не поставишь, ни ссылки не отправишь по почте или по системе микроблогов Twitter. Конечно, лучше всего было бы создать такое веб–приложение, которое смогло бы работать и на смартфонах; и здесь мы видим, что технические решения постоянно совершенствуются.

Мне скажут, что закрытые миры – это совсем не плохо: ими легко пользоваться; порой кажется, что они могут дать пользователю все, что он захочет. Но, как мы уже видели в 1990–е гг. на примере информационной системы America Online, которая предоставляла доступ лишь к ограниченному сектору веба, все эти «сады за высокими заборами», несмотря на их привлекательность, никогда не смогут конкурировать по разнообразию, богатству и инновационному потенциалу с расположенным за воротами водоворотом рынка Веба. Однако если все эти охраняемые сады–острова оказывают сильное влияние на рынок, то этим они сдерживают общее развитие.

Отделим Веб от Интернета

Соблюдение принципов универсальности Веба и открытых стандартов дает возможность пользователям создавать все новые и новые сервисы. Однако Веб с Интернетом расходятся по третьему принципу – принципу разделения уровней.

Фундаментальное различие в том, что Веб – это приложение, которое работает в Интернете, представляющем собой элек-

тронную сеть, передающую пакеты информации в соответствии с несколькими открытыми протоколами через миллионы компьютеров. Здесь аналогия такая: Веб – это бытовой прибор, Интернет – электрическая сеть. Продолжаем аналогию: условия работы холодильника и принтера – это протоколы. Любое приложение, включая Веб, электронную почту и службу мгновенных сообщений (мессенджер) – может работать в Интернете до тех пор, пока оно использует несколько стандартных интернет–протоколов, например TCP/IP.

Производители могут усовершенствовать модели холодильников и принтеров, не меняя принципов работы электрической сети, а энергосбытовые компании могут улучшать работу своей электрической сети, никак не влияя на функционирование бытовой техники. Два уровня технологий работают совместно, но могут развиваться независимо друг от друга. То же самое верно в отношении Веба и Интернета. Принцип разделения уровней имеет решающее значение для инноваций. В 1990 г. область Веба перекрыла Интернет, никак на него не повлияв. С тех пор картина не изменилась. Скорость передачи данных в Интернете увеличилась с 300 до 300 млн бит в секунду, при этом Веб смог справиться с высокими скоростями без каких–либо конструкционных изменений.

Электронные права человека

Несмотря на то что Интернет и Веб разделены, каждый пользователь Веба – одновременно и пользователь Интернета, и потому он полагается на Интернет, свободный от диктата извне. Когда Всемирная паутина делала первые шаги, компаниям и государству было технически слишком сложно манипулировать Интернетом и отслеживать деятельность пользователей в нем. Однако с тех пор технологии ушли далеко вперед. В 2007 г. компания BitTorrent, чей сетевой протокол P2P («равный – равному») позволял обмениваться музыкой, видео и другими файлами непосредственно через Интернет, обратилась в Федеральное агентство по связи (ФАС США) с жалобой на то, что гигантский поставщик интернет–услуг Comcast блокирует или замедляет трафик для клиентов, использовавших приложения BitTorrent. ФАС потребовало от Comcast прекратить подобную практику, но в апреле 2010 г. федеральный суд постановил, что ФАС не имело права выдвигать подобные требования в адрес Comcast. Основание решения таково: образцовый провайдер всегда регулирует трафик таким образом, чтобы при недостаточной пропускной способности канала отдать приоритет более важному трафику, отбросив менее важный, но делает это прозрачно, оповещая пользователей. Подобную практику нельзя считать ущемлением прав.

Это различие проливает свет на принцип сетевого нейтралитета, который подразумевает следующее: если я и вы заплатили за Интернет–соединение определенного качества, скажем, 300 Мбит/с, то мы оба должны получить заявленное качество соединения. Данный принцип не позволяет большим провайдерам отсылать вам видео от какой–либо своей дочерней медиакомпании со скоростью 300 Мбит/с и в то же время занижать скорость трафика, поступающего к вам от компании–конкурента. Подобная практика расценивалась бы как недобросовестная конкуренция. Но могут возникнуть и другие проблемы. Например, что делать, если ваш провайдер облегчил вам доступ к какому–то определенному интернет–магазину обуви, затруднив доступ к другим? Это можно расценить как сильное давление. Другая ситуация: провайдер затрудняет вам доступ к сайтам некоторых политических партий, религиозных конфессий или же к сайтам сторонников учения Дарвина – что делать?

К сожалению, в августе Google и Verizon по каким–то причинам предложили больше не распространять принцип сетевого нейтралитета на соединения, установленные с мобильных телефонов. Но ведь повсюду в мире большинство сельских жителей заходят в Интернет только через мобильные телефоны; и если на беспроводную связь не будет распространяться принцип сетевого нейтралитета, то такие пользователи станут подвергаться дискриминации. Кроме того, странно выглядит ситуация, когда мое фундаментальное право на доступ к источнику информации, выбранному по моему усмотрению, следует применять только когда я сижу дома за компьютером, подключенным к беспроводной сети, и не применять, если я пользуюсь мобильным телефоном – тоже ведь беспроводным.

Нейтральность среды распространения информации – это основа честной и конкурентоспособной рыночной экономики, а также демократии и науки. В 2009 г. вновь возникли споры о том, должно ли законодательство защищать принцип сетевого нейтралитета. Да, должно защищать. Хотя Интернет и Веб процветают при отсутствии регулирования извне, все же некоторые базовые ценности должны охраняться законом.

Не подсматривай

Другие угрозы Вебу исходят от попыток поставить Интернет под контроль, используя в том числе и несанкционированное наблюдение за клиентом. В 2008 г. компания Phorm разработала метод, позволяющий интернет–провайдерам заглядывать внутрь пакетов информации, посылаемых через Интернет. Провайдер может определить адреса всех сайтов, которые посещал пользователь, и обобщить всю информацию об этих сайтах, для того чтобы затем направлять своему клиенту целевую рекламу.

Доступ к содержимому пакета информации эквивалентен прослушиванию телефона или перлюстрации частной корреспонденции. Адреса сайтов, которые посетил пользователь, могут многое

о нем рассказать. Компания, которая купила, скажем, базу данных со списками сайтов, просмотренных претендентами на рабочее место, может использовать полученную информацию с тем, чтобы, например, при найме на работу выбрать тех, чьи политические взгляды соответствуют линии предприятия. Компании, занимающиеся страхованием жизни, могут отказать в страховке людям, которые собирали в Интернете информацию о заболеваниях сердца. Кроме того, эти базы данных могут попасть в руки злоумышленников. Наверное, люди стали бы вести себя в Сети совсем по–другому, если бы знали, что каждый щелчок по компьютерной мышке и каждый удар по клавиатуре где–то фиксируются, а информация может попасть к третьим лицам.

Кроме того, необходимо защитить свободу слова. Веб должен напоминать чистый лист бумаги, на котором можно писать все что угодно, не опасаясь контроля над содержанием написанного. В самом начале 2010 г. Google обвинил китайские власти в том, что они несанкционированно проникли в базы данных с целью похищения адресов электронной почты китайских правозащитников. Базы были взломаны после того, как Google ответил отказом на требования Пекина подвергать цензуре некоторые чувствительные темы в поисковой системе на китайском языке.

Но права граждан на доступ к сетевой информации нарушаются не только тоталитарными правительствами. Так, в 2009 г. во Франции был принят закон HADOPI, регулирующий авторские права. Этот закон разрешает недавно созданному одноименному агентству отключать семью от Интернета на год, если хотя бы один из ее членов, по утверждению медиакомпании, незаконно копировал музыку или видео. После жарких споров Конституционный суд Франции в октябре 2010 г. постановил: отключение должно производиться только после рассмотрения дела в суде. Если все же будет установлен факт нарушения закона, то семью разрешено лишать доступа к Сети. В Великобритании Акт о цифровой экономике, спешно принятый в апреле 2010 г., позволяет государству требовать от провайдера отключения от Интернета тех пользователей, кто вошел в список лиц, подозреваемых в нарушении авторских прав. В сентябре того же года Сенат США представил на рассмотрение Акт по противодействию нарушению авторских прав и мошенничеству, который позволит властям страны создавать черный список сайтов, размещенных как на территории, так и за пределами США, которые обвиняются в нарушении авторских прав, а также строго обязывает всех провайдеров блокировать доступ к таким сайтам.

Во всех этих случаях закон не предусматривает никаких процессуальных норм, которые бы могли защитить незадачливых пользователей, прежде чем их отключат от Интернета или заблокируют их сайты. С учетом того огромного влияния, которое Веб оказывает на многие стороны нашей жизни, отключение от него фактически равносильно лишению свободы. И сегодня, пропитываясь духом Великой хартии вольностей, мы повторяем ее слова на современный лад: «Ни один человек и ни одна организация не могут быть лишены возможности подключения к другим лицам и организациям без соблюдения надлежащей правовой процедуры и презумпции невиновности».

Если ваши сетевые права нарушены, то здесь решающее слово за общественным мнением. Так, граждане по всему миру высказали столь сильное неприятие претензий Китая к Google, что госсекретарь Хиллари Клинтон вынуждена была заявить, что власти США поддерживают действия корпорации Google, и что защита свободы на просторах Интернета – равно как и свободы внутри Веба – должна стать одним из направлений внешней политики США. Еще пример: в октябре 2010 г. Финляндия гарантировала всем своим гражданам право на доступ к широкополосной сети со скоростью 1 Мбит/с.

Устанавливаем соединение с будущим

Пока основные принципы Веба соблюдаются, его дальнейшая судьба не будет зависеть от воли одного человека или организации. Если мы сохраним его принципы, то в будущем Всемирная паутина предоставит нам множество фантастических возможностей.

Например, последняя версия HTML, названная HTML5, – это не просто язык разметки, но вычислительная платформа, которая будет создавать более мощные, чем сейчас, веб–приложения. Вместе с распространением смартфонов важность Веба для нас еще больше возрастет. Беспроводной доступ окажет неоценимую услугу развивающимся странам, в которых многие жители, будучи не в силах позволить себе проводную связь, прибегают к услугам связи мобильной. Конечно, еще многое предстоит сделать, а именно обеспечить доступ к Интернету для людей с ограниченными возможностями, создать страницы, которые хорошо отображаются на мониторах любого размера – начиная от огромных настенных 3D–мониторов и заканчивая небольшими дисплеями размером с наручные часы.

Отличным примером будущих возможностей, которые укрепят все принципы Веба, могут быть связанные данные. В настоящее время Веб – действенное средство, способное помочь людям с публикацией и поиском документов, но пока наши компьютерные программы не могут прочесть или обработать данные внутри таких документов. После решения этой задачи Интернет станет куда более полезным инструментом, т.к. данные почти обо всех сторонах нашей жизни накапливаются с удивительной быстротой. Заключенная в них информация по-



ОБ АВТОРЕ

Тим Бернерс–Ли (Tim Berners–Lee) – изобретатель Веба. Сегодня он возглавляет международный Консорциум Всемирной паутины, расположенный в Массачусетсском технологическом институте США, одновременно – профессор Массачусетсского технологического института и Университета Саутгемптона в Англии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Creating a Science of the Web. Tim Berners–Lee et al. in Science, Vol. 313; August 11, 2006. Also, see the Web Science Research Initiative: www.webscience.org Notes by Tim Berners–Lee on Web design and other matters: www.w3.org/DesignIssues. The World Wide Web Consortium's main page is www.w3.org

■ The World Wide Web Foundation funds and coordinates efforts that see to it that the Web serves humanity: www.webfoundation.org

зволит нам излечивать болезни, развивать бизнес и более эффективно управлять нашим миром.

Ученые прилагают максимум усилий для того, чтобы связанные данные стали доступны в Вебе. Исследователи, например, прекрасно понимают, что во многих случаях наличия одной лаборатории или сетевого хранилища данных совсем не достаточно для того, чтобы создать новые лекарства. Информация, необходимая для уяснения сложных взаимосвязей между заболеваниями, биологическими процессами в организме человека и широким спектром химических веществ, распространяется по всему миру, оседая в виде несметного числа баз данных, электронных таблиц и документов.

Один из успехов связан с созданием лекарства, предназначенного для борьбы с болезнью Альцгеймера. Ряд корпоративных и государственных исследовательских лабораторий отказались от своей обычной практики, перестав скрывать свои данные и учредив специальную Программу по нейровизуализации болезни Альцгеймера. Огромное количество информации о пациентах вместе с результатами сканирования их головного мозга они разместили в виде связанных данных, к которым они много раз обращались для расширения исследований. На одной из презентаций один из ученых спросил меня: «Какие белки участвуют в передаче сигнала и связаны с пирамидальными нейронами?» Поместив этот запрос в Google, мы получили 233 тыс. ссылок и ни одного ответа. Однако задав тот же самый вопрос в среде, охватывающей связанные базы данных, мы все получили небольшое количество специфических белков, которые обладают заданными свойствами.

Инвестиционный и финансовый секторы тоже могут получить выгоду от использования связанных данных. Прибыль формируется в значительной степени в результате поиска закономерностей в неуклонно растущем разнообразии источников информации. Когда вы посещаете свой сайт социальной сети и устанавливаете связь с новичком, указав его в качестве друга, то вы устанавливаете связь, а связь – это данные.

Связанные данные затрагивают некоторые вопросы, которые нам придется в дальнейшем решать. Например, новые возможности сбора данных могут поставить под угрозу неприкосновенность частной жизни, которую современное законодательство защищает слабо. Мы должны найти такие правовые, культурные и технические методы обеспечения конфиденциальности, которые не уменьшили бы преимуществ от обмена данными.

Наступили удивительные времена. Веб–разработчики, компании, правительства и граждане должны совместно работать, придерживаясь принципов открытости, как и происходило до сих пор, с тем чтобы сохранить основополагающие принципы устройства не только Интернета, но и Всемирной паутины, а также гарантировать, чтобы созданные нами технологические правила и нормы общения в Сети не посягали на фундаментальные права человека. Мы создаем Всемирную паутину для того, чтобы ее будущие обитатели смогли бы придумывать нечто такое, что мы даже не можем себе вообразить.■

Перевод: И.В. Ногаев

ЧТО ДЕЛАТЬ С ЭЛЕКТРОННЫМИ КНИГАМИ?

Электронные книги еще слишком несовершенны, чтобы ими можно было заменить обычные издания

Дэвид Поуг

Летом этого года компания Amazon сделала шокирующее заявление: впервые электронных книг было продано больше, чем бумажных изданий. Компания представила информацию о количестве проданных электронных книг, а не объем поступившей выручки от продаж. В отчете не упоминалось о том, что электронная версия книги стоит $10, в то время как бумажное издание – $25. В отчете отсутствуют объемы продаж книг в мягком переплете (составляющих наиболее продаваемую категорию).

Для нас эта новость звучит печально. Возникает такое чувство, что обычные книги умирают вместе с частичкой нашей души. Неужели настанет тот день, когда мы будем лишены удовольствия, взяв в руки увесистую книгу, не спеша перелистать ее мягко шуршащие страницы, насладиться запахом свежей типографской краски, а по дороге в вагоне метро заглянуть через плечо соседа и узнать, что читает человек, стоящий рядом с нами?

Однако хоронить печатную книгу явно преждевременно – по трем причинам.

Первая из них заключается в том, что мы неправильно оцениваем время, необходимое для внедрения высоких технологий. В 2001 г. вышел на экраны фильм «Космическая Одиссея», но по прошествии стольких лет мы все еще не танцуем беззаботно среди звезд. В фильме «Терминатор» предрекалось, что компьютерная система Skynet будет контролировать все ядерные арсеналы. Это должно было произойти еще 13 лет назад. И если деспотия Blade Runner должна наступить в 2019 г., то нам следует поторопиться.

Вторая причина в том, что приход передовых технологий не означает исчезновение старых, просто новые будут дополнять предыдущие. С появлением телевидения радио не ушло в небытие. Электронная почта не поставила крест на письмах в конвертах, а офис с электронным документооборотом может и не появиться. По этим причинам электронная книга не станет убийцей своего предшественника.

Но сегодня существует и третья причина: топорность самой технологии электронных книг. Сейчас вы можете купить электронную книгу у десятка компаний: Amazon, Barnes & Noble, Sony и т.д. Если в 2007 г. такое устройство стоило $400, то сейчас более продвинутая модель обойдется в $140. Однако эта цена все равно высока, и вы будете расстроены, если потеряете такое устройство. По сравнению с бумажной электронная книга более хрупка. Разряженный элемент питания оставит вас без приятного времяпрепровождения. Далее, для вывода текста на экран используются электронные чернила, которые имеют черный цвет на сером фоне монитора. При чтении не требуется яркая подсветка, т.к. формирование изображения идет в отраженном свете, нет необходимости выключать монитор, поскольку энергия расходуется только при смене страниц. Таким образом, слабый электронный импульс приводит к тому, что миллионы точек складываются в буквы на экране, которые останутся на нем, даже если отключить источник питания. Но у электронных чернил есть и слабые места. При каждой новой загрузке страницы происходит мерцание экрана. В некоторых случаях такая процедура занимает целую секунду. Согласитесь, становится явно не по себе, когда страница заканчивается фразой: «Он вырвал детонатор. У человечества остался только один шанс на выживание»?

Самая большая проблема заключается в самом контенте электронных книг. Издатели стремятся защитить авторские права. Как и ожидалось, каждая компания использует свои коды защиты. Вы не сможете прочитать книгу компании Kindle на мониторе компании Barnes & Noble Nook, так же как и книгу компании Sony Reader book не удастся прочитать на iPad.

Даже обычная книга, отпечатанная 200 лет назад, доступна современному читателю. Вероятность того, что созданную сегодня электронную книгу можно будет прочитать через 20 или 200 лет, равна нулю.

Вы не подарите старую электронную книгу вашим детям или друзьям. Вы не сможете ее продать. Почему нельзя распоряжаться электронной книгой как обычной? Вы заплатили за нее, не так ли?

Но не стоит заблуждаться: продажи электронных книг все равно будут расти. Электронные экраны будут совершенствоваться, а их стоимость – уменьшаться. Кроме того, теоретически возможно, что издатели займут более мягкую позицию в вопросах авторских прав.

Тем не менее сейчас соображения о том, что печатные книги умирают, явно преждевременны.■



ОБ АВТОРЕ

Дэвид Поуг (David Pogue) – обозреватель газеты New York Times, лауреат премии «Эмми» за материалы для CBS News.

ВИТАМИНЫ ОБЩЕСТВА

«...Они не знали, что в этом мире страшных призраков прошлого они являются единственной реальностью будущего, что они – фермент, витамин в организме общества. Уничтожьте этот витамин, и общество загниет, начнется социальная цинга, ослабеют мышцы, глаза потеряют зоркость, вывалятся зубы…
Им нужна новая атмосфера – атмосфера всеобщего и всеобъемлющего познания, пронизанная творческим напряжением...»

Аркадий и Борис Стругацкие, «Трудно быть богом»

В детстве любимыми передачами очень многих школьников были «Очевидное – невероятное» и «Хочу все знать». Как много изменилось с тех пор!

...Вся проблема – Интернет. Так думают многие родители. Типичные будни школьника – прибежать домой, включить компьютер с нездоровым блеском в глазах и, скачав апгрейд, пиратскую музыку и коды прохождения, превращать монстров в месиво, перемежая это милыми переговорами по Skype с группой таких же «профессиональных» охотников за нечистью. Новое поколение выбирает фальшивые ценности. А учеба – лишь на закуску и «для отмазки» от родителей, чтобы поиграть разрешили. Неужели это все, что дала цивилизация?

Уставшие от такой жизни хитрые родители, кажется, придумали противоядие – хотя бы на время. Хотите Интернет? Общаться с равными по Skype и на форумах? Побеждать? Пожалуйста! Таким «троянским конем» сейчас выступают всероссийские интернет–олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее» в рамках набирающего силу олимпиадного движения, возрождаемого Московским университетом и другими крупными вузами. Эта олимпиада – часть большой программы по развитию наноиндустрии в РФ. Основные олимпиадные события не только дадут возможность всем участникам попробовать свои силы, но и позволят победителям–абитуриентам поступить без экзаменов в МГУ и другие вузы, а студентам и молодым ученым дадут возможность продемонстрировать свои лучшие достижения в научно–исследовательской работе. Учеба ради победы, совмещенная с интригующим и вполне реалистичным соревнованием и дистанционно доступная каждому, а также поиск и поощрение действительно перспективных молодых талантов, чтобы дать им путевку в жизнь, прорыв в будущее.

Это факт: дистанционное образование становится все более популярным во всем мире, делая доступными современные достижения науки и техники, знания о том, что происходит в мире науки в любом, даже самом отдаленном уголке Земли. Крупнейшие университеты размещают свои лучшие лекции в открытом доступе. Так, всемирно известные подборки различных курсов находятся на сайтах Массачусетсского технологического института, Гарвардского университета и т.д. С изменением своего статуса сделал рывок и Московский университет. В списке приоритетных направлений его развития – доступное интернет–



Академики–лекторы и «витамины общества» на школе–конференции IV интернет–олимпиады по нанотехнологиям, прошедшей в 2010 г. при информационной поддержке журнала «В мире науки»

образование, интернет–телевидение, формирование видеоархива лучших лекций ведущих профессоров и выдающихся ученых и, разумеется, интернет–олимпиады.

Ругаемое всеми направление – нанотехнологии – стало одним из первых, открытых безбрежному простору Интернета, что отнюдь не случайно, ведь именно эта сфера высоких технологий пока лишена у нас в стране хороших учебников. Именно нанотехнологии вызывают сейчас смесь безудержного восторга ожидания манны небесной и отвращения к невежеству встречающихся еще шарлатанов. Однако от нанотехнологий в наступающем новом технологическом укладе уже никуда не денешься. Они пришли, и с этим фактом надо жить. Своеобразным ответом на этот вызов времени стал клуб участников интернет–олимпиад на сайте www.nanometer.ru, который, по сути, представляет собой бесплатные курсы подготовки в системе всероссийских интернет–олимпиад по нанотехнологиям. Очный тур олимпиады пройдет в форме своеобразной школы для участников, на которой ведущими профессорами МГУ будут прочитаны лекции по нанотехнологиям и современным наноматериалам.

А для того чтобы начать обучение, честную борьбу и, возможно, сделать новый шаг в карьере, не надо никуда ходить, достаточно раз–другой «кликнуть» мышкой... и победить! Стать тем «витамином общества», тем новым поколением научных гениев, которые выведут страну в технологические лидеры. И, глядишь, появится со временем полностью российский компьютер или телефон. Высокотехнологичный до самого последнего винтика. ■

Евгений Гудилин

Олимпиада проводится МГУ им. М.В. Ломоносова при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, РОСНАНО. Председатель оргкомитета олимпиады – ректор МГУ академик В.А. Садовничий. V интернет–олимпиада внесена в перечень олимпиад школьников по комплексу предметов «Химия», «Физика», «Математика», «Биология», что дает абитуриентам возможность поступления в вузы Российской Федерации (не только в МГУ) на льготных условиях. Официальный сайт олимпиады http://www.nanometer.ru содержит всю необходимую информацию. Участие в Олимпиаде на всех стадиях бесплатное. Страница Олимпиады на официальном портале Российского совета олимпиад школьников: http://www.rsr–olymp.ru/olympiads/2/



ПОЧЕМУ ЖЕНЩИНЫ ЖИВУТ ДОЛЬШЕ

Томас Кирквуд

Стресс – не единственная причина существования огромного разрыва в продолжительности жизни

Если кто-то еще считает женщин слабым полом, то у этих людей все же осталось время, чтобы изменить свою точку зрения. Приняв в качестве основного критерия продолжительность жизни, мы с удивлением обнаружим, что дамы сильнее нас с момента рождения и до глубокой старости. Среднестатистический мужчина быстрее, чем его прекрасная половина, преодолеет стометровую дистанцию, поднимет больший вес, однако его продолжительность жизни будет на пять–семь лет меньше, чем ее. Среди достигших возраста 85 лет на шесть женщин приходится четыре мужчины, а к рубежу в 100 лет счет – 2:1. Рекорд продолжительности жизни сегодня составляет 122 года, и здесь перевес в пользу представительниц прекрасного пола значителен – 1:0.

Почему же женщины живут дольше мужчин? Одной из причин, почему последние буквально загоняют себя в могилу, могут быть проблемы и стрессы, получаемые на работе. Если это действительно так, то в наши дни, когда гендерная политика изменила роль женщины, разрыв в продолжительности жизни должен исчезнуть или как минимум сократиться. Но пока такие тенденции не отмечаются. Работающие в офисах дамы живут дольше, так же как их матери–домохозяйки, принадлежащие к предыдущему поколению. Более того, кто поверит в то, что, пребывая на работе, хозяин дома испытывает больше трудностей, нежели его жена на кухне в окружении детей? Только подумайте, сколько стрессов приходится на долю обычной домохозяйки! По уровню напряженности ее труд не уступает работе занятых в офисе. Статистика показывает, что, вступая в брак, молодой человек получает больше, чем его избранница. Холостяки живут гораздо меньше, чем семейные мужчины, а продолжительность жизни замужних дам лишь ненамного больше, чем одиноких. У кого же легче жизнь?

Возможно, у женщин меньше вредных привычек, таких как курение, они реже подвержены алкоголизму, больше следят за своим питанием? Но число курящих женщин увеличивается, они употребляют все больше спиртных напитков, все чаще едят нездоровую пищу. В любом случае возникает вопрос: почему пожилым дамам, несмотря на наличие большого количества болезней, удается прожить дольше? Аргумент в пользу образа жизни не объясняет эту загадку.

Как специалист в области геронтологии, я стараюсь найти объяснение в биологии, изучая других животных. Оказывается, все самки живут дольше, чем самцы. Этот феномен приводит к мысли, что причина кроется в области биологии.

Многие ученые считают, что процесс старения связан с накоплением в организме большого числа микроскопических дефектов в молекулярной цепочке ДНК, наличием сбоя в системе молекулы и т.д. Процесс появления ошибок и их корректировки и определяет продолжительность нашей жизни. Организм обладает удивительной способностью восстанавливать поврежденные клетки, но, к сожалению, она не идеальна. Некоторые поврежденные клетки не удается восстановить, и они с годами накапливаются в орга-

KENDRICK BRINSON Liceo

низме. Мы стареем потому, что в нас концентрируются ошибки.

Почему наш организм не может исправлять их эффективнее? В принципе, это можно делать гораздо лучше. В теории мы можем жить вечно. Почему же этого не происходит? Исправление ошибок в организме требует затрат большого количества энергии, а наши далекие предки, охотившиеся на земле много лет назад, не могли получить ее в таких объемах. Под давлением эволюционных процессов энергия тратилась на выживание и продолжение рода, а не на вечную жизнь индивида. Наши гены создавали тело для короткого времени пользования, необходимо было достигнуть репродуктивного возраста и дать потомство, энергия не тратилась на вечную жизнь, т.к. вероятность погибнуть от внешних причин была слишком велика. Другими словами, гены аморальны, а тело, которое греки называли «сома», используется только один раз.

В конце 1970–х гг. я выдвинул эту идею. С тех пор сторонников теории одноразовой сомы стал гораздо больше. Я уже писал на эту тему в журнале Scientific American (Кирквуд Т. Почему мы не живем вечно? // ВМН, № 11–12, 2010). Несколько лет назад наша лаборатория доказала, что долгоживущие животные имеет лучшую систему исправления ошибок. Они умнее, больше, а, например, птицы и летучие мыши обзавелись крыльями, чтобы сделать свою жизнь безопаснее. Если есть возможность избежать риска, улетев от хищника в небо, оказаться немного смышленее или просто превзойти размерами, то тело становится не таким уязвимым, и можно потратить больше энергии на исправление ошибок, в нем накопившихся.

Может быть, женщины живут дольше потому, что их тело более приспособлено к жизни? Это хорошее объяснение с точки зрения биологии. У человека, как и у других животных, телу следует выполнять репродуктивные функции. Плод должен иметь возможность расти в утробе матери, младенцу необходимо питаться ее молоком. Таким образом, если организм самки не будет устойчивым к повреждениям, то он не сможет произвести на свет здоровое потомство. Репродуктивная функция мужчины не столь прямо связана с состоянием его организма.

Однако утверждение о том, что с точки зрения биологии главная цель женщины и мужчины – оставить потомство, после чего они могут спокойно умирать, было бы



слишком категоричным. Изучение детей в Танзании показало, что подростки, потерявшие отца до 15 лет, были немного ниже, чем их сверстники (а рост – показатель здоровья человека). Подростки, потерявшие в таком же возрасте мать, были не только меньше ростом, но и слабее, при этом продолжительность их жизни была меньше. И вообще, с точки зрения эволюции стремление к воспроизводству сокращает продолжительность жизни. Высокий уровень тестостерона, обеспечивающего хорошую плодовитость, сокращает жизнь.

Женщины могут продолжать свою борьбу за равноправие. Исследования на грызунах показали, что клетки самок восстанавливаются быстрее, чем у самцов, а хирургическое удаление яичника у самок снижает эти возможности. А вот кастрация самцов увеличивает срок их жизни, что могут подтвердить многочисленные владельцы кошек и собак. Итак, возможно, кастрация – это билет в долгожительство для мужских особей.

Насколько это может быть справедливо для людей? Когда-то евнухи входили в элитарные круги многих обществ. В Китае мальчиков кастрировали, чтобы они служили императору, при этом не посягая на его жен. В Европе к такой экстремальной процедуре прибегали для того, чтобы сохранить вокальные способности подростков.

Исторический опыт недостаточен для того, чтобы однозначно утверждать, что кастрированные мужчины живут дольше, но косвенные подтверждения этому имеются. Несколько лет назад была весьма распространена кастрация пациентов психиатрических клиник. Исследование, проведенное в одной из подобных клиник Канзаса, показало, что кастрированные люди живут на 14 лет дольше, чем их сверстники. Тем не менее я сомневаюсь, что многие мужчины (включая меня) согласятся продлить свою жизнь на несколько лет таким способом. ■



ОБ АВТОРЕ

Томас Кирквуд (Thomas Kirkwood) – директор Института старения и здоровья при Университете Ньюкасла, автор книги Time of Our Lives: The Science of Human Aging («Время нашей жизни: наука о старении человека»).

KENDRICK BRINSON Liceo

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

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:

- по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, кор. 46, офис 138, редакция журнала «**В мире науки**»;
- по электронной почте podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
- по факсу: +7(495) 939–42–66

Стоимость подписки на первое полугодие 2011 г. составит:

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

Для юридических лиц: **1500 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2005–2006 гг. — **50 руб. 00 коп.**, за 2007 г. — **70 руб. 00 коп.**, за 2008 г. — **80 руб. 00 коп.**; за 2009 г. — **100 руб. 00 коп. — первое полугодие, 110 руб. 00 коп. — второе полугодие**; за 2010 г. — **120 руб. 00 коп. (без учета доставки)**; стоимость почтовой доставки по России — **70 руб**.

Номера журнала за 2003–2004 гг. предоставляются в редакции бесплатно.

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

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

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

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010 г.												
2009 г.												
2008 г.												
2007 г.	■		■									
2006 г.		■								■	■	
2005 г.												
2004 г.		■					■	■	■			■
2003 г.	■	■		■		■	■	■		■	■	■

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп._____ Кв._____

Телефон _____

E–mail:_____

ЗАО «В мире науки»
Расчетный счет 40702810100120000141
в ОАО «ВТБ» г. Москва БИК 044525187
Корреспондентский счет 30101810700000000187
ИНН 7709536556; КПП 770901001

_____

_____

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик

ЗАО «В мире науки»
Расчетный счет 40702810100120000141
в ОАО «ВТБ» г. Москва БИК 044525187
Корреспондентский счет 30101810700000000187
ИНН 7709536556; КПП 770901001

_____

_____

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик

■ **ПОДПИСКА НА ПЕРВОЕ ПОЛУГОДИЕ 2011 г. НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ТОЛЬКО ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ**



Читайте в следующем выпуске журнала



НА ЗАРЕ СЕКСА

Ученые считали, что внутреннее оплодотворение у позвоночных возникло примерно 350 млн лет назад, появившись впервые у акул и родственных им рыб. Однако недавно обнаруженные окаменелости показывают, что совокупление и вынашивание плода матерью – достижение гораздо более раннего периода и более примитивных рыб. Это открытие проливает новый свет на структуру репродуктивной системы человека

КОНТАКТ: ДНЕМ ПОЗЖЕ

Если мы вообще когда–нибудь сможем принять сигнал от представителей внеземных цивилизаций, то это произойдет скоро. Достижения науки и техники сейчас позволяют астрономам сканировать достаточное количество космических тел, и это резко повышает шансы на успех. Однако что это нам даст?

СЕМЕНА С АМАЗОНКИ

Ботаники собрали семена в одном из самых биологически разнообразных мест на Земле

СТО ТРИЛЛИОНОВ СВЯЗЕЙ

Один нейрон не может почти ничего, а вот если связать в одну сеть несколько сотен, то уже появится примитивная нервная система, достаточная, например, для червя. Чем больше нейронов, тем более сложен организм. Главная задача нейронауки – выяснить, как же миллиарды нейронов создают человеческое сознание

РОБОТЫ–УЧЕНЫЕ

Машины могут выдвигать гипотезы, проводить эксперименты, получать результаты – и все это без участия человека