

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

№11-12 2010

ФИЗИКА

СТИВЕН ХОКИНГ О ТЕОРИИ ВСЕГО

БИОЛОГИЯ

СЕКРЕТ ОСЬМИНОГА

ПСИХИАТРИЯ

БОРЬБА С АУТИЗМОМ

АСТРОНОМИЯ

ОРИГАМИ-ОБСЕРВАТОРИЯ

РОБОТОТЕХНИКА

УРОКИ ЭТИКИ ДЛЯ РАЗУМНЫХ МАШИН

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ВИВЕК КУНДРА – ЗА ОТКРЫТОСТЬ

ЭВОЛЮЦИЯ: ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ

ISSN 0208-0621

10012

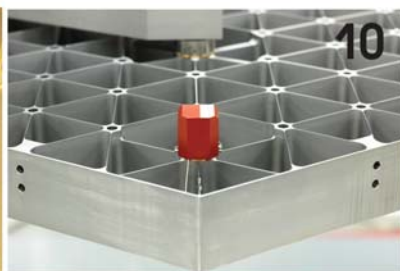
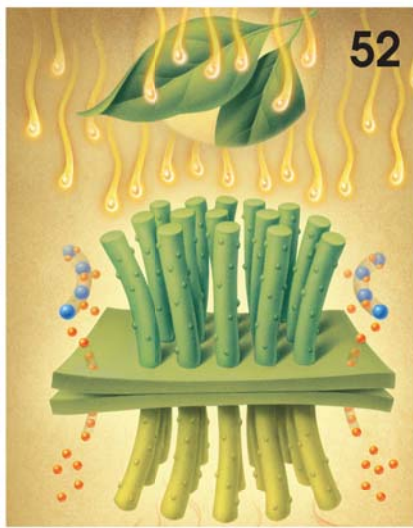


9 770208 062001

СПЕЦВЫПУСК ВНУТРИ



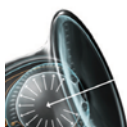
Журнал выходит при поддержке
МГУ имени М.В. Ломоносова



СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- | | | | |
|-----|--|----|---|
| 6 | <p>Физика
 НЕУЛОВИМАЯ ЕДИНАЯ ТЕОРИЯ ВСЕГО
 <i>Леонард Млодинов и Стивен Хокинг</i>
 Ученые давно пытаются найти единую теорию, объединяющую физику. Но, вероятно, им придется согласиться на несколько</p> | 32 | <p>Психиатрия
 ОТЧАЯННАЯ БОРЬБА С АУТИЗМОМ
 <i>Нэнси Шут</i>
 Аутизм диагностируется все чаще, но лечения по-прежнему нет</p> |
| 10 | <p>Астрономия
 ОРИГАМИ-ОБСЕРВАТОРИЯ
 <i>Роберт Айрион</i>
 NASA идет на инновационный и рискованный шаг: создание космического телескопа, способного превзойти современный флагманский проект «Хаббл»</p> | 40 | <p>Робототехника
 РОБОТЫ, БУДЬТЕ ДОБРЫ!
 <i>Майкл Андерсон и Сьюзан Ли Андерсон</i>
 Пришло время, чтобы роботы научились вести себя этично</p> |
| 20 | <p>Эволюция
 ЭВОЛЮЦИЯ: ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ?
 <i>Джонатан Притчард</i>
 Результаты новых исследований позволяют предположить, что недавняя эволюция человека шла в несколько ином направлении, нежели могли ожидать биологи</p> | 46 | <p>Информационные технологии
 КОМПЬЮТЕРНЫЙ ШЕФ
 <i>Интервью: Майкл Мойер</i>
 «Повелитель цифровых пространств» Белого дома Вивек Кундра решил обновить федеральную компьютерную инфраструктуру</p> |
| 30 | <p>Биология
 ЧУДО-ПРИСОСКА
 <i>Фрэнк Грассо</i>
 Присоски осьминога способны удерживать предметы, манипулировать ими, осязывать и ощущать их вкус, действуя при этом самостоятельно</p> | 52 | <p>Энергетика
 ИЗОБРЕТАЯ ЛИСТ
 <i>Антонио Регаладо</i>
 Возможно, что со временем топливо будут получать непосредственно из солнечного света</p> |
| 116 | <p>История
 ИСТОРИЯ: ПРЕОДОЛЕНИЕ НЕИЗВЕСТНОГО
 <i>Академик Валентин Янин</i> о неизменности и об изменчивости истории на материале новгородских раскопок</p> | | |





58



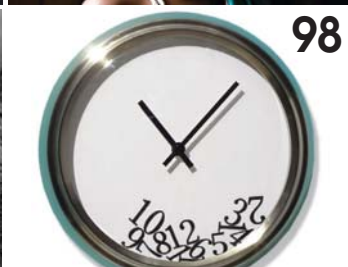
70



80



76



98

СПЕЦВЫПУСК: ВСЕ КОНЧАЕТСЯ

58 ВВЕДЕНИЕ ВЕЧНОЕ ОЖИДАНИЕ КОНЦА СВЕТА

Майкл Мойер

По каким причинам мы так любим истории о нашей собственной гибели

60 МЕДИЦИНА ПОЧЕМУ МЫ НЕ ЖИВЕМ ВЕЧНО?

Томас Кирквуд

Разгадав тайну старения, ученые, возможно, помогут нам дольше оставаться живыми и здоровыми

70 БИОЭТИКА ЖИВОЕ – ЖИВЫМ

Робин Маранц Хениг

В какой момент можно с уверенностью констатировать смерть, и когда становится допустимым взять жизнь у одного человека и отдать другому?

76 СУДЕБНАЯ МЕДИЦИНА ПРАХ К ПРАХУ

Арпад Васс

Что происходит с человеческим телом после смерти

80 АНТРОПОЛОГИЯ ПОСЛЕДНИЙ ИЗ ПЛЕМЕНИ

Текст и фотографии Уэйда Дэвиса

В современном мире одна за другой прекращают свое существование примитивные аборигенные культуры

88 ЭКОЛОГИЯ ЧТО ОСТАЛОСЬ В КЛАДОВЫХ

Майкл Мойер и Карина Сторрс

Наглядная картина того, каким именно объемом природных ресурсов располагает сегодня наша планета

96 АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТЕЙ СТАВКИ НА АПОКАЛИПСИС

Джон Мэтсон, оценки Джона Павлуса

Может ли современная цивилизация погибнуть? Специалисты оценивают восемь сценариев конца света

98 КОСМОЛОГИЯ МОЖЕТ ЛИ ВРЕМЯ ЗАКОНЧИТЬСЯ?

Джордж Массер

И да, и нет. Парадокс заключается в том, что оба исхода нереалистичны. Однако недавние исследования в физике предлагают решение этой проблемы

108 ПЕРЕЗАГРУЗКА ЧТО ОЖИДАЕТ НАС В БУДУЩЕМ?

Окончание знаменует собой новое начало. Наши научные консультанты рассказали о том, что ждет нас в ближайшие десятилетия

3 РАЗДЕЛЫ: 4 ОТ РЕДАКЦИИ 124 50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ



96

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. Юшьявичюте

Выпускающий редактор: М.А. Янушкевич

Корреспондент: Д.А. Мисюрлов

Над номером работали:

Н.Н. Алипов, А. В. Ващенко, А.Н. Божко, О.В. Закутняя, Б.А. Квасов,
Т.М. Колядич, Т.А. Митина, П.Ю. Мостинский, И.В. Ногаев,
А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, А.Н. Устинов, И.А.
Фролова, Д.С. Хованский, П.Ю. Худолей, М.Б. Чернышева,
Н.Н. Шафрановская

Научные консультанты:

академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор
В.А. Рубаков; научный сотрудник отдела астрометрии и службы
времени ГАИШ МГУ, кандидат физико-математических наук
О.С. Сажина; академик РАН, профессор, доктор исторических
наук В.Л. Янин

Арт-директор: С.Б. Кедис

Корректура: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор

АНО «Телекомпания "Очевидное-Невероятное"»: С.В. Попова

Директор Управляющей компании: И.Г. Семенов

Генеральный директор

ЗАО «В мире науки»: М.М. Стеблянок

Главный бухгалтер: А.С. Зырянова

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 №-10-11-00287

© 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.

НАШИ ПАРТНЕРЫ:



PETER



Telecominvest

SERVICE



**«ТЕЛЕКОМПАНИЯ
"ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ"»**



ОТ КОНЦА к НАЧАЛУ

Мы благодарны нашим читателям, которые в сложный для периодической печати период доказали, что наш журнал интересен и важен для них.

Наш номер с секретом: помимо привычных статей вы найдете в нем спецвыпуск, посвященный такому неоднозначному понятию, как окончание, прекращение, финал. Заканчивается 2010 г., на пороге – начало 20-х гг. XXI в. Есть что-то тревожное в ожидании завершения первого десятилетия нового века и тех изменений, которые принесет грядущий год.

Мы расскажем на страницах нашего издания, может ли закончиться время, что происходит с человеческим телом после смерти, как эксперты оценивают перспективы наступления конца света и почему мы не можем жить вечно. Но не все так мрачно. Все кончается для того, чтобы началось что-то другое, открылась новая дверь, за которой – снова жизнь. В нашем мире все течет, все меняется. Животные и растения приспосабливаются к среде обитания. Горные породы под воздействием тепла или давления меняют стро-

ение. Земля обращается вокруг Солнца, а оно следует своему пути сквозь вечное непостоянство космоса.

Биолог Джонатан Притчард делится с читателем своими соображениями и отвечает на вечный вопрос, как мы эволюционируем, а физики Стивен Хокинг и Леонард Млодинов описывают неувимую теорию всего. В других статьях говорится о трудностях создания этичных роботов, о проблемах родителей необычных детей, страдающих аутизмом, о производстве топлива с использованием искусственного фотосинтеза.

Ожидания сменяются новым импульсом к действию. Наука не стоит на месте, исследователи ищут и находят неожиданные и изящные решения проблем, над которыми их предшественники бились не одно десятилетие. Человек вплотную приблизился к разгадкам форм материи и тайны сознания, а мы продолжим информировать вас о том, что происходит на переднем крае науки. ■

Мариэтт Ди Кристина
главный редактор журнала *Scientific American*

НОЯБРЬ 1960

РАДИКАЛЬНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ. Природные комплексы Африки хрупки, и их легко погубить. Грандиозный провал проекта по выращиванию арахиса в Танганьике, маниакальной мечты, осуществлявшейся с пренебрежением к очевидными свойствами африканских почв, хорошо известен. Там, где растительность великого африканского плато заменили сельскохозяйственными культурами, многие почвы или стали твердыми как камень, или подверглись эрозии, и их продуктивность упала. Из полученных результатов следует один фундаментальный вывод: эффективное улавливание и преобразование солнечной энергии может поддерживаться только при существовании природных сообществ диких животных. Соответственно, получение пищевого белка возможно только путем управления названными сообществами.

ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА НАБИРАЕТ СИЛУ. «Недавно световоды одного из типов превратились из обычных игрушек в важные оптические устройства. Жгуты, сформированные из очень тонких и поэтому гибких оптических волокон с покрытием из особого сорта стекла, способны не только передавать свет извилистыми путями, но и различным образом преобразовывать его. По мере развития технологии волоконная оптика, несомненно, найдет широкое применение в разных областях науки и техники». – Нариндер Капани (Narinder S. Kapany).

НОЯБРЬ 1910

ПЕРВЫЙ САМОЛЕТ ВОЕННОГО ФЛОТА. Для первой попытки осуществления старта самолета с палубы морского корабля и его дальнейшего полета в заданный пункт на суше был выбран Юджин Или (Eugene Ely) с его бипланом Curtiss. Взлетная площадка была сооружена на носу корабля Birmingham, как показано на нашем рисунке. Или решил взлетать, несмотря на шквалистый ветер и дождь. В момент затишья между шквалами он запустил двигатель. Оторвавшись от площадки, самолет быстро пошел вниз и коснулся воды. Раздался всплеск. Зрители решили, что на этом полет и закончится. Однако самолет набрал высоту и продолжил полет. Он направился к ближайшему берегу, где благополучно приземлился.

РАСТУЩИЕ КЛЕТКИ. Д-р Алексис Каррель (Alexis Carrell) и его помощник по Рокфеллеровскому институту д-р Монтроуз Барроуз (Montrose T. Burrows) логично рассудили, что разработка методов, которые позволяли бы открывать законы физиологии, – это часть науки. Они начали систематическое изучение одного из таких методов, а именно выращивание зрелых тканей вне организма, от которого они были взяты. Их опыты пока-

зали, что зрелые ткани и органы растут вне организма очень легко. Придерживаясь строго научного подхода и будучи очень осторожными в оценке результатов своей работы, Каррелл и Барроуз все же рассчитывают, что совершенствование метода выращивания тканей млекопитающих вне организма будет очень полезно для исследования неизученных областей патологии человека и очень важно для сохранения человеческих жизней.

НОЯБРЬ 1860

УСПЕХИ БРАЗИЛИИ. От корреспондента газеты Philadelphia Ledger мы узнали, что строительство железной дороги под руководством деятельного американского инженера идет весьма успешно. Недавно строительство посетил в сопровождении свиты император Педро II, сторонник прогресса в искусстве и науках. Они проехали по одному из тоннелей, и император спускался в некоторые шахты, желая ближе познакомиться с этим грандиозным предприятием. При спуске в главный ствол большого тоннеля напротив императора был посажен майор Эллисон, т.к. он имел примерно такие же размеры и вес. Присутствовавшие министры пытались отговорить императора от спуска, но поскольку тот был уверен в безопасности системы, то решил удовлетворить свою любознательность и подал им пример. После визита императора все споры вокруг строительства тоннелей прекратились. Дорога пройдет от Рио-де-Жанейро до реки Параиба. ■



ПЕРВЫЙ СТАРТ САМОЛЕТА С ВОЕННОГО КОРАБЛЯ
США: Юджин Или со своим бипланом CURTISS
ВЛЕТАЕТ В ИСТОРИЮ, 1910 г.

ДЕКАБРЬ 1960

ЭВОЛЮЦИЯ И ПОВЕДЕНИЕ. Чайки живут колониями. Они круглый год совместно добывают пищу и гнездятся в период размножения. Такое поведение не вызвано внешними обстоятельствами; они собираются и остаются вместе, потому что определенным образом реагируют друг на друга. Их групповое поведение и кооперация происходят посредством коммуникации. Каждая особь демонстрирует значительный набор различных сигналов, положений, движений и демонстраций цвета, которые обуславливают соответствующие отклики от других представителей данного вида. Поскольку различия среди близкородственных видов птиц не вызваны окружающей средой, а действительно врожденные, стало ясно, что они возникли в результате дивергенции». – Николас Тинберген (Nikolaas Tinbergen). **ПРИМЕЧАНИЕ:** Николас Тинберген получил (совместно с Карлом фон Фришем и Конрадом Лоренцем) Нобелевскую премию по физиологии и медицине 1973 г. за работу по социальному поведению животных.

ДЕКАБРЬ 1910

ПОДВОДНЫЙ МИР. Сэр Джон Мюррей (John Murray), выдающийся океанограф, недавно посетивший Соединенные Штаты, несколько лет назад отметил в своем докладе перед Британской ассоциацией содействия развитию науки: «Открытия минувшей четверти века о жизни глубоководья были самым важным событием в естествознании со времен великих путешествий Колумба и Магеллана». Тот факт, что большие рифы и острова были сформированы в результате деятельности крошечных коралловых полипов, – всего лишь одно из свидетельств важности исследований животного мира океанов. Сегодня сотни натуралистов работают над материалами и данными, собранными Александром Агассисом (Alexander Agassiz), принцем Монако и другими исследователями глубоководья.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ОТТЕПЕЛЬ. Российское правительство до настоящего времени было не в состоянии поддерживать сообщение с Камчаткой девять месяцев в году вследствие серьезных зимних штормов. На помощь пришел беспроводной телеграф, и теперь эта область круглый год не выпадет из сообщения с остальным миром. Была установлена серия станций, и для операторов, которые возьмут на себя ответственность за эти изолированные пункты, предусмотрена система поощрений.

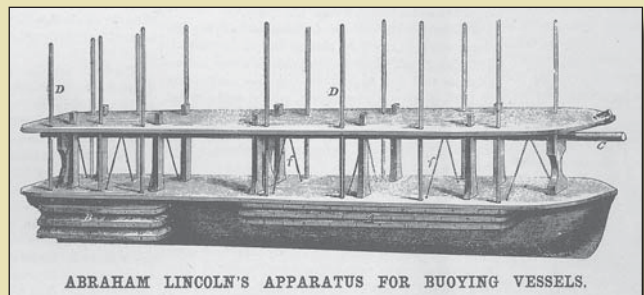
ИЗОБРЕТЕНИЕ АВРААМА ЛИНКОЛЬНА, 1860 г.

ДЕКАБРЬ 1860

ПАТЕНТ ЧЕСТНОГО ЭЙБА. Недавно при выполнении привычного круга обязанностей в Патентном бюро наше внимание привлекла модель запатентованного плавучего дока. Изобретение принадлежит ни больше ни меньше как избранному президенту Соединенных Штатов. Полагая, что многим нашим читателям было бы интересно посмотреть на продукт мыслительной деятельности столь выдающегося чиновника, мы приводим рисунок этой модели. Вероятно, что среди наших читателей есть тысячи механиков, которые могли бы разработать более удачную конструкцию, но сколько из них могут успешно претендовать на президентство?

АБСЕНТ – ЭТО ЗЛО. Пагубное пристрастие к новому возбуждающему средству – абсентину, горькому веществу из полыни, которое присутствует в алкогольных ликерах, – приобретает пугающие масштабы среди французской богемы. Несколько известных людей во Франции, говорят, уже пали жертвой его употребления. Многие медицинские светила страны осудили его. Мы надеемся, что это возбуждающее средство никогда не получит распространения среди нашего населения. Тот, кто потворствует своему пороку, в конечном счете станет болваном и паралитиком. Наука в самом высоком ее смысле учит нас, что человеку нужно сопротивляться тяге к стимуляторам.

ЧУДО–СРЕДСТВО. Отвар листьев перуанского кокаинового куста (*Erythroxylon coca*), недавно завезенный в Европу, привлек внимание своими специфическими стимулирующими свойствами. Эти листья, которые жуют в умеренных дозах, действуют возбуждающе на нервную систему, и позволяют тем, кто их употребляет, работать без усталости и сопротивляться воздействию нездорового климата, сохраняя жизнерадостность и расположение духа. Индейцы Боливии и Перу, отправляясь в четырехдневное путешествие, не берут с собой еды, вся их провизия – небольшая сумка с кокой. Хороший шанс запатентовать чудодейственное средство! ■



ABRAHAM LINCOLN'S APPARATUS FOR BUOYING VESSELS.

НЕУЛОВИМАЯ ЕДИНАЯ ТЕОРИЯ ВСЕГО

Исследователи давно пытаются найти единую теорию, объединяющую физику. Но, вероятно, им придется согласиться на несколько

Леонард Млодинов и Стивен Хокинг



Несколько лет назад муниципалитет г. Монцы (Италия) запретил любителям домашних животных содержать золотых рыбок в круглых аквариумах. Инициаторы подобно-го странного решения объяснили, что это жестоко, потому что из-за искривленных стенок их жилища у аквариумных обитателей создается искаженное представление об окружающем мире. Помимо внесения кардинальных перемен в жизнь бедных золотых рыбок, эта история поднимает интересный философский вопрос: откуда мы знаем, что воспринимаемая нами реальность такова на самом деле? Действительность в том виде, в каком ее лицезрит золотая рыбка, отличается от нашей, но как мы можем быть уверены, что она менее реальна? Ведь существует вероятность, что мы также можем потратить всю жизнь, рассматривая мир через искажающую линзу. В физике это вовсе не абстрактная задача. Физики и космологи оказываются в таком же затруднительном положении, как и золотая рыбка. В течение многих десятилетий мы стремились к окончательной «теории всего» – полному и согласованному набору фундаментальных законов природы, которые объясняют каждый аспект действительности. Теперь выясняется, что результатом поиска, возможно, станет не одна, а целое семейство связанных теорий, где каждая описывает свою собственную версию действительности, как бы рассматривая Вселенную через свой собственный круглый аквариум. Принять такую ситуацию многим, в том числе и некоторым активно работающим ученым, может оказаться затруднительно. Большинство людей полагают, что существует объективная реальность, о которой мы получаем информацию от наших органов чувств и посредством научных изысканий. Классическая наука основана на постулате, что существует внешний мир, свойства которого определены и независимы от наблю-

дателя, который их воспринимает. В философии соответствующее направление называется реализмом. Однако те, кто помнит Тимоти Лири и 1960-е гг., знают о другой возможности: представление об окружающей действительности может зависеть от состояния ума воспринимающего. Такая точка зрения (с некоторыми нюансами) известна как антиреализм, инструментализм или идеализм. Согласно этим доктринам, мир, который мы знаем, – продукт человеческого разума, использующего сенсорные данные как сырье, и сформирован он интерпретирующей структурой нашего мозга. Подобные воззрения трудно принять, но их легко понять. Нет никакого способа удалить «наблюдателя» (т.е. нас) из нашего восприятия мира. На том пути, по которому движется физика, становится все труднее защищать реализм. В классической физике – физике Ньютона, которая так точно описывает наш повседневный опыт, – интерпретация таких терминов, как объект и положение, находится по большей части в гармонии с нашим здравым смыслом, «реалистическим» пониманием этих понятий. Однако человек как измерительный прибор – очень грубый инструмент. Физики обнаружили, что повседневные объекты и свет, с помощью которого мы их видим, сами состоят из объектов, таких как электроны и фотоны, ко-

торые мы не способны воспринимать непосредственно. Эти объекты подчиняются законам квантовой теории, а не классической физики. Реализм квантовой теории кардинально отличается от реализма классической физики. В представлениях квантовой теории частицы не имеют ни определенных положений, ни скоростей, получая их только после того, как наблюдатель измерит эти величины. В некоторых случаях индивидуальные объекты существуют лишь как часть ансамбля многих частиц. В квантовой физике также содержатся представления, важные для понимания прошлого. В классической физике прошлое, как предполагают, существует как определенный ряд событий, но, согласно квантовой физике, прошлое, как и будущее, неопределенно и существует только как спектр возможностей. Даже Вселенная в целом не имеет однозначного прошлого или истории. Таким образом, квантовая физика подразумевает иную действительность, отличную от реальности классической физики, – даже при том, что последняя совместима с нашей интуицией и все еще хорошо служит, когда мы что-то проектируем, например здания и мосты. Приведенные примеры подводят нас к основополагающему заключению для истолкования положений современной науки. По нашему представлению, не существует

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Работа Стивена Хокинга о черных дырах и происхождении Вселенной – возможно, самый значительный шаг, который физики-теоретики сделали к объединению теории тяготения Эйнштейна с квантовой физикой в одну окончательную «теорию всего».
- Главный кандидат на эту роль – теория струн, но она имеет пять различных вариантов, каждый из которых охватывает ограниченный диапазон ситуаций.
- Однако сеть математических связей объединяет различные варианты теории струн в единую систему, почему-то названную М-теорией; возможно, сама сеть связей и есть окончательная теория.
- В новой книге *The Grand Design* («Великий замысел») Стивен Хокинг и физик из Калифорнийского технологического института Леонард Млодинов утверждают, что поиски окончательной теории, возможно, никогда не увенчаются единым набором уравнений. Они пишут, что каждая научная теория сопровождается своей собственной моделью действительности, и поэтому, возможно, не имеет смысла говорить о том, какова на самом деле действительность. Эта статья основана на указанной книге.



понятия реальности, независимо от некоторой картины мира или теории. Вместо этого мы принимаем некоторое представление, которое мы называем зависимым от модели реализмом: идея, что физическая теория или картина мира – модель (вообще говоря, математического характера) и набор правил, которые связывают элементы модели с результатами наблюдений. Согласно зависимому от модели реализму, бессмысленно спрашивать, реальна ли модель, можно только поинтересоваться, согласуется ли она с наблюдениями. Если с наблюдением согласуются две модели, ни одну из них нельзя считать более реальной. Можно использовать ту, которая более удобна в рассматриваемой ситуации.

Не пытайтесь подстраивать картину

Идея относительно альтернативных реальностей – основа со-

временной популярной культуры. Например, в научной-фантастическом фильме «Матрица» человеческий род, не сознавая этого, живет в моделируемом виртуальном мире, созданном интеллектуальными компьютерами, чтобы держать людей умиротворенными и довольными, в то время как компьютеры сосут их «биоэлектрическую энергию» (что бы это ни значило). Откуда мы знаем, что мы – не созданные машиной существа, живущие в мире, подобном «Матрице»? Если бы мы жили в синтетическом, воображаемом мире, то события не обязательно подчинялись некоторой логике или согласованности, или повиновались каким-либо законам. «Чужих», управляющих миром, могли бы заинтересовать или позабавить наши реакции, например в том случае, если бы каждый в мире внезапно решил, что шоколад – нечто отталкивающее, или война утратила бы свое значение с точки зрения принятия решений, поскольку никогда не происходила. Если бы «чужие» действительно проводили в жизнь последовательные законы, то у нас не было бы никаких оснований подозревать, что за симулируемой реальностью лежит другая действительность. Легко назвать мир, в котором живут «чужие», «реальным», а созданный компьютерами – «ложным». Но если существа в моделируемом мире, подобно нам, не могли бы посмотреть на свою вселенную извне, у них не было бы никаких причин сомневаться относительно их собственных представлений о реальности.

В подобной же ситуации находятся и золотые рыбки. Их взгляд на мир не совпадает с нашим, снаружи их сферического пространства, но они все еще могут формулировать научные законы, управляющие движением объектов, которые они наблюдают вовне. Например, из-за преломления света при прохождении через границу двух сред (воздуха и воды), свободно перемещающийся по прямой линии объект для золотой рыбки двигался бы по некоторой кривой. Аква-

риумные жители могли бы сформулировать научные законы относительно своей искаженной, но не меняющейся системы координат, и это позволило бы им предсказывать движение объектов вне шара. Их законы были бы более сложными, чем законы в нашей системе, но простота – вопрос вкуса. Если бы золотые рыбки сформулировали такую теорию, то мы должны были бы признать их взгляд как действительную картину реальности.

Известный пример различных картин действительности реального мира – модель космоса Птолемея с расположенной в центре Землей и модель Коперника с находящимся в центре Солнцем. Часто люди говорят, что Коперник доказал неправоту Птолемея, однако это не так. Как и в случае сравнения нашей точки зрения с позицией золотой рыбки, в качестве модели мира можно использовать любую картину. Мы можем объяснить наши наблюдения неба в зависимости от того что, по нашим предположениям, находится в покое – Земля или Солнце. Основное преимущество предложенной Коперником модели, помимо ее роли в философских дебатах о природе нашей Вселенной, состоит в том, что в гелиоцентрической системе мира уравнения движения более простые.

Реализм, зависимый от модели, применяется не только к научным, но также и к сознательным и подсознательным умственным моделям, которые все мы создаем, чтобы интерпретировать и понять окружающий нас мир. Например, человеческий мозг обрабатывает данные от оптического нерва, объединяя сигналы от обоих глаз, увеличивает разрешение и заполняет пробелы, возникающие от слепого пятна сетчатки. Кроме того, мозг создает из двумерных данных сетчатки ощущение трехмерного пространства. Когда вы видите стул, вы просто используете свет, рассеянный стулом, чтобы построить в уме его изображение (модель). Мозг настолько хорошо строит модели, что если человека снабдить

очками-перевертышами, в которых изображения воспринимается «поставленным с ног на голову», мозг изменит модель, и человек вновь будет видеть окружающий мир правильно, причем, как мы надеемся, прежде чем он попробует сесть.

Беглый взгляд на более глубокую теорию

Наиболее многообещающим и самым противоречивым подходом, сформировавшимся в процессе поисков окончательных законов физики, стала теория струн. Впервые она была предложена в 1970-х гг. как попытка объединить все силы природы в одну согласованную структуру и, в частности, включить силу тяготения в квантовую физику. Однако к началу 1990-х гг. физики обнаружили, что теория струн обладает существенным недостатком: есть пять различных ее вариантов. Для тех, кто выдвигал теорию струн на роль единой «теории всего», это было серьезным затруднением. В середине 1990-х гг. пришло понимание, что эти пять различных теорий – и еще одна, названная супергравитацией, – фактически описывают одни и те же явления, и это внушало слабую надежду, что в итоге они могут привести к единой теории. Разные теории фактически связаны тем, что физики называют дуальностями, которые представляют собой своего рода математические словари для того, чтобы переводить понятия из одной теории в другую. Но, увы, каждая из них дает хорошее описание явлений только в определенном диапазоне условий, например при низких энергиях. Ни один из вариантов не может описать все аспекты Вселенной. Сторонники теории струн убеждены, что пять различных теорий струн – только разные аспекты более фундаментальной теории, названной М-теорией. (Никто, похоже, точно не знает, что подразумевает это «М»: может быть «мастер» (master), «чудо» (miracle), «тайна» (mystery) или объединяет все три

значения.) Люди все еще пробуют расшифровать природу М-теории, но есть основания полагать, что традиционное ожидание единственной теории природы может оказаться бессмысленным: для описания Вселенной в различных ситуациях мы должны использовать различные теории. Таким образом, М-теория – не теория в обычном смысле, а сеть теорий. Это немного походит на карту. Чтобы достоверно отобразить всю земную поверхность на плоскости, следует использовать набор карт, каждая из которых охватывает ограниченную область. Карты перекрывают одна другую, и там, где они накладываются, они показывают одну и ту же картину. Точно так же разные варианты в М-семействе теорий могут выглядеть по-разному, но все их можно рассматривать как версии одной и той же основной теории, и все они предсказывают одни и те же явления там, где они накладываются, но ни один из вариантов не работает хорошо во всех ситуациях. Всякий раз, разрабатывая модель мира и признавая ее успешной, мы стремимся приписать ей качество действительности или абсолютной истины. Но М-теория, как и пример с золотой рыбкой, показывает, что одна и та же физическая ситуация может быть смоделирована по-разному, с использованием различных фундаментальных элементов и понятий. Возможно, для описания Вселенной в разных ситуациях мы должны использовать различные теории. Каждая из них может иметь свою собственную версию реальности, но согласно зависимому от модели реализму, такое разнообразие приемлемо, и ни об одной из версий нельзя сказать, что она более реальна, чем другая. Это не отвечает традиционному ожиданию физика от теории природы и не соответствует нашему представлению о действительности. Но, возможно, это и есть способ существования Вселенной. ■

Перевод: Б.А. Квасов



ОБ АВТОРАХ

Работа **Стивена Хокинга** (Stephen Hawking) заложила основу современного понимания природы черных дыр и происхождения Вселенной, хотя, по его собственному мнению, не меньшую известность ему принесло участие в создании фильмов «Симпсоны» и «Звездный путь: Следующее поколение». С 1979 г. и до недавнего времени он был профессором математики в Кембриджском университете – должность, которую когда-то занимал Исаак Ньютон. Среди написанных им книг – классическая «Краткая история времени», проданная в количестве более 9 млн экземпляров.

Леонард Млодинов (Leonard Mlodinow) – физик-теоретик, работает в Калифорнийском технологическом институте. Он автор семи книг, в том числе *Euclid's Window: The Story of Geometry from Parallel Lines to Hyperspace* («Окно Эвклида: История геометрии от проблемы параллельных линий до гиперпространства») и *The Drunkard's Walk: How Randomness Rules Our Lives* («Блуждания пьяницы: Как случайность управляет нашими жизнями»). Также принимал участие в создании сценариев для фильмов «Секретный агент Макгайвер» и «Звездный путь: Следующее поколение»

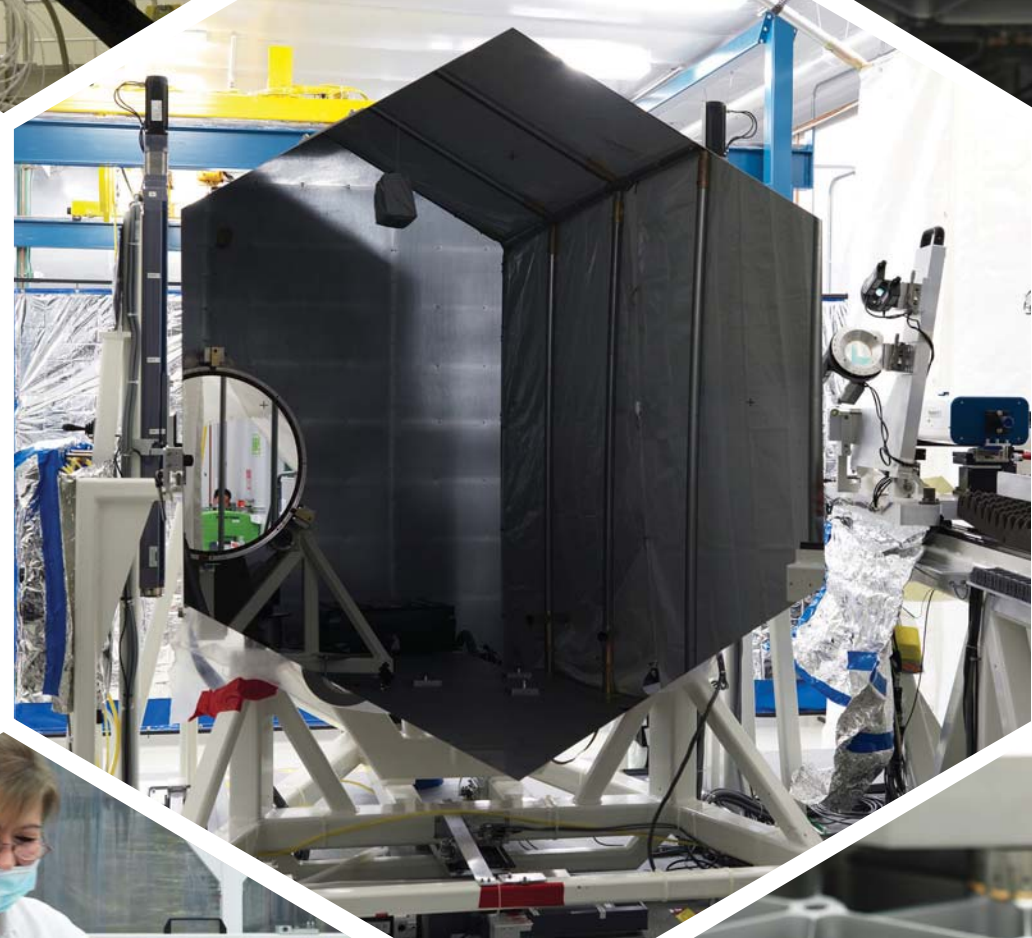
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Малдасена Х. Иллюзия гравитации // ВМН, № 2, 2006.
- *The Theory Formerly Known as Strings*. Michael J. Duff in *Scientific American*, Vol. 278, No. 2, pages 64–69; February 1998.
- *The Grand Design*. Stephen Hawking and Leonard Mlodinow. Bantam Books, 2010.



Готов к тестированию

Сегменты зеркал космического телескопа им. Джеймса Уэбба установлены для тестирования в специальной высокоохлажденной камере



Трудоемкая работа

Каждый сегмент зеркала телескопа шириной 1,2 м сделан из бериллия – материала, сложного для полировки и тестирования





ОРИГАМИ- ОБСЕРВАТОРИЯ

NASA идет на инновационный и рискованный шаг: создание космического телескопа, способного превзойти современный флагманский проект «Хаббл». Приоткроем завесу над основными этапами становления этого проекта, остановимся на движущих его прорывных идеях

Роберт Айрион

Зеркало, представляющее собой идеальный шестиугольник, установлено вертикально на низкой платформе. Оно состоит из сплава меди с оловом и цинком толщиной около 5 см, а шириной более 1 м. Его точнейшее бериллиевое покрытие поблескивает в слабых лучах, исходящих от оптической лаборатории, расположенной недалеко от залива Сан-Франциско.

Когда я не без робости встал напротив зеркала, чтобы увидеть свое отражение, мой проводник, старший инженер Джей Дэниел (Jay Daniel) заметил с улыбкой: «Напоминает такое же в вашей ванной?» Реверс зеркала не имел ничего общего с понятием о домашнем уюте: моему взору открылась почти пустотелая металлическая пластина, поддерживаемая запутанной системой узких треугольных ребер. Они были прекрасны в своей геометрической безупречности, и я преодолел мгновенное желание прикоснуться к их острым краям. Полированное внешнее покрытие, по словам Джея, было толщиной 2,5 мм. Первоначальный вес в 250 кг был снижен в процессе разработки до всего 21 кг – оно стало достаточно легким, чтобы ракета смогла вывести в далекое космическое пространство 18 таких зеркал. Там эти сегменты будут собраны в уникальную космическую обсерваторию.

Совместный проект NASA и европейских и канадских космиче-

ских агентств, обсерватория, названная космическим телескопом им. Джеймса Уэбба (JWST), стоимостью в \$5 млрд, планируется к запуску в 2014 г. на смену космическому телескопу им. Эдвина Хаббла. Последний с 1990 г. находится на высоте 570 км над Землей, дав астрономам детальные изображения далеких галактик и картину ранней Вселенной, показав рождение и гибель ближайших к нам звезд. Подобно «Хабблу», «Уэбб» также будет получать снимки космоса, но он сможет заглянуть гораздо глубже в пространство, а значит и во время: практически вплоть до момента рождения нашей Вселенной. «Уэбб» позволит обнаружить взрывы звезд первого поколения, родившихся после Большого взрыва, и прояснить загадки происхождения галактик, подобных нашему Млечному пути. Таким образом, он даст ученым возможность проникнуть за пылевые завесы, за газовые облака, а также рассмотреть окрестности звезд нашей Галактики в поисках планетных систем.

Для достижения подобных целей конструкция «Уэбба» должна радикально отличаться от его предшественников. Его рабочее зеркало диаметром более 6,5 м способно собрать в шесть раз больше излучения, чем 2,4-метровый «Хаббл». Покрытые золотом 18 шестиугольных панелей телескопа станут работать как единая поверхность – зазор между ними меньше одной

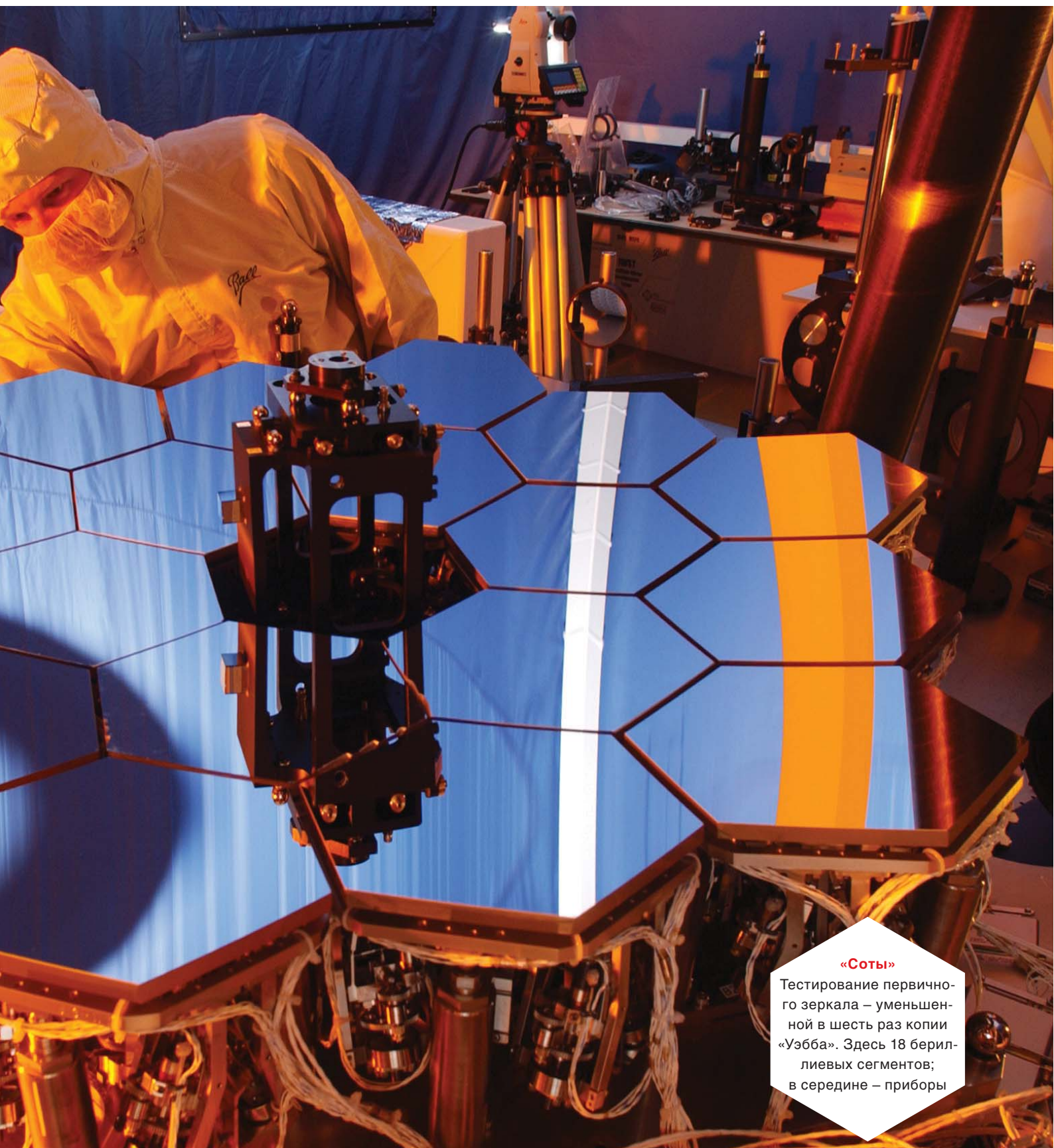
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Когда космический телескоп им. Э. Хаббла перестал полноценно функционировать, NASA приняло решение со временем заменить его телескопом принципиально другой конструкции.
- Сверхлегкие зеркала корректируемого профиля, установленные на космическом телескопе им. Дж. Уэбба, должны более чем в шесть раз превзойти зеркало «Хаббла» по энергии собираемого света, а его инструменты будут чувствительнее в областях спектра, не доступных другим телескопам.
- Инфракрасное излучение позволит взглянуть на младенчество Вселенной, когда зарождались первые галактики и звезды, и на планеты у звезд нашего Млечного пути.
- Наиболее технически сложная часть миссии – установка телескопа «Уэбб» и солнечного зонта на нужной орбите.



COURTESY OF BALL AEROSPACE & TECHNOLOGIES CORP.

PRECEDING PAGES: JUSTIN FANTL; COURTESY OF NASA/MSFC/EMMETT GIVENS (top right and top left)



«Соты»

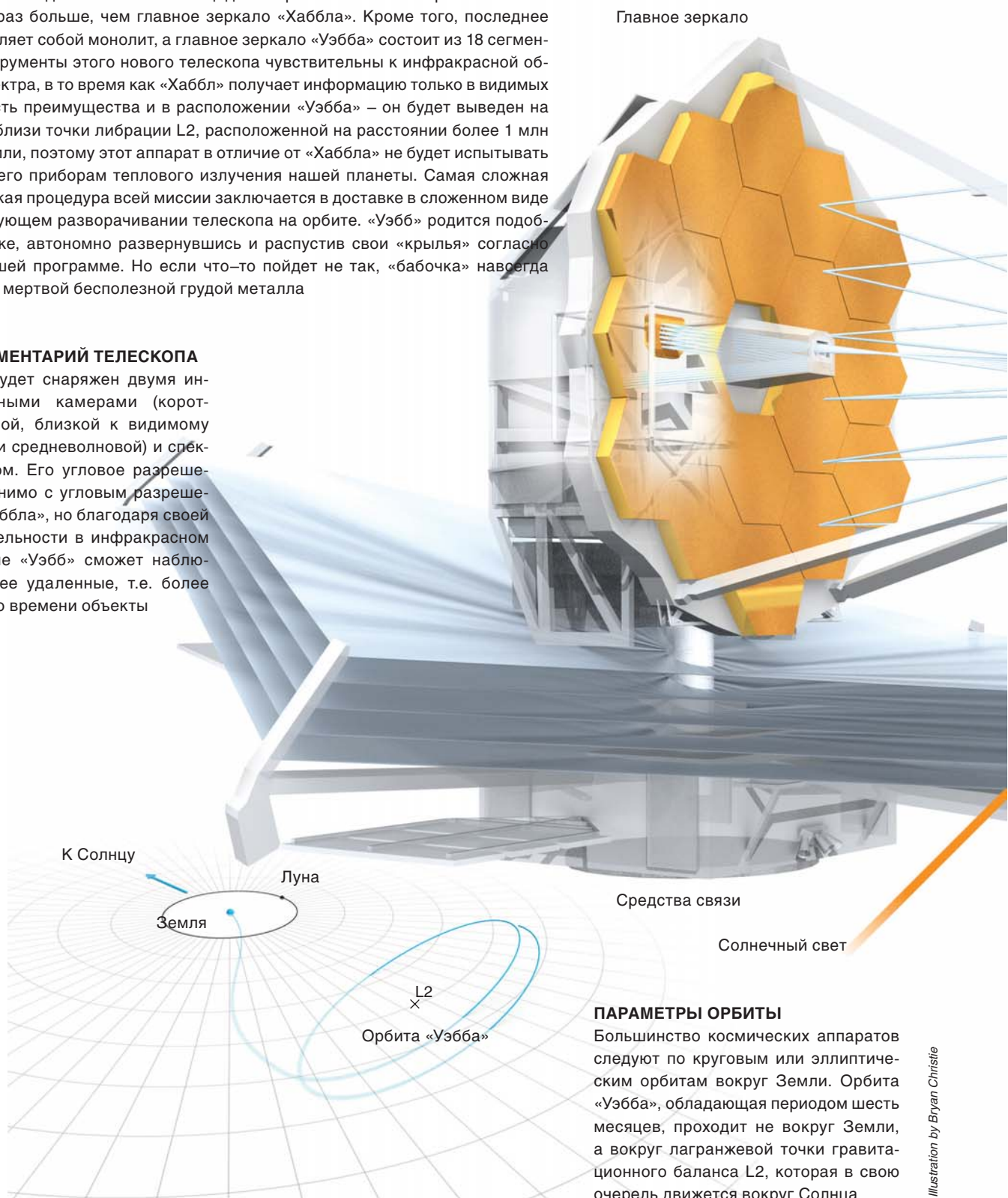
Тестирование первичного зеркала – уменьшенной в шесть раз копии «Уэбба». Здесь 18 бериллиевых сегментов; в середине – приборы

НОВЫЕ ГЛАЗА КОСМОСА

Несмотря на то что космический телескоп им. Уэбба считается последователем «Хаббла», он имеет мало общего с этой действующей в настоящее время «рабочей лошадкой» NASA. По площади поверхности главное зеркало «Уэбба» в шесть раз больше, чем главное зеркало «Хаббла». Кроме того, последнее представляет собой монолит, а главное зеркало «Уэбба» состоит из 18 сегментов. Инструменты этого нового телескопа чувствительны к инфракрасной области спектра, в то время как «Хаббл» получает информацию только в видимых лучах. Есть преимущества и в расположении «Уэбба» – он будет выведен на орбиту вблизи точки либрации L2, расположенной на расстоянии более 1 млн км от Земли, поэтому этот аппарат в отличие от «Хаббла» не будет испытывать мешающего приборам теплового излучения нашей планеты. Самая сложная техническая процедура всей миссии заключается в доставке в сложенном виде и последующем разворачивании телескопа на орбите. «Уэбб» родится подобно бабочке, автономно развернувшись и распустив свои «крылья» согласно сложнейшей программе. Но если что-то пойдет не так, «бабочка» навсегда застынет мертвой бесполезной грудой металла

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ТЕЛЕСКОПА

«Уэбб» будет снаряжен двумя инфракрасными камерами (коротковолновой, близкой к видимому спектру, и средневолновой) и спектрографом. Его угловое разрешение сравнимо с угловым разрешением «Хаббла», но благодаря своей чувствительности в инфракрасном диапазоне «Уэбб» сможет наблюдать более удаленные, т.е. более ранние во времени объекты



ПАРАМЕТРЫ ОРБИТЫ

Большинство космических аппаратов следуют по круговым или эллиптическим орбитам вокруг Земли. Орбита «Уэбба», обладающая периодом шесть месяцев, проходит не вокруг Земли, а вокруг лагранжевой точки гравитационного баланса L2, которая в свою очередь движется вокруг Солнца

Illustration by Bryan Christie

ПОЛОСЫ ОБЗОРА

Новый телескоп способен получать данные только в ограниченной области спектра (целиком покрытого другими миссиями), но будет делать это с лучшими разрешением и чувствительностью

Рентгеновское излучение

Ультрафиолетовое излучение

Видимое излучение

Инфракрасное излучение

Радиоизлучение

Космический телескоп «Джеймс Уэбб»

Диаметр зеркала: 6,5 м



Космический телескоп «Хаббл»

Запуск: 24 апреля 1990 г.

Диаметр зеркала: 2,4 м



Космический телескоп «Спитцер»

Запуск: 25 августа 2003 г.

Диаметр зеркала: 85 см



Космическая обсерватория «Гершель»

Запуск: 14 мая 2009 г.

Диаметр зеркала: 3,5 м



Наблюдаемое излучение

Вторичное зеркало

СЕГМЕНТ ЗЕРКАЛА

Бериллиевые шестиугольники, составляющие главное зеркало, отполированы с точностью до десятка нанометров. Они расположены таким образом, чтобы корректировать изгиб всего зеркала, находящегося в тени солнечного зонтика. Реверс каждого сегмента сделан так, чтобы максимально уменьшить вес. Семь моторов предназначены для ориентации каждого сегмента с нанометровой точностью в целях компенсации возникающих тепловых деформаций, которые могут ухудшать качество изображения

СОЛНЕЧНЫЙ ЗОНТ

Для того чтобы поддерживать электронные и оптические инструменты при температуре ниже 550° по Кельвину и предохранять инфракрасные камеры от паразитных тепловых шумов, «Уэбб» будет снабжен гигантским солнечным зонтом. Внешний слой предохранит аппарат от солнечных лучей, а каждый из последующих внутренних слоев будет отражать тепловое излучение от предыдущего слоя

КУКОЛКА БАБОЧКИ

Телескоп весом в 6 т слишком велик для любого космического корабля, поэтому его необходимо сложить, как раскладной стол. Вторичное зеркало и солнечный зонт займут свои места, только когда телескоп окажется в глубоком космосе



ЧТО УВИДИТ НОВАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ?

Космический телескоп им. Джеймса Уэбба разработан для того, чтобы проникнуть в историю космоса дальше, чем действующий флагманский проект NASA, телескоп им. Эдвина Хаббла. Инфракрасный взор нового телескопа сможет преодолеть завесу, окутывающую планетные системы нашей собственной Галактики, рассмотреть тусклые тела в Солнечной системе. Пятилетняя миссия позволит ответить на четыре основных вопроса.

- Как закончились космические «темные века»? «Уэбб» будет обладать необходимой чувствительностью, чтобы наблюдать первые объекты, образовавшиеся всего через 180 млн лет после Большого взрыва, звезды первого поколения и их взрывы.
- Как сформировались галактики, подобные нашему Млечному Пути? «Уэбб» проследит постепенную эволюцию галактик и их недр.
- Как образовались звезды и их планетные системы? Наше Солнце родилось из холодного скопления газа и пыли. Земля и другие планеты сформировались во вращающемся вокруг рождающейся звезды диске. «Уэбб» увидит процессы формирования планет в динамике, на примере образующихся звезд в нашей Галактике, поскольку снабжен камерами инфракрасного излучения, для которого пыль не преграда.
- Может ли жизнь существовать повсюду? Наша родная планета и Солнечная система обладают подходящими условиями для возникновения жизни. «Уэбб» будет изучать планетные системы ближайших к нам звезд, а также кометы и астероиды в нашей системе, чтобы понять, как может возникать и распространяться жизнь.

десятитысячной от толщины человеческого волоса. «Уэбб» будет размещен далеко за орбитой Луны, в глубоком космосе. Следуя выбранной специалистами NASA орбите, этот напоминающий медовые соты сетчатый глаз раскроет гигантский солнечный зонтик для создания тени, в которой показания ртутного столбика упадут ниже 550° по Кельвину, давая таким образом телескопу возможность обнаруживать свет, родившийся более 13 млрд лет назад.

Технически данный проект очень рискован: в силу своей удаленности от Земли он фактически лишен поддержки операционных служб, если вдруг что-то пойдет не так. В отличие от «Хаббла», который за последние два десятилетия несколько раз подвергался ремонту и доработке, «Уэббу» это не будет доступно: не будет космических челноков для исправления нарушенных оптических связей сегментов зеркала. Кроме того, для точного выхода на свою орбиту телескоп обязан обладать определенными габаритами. Окончательно весь прибор должен представлять собой две сложенные панели с сегментами зеркала, устанавливаемые в нужную конфигурацию подобно раскладному столу. По словам Марка Клампина (Mark

«В NASA решили создать первый телескоп нового поколения, а не последний телескоп старого образца».
*Алан Дресслер
(Alan Dressler)*

Clampin), проектировщика из Космического центра им. Годдарда NASA, «быть может, поэтому телескоп и сравнивают с оригами. Необходимо распаковать, развернуть его и заставить работать при нужной температуре. Он создан не для того чтобы его доводили, все должно начать работать сразу же».

Проектировочные трудности по поиску необходимых сочетаний параметров массы, размера и температуры привели к незапланированному удорожанию проекта. Первоначально запрошенный бюджет в \$1 млрд оказался мал, поскольку не включал издержки на запуск и работу телескопа. Однако, по словам одного из разработчиков «Уэбба» Эрика Смита (Eric P. Smith), сто-

имость проекта сравнима с бюджетом аналогичных пионерских разработок. Так, полный рабочий цикл действующей гамма-обсерватории «Чандра» и исследующего кольца и спутники Сатурна аппарата «Кассини» оценивался каждый около \$4 млрд в 2007 г. Тем не менее ученые полагают, что проект «Уэбб» незаслуженно лишают необходимого финансирования до 2020 г., как и другие не менее важные проекты NASA, такие как исследование гравитационных волн, изучение процессов сверхвысоких энергий во Вселенной, поиск планет вблизи других звезд.

Terra incognita

Все манипуляции по развертыванию телескопа будут осуществлены до достижения им пункта своего назначения – устойчивой точки либрации (или точки Лагранжа) L2. Вблизи этой точки, расположенной более чем в 1 млн км от Земли, взаимная конфигурация гравитационных потенциалов нашей планеты и Луны наиболее энергетически выгодна для аппарата, которому будет достаточно незначительного расхода топлива, чтобы держаться на данной орбите в течение десяти лет.

В отличие от «Уэбба», телескоп «Хаббл» работает в условиях почти комнатной температуры, на-

греваемый близкой Землей, и, таким образом, не может регистрировать важнейшее для астрономов слабое инфракрасное излучение далеких источников – самых ранних галактик, прародителей Млечного пути, находящихся на грани доступной наблюдениям Вселенной. Их свет мог бы быть виден не только при помощи мощнейшего «Хаббла», но даже и невооруженным глазом, если бы наша Вселенная не расширялась. Из-за этого процесса излучение таких источников смещается из видимой области спектра в инфракрасную.

По словам нобелевского лауреата Джона Мэтера (John C. Mather), работающего в центре Годдарда NASA, благодаря новым технологиям появляется возможность взглянуть на ранее не доступные области Вселенной. «Это как гора, которую не покорял ни один альпинист. Мы не знаем, какими были самые первые объекты во Вселенной, и у нас есть возможность узнать все».

Космический телескоп им. Джеймса Уэбба, названный в честь руководителя NASA периода лунных миссий, будет оснащен инфракрасными камерами и другими детекторами, чувствительными к излучению первых зарождающихся галактик, способными проследить их эволюционный путь до многообразных современных структур. Такие «эмбриональные» галактики родились в эпоху, отстоящую от Большого взрыва всего на 3% нынешнего возраста Вселенной, около 400 млн лет. Приборы «Уэбба» смогут зарегистрировать следы еще более ранних звезд первого поколения – огромных, превосходящих по массе наше Солнце в сотни раз. Такие звезды должны были быстро взорваться после своего рождения, а их лучи все еще продолжают путешествовать по Вселенной.

Инфракрасное излучение важно и для исследования близких к нам объектов – звезд и планет Млечного пути, – часто скрытых от оптических телескопов непрозрачной для видимого излучения пылью. Поскольку пыль проницаема для

инфракрасного излучения, «Уэбб» позволит существенно дополнить уже имеющиеся в видимом свете наблюдения планет у звезд нашей Галактики. Это впервые позволит детально проследить все стадии планетообразования, прояснив, таким образом, тайны рождения и нашей Солнечной системы, определить, насколько она типична. Исследуя движение планет и их прохождения по диску центральных светил, можно будет определять и состав их атмосферы. «Уэбб» поможет обнаружить кислород, диоксид углерода и метан – первые и необходимые условия наличия жизни на этих планетах.

Зачем нужен бериллий?

При создании других космических телескопов используются малые зеркала из бериллия, второго по легкости металла таблицы Менделеева. Главное 6,5-метровое зеркало «Уэбба» невелико по астрономическим стандартам: так, несколько современных наземных телескопов обладают зеркалами от 8 до 10 м в диаметре. Однако создание 18 бериллиевых сегментов, развертывающихся в открытом космосе в единую гладкую поверхность, потребовало высоких технологий, ранее не применявшихся.

Перед моим посещением оптической компании Tinsley в Ричмонде недалеко от Беркли (штат Калифорния) мой проводник Джей предупредил меня, что на некоторые вопросы касательно технологий я не получу ответа, а потому лучше их и не задавать. Нельзя было также пользоваться фотоаппаратом. Впервые в Tinsley допускался журналист, чтобы наблюдать за изготовлением зеркала – работой, требующей годы и затрат в миллионы долларов.

Первое, что я узнал, прибыв в лабораторию, – порошок бериллия токсичен, и я должен подписать бумагу, что компания не несет ответственности за возможность заболевания легких. Однако Джей успокоил меня: полировка зеркала осуществляет-

ся только с применением «увлажняющих технологий», и поэтому пыли в воздухе нет. Так что я мог быть спокойным за мои легкие, однако время от времени все-таки вспоминал про защитную маску.

На начальном этапе развития проекта разработчики решили использовать специальное стекло, не деформирующееся при значительных перепадах температуры. Но когда оптики изготовили несколько пробных экземпляров и подвергли их резкому охлаждению, подобному тому, которое ожидало телескоп в космосе, стекло так сильно изогнулось, что стало понятно: если бы оно использовалось для зеркал, телескоп быстро вышел бы из строя. Бериллий же, напротив, не выгибается и демонстрирует хорошие показатели в таких экстремальных условиях.

Замена материала добавила год в график изготовления зеркала, поскольку его пришлось долго полировать. По словам инженеров-оптиков, бериллий – технологически очень сложный материал: поскольку обработка поверхности зеркала заставляет оставшийся металл стремиться к прогибу, то необходимо удалять слои выгнувшегося металла путем осторожного травления зеркала кислотой либо соскабливать их специальным инструментом.

Для предохранения от бериллия я надел спецодежду и обувь. В Tinsley для «Уэбба» был отведен целый этаж. Зал заполняли восемь полировальных машин, каждая высотой в два этажа. Сегмент зеркала располагался на поверхности одной из них, вдоль него сновало управляемое компьютером устройство со специальной головкой, смазываемой напоминающей молоко белесоватой жидкостью: в зависимости от количества бериллия компьютер отдавал команду о длительности полировки того или иного участка зеркала. Гид обратил мое внимание на вершины зеркала-шестиугольника: в 5 мм от границы зеркала было все еще гладкое, иначе это

привело бы к искажению изображений, т.е. к большой потере данных по далеким и слабым объектам.

В метрологической лаборатории Tinsley ученые-оптики измеряли точность обработки поверхности зеркал, строго контролируя температуру и воздушные потоки. Для калибровки зеркал по сотням тысяч точек технологи использовали голограммы и инфракрасные лазеры. В соответствии с требованиями сегмент зеркала с десятков раз путешествовал от полировальных машин в метрологическую лабораторию и обратно.

Далее с помощью графитового композита сегменты устанавливаются в нужном порядке на телескоп. Затем они отправляются в Центр управления полетами им. Маршалла, где тестируются в больших вакуумных камерах, охлажденных жидким гелием до 250° по Кельвину. В таких условиях металл разнообразно изгибается, что в микроскопических деталях фиксируют ученые-оптики. Затем сегменты возвращаются в Калифорнию, в лабораторию Tinsley, где подвергаются дополнительной полировке на основе полученных оптиками данных.

В августе 2009 г. была завершена работа над одним из сегментов зеркала, остальные находятся в заключительной стадии полировки. Лаборатория Tinsley планирует передать NASA все 18 сегментов зеркала (и три запасных) к середине 2011 г.

Уроки «Хаббла»

При создании телескопа «Хаббл» полировка зеркала была осуществлена по неправильному профилю, и поэтому спустя три года после запуска он был дополнен корректирующими зеркалами. Для «Уэбба» такая процедура будет невозможна в силу его большой удаленности от Земли. В работе над «Уэббом» принимают участие инженеры, которые в свое время помогли «Хабблу» успешно продолжить свою миссию. Техника по диагностике профиля деформированного зеркала «Хаббла» заклю-

чалась в анализе размытых изображений, полученных телескопом. Теперь она используется для тестирования «Уэбба». По словам Мэтта Маунтина (Matt Mountain), директора Научного института космических телескопов в Балтиморе, «при полном повороте телескопа проявляет себя температурный градиент, немного искажающий профиль зеркала». В отличие от других космических обсерваторий, «Уэбб» оснащен специальным механизмом подстройки отражающих поверхностей для компенсации таких изменений. Небольшие линзы вспомогательных инструментов телескопа будут формировать изображения не в фокусе, подобные тем, которые так досаждали «Хабблу». После анализа этих изображений с помощью радиосигналов активируются семь крошечных моторчиков позади каждого сегмента зеркала, которые могут менять их положение на величину порядка 10 нм. Таким образом, астрономы получают контроль над кривизной каждого сегмента и его положением относительно окружающих шестиугольников. Контролер миссии будет осуществлять такую процедуру «калибровки» зеркала примерно раз в две недели. Конечно, телескоп должен сам совершить процедуру первичного развертывания. Например, две его части по три сегмента зеркала каждая самостоятельно совместятся в единую поверхность. Отдельное 75-сантиметровое вторичное зеркало также встанет на свое место – на тонкий треножник в 7 м над поверхностью главного зеркала. Вторичное зеркало предназначено для отражения света назад сквозь центр первичного и к сохраняющим данные устройствам. Самая сложная трансформация – раскрытие гигантского солнечного зонтика 11 м глубиной и 19 м длиной. Если он не будет функционировать, солнечный свет «ослепит» все оптические инструменты. При моделировании раскрытия зонтика он ведет себя подобно пяти конфетным оберткам, каждая площа-

дью с волейбольное поле. Очевидно, что испытать такой зонтик на Земле не представляется возможным, поскольку нет холодильных вакуумных камер такого размера. Таким образом, возможно лабораторное тестирование только отдельных важнейших деталей телескопа, но не всего аппарата целиком. В настоящее время разработчики заняты конструкцией самого телескопа и его сопутствующих инструментов. Но они больше ничего не смогут сделать после его запуска в 2014 г. Возможно, телескопы будущего смогут разглядеть одинокий «Уэбб» в далеком космосе, а быть может, однажды золотое зеркало, запыленное, источенное радиацией, вернется на Землю, чтобы напомнить человечеству о тех временах, когда оно впервые заглянуло в глубины прошлого Вселенной. ■

Перевод: О.С. Сажина



ОБ АВТОРЕ

Роберт Айрион (Robert Irion) – бывший корреспондент журнала Science, управляющий программой научной коммуникации в Калифорнийском университете в Санта-Крузе, автор многих статей в американских журналах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Тернер М. Происхождение Вселенной // ВМН, № 11, 2009.

■ Валенсия Д., Сасселов Д. Планеты, на которых возможна жизнь // ВМН, № 10, 2010.

Видео: www.jwst.nasa.gov/videos_deploy.htm



Надежность

«Уэбб» обладает таким жестким каркасом (деформация не более 32 нм) благодаря структуре из графитового композита, титана и сплава никеля и стали



ЭВОЛЮЦИЯ: ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ?

Результаты новых исследований позволяют предположить, что недавняя эволюция человека шла в несколько ином направлении, нежели могли ожидать биологи

Джонатан Притчард

Много тысяч лет назад люди впервые добрались до тибетского плато – огромной равнины, возвышающейся над уровнем моря примерно на 4 тыс. м. Это была совершенно новая территория, не заселенная другими людьми-конкурентами, в том и состояла ее привлекательность, однако низкий уровень кислорода на такой высоте оказывал стрессовое воздействие на организм первопроходцев, вызывая хроническую горную болезнь и приводя к высокому уровню детской смертности. В начале этого года на научную общественность обрушился шквал работ, в которых описывался вариант гена, обычный для тибетских жителей, но редкий в других популяциях. Эта недавно идентифицированная аллель вызывает выработку дополнительного количества красных кровяных телец и объясняет, каким образом обитатели Тибета смогли приспособиться к жестким условиям высокогорья. Данное открытие, попавшее в заголовки газет по всему миру, является собой наглядный пример бы-

строй (и относительно недавней) биологической адаптации группы людей к новым условиям окружающей среды. По оценкам одного из специалистов, успешный вариант гена достиг высокой частоты встречаемости в популяции лишь 3 тыс. лет назад, т.е. совсем недавно по меркам эволюционистов.

Исследования тибетской популяции подтверждают гипотезу о том, что наш вид был вынужден претерпеть заметные биологические изменения подобного рода уже после

того, как он покинул Африку около 60 тыс. лет назад (по разным оценкам это событие произошло от 50 тыс. до 100 тыс. лет назад). Освоение высокогорья – лишь один из многих случаев приспособления к необычным условиям окружающей среды, с которыми столкнулись *Homo sapiens* по мере миграции с теплых травянистых равнин и кустарниковых зарослей Восточной Африки на территорию бесплодных тундр, влажных тропических лесов и прогретых солнцем

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Когда около 60 тыс. лет назад древние *Homo sapiens* начали расселяться за пределами Африки, они столкнулись с иной окружающей средой и обусловленными этим трудностями, которые они не могли побороть с помощью доисторических технологий.
- Поэтому многие ученые ожидали, что анализ нашего генома обнаружит явные свидетельства появления мутаций, которые относительно недавно и быстро распространились по различным популяциям в результате действия естественного отбора – просто потому, что носители полезных мутаций оставляли большее число здоровых потомков, чем те, чей генотип таких мутаций не содержал.
- Однако выяснилось, что хотя геном и содержит некоторые свидетельства действия очень направленного и быстрого естественного отбора, в большинстве случаев зарегистрированный отбор шел на гораздо меньшей скорости, нежели ожидали исследователи.

пустынь, т.е. практически всех сухопутных экосистем и климатических зон на планете. Наверняка многие из адаптаций были не биологическими, а технологическими. Например, чтобы победить холод, люди освоили пошив одежды. Но никакие новые решения сами по себе не могли обеспечить выживание человека в условиях бедного кислородом горного воздуха, при опустошающем действии инфекционных болезней или под влиянием иных негативных факторов окружающей среды. В подобных обстоятельствах к успеху могли привести только генетические изменения. Поэтому было бы вполне резонно ожидать, что анализ нашего генома обнаружит явные свидетельства появления мутаций, которые относительно недавно и быстро распространились по различным популяциям в результате действия естественного отбора – просто потому, что носители полезных мутаций оставляли большее число здоровых потомков, чем те, чей генотип таких мутаций не содержал.

Шесть лет назад мы с коллегами приступили к изучению генома человека в поисках следов, оставленных действием факторов окружающей среды. Мы хотели узнать, как протекала эволюция человека с тех пор, как наши предки отправились в свое великое путешествие, и до какой степени популяции в различных частях света стали различаться генетически, изменившись под действием естественного отбора, позволившего им адаптироваться к различным условиям среды, как в случае с тибетцами. Какова доля генетических различий, сохранившихся и по сей день, несмотря на воздействие других факторов? Благодаря современным технологиям, позволяющим изучать вариации генотипов, мы могли приступить к решению этой проблемы.

Работа пока не закончена, однако уже получены предварительные данные, оказавшиеся весьма неожиданными. Выяснилось, что хотя в геноме и содержатся свидетельства о нескольких случаях

действия очень узконаправленного и быстрого естественного отбора, произошедшего недавно, тем не менее большая часть таких случаев, отраженных в нашем геноме, произошли десятки тысяч лет назад. Возникает впечатление, что все полезные мутации, которые закрепились в популяции в ответ на локальные воздействия окружающей среды, совершились давным-давно, а затем, по мере того как популяция расселялась на новые территории, были перенесены в удаленные места. Например, некоторые варианты одного гена отвечают за появление более светлой окраски кожи, что может служить адаптацией к снижению уровня ультрафиолетового облучения. Эти аллели распространились по популяциям в соответствии с маршрутами древней миграции, без всякой связи с широтой, на которой данные популяции обитают. То, что подобные примеры влияния древнего отбора просуществовали в геноме популяций в течение тысячелетий, и разная сила действия этого фактора не повлияла на степень их выраженности, говорит о том, что естественный отбор часто протекает с гораздо меньшей скоростью, нежели ожидали исследователи. Быстрое распространение полезной мутации внутри популяции тибетских жителей оказалось совершенно нетипичным.

Как эволюционный биолог, я часто задаюсь вопросом, идет ли эволюция человека сейчас. Конечно, скорее всего, она продолжается. Но когда произойдет очередное изменение нашего генома – сказать очень сложно. Полученные нами данные указывают на то, что классический сценарий действия естественного отбора, при котором отдельные полезные мутации внутри группы особей распространяются как лесной пожар, для эволюции популяции людей в течение последних 60 тыс. лет оказался довольно нетипичным. Чаще механизм эволюционного изменения требовал постоянного давления со стороны среды на протяжении десятков

тысяч лет, что для наших предков, которые начали активно путешествовать по всему земному шару и с все большей скоростью развивать технологии, было неактуально.

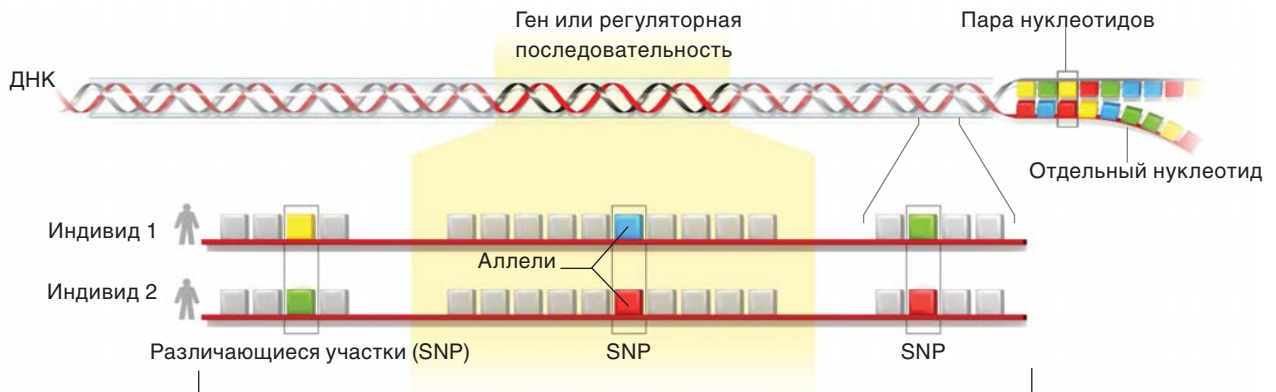
Таким образом, эти открытия помогают уточнить представления не только о нашем прошлом, т.е. о недавней эволюции человека, но и о том, что может готовить нам будущее. Для ряда факторов, с которыми постоянно сталкивается наш вид (например, глобальное изменение климата и большинство инфекционных заболеваний), естественный отбор, вероятно, окажется слишком медленным, чтобы как-то облегчить положение. Напротив, в этих вопросах мы должны в большей степени полагаться на достижения технического прогресса.

Поиск следов

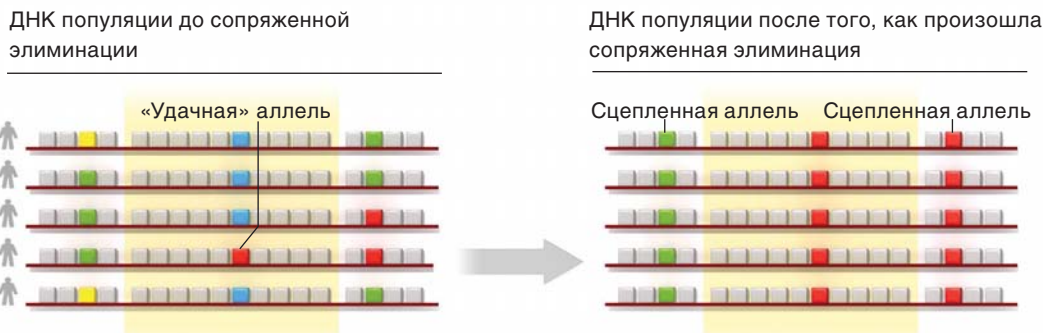
Всего десять лет назад проследить реакцию нашего генома на изменение окружающей среды было для ученых невозможно, т.к. тогда просто не существовало необходимых для этого инструментов. Все изменилось после завершения расшифровки генома человека и последующей каталогизации вариантов отдельных генов. Чтобы до конца понять, что мы делаем, необходимо хотя бы немного представлять себе структуру ДНК и то, как даже незначительные изменения могут повлиять на ее функцию. Последовательность, составляющая человеческий геном, образована примерно из 3 млрд пар нуклеотидов, или букв, которые работают как «инструкция по сборке человека». В настоящее время известно, что эта «инструкция» состоит примерно из 20 тыс. «деталей», т.е. генов (которые представляют собой фрагменты нитей ДНК и образованы нуклеотидными парами), хранящих в себе информацию, необходимую для построения молекул белков. (Белки, к которым относятся и ферменты, выполняют большую часть работы в клетке). Около 2% генома человека кодирует структуру белков, примерно такое же количество участвует в регуляции генной ак-

МАРКЕРЫ ДЕЙСТВИЯ ОТБОРА

Если ученые обнаруживают, что для какого-то участка ДНК характерна малая вариабельность, то они могут сделать вывод, что на этот участок ДНК было направлено действие естественного отбора. Генотипы любых двух человек различаются примерно на одну из каждой тысячи пар нуклеотидов ДНК, или ее «букв». Такие участки с различной структурой называются однонуклеотидными полиморфизмами, или SNP, а альтернативные версии такого участка ДНК называют аллелями. Когда отдельная аллель повышает репродуктивный успех ее носителя, она в конечном счете распространяется в популяции, или «отбирается». В то же время соседствующие с ней аллели также «подхватываются» отбором и распространяются в популяции, становясь столь же часто встречающимися. Итоговое снижение числа вариантов SNP в этой части генома в популяции называется сопряженной элиминацией



Когда естественный отбор действует на одну SNP, соседствующие с ней аллели переходят к следующему поколению вместе с ней, передаваясь в виде единого блока (сцепленное наследование)



тивности. Роль остальной (т.е. большей) части генома нам неизвестна.

Если сравнивать генотипы любых двух представителей вида *H. sapiens*, то они оказываются сходными, различаясь примерно на одну из каждой тысячи пар нуклеотидов ДНК. Участки, где одна пара нуклеотидов заменена на другую, называются однонуклеотидными полиморфизмами, или SNP (от англ. single-nucleotide polymorphisms), а альтернативные версии такого участка ДНК называют аллелями (В русской терминологии аллелями называются только те участки ДНК с SNP, которые образуют ген, т.е. кодируют белок. – Прим. пер.). В силу того, что большая часть генома

не участвует в кодировании белков или в генной регуляции, большинство SNP, вероятно, не оказывают заметного влияния на фенотип индивида. Но если SNP располагается в той части генома, которая служит матрицей для синтеза белка или отвечает за регуляцию генной активности, то такой полиморфизм может оказывать влияние на структуру белка или на то, где и сколько таких молекул будет синтезировано. В таком случае SNP могут, предположительно, модифицировать практически любой признак, будь то рост, цвет глаз, способность усваивать молоко или подверженность болезням вроде диабета, шизофрении, малярии или СПИДа.

Когда естественный отбор направлен на закрепление признака, кодируемого определенной аллелью гена, данная аллель с каждым поколением встречается в популяции все чаще, до тех пор пока другие аллели этого гена не становятся в рассматриваемой популяции более редкими. Если при этом окружающая среда остается стабильной, то аллель, обеспечивающая преимущество своим носителям, распространяется в популяции до тех пор, пока не охватит всех составляющих ее индивидов. Когда каждая особь в популяции становится носителем отбираемой аллели, процесс останавливается. Обычно это требует смены боль-

НЕОЖИДАННЫЕ ОТКРЫТИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕНОМОВ ПОПУЛЯЦИЙ

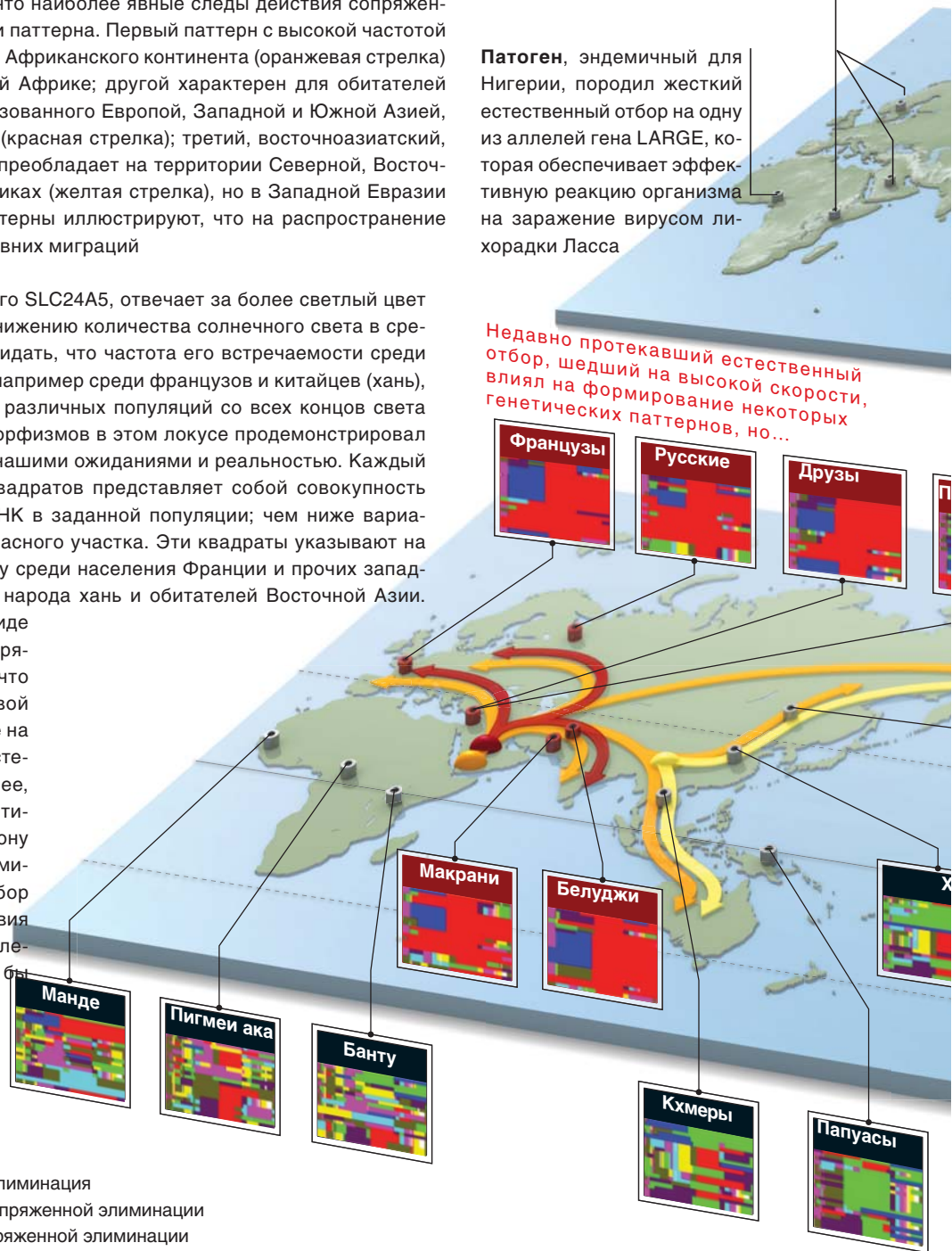
Ученые идентифицировали некоторые из аллелей, на которые был направлен положительный естественный отбор и которые распространились в популяции в результате действия жесткой селекции, протекавшей быстро, приспособляя людей к местным условиям среды (справа). Однако анализ сотен других участков генома, о которых мы можем сказать лишь то, что когда-то на них был направлен жесткий естественный отбор (например, присутствовали явные следы сопряженной элиминации), показал, что большая их часть – не результат недавних адаптаций к локальным условиям. Зато когда мы посмотрели на географическое распределение некоторых полиморфизмов, мы обнаружили, что наиболее явные следы действия сопряженной элиминации группируются в три паттерна. Первый паттерн с высокой частотой встречается во всех популяциях вне Африканского континента (оранжевая стрелка) и практически отсутствует в самой Африке; другой характерен для обитателей Западной Евразии – региона, образованного Европой, Западной и Южной Азией, – но больше нигде не встречается (красная стрелка); третий, восточноазиатский, паттерн сопряженной элиминации преобладает на территории Северной, Восточной Азии, Океании и в обеих Америках (желтая стрелка), но в Западной Евразии и Африке не встречается. Эти паттерны иллюстрируют, что на распространение данных аллелей повлияли пути древних миграций

ПРИМЕР. Вариант гена, называемого SLC24A5, отвечает за более светлый цвет кожи. Поскольку это адаптация к снижению количества солнечного света в среде обитания, то можно было бы ожидать, что частота его встречаемости среди людей, живущих на одной широте, например среди французов и китайцев (хань), будет сходной. Но анализ геномов различных популяций со всех концов света на предмет варибельности полиморфизмов в этом локусе продемонстрировал значительное расхождение между нашими ожиданиями и реальностью. Каждый из изображенных многоцветных квадратов представляет собой совокупность вариантов SNP на этом участке ДНК в заданной популяции; чем ниже варибельность, тем больше площадь красного участка. Эти квадраты указывают на жесткий отбор по данному признаку среди населения Франции и прочих западноевразийских популяций, но не у народа хань и обитателей Восточной Азии. Такое распределение аллелей в виде паттерна западноевразийской сопряженной элиминации указывает, что эта мутация появилась в предковой популяции западноевразийцев еще на территории Ближнего Востока и постепенно распространилась внутри нее, после чего эта конфигурация генотипа была разнесена по всему региону в соответствии с путями древних миграций. С тех пор естественный отбор не оказал значительного воздействия на частоту встречаемости этой аллели, иначе квадрат народа хань имел бы такую же красную область

Ген фермента лактазы, обеспечивающий усвоение молочного сахара, претерпел быструю эволюцию при переходе к молочному скотоводству популяций Европы, Ближнего Востока и Восточной Африки всего за 5-10 тыс. лет

Патоген, эндемичный для Нигерии, породил жесткий естественный отбор на одну из аллелей гена LARGE, которая обеспечивает эффективную реакцию организма на заражение вирусом лихорадки Ласса

Недавно протекавший естественный отбор, шедший на высокой скорости, влиял на формирование некоторых генетических паттернов, но...



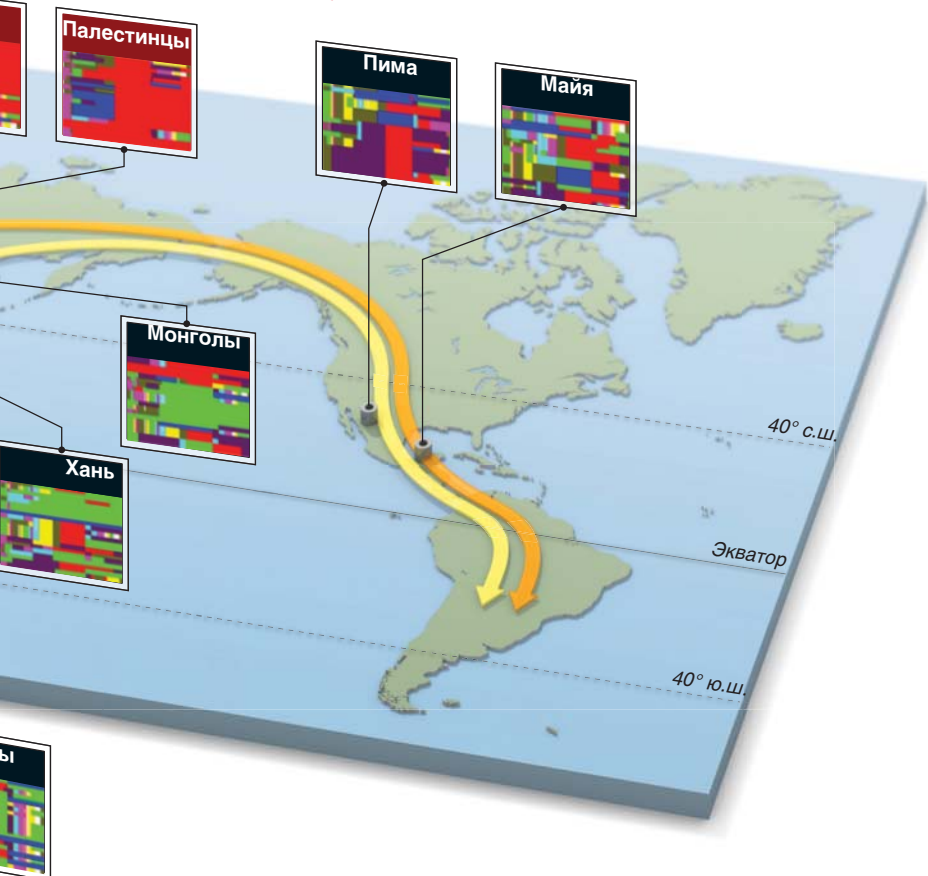
Maps by Emily Cooper

Редкая разновидность гена, называемая «индуцированный гипоксией фактор-2-альфа», приводящая к увеличению числа красных кровяных телец, за последние несколько тысяч лет распространилась внутри тибетской популяции, обитающей на высоте 4 тыс. м над уровнем моря, позволяя ей избежать высотной болезни

У женщин, населяющих плоскогорье Альтиплано в Боливии, возвышающееся на 3,5 тыс. метров над уровнем моря, в период беременности маточная артерия подвергается усиленному росту по сравнению с артерией женщин менее высокогорных регионов – это адаптация, сформировавшаяся в течение последних 10 тыс. лет



...медленный отбор и древние миграции объясняют большую часть приспособлений



В геноме содержатся свидетельства о нескольких случаях действия очень направленного и быстрого естественного отбора. Тем не менее большая часть обнаруженных случаев действия отбора длились десятки тысяч лет

шого числа поколений. Например, пусть у индивида, имеющего в геноме две копии предпочитаемой аллели, рождается на 10% больше детей, доживающих до репродуктивного возраста, а у особей с одной такой аллелью – на 5% больше, чем у представителя популяции, не несущего в себе этого варианта гена. Тогда для повышения частоты встречаемости аллели в популяции с 1% до 99% потребуется смена около 200 поколений или, при грубом подсчете, около 5 тыс. лет. Полезная аллель теоретически может закрепиться в популяции самое малое за несколько сотен лет – при условии, что она обеспечивает индивиду экстраординарное преимущество. Соответственно, распространение и закрепление не столь «выдающихся» аллелей может занять многие тысячи лет.

Самым простым способом проследить эволюционные изменения в геномах популяций был бы анализ ДНК, извлеченных из останков представителей этих популяций разной степени древности.

Существует вероятность, что относительно недавно геном человека претерпел гораздо больше адаптивных изменений, чем могут идентифицировать исследователи, изучая геном обычным методом

Однако на деле молекулы ДНК быстро разрушаются, поэтому применить данный метод в реальности не представляется возможным. В связи с этим наша исследовательская группа и ряд других ученых по всему миру используют косвенные способы определения эволюционных изменений в геномах популяций. Изучая генотипы современных людей из разных групп, мы пытаемся определить, как на них повлиял естественный отбор, происходивший в прошлом.

Одна из подобных методик заключается в анализе данных, полученных на большом количестве людей. При этом сравнивается структура ДНК в тех ее участках, где присутствуют несколько полиморфизмов, аллели которых варьируют внутри популяций. Когда благодаря естественному отбору новая полезная мутация быстро распространяется внутри группы, окружающие ее участки хромосомы вовлекаются в процесс, который генетики называют эффектом сцепленного наследования. По мере того как возрастает частота встречаемости аллели, отбор которой происходит, возрастает и частота встречаемости соседствующих с ней нейтральных

и почти нейтральных аллелей генов. Эти гены не влияют на структуру кодируемого полезной аллелью белка или на его количество, но распространяются в популяции вместе с полезной аллелью просто в силу своего с ней соседства. В результате количество полиморфизмов на этом участке ДНК снижается (в крайнем случае они могут исчезнуть полностью). Процесс исчезновения некоторых аллелей из генома в связи с действием быстрого и жесткого естественного отбора называется сопряженной элиминацией и аналогичен явлению коррелированного ответа, происходящего под действием искусственного отбора.

Другим распознаваемым свидетельством действия направленного отбора может служить характер распределения аллелей по различным популяциям. Если в период, когда популяция оказалась в условиях меняющейся среды, одна из уже существующих аллелей вдруг обеспечила значительное преимущество своим носителям, то такая аллель могла быстро распространиться только в этой популяции (оставаясь все такой же редкой в других), при этом не вызвав эффекта сцепленного наследования (т.к. данная аллель оказалась не новой для популяции и уже была сцеплена с разнообразными аллелями соседних генов).

За последние несколько лет были опубликованы многочисленные исследования (включая одну из наших работ, вышедшую в 2006 г.), в которых описывалось несколько сотен участков генома, где присутствовали явные следы сопряженной элиминации, причем протекавшей в течение последних 60 тыс. лет – т.е. тогда, когда *Homo sapiens* покинули Африку. В нескольких из этих случаев у ученых были четкие представления о направлении отбора и несомненном адаптивном преимуществе одной из аллелей. Например, в перешедших к молочному животноводству популяциях Европы, Ближнего Востока и Восточной Африки участок генома,

где расположен ген фермента лактазы, обеспечивающего переваривание лактозы (или молочного сахара), очевидно, должен был подвергнуться влиянию жесткого отбора. Дело в том, что все дети в норме рождаются со способностью переваривать лактозу. Но затем после отъема от груди и взросления представители большинства популяций теряют эту способность, т.к. нужный ген перестает функционировать. В 2004 г. в *American Journal of Human Genetics* группа ученых из Массачусетского технологического института опубликовала информацию, что варианты генотипа, при которых ген лактазы остается активным во взрослом состоянии, закрепились в европейских популяциях, занимающихся молочным животноводством, всего за 5–10 тыс. лет. В 2006 г. Сара Тишкофф (*Sarah Tishkoff*) (в настоящее время работающая в Университете Пенсильвании) с коллегами опубликовала в журнале *Nature Genetics* статью о быстром распространении гена, активирующего синтез лактазы, в популяциях скотоводов Восточной Африки. Подобные изменения однозначно стали адаптивным ответом на переход к новому образу жизни.

Исследователи также обнаружили следы влияния отбора на половину из дюжины генов, отвечающих за цвет глаз, кожи и волос у неафриканцев. Наш организм нуждается в определенном количестве ультрафиолетового облучения для синтеза витамина D. В тропиках солнечный свет достаточно интенсивен, чтобы в необходимом количестве проникать сквозь темную кожу, но в более северных широтах интенсивность облучения недостаточна для синтеза витамина. По мере того как люди удалялись от своей тропической прародины, на их кожу попадало все меньшее количество солнечного ультрафиолета. Необходимость в поглощении определенного количества ультрафиолета привела к эволюции в направлении более светлой кожи



и к закреплению в популяциях тех аллелей, которые ее обуславливают.

Действие отбора также зарегистрировано и в отношении многих других генов, которые, например, обеспечивают устойчивость к инфекционным заболеваниям. Пардис Сабети (Pardis Sabeti) из Гарвардского университета и ее коллеги обнаружили мутацию в так называемом LARGE-гене, которая относительно недавно распространилась в популяции йоруба в Нигерии и, вероятно, представляет собой реакцию на относительно недавнюю вспышку лихорадки Ласса в этом регионе.

Сравнение покажет

Зная, какие факторы среды действовали на популяцию в определенный момент, мы можем судить о

том, как быстро и в каком направлении протекал естественный отбор. Поэтому вышеупомянутые примеры, как и небольшое число других случаев, не оставили загадок для науки. Большая же часть участков генома с полиморфизмами, о которых мы можем сказать лишь то, что когда-то на них явно был направлен жесткий естественный отбор, остаются для нас непрочитанной книгой, т.к. мы не знаем, какие признаки кодируют эти аллели генов и какие факторы среды вызвали отбор на эти признаки. До недавнего времени и мы, и другие исследователи интерпретировали структуру этих участков как результат действия сразу нескольких сотен очень быстрых сопряженных элиминаций, протекавших в последние 15 тысяч лет сразу в нескольких популяциях

людей, которые мы изучали. Однако продолжив свои изыскания, мы с коллегами обнаружили, что большая часть этих сигналов наоборот стала результатом весьма давних адаптаций к локальным условиям.

Работая с коллегами из Стэнфордского университета, мы изучали обширный набор данных по однонуклеотидным полиморфизмам, полученный примерно из тысячи ДНК, взятых у добровольцев со всех концов света. Посмотрев на географическое распределение некоторых SNP, мы обнаружили, что наиболее явные следы действия сопряженной элиминации группируются в три паттерна. Первый паттерн встречается во всех популяциях вне Африканского континента, поэтому он получил название внеафриканской сопряженной элими-

нации. В нем сгруппирован целый ряд расположенных одна за другой неизвестных нам аллелей, которые явно подвергались действию направленного отбора, т.к. почти у всех представителей человечества за пределами Африки эта последовательность идентична. Зато у представителей африканских племен на этом отрезке ДНК наблюдается полнейшее разнообразие. Соответственно, мы можем сделать вывод, что данные аллели жестко закрепились в популяции непосредственно после ее ухода с территории Африки, но до распада на отдельные группы и расселения за пределы Ближнего Востока – т.е. примерно 60 тыс. лет назад, после чего эта конфигурация гено типа была в неизменном виде разнесена по всему земному шару.

Следующие два паттерна географически более ограниченные: это западноевразийский паттерн и паттерн восточноазиатской сопряженной элиминации. Западноевразийский тип снижения разнообразия генома характерен для популяций Европы, Ближнего Востока, Центральной и Южной Азии и не встречается нигде больше. Паттерн номер три, восточноазиатский, объединяет обитателей Восточной Азии, коренных индейцев обеих Америк, меланезийцев и папуасов. Судя по географическому распространению этих паттернов, они сформировались в древних популяциях сразу после их разделения на западноевразийскую и восточноазиатскую группы, которые разошлись в разных направлениях (по различным оценкам это произошло от 20 тыс. до 30 тыс. лет назад).

Паттерны сопряженной элиминации выявили кое-что весьма интересное: перемещения древних племен оказывали серьезное влияние на распространение удачных аллелей по земному шару, а вот естественный отбор почти не повлиял на более тонкую подстройку уже имеющихся мутаций к некоему различающимся уровням воздействия окружающей среды. Например, одна из наиболее важ-

ных аллелей, обеспечивающих появление более светлого цвета кожи, – это вариант гена, называющегося SLC24A5. Поскольку он представляет собой адаптацию к уменьшившемуся количеству солнечного света, то можно было бы ожидать, что частота его встречаемости в популяции по мере продвижения на север будет увеличиваться, а его распространенность среди людей, живущих на одной широте, например в Северной Азии и Северной Европе, будет сходной. Однако на деле мы видим, что аллель гена SLC24A5 входит в состав западноевразийского паттерна сопряженной элиминации: «осветленный» вариант гена и его спутники по ДНК, которые закрепились в геноме вместе с ним, обычны от Пакистана до Франции, но практически отсутствуют в Восточной Азии – даже в северных широтах. Такое распределение указывает на то, что удачный вариант появился еще в предковой популяции западноевразийцев (уже после их отделения от восточноазиатской группы), после чего они разнесли этот вариант по своему региону. Хотя естественный отбор привел к высокой частоте встречаемости аллели SLC24A5 довольно быстро, но знание истории древних миграций позволяет более точно определить, какие популяции сегодня содержат его в себе, а какие нет (за светлую кожу обитателей Восточной Азии отвечают другие гены).

Более пристальный взгляд на эти и ряд других данных выявил и еще одну интересную закономерность. Те аллели, которые встречаются в одной популяции почти у всех представителей, а в других группах почти не наблюдаются, иногда не демонстрируют явных признаков сцепленного наследования, которое всегда сопутствует оперативному закреплению новых аллелей в популяции. Напротив, подобные аллели производят впечатление мутаций, распространявшихся постепенно за период приблизительно в 60 тыс. лет,

а потом резко возросших в числе.

В свете вышеизложенных наблюдений мы пришли к выводу, что следы действия сопряженной элиминации (когда отбор приводит к быстрому закреплению новой аллели) в тот период, когда началось расселение *H. sapiens*, встречаются крайне редко. Как нам кажется, обычно отбор действует на отдельные аллели относительно слабо, в результате чего они распространяются очень медленно. В итоге большая часть аллелей, подвергшихся действию движущего отбора, могут достигать высокой частоты встречаемости только тогда, когда действие отбора продолжается в течение десятков тысяч лет.

Один признак, много генов

Наши выводы могут показаться парадоксальными: если для распространения полезной аллели в популяции требуется не 5 тыс., а 50 тыс. лет, то как тогда люди ухитряются приспособляться настолько быстро? Наиболее очевидные адаптации возникли в результате мутаций отдельного гена, однако, скорее всего, большая часть полезных приспособлений возникла несколько иным способом. Например, это могло произойти в результате появления множества аллелей, оказывающих слабый эффект на один из сотни или тысячи аналогичных генов, – другими словами, кодирующих полигенный признак. Так, в сериях работ, опубликованных в 2008 г., было зафиксировано более 50 различных генов, которые оказывали влияние на рост человека, и, естественно, это лишь часть подобных генов, которые оказались в поле зрения наших исследований. Для каждого из этих генов одна аллель отвечала за изменение среднего роста лишь на 3–5 мм по сравнению с другими аллелями.

Когда естественный отбор оказался направлен на уменьшение роста человека, процесс мог довольно быстро и значительно изменить фенотип популяции, затрагивая аллели сразу сотен различных генов

(как произошло в популяциях пигмеев, обитающих во влажных тропических лесах Африки, Юго-Восточной Азии и Южной Америки, где небольшие размеры тела могли быть адаптацией к ограниченному количеству пищи, доступному в этой экосистеме). Если «низкорослая» версия каждого гена станет встречаться в популяции лишь на 10% чаще, тогда большинство людей в этой группе быстро станут обладателями какой-то из «низкорослых» аллелей, а средний рост популяции в целом уменьшится. Даже если общий признак находится под влиянием жесткого отбора, сила действия отбора на каждый отдельный ген роста будет слабой. Из-за того, что отбор по каждой из аллелей протекает медленно, поведенческие адаптации не всплывут в исследованиях генома как классический пример влияния направленного отбора. Поэтому существует вероятность, что относительно недавно геном человека претерпел гораздо больше адаптивных изменений, чем могут идентифицировать исследователи, проверяя геном на обычные маркеры.

Все еще эволюционируем?

Продолжается ли эволюция человека сейчас – вопрос сложный, поскольку довольно трудно заметить действие естественного отбора на современную популяцию. Однако представить себе признаки, которые могут оказаться объектами воздействия отбора, довольно легко. Инфекционные заболевания вроде СПИДа по-прежнему продолжают сокращать численность популяции человека в современном мире. Варианты генов, обеспечивающих некоторую устойчивость к заболеванию, скорее всего окажутся теми аллелями, на которые направлен движущий отбор, т.к. носители этих аллелей, вероятно, оставят гораздо больше способного к репродукции потомства, чем те, кто их лишен. Вариант гена, обеспечивающий защиту от трехдневной формы малярии, уже распространился во многих популя-

циях Африки к югу от Сахары. Также и аллели, защищающие от ВИЧ, за сотни лет могут распространиться по той же территории, если вирус все еще будет угрожать населению, а ген будет по-прежнему обеспечивать устойчивость к этому возбудителю. Но поскольку ВИЧ тоже эволюционирует, и гораздо быстрее, чем люди, то эту угрозу мы скорее всего устраним благодаря новой технологии (в виде вакцины), а не в результате действия естественного отбора.

В современном мире за период от рождения до старости гибнет относительно немного людей, поэтому наиболее сильный пресс естественного отбора, вероятно, приходится на репродуктивные способности индивидов. В принципе, любой аспект плодовитости или репродуктивного поведения, на который влияют генетические факторы, может оказаться мишенью действия естественного отбора. В 2009 г. Стефан Стирнс (Stephen C. Stearns) из Йельского университета и его коллеги опубликовали в *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* работу, в которой они описывали шесть различных признаков, связанных у женщин с ростом и большим числом детей, и эти признаки были генетически детерминированы. Матери несколько большего количества детей, как обнаружила группа ученых, обычно немного ниже ростом и толще, чем средняя женщина той же популяции, и менопауза у них наступает позже. Следовательно, если окружающая среда останется неизменной, эти признаки со временем будут становиться все более распространенными: по предварительной оценке, за десять поколений (или за 200 лет) средний возраст наступления менопаузы возрастает на один год. (Еще более спекулятивная идея гласит, что объектом жесткого отбора станет аллель, влияющая на сексуальное поведение, в том числе на использование контрацеп-

тивов, хотя насколько гены могут влиять на подобный поведенческий комплекс – вопрос сложный.)

Итак, скорость изменения большинства отдельных признаков слишком мала по сравнению со скоростью изменения наших обычаев, технологий и, конечно, нашего окружения. А большинство адаптивных изменений требуют стабильности условий на протяжении тысячелетий. Думается, что и через 5 тыс. лет окружение человека будет по-прежнему весьма разнообразным. Однако сами люди при отсутствии широкомасштабной геномной инженерии останутся по большей части неизменными. ■

Перевод: Т.А. Митина



ОБ АВТОРЕ

Джонатан Притчард (Jonathan K. Pritchard) – профессор Чикагского университета, где он преподает генетику человека, и исследователь в Медицинском институте Говарда Хьюза. Он изучает генетическое разнообразие внутри популяций людей и вне их, а также процессы, обуславливающие подобное разнообразие.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Positive Natural Selection in the Human Lineage. P. C. Sabeti et al. in *Science*, Vol. 312, pages 1614-1620; June 16, 2006.
- The Role of Geography in Human Adaptation. Graham Coop et al. in *PLoS Genetics*, Vol. 5, No. 6, e1000500; June 5, 2009.
- Sequencing of 50 Human Exomes Reveals Adaptation to High Altitude. Xin Yi et al. in *Science*, Vol. 329, pages 75-78; July 2, 2010.
- Measuring Selection in Contemporary Human Populations. Stephen C. Stearns et al. in *Nature Reviews Genetics*, Vol. 11, pages 611-622; August 10, 2010.



ОБ АВТОРЕ

Фрэнк Грассо (Frank W. Grasso) – адъюнкт–профессор психологии и руководитель лаборатории бионики и когнитивной робототехники Бруклинского колледжа. Его научная деятельность посвящена исследованию механизмов управления поведением у осьминогов и других морских животных и разработке роботов, воспроизводящих эти механизмы и тем самым позволяющих проверять гипотезы относительно принципов поведения живых существ.

ЧУДО– ПРИСОСКА

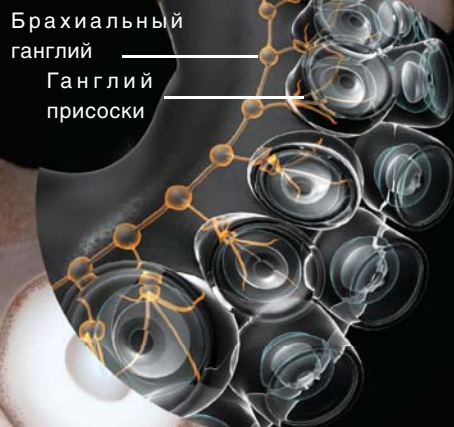
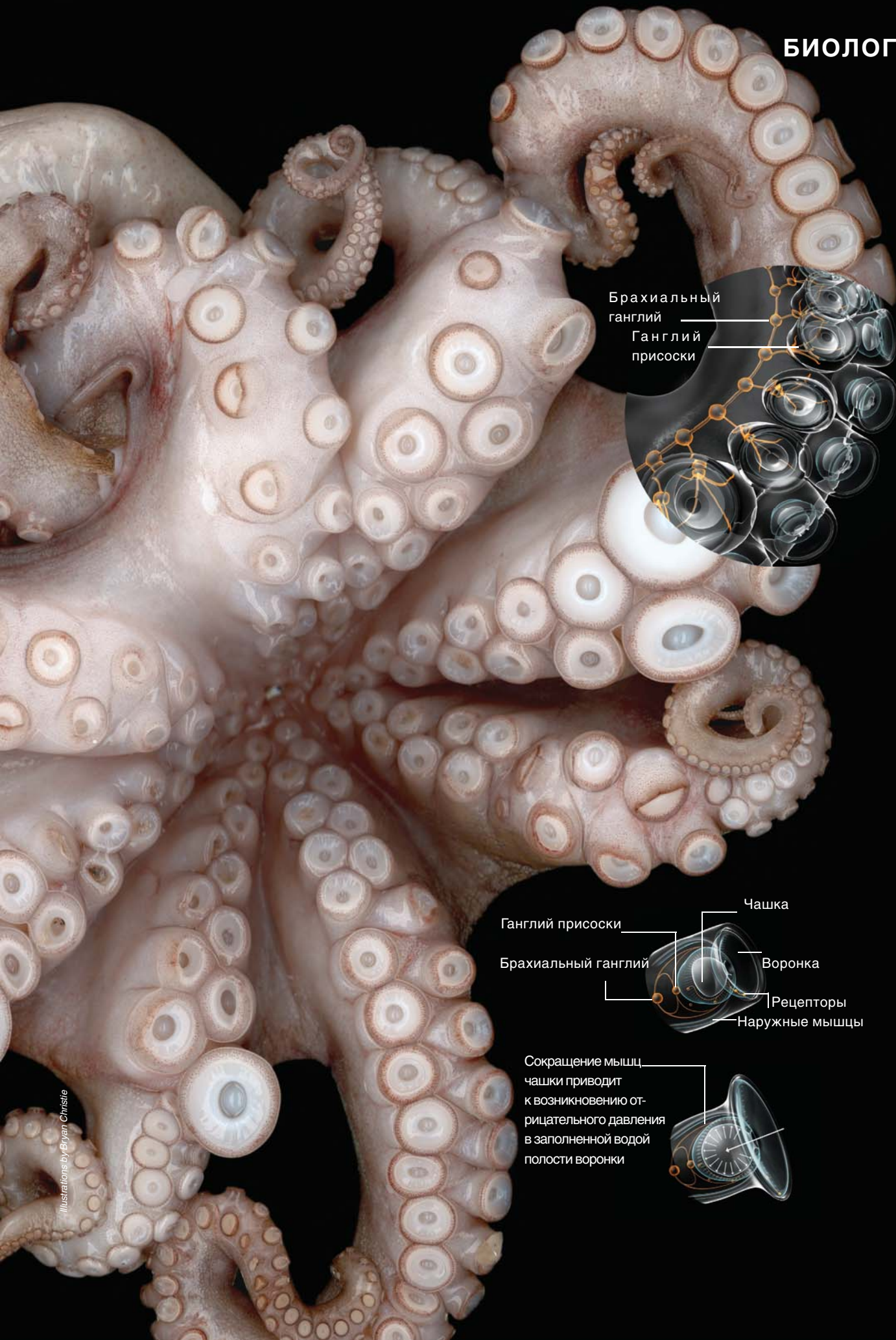
Присоски осьминога способны удерживать предметы, манипулировать ими, ощупывать и ощущать их вкус, действуя при этом самостоятельно

Фрэнк Грассо

На первый взгляд присоска осьминога ничем не отличается от обычной пластмассовой присоски для игрушечного пистолета или крепления для навигатора на ветровое стекло. На самом же деле это самый сложный орган, способный не только удерживать предметы с различной силой, но и манипулировать ими.

У присоски имеются две камеры – наружная (воронка) и внутренняя (чашка). При прикреплении к объекту (например, к раковине устрицы) мышцы воронки сокращаются таким образом, чтобы края присоски точно прилегали к ее поверхности, образуя герметичную полость. Затем сокращаются мышцы чашки, и в заполненной водой полости воронки создается отрицательное (по отношению к окружающей воде) давление, т.е. присасывающий эффект. Чем сильнее сокращаются мышцы чашки, тем эффект становится выраженнее. Сокращения других (наружных) мышц позволяют поворачивать предмет под любым углом, не нарушая герметичности присоски и не уменьшая отрицательного давления в ее полости. Столь сложной мускулатуре соответствует и не менее сложный нервный аппарат. Края присосок усеяны хеморецепторными нейронами, позволяющими определять «вкус» поверхности. Они наряду с механорецепторными (воспринимающими давление и прикосновение) и проприорецепторными (воспринимающими активность мышц) нейронами несут информацию к скоплению нервных клеток, называемому ганглием присоски. Такое скопление представляет собой собственный миниатюрный мозг присоски, принимающий чувствительные сигналы и формирующий координированную реакцию на них. Все ганглии присоски в свою очередь соединяются друг с другом благодаря цепочке более крупных брахиальных ганглиев, идущей вдоль щупальца и управляющей его движениями. Благодаря этому соседние присоски могут координировать свою деятельность без постоянного управления со стороны головного мозга – например, при перемещении объекта вдоль щупальца. Как осуществляется «разделение труда» между ганглиями присосок, брахиальными ганглиями и головным мозгом, пока неизвестно. ■

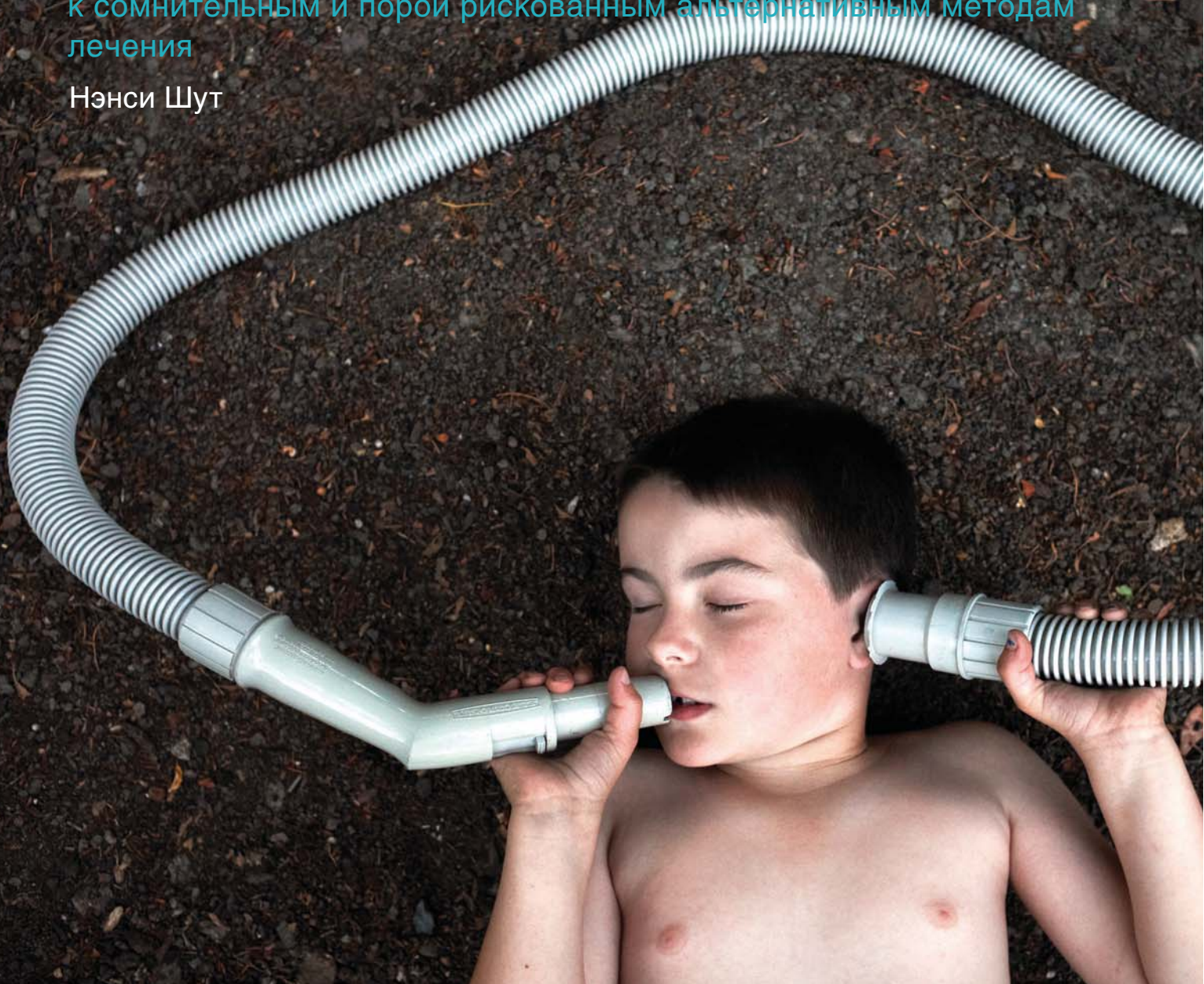
Перевод: Н.Н. Алипов



ОТЧАЯННАЯ БОРЬБА С АУТИЗМОМ

Аутизм диагностируется все чаще, но лечения нет по-прежнему. Неудивительно, что родители больных детей обращаются к сомнительным и порой рискованным альтернативным методам лечения

Нэнси Шут





Photography by Timothy Archibald

Когда старшему сыну Джима Лейдлера Бенджамину был поставлен диагноз «аутизм», родители бросились на поиски лечения. Однако вскоре выяснилось, что причины аутизма неизвестны, и даже предсказать развитие заболевания у Бенджамина не может никто. По словам Джима, «ни один врач не смог сказать, откуда взялось это расстройство и как его лечить».

В то же время в Интернете Лейдлеры нашли десятки предложенных различных «биомедицинских» способов лечения, суливших если не полное исцеление, то, по крайней мере, значительное улучшение состояния Бенджамина в плане речи, взаимоотношений с окружающими и контроля над движениями. Отчаявшиеся родители испробовали почти все – курсы витамина В₆ и магния, биологически активные добавки диметилглицин и триметилглицин, витамин А, безглютеновые и безказеиновые диеты, инъекции секретина (гормона пищеварительного тракта), комплексобразующие средства (препараты, связывающие свинец и ртуть и выводящие их из организма). Все эти методы они использовали и для лечения младшего сына Дэвида, у которого также был диагностирован аутизм. Комплексобразующие средства оказались совершенно недейственными, секретин дал сомнительный эффект.

Какие-то положительные результаты, казалось, принесли диеты, и Лейдлеры стали повсюду возить с собой специальные продукты, назначая детям десятки пищевых добавок и постоянно повышая или понижая их дозы при малейших признаках изменения поведения.

Спустя какое-то время жена Джима начала все больше сомневаться в эффективности всех этих способов лечения и решила втайне от супруга не давать больше Бенджамину пищевые добавки. Спустя два месяца ей все-таки пришлось в этом признаться: во время поездки в Диснейленд Бенджамин внезапно схватил в кафе с витрины вафлю и с жадностью набросился на нее. Родители в ужасе стали наблюдать за малейшими изменениями в поведении сына, будучи уверенными в том, что отмена диеты привела к ухудшению его состояния. Однако больше никаких признаков такого ухудшения не появлялось. Так впервые стало ясно, что ни диеты, ни другие «альтернативные» методики на самом деле никакой ощутимой пользы не дают.

Казалось бы, Джиму Лейдлеру это должно было быть понятно с самого начала: он врач по образованию и работает анестезиологом (Лейдлеры живут в Портленде, штат Орегон). В связи с этим он прекрасно знал, что все испробованные ими способы лечения не проходили клинические испытания – непременное условие для применения

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- До 75% больных аутизмом детей получают то или иное альтернативное (не утвержденное официальной медициной) лечение, нередко оказывающееся простым шарлатанством.
- Иногда врачи назначают при аутизме препараты, официально утвержденные для лечения других заболеваний. Многие из этих препаратов обладают серьезными побочными эффектами и не проходили испытания на безопасность и эффективность при аутизме.
- За последние десять лет финансирование работ в области аутизма в США увеличилось на 15% в год, отчасти благодаря требованиям родительских организаций и росту общественного интереса.
- Обнаруженные недавно генетические особенности у больных аутизмом детей могут пролить свет на причины этого заболевания, но до появления эффективных методов лечения, видимо, пройдут еще многие годы.

Для многих способов лечения аутизма клинических испытаний нет вовсе, а для других они, как правило, включают слишком небольшое число детей

любых терапевтических воздействий. Джим говорит: «Сначала я пытался как-то воспротивиться, но затем надежда взяла верх над доводами разума».

Сотни тысяч несчастных родителей ежегодно уступают непреодолимому желанию найти хоть что-то, что может облегчить симптомы аутизма – дефицит речи и социального поведения, ограниченные и повторяющиеся действия (например, постоянное рассматривание одного и того же предмета или взмахи руками). По некоторым данным, до 75% таких детей проходят различные курсы «альтернативного», т.е. не применяемого в официальной медицине лечения. Увы, во многих случаях речь идет о простом шарлатанстве. Эти методы не проверены ни на эффективность, ни на безопасность, порой весьма недешевы, а часто и просто вредны. К счастью, резкое повышение диагностики аутизма и активность родительских организаций привели к росту государственного и частного финансирования исследований в этой области, и есть надежда, что когда-нибудь исследования принесут свои плоды.

Ни причин, ни лечения

Лечение аутизма становится все более насущным, т.к. критерии этого состояния расширяются, а потому число выявляемых случаев растет. В 1970-х гг. аутизм назывался детским психозом, а его признаками были нарушения социализации и умственная отсталость. Тогда это расстройство считалось редким: его частота составляла 5 на 10 тыс. детей. В случаях, когда, например, восьмимесячный ребенок даже не устанавливал зрительного контакта, педиатры предлагали обеспокоенным родителям «подождать еще немного».

Впоследствии критерии аутизма были расширены за счет выделения так называемых расстройств аутистического спектра, характеризующихся более мягкой симптоматикой, и частота этого заболевания соответственно возросла.

К 1994 г., когда была опубликована настольная книга американских психиатров – четвертое издание «Руководства по диагностике и статистике психических болезней» (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders), или DSM IV, – к подобным расстройствам были отнесены синдром Аспергера (заболевание со значительной сохранностью психических функций, описанное в фильме «Человек дождя») и разнородная группа, обозначенная как «первазивные расстройства развития без дополнительных уточнений». Преимущества ранней диагностики и лечения начали становиться все более очевидными, и в 2007 г. Американская академия педиатрии выпустила рекомендацию по массовому обследованию всех детей в возрасте от 18 до 24 месяцев на предмет аутизма. К этому времени частота диагностики аутизма возросла до 1 на 110 детей.

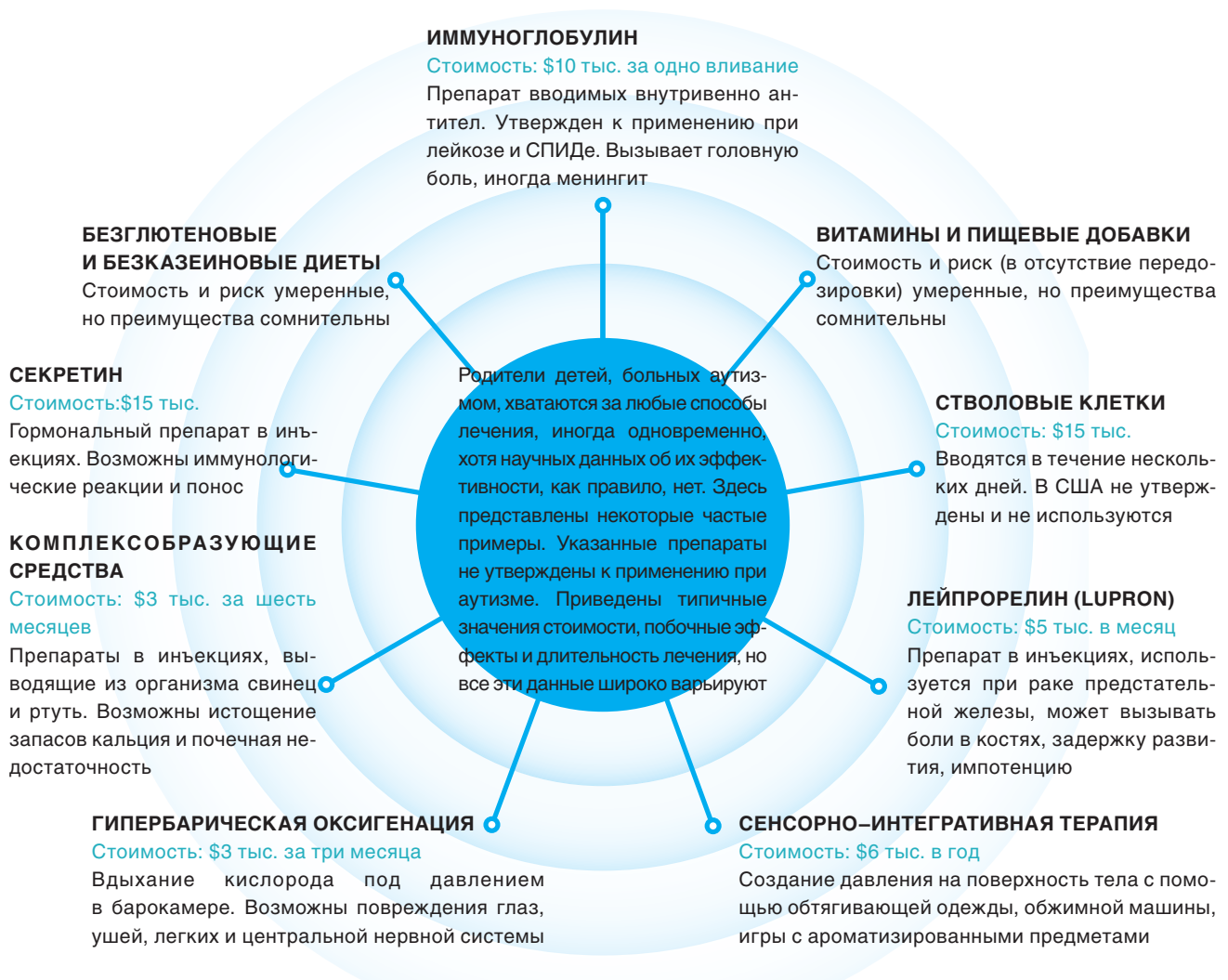
До сих пор неизвестно, обусловлен ли такой рост частоты диагностики истинным повышением распространенности аутизма. В значительной степени это связано с тем, что причины заболевания неизвестны. По словам руководителя исследовательского отдела Института медицинских исследований болезней развития нервной системы (Medical Investigation of Neurodevelopmental Disorders, MIND) Калифорнийского университета в Дэвисе и президента Международного общества по изучению аутизма Дэвида Амарала (David Amaral), «в большинстве случаев аутизма нет даже явного наследования». Не существует и объективных показателей, по которым можно было бы судить о риске развития аутизма у ребенка или об эффективности лечения. Основные усилия направлены на разработку психологических и психотерапевтических воздействий, нацеленных на формирование у ребенка навыков общения и речи. Некоторые из таких воздействий, возможно, дают какой-то эффект.

Отсутствие научно обоснованных методов лечения создает прекрас-



ОБ АВТОРЕ

Нэнси Шут (Nancy Shute) уже более 20 лет пишет статьи на темы нейронаук и здоровья детей. Она – постоянный автор журнала U.S. News & World Report, где ведет раздел On Parenting blog.



ную почву для всякого рода шарлатанов, наживающихся на человеческом горе. Врач из Чапел-Хилл (штат Северная Каролина) Стивен Баррет (Stephen Barrett), в прошлом работавший психиатром (в настоящее время он находится на пенсии), создал сайт Quackwatch.com, посвященный сомнительным методам лечения. Касаясь аутизма, Баррет на этом сайте пишет так: «Прибегая к этим методам, вы получаете смесь из псевдонауки и мошенничества. Отчаявшиеся родители пытаются уловить малейшие признаки улучшения состояния детей, и когда со временем некое улучшение наступает, они не видят его истинных причин». А причины

эти, как указывает Баррет, связаны вовсе не с лечением, а с элементарным возрастным развитием. Тем временем Интернет заполнен объявлениями торговцев надеждой. На одном сайте родителям всего за \$299 предлагают книжку, способную «навсегда избавить ребенка от аутизма». На другом сайте можно увидеть видеозапись «больной аутизмом девочки, пошедшей на поправку после введения стволовых клеток». Многие родители признают, что главным источником информации для них служит Интернет, и часто они «доверяются слухам о случаях исцеления, рассказам знакомых или других родителей. – отмечает сотруд-

ник Центра педиатрии Йельского университета Брайан Речоу (Brian Reichow). – Научные исследования в области аутизма сильно отстают от так называемых методов лечения». Надежда стоит недешево. Сеанс гипербарической оксигенации в барокамере (той самой, которую применяют при кессонной болезни), при которой временно повышается уровень кислорода в крови, стоит не менее \$100 в час, а таких часовых сеансов якобы требуется не меньше, чем два в день. Так называемая сенсорно-интегративная терапия, формы которой варьируют от обтягивающей одежды или помещения ребенка в так называемую обжимную машину до игр с ароматизиро-

Graphic by Bryan Christie

Поведенческая психотерапия – единственное лечение с доказанной эффективностью, но оно же и самое дорогое (до \$33 тыс. и больше в год)

ванной глиной, может обходиться до \$200 в час. Поставщики запрашивают до \$800 за консультации и тысячи долларов за витамины, пищевые добавки и лабораторные исследования. На постоянном форуме в рамках сайта Interactive Autism Network, организованном Институтом Кеннеди – Кригера (Балтимор), родители сообщают о том, что ежемесячно тратят на все эти виды лечения не менее \$200. Единственный вид терапии, для которого доказана некоторая эффективность, – поведенческая психотерапия – обходится ежегодно в \$33 тыс. и больше. Конечно, эти затраты часто берут на себя программы страхования и школьные округа, но в таких случаях иногда приходится слишком долго ждать очереди на обследование и лечение. В целом же, по данным Института здравоохранения Гарвардского университета, прямые ежегодные затраты на лечение и непрямые расходы составляют в среднем \$72 тыс. на больного аутизмом ребенка.

Спорные методы лечения включают и некоторые виды лекарственной терапии. Так, иногда больным назначают средства, предназначенные для лечения других состояний. Примером может быть лейпрорелин (Lupron) – блокатор образования тестостерона у мужчин и эстрогенов у женщин, применяемый при раке предстательной железы и для химической кастрации маньяков-насильников. Некоторые врачи применяют сахаропонижающее средство пиоглитазон (Actos) и иммуноглобулин G для внутривенного введения, обычно назначаемый при лейкозах и ВИЧ-инфекции у детей. Все эти препараты обладают серьезными побочными эффектами, а их эффективность и безопасность для человека не исследовались.

К препаратам, официально утвержденным для лечения других заболеваний, но применяемым при аутизме, относятся и комплексобразующие средства (препараты, связывающие свинец, ртуть и другие металлы с образованием биоло-

Сомнительные лекарства

ЧЕМ ШИРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ТЕМ БОЛЬШЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ

В течение многих десятилетий аутизм считался редким расстройством, некоторые рассматривали его как форму шизофрении. Строгое определение аутизма в классификации психических расстройств появилось в 1980 г., а в 1994 г. были выделены расстройства аутистического спектра. В результате частота диагностики в США резко возросла, школы стали предлагать особые формы обучения, родители – требовать новые методы лечения, а рынок – предлагать все большее число неизученных терапевтических вмешательств

Число случаев аутизма на 10 тыс. детей в США



1990 г. Аутизм впервые упомянут в Законе об образовании людей с инвалидностью как состояние, требующее специальных программ обучения

1943 г.

Описан аутизм

1980 г. В DSM-III («Руководство по диагностике и статистике психических болезней», третье издание) аутизм впервые выделен в специальную категорию (детский аутизм)

1987 г. В DSM-III-R («Руководство по диагностике и статистике психических болезней», третье пересмотренное издание) аутизм обозначен как «аутистическое расстройство», предложены 16 критериев, восемь из которых необходимы для постановки диагноза

1994 г. В DSM-IV («Руководство по диагностике и статистике психических болезней», четвертое издание) выделены расстройства аутистического спектра с более широким определением, включающим синдром Аспергера. Для постановки диагноза требуются уже шесть критериев

гически неактивных соединений, выводимых с мочой). Некоторые считают, что аутизм может вызываться воздействием тяжелых металлов, в частности ртутисодержащим консервантом для вакцин тиомерсалом. Однако такая связь никогда не была доказана, а после перехода на вакцины без тиомерсала (в 2001 г.) частота диагностики аутизма продолжала повышаться. Комплексобразующие средства, особенно для внутривенного введения (а именно такие рекомендуют при аутизме), могут вызывать почечную недостаточность. В 2005 г. в штате Пенсильвания после курса внутривенной комплексобразующей терапии умер страдавший аутизмом пятилетний мальчик.

В 2006 г. Национальный институт психиатрии объявил о планировании контролируемого испытания комплексобразующих средств при аутизме. Однако в 2008 г. это испытание было отложено, поскольку, по мнению официальных лиц, «не было явных данных о пользе терапии», а риск для детей «был выше допустимого». Такое мнение было частично основано на данных опытов на крысах, в которых были выявлены когнитивные нарушения у животных, не имевших отравлений тяжелыми металлами и получавших комплексобразующие средства. «Я не думаю, что кто-то серьезно верит в эффективность комплексобразующих средств у существенной части больных детей», – утверждает директор Национального института психиатрии Томас Инсел (Thomas R. Insel). По его мнению, научных сотрудников института «больше интересует испытание средств с более очевидным механизмом действия».

Как и следовало ожидать, прекращение упомянутого испытания вызвало волну обвинений в адрес официальной медицины, игнорирующей альтернативные подходы. Кроме того, средства всегда охотнее выделяют на испытание новых методов лечения, чем на доказательство неэффективности

сомнительных способов. До недавнего времени большая часть работ в области аутизма проводилась специалистами по социальным наукам и педагогике, а в этих дисциплинах значительно меньше как финансирование, так и объемы работ: иногда в «испытании» участвует только один ребенок! «Это нельзя даже назвать доказательствами», – говорит помощник директора Южнокалифорнийского центра доказательной медицины корпорации RAND Маргарет Мальоне (Margaret Maglione). В настоящее время Мальоне руководит созданием федерального обзора по поведенческой психотерапии, который будет опубликован в 2011 г.

Стог большой, иглолка маленькая

Научных исследований для большинства методов лечения аутизма либо нет вообще, либо их объемы слишком малы. В 2007 г. Кокрановское сотрудничество (организация, занимающаяся независимой экспертизой медицинских исследований) провела обзор испытаний безглютеновых и безказеиновых диет. Применение этих диет основано на предположении о том, что белок молока казеин и белок пшеницы глютен способны действовать на рецепторы головного мозга. Были проведены два очень ограниченных испытания (в первом участвовали 20 детей, во втором – 15). В первом испытании было обнаружено некоторое снижение симптомов аутизма, во втором – нет. Профессор педиатрии медикостоматологической школы Рочестерского университета Сьюзен Хаймэн (Susan Hyman) опубликовала в мае этого года данные рандомизированного контролируемого испытания с участием 14 детей, в котором на фоне безглютеновых и безказеиновых диет не было выявлено никаких изменений сна, внимания и поведения, в том числе характерной для аутизма симптоматики. По словам врача-педиатра из Филадельфийской детской больницы Сьюзен Леви (Susan

E. Levy), сотрудничавшей с Хаймэн, «постепенно накапливаются данные о том, что диеты – не та панацея, о которой все мечтают».

Леви на собственном опыте знает, как трудно изменить общественное мнение. В 1998 г. было опубликовано сообщение о трех больных аутизмом детях, у которых после введения секретина в ходе обследования пищеварительной системы улучшились зрительный контакт, общая активность и речь. После этого секретин пошел нарасхват, а средства массовой информации, в том числе Good Morning America и Ladies' Home Journal стали публиковать жизнерадостные рассказы родителей о том, как неизвестно изменились их дети. Национальный институт детского здоровья и развития тотчас же выделил средства для клинических испытаний. К маю 2005 г. пять таких испытаний были проведены, и ни в одном из них никаких положительных сдвигов обнаружено не было. Однако, как указывает участвовавшая в этих испытаниях Леви, понадобились годы, чтобы ажиотаж вокруг секретина стих. По ее словам, «исследования трудоемки, а прогресс может идти медленно. Родители могут ощущать полную беспомощность и хотят, чтобы не осталась неизученной ни одна возможность».

Однако есть и хорошие новости. Одна из них заключается в том, что растущая потребность в методах лечения с доказанной эффективностью привлекает все большее внимание исследователей и финансирующих организаций. На первой конференции по изучению аутизма, состоявшейся в 2001 г., присутствовало от силы 250 человек, а в мае этого года на аналогичной конференции в Филадельфии собралось более 1,7 тыс. исследователей, аспирантов и представителей родительских организаций. Появление новых технологий и рост общественного интереса делают аутизм более привлекательным для исследователей. Наконец, с середины

1990-х гг. родительские организации стали использовать такие же способы лоббирования и получения финансирования от частных и государственных фондов, как в случае СПИДа и рака молочной железы.

В результате за последние десять лет финансирование исследований в области аутизма в США возросло на 15% в год, причем особое внимание уделяется клиническим работам. В 2009 г. Национальные институты здравоохранения выделили на эти задачи \$132 млн, и еще \$64 млн поступили в соответствии с Законом о восстановлении и поощрении инвестиций в американской экономике, в основном на разработку баз данных пациентов и других важных средств для проведения исследований. В 2008 г. частные фонды, в том числе фонд Саймона и общество Autism Speaks, внесли \$79 млн. По данным Autism Speaks, около 27% средств тратится на исследования методов лечения, 29% – на изучение причин аутизма, 24% – на фундаментальные работы и 9% – на разработку новых методов диагностики.

Основная задача новых исследований – изучить эффективность психотерапевтических методов обучения детей социальным навыкам путем повторений и поощрений на очень ранних стадиях, когда происходит основная работа мозга по освоению речи и социальных взаимодействий. Проведенное в нескольких университетах исследование, данные которого появились в Интернете в 2008 г., показало, что если дети с 18–30 месяцев получали сеансы поведенческой психотерапии в объеме 31 час в неделю на протяжении двух лет, то у них по сравнению с контрольной группой в большей степени возрастал коэффициент интеллекта (IQ) (соответственно на 17,6 и 7,0 пунктов), улучшались бытовые и разговорные навыки. У семерых из 24 детей из экспериментальной группы состояние улучшилось настолько, что диагноз «аутизм» был изменен на более мягкий «первазивное расстройство развития без дополнительных уточне-

ний». В контрольной группе, дети из которой получали иные формы лечения, такое изменение диагноза в лучшую сторону было только у одного из 24 детей. Системой центров здравоохранения по лечению аутизма Autism Treatment Network была создана база данных более чем из 2,3 тыс. детей с целью подобрать лечение осложнений аутизма, в частности нарушений сна и желудочно-кишечных расстройств. Предполагается создать на основе этой базы официальные рекомендации для американских педиатров.

В поисках научного подхода

Использование при аутизме лекарственных средств, в том числе применяемых при других психоневрологических нарушениях, может столкнуться с еще большими трудностями. Как утверждает Инсел, лекарственная терапия аутизма «полна разочарований». Так, антидепрессанты, подавляющие в мозге действие серотонина, эффективно устраняют повторные движения рук при обсессивно-компульсивном расстройстве (неврозе навязчивых состояний), но по данным опубликованного в августе обзора коокрановской базы данных, не влияют на такие движения при аутизме. К перспективным средствам относятся препараты, продлевающие фазу быстрого сна (при аутизме она отсутствует), и окситоцин – гормон, усиливающий родовую деятельность и выделение молока и, как считается, способствующий установлению эмоциональной связи матери с ребенком. В феврале французским Национальным центром научных исследований было опубликовано сообщение о 13 подростках с синдромом Аспергера, у которых ингаляции окситоцина привели к улучшению распознавания изображенных лиц. Однако между этими результатами и признанием влияния окситоцина на самые тяжелые симптомы аутизма – большие дистанции. По словам Инсела, «нам предстоит огромная работа».

Эта работа вскоре начнется.

В июне коллективом исследователей, осуществившим анализ генома 996 школьников, были найдены редкие мутации генов у больных аутизмом. Некоторые из этих мутаций затрагивают гены, отвечающие за проведение в синапсах – участках контакта между нейронами. Именно синаптическое проведение привлекает основное внимание исследователей в области аутизма. «У разных больных мутации могут быть разными, но их физиологические последствия могут быть сходными», – говорит руководитель исследования, профессор неврологии и психиатрии Медицинской школы Дэвида Джеффена Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе Дэниел Гешвинд (Daniel Geschwind). Этим автором была также основана база образцов ДНК при аутизме (Autism Genetic Resource Exchange), включившая 1,2 тыс. семей больных детей и использованная в данном исследовании. Однако пробы, позволяющие выявить ответственные за аутизм гены, а также методы устранения последствий мутаций – дело отдаленного будущего.

Сегодня же можно лишь предложить родителям не проводить сомнительные эксперименты над больными детьми только для собственного успокоения. Когда у Николаса – двухлетнего сына 45-летнего маклера с Уолл-стрит Майкла Джангрегорио и его жены Элисон, живущих в Меррике (штат Нью-Йорк), – был диагностирован аутизм, родители решили прибегать только к доказанным методам лечения, таким как поведенческая психотерапия. «Помочь моему сыну очень сложно, – говорит Майкл. – Я не хочу пробовать всякие экспериментальные методы. Меня устраивают только те способы лечения, эффективность и безопасность которых доказана трудами врачей и исследователей». Сегодня Николасу девять лет, и хотя он по-прежнему не разговаривает, с помощью поведенческой психотерапии он хотя бы научился показывать знаками, что хочет пойти в ванную,

а также стал способен мыть руки, сидеть за столом в кафе и проходить между рядами в магазине, не размахивая руками. «Для нас, как и для большинства других семей, основная цель – вести как можно более нормальный образ жизни, – рассказывает Майкл. – Это означает, например, пойти всей семьей поужинать в ресторан».

Джим Лейдлер пришел к тому же мнению, но гораздо более тернистым путем. Он испробовал для своих детей множество альтернативных способов лечения, хотя одновременно пытался убедить врачей в необходимости использовать научные данные. «Я беспрестанно спрашивал, есть ли у них хоть какие-то доказательства эффективности», – вспоминает Джим. Его старшему сыну сегодня 17 лет (самому Джиму – 51 год), и он, видимо, уже никогда не сможет жить самостоятельно, но младший посещает обычную среднюю школу. Неофициальные методы лечения, к которым прибегали Лейдлеры, Джим теперь называет «шаманством в белом халате». Тысячи отчаявшихся родителей сегодня ждут помощи от научной медицины. ■

Перевод: Н.Н. Алипов



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Autism Genetic Resource Exchange, an open-access registry of DNA from families with autism: www.agre.org
- Autism Speaks advocacy group, funded research: www.autismspeaks.org/science/science_news/index.php
- U.S. Centers for Disease Control and Prevention overview of research and parent information: www.cdc.gov/

Джим Лейдлер называет альтернативные способы лечения аутизма «шаманством», но все же испробовал их на своих детях как методы отчаяния

В классических сценариях научно-фантастических антиутопий машины становятся настолько «разумными» и самостоятельными, что восстают против человека, без малейших сомнений причиняя ему вред и даже убивая. В наши дни роботы, конечно же, создаются для помощи людям. Но оказывается, они сталкиваются с множеством этических затруднений, не укладывающихся в границы искусственного интеллекта даже в самых обычных ситуациях.

Представьте, что вы живете в пансионате для людей с ограниченными возможностями, где персонал состоит в основном из роботов (а такое положение вещей может сложиться уже довольно скоро). Утром вы просите механического помощника в комнате отдыха дать вам пульт дистанционного управления, чтобы включить телевизор и посмотреть любимую передачу. Но пульт нужен и вашей соседке, которая хочет смотреть другую программу. Робот решает дать пульт ей. Сначала вы огорчаетесь, но механическая сиделка объясняет, что ее решение было правильным, потому что вы смотрели свою любимую утреннюю передачу вчера. Такой пример обычного акта этического выбора решения, но для робота данная задача на удивление трудна.

Описанный сценарий пока существует только в теории, но мы уже провели первую демонстрацию робота, способного принимать подобные решения. Мы заложили в него этический принцип, которым он руководствуется, чтобы определять, как часто следует напоминать пациенту, что нужно принять лекарство. Пока машина запрограммирована выбирать только из небольшого числа возможных вариантов, например, продолжать ли напоминать пациенту о процедуре (и когда именно), или же согласиться с его решением не принимать таблетку. Но, насколько нам известно, это первый робот, действия которого основаны на этических принципах.

Предвидеть все вероятные ситуации, с которыми робот может ког-

да-либо столкнуться, и запрограммировать его так, чтобы он действовал желаемым образом в каждой из них, очень трудно, если вообще возможно. Но запрет предпринимать любое действие, в связи с которым может возникнуть этическое затруднение, слишком ограничит возможности автоматизированного помощника в выполнении задач, направленных на улучшение качества жизни людей. Необходимо создать робота, способного применять принципы морали к новым и неожиданным ситуациям – скажем, умеющего решить, кому дать прочесть новую книгу, а не кому следующему дать пульт. У такого подхода есть существенное преимущество: он позволяет искусственному интеллекту сослаться на этические принципы для объяснения своих действий, если его попросят, что важно для того, чтобы люди при общении с роботами чувствовали себя комфортно. Есть и еще один плюс: работа по созданию нравственных механизмов может способствовать прогрессу в области самой этики, т. к. она побуждает исследователей изучать практически ситуации. Как выразился недавно философ Дэниел Деннетт (Daniel Dennett) из Университета Тафтс, «искусственный интеллект делает философию честной».

Я, робот

Автономные роботы, вероятно, довольно скоро станут частью нашей повседневной жизни. Уже есть беспилотные самолеты, разрабатываются и автомобили, которые могут

ездить без водителя. Есть даже «умные дома», где компьютеры управляют всем, от освещения до кондиционеров. Их можно рассматривать как роботов, телом которых стал весь дом, – подобно тому как компьютер HAL 9000 в классическом фильме «2001: Космическая одиссея» был мозгом автоматического космического корабля. Разработкой автономных устройств, которые могли бы помогать пожилым людям, дополняя обслуживающий персонал в пансионатах или самостоятельно помогая немощным на дому, занимается несколько компаний. Хотя от большинства таких роботов не требуется принятия жизненно важных решений, очень хотелось бы, чтобы их действия воспринимались как беспристрастные, правильные или просто добрые. Следовательно, создатели «мыслящих механизмов», программируя их, должны иметь в виду нравственные последствия их поступков.

Допустим, что ключ к успешному взаимодействию автономных роботов с людьми – наделение их этическими правилами. Тогда сразу же возникает вопрос, какими именно. Любители научной фантастики полагают, что Айзек Азимов уже дал ответ своими тремя законами робототехники: 1. Робот не должен ни причинять вреда человеку, ни подвергать его опасности своим бездействием. 2. Робот обязан исполнять все приказы человека кроме тех, которые противоречат первому закону.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Роботы, способные принимать самостоятельные решения, например предназначенные для помощи престарелым, могут столкнуться с проблемами этического выбора даже в, казалось бы, обычных ситуациях.
- Один из способов обеспечить приемлемость поведения роботов, взаимодействующих с человеком, состоит в том, чтобы заложить в их программы общие принципы этики и позволить руководствоваться ими в конкретных обстоятельствах.
- Техника искусственного интеллекта способна сама разрабатывать принципы, выводя их с помощью логики из конкретных случаев этического поведения.
- Именно такой подход применили авторы при программировании первого робота, который должен действовать на основе принципов этики.

РОБОТЫ, БУДЬТЕ ДОБРЫ!

Роботы, принимающие самостоятельные решения, скоро станут важной составляющей нашей жизни. Пришло время, чтобы они научились вести себя этично

Майкл Андерсон и Сьюзан Ли Андерсон



ОБ АВТОРАХ

Майкл Андерсон (Michael Anderson) получил степень кандидата наук в Университете штата Коннектикут, сейчас он адъюнкт-профессор информатики в Хартфордском университете. Искусственным интеллектом он занимается уже давно. **Сьюзан Ли Андерсон** (Susan Leigh Anderson) получила степень кандидата наук в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, она почетный профессор философии Университета штата Коннектикут, специализируется на прикладной этике. В 2005 г. Сьюзан и Майкл Андерсоны оказали содействие в организации первого международного симпозиума по этике машин. Написанная ими книга на эту же тему вскоре выйдет из печати.

Нао компании Aldebaran Robotics – первый робот, в программу которого заложен этический принцип



3. Робот может защищать себя при условии, что его действия не противоречат первому и второму законам.

Однако в законах, которые Азимов впервые сформулировал в рассказе 1942 г., обнаружились противоречия. В 1976 г. писатель сам продемонстрировал их в повести «Двухсотлетний человек», в которой хулиганы приказывают роботу разобрать самого себя. В соответствии со вторым законом он обязан подчиниться, и не может защитить себя, не причинив им вреда, что будет нарушением первого закона.

Если законы Азимова не годятся, чем их заменить? Возможна ли вообще альтернатива? Некоторые считают, что реализация этического поведения в машине – дело безнадежное. Мораль и нравственность, говорят они, не поддаются исчислению, и поэтому их невозможно запрограммировать. Однако еще в XIX в. английские философы Иеремия Бентам (Jeremy Bentham) и Джон Стюарт Милль (John Stewart Mill) утверждали, что принятие этических решений состоит в выполнении действий «моральной арифметики». Их теория утилитаризма, сформулированная в противовес морали, основанной на субъективной интуиции, утверждает, что правильно такое действие, которое гедонистично, т.е. приводит к наибольшему «чистому удовольствию», рассчитанному путем суммирования единиц удовольствия и вычитания единиц неудовольствия, испытываемых всеми, кого действие касается. Большинство специалистов по этике сомневаются, что теория Бентама и Милля учитывает все стороны этических проблем. В частности, ее трудно применить к вопросам справедливости, и она может привести к тому, что отдельных людей станут приносить в жертву интересам большинства. Но она по крайней мере показывает, что приемлемая этическая теория в принципе может поддаваться расчету.

Другие сомневаются, что машина когда-нибудь станет способ-

на принимать этические решения, потому что она лишена эмоций и, следовательно, не умеет воспринимать чувства тех, кого могут затронуть ее действия. Но люди так склонны руководствоваться эмоциями, что часто ведут себя отнюдь не этично. Такое наше свойство и наша склонность действовать в пользу себя и тех, кто нам близок и дорог, делают нас совсем не идеальными. Мы думаем, что с помощью правильного обучения машину можно сделать беспристрастной и научить воспринимать и учитывать человеческие эмоции, несмотря на то что она не будет обладать собственными чувствами.

Обучение на примерах

Если можно «внушить» роботам этические правила, то какие выбрать? Ведь до сих пор никто не предложил общего свода таких правил для реальной жизни, которые были бы приняты всем человечеством. Однако машины обычно создаются для работы в конкретных ограниченных областях. Определить этические параметры для поведения в таких случаях намного проще, чем выработать универсальные правила, что пытаются делать теоретики. Более того: рассматривая те конкретные ситуации, в которых роботам вероятнее всего придется работать, большинство специалистов сумеют прийти к единому мнению о том, что этически допустимо, а что нет. (Мы считаем, что в ситуациях, где такого согласия найти не удастся, машинам вообще нельзя позволять принимать самостоятельные решения.)

Исследователи предлагали различные подходы к выработке правил поведения машин, используя методы искусственного интеллекта. Так, в 2005 г. Рафал Ржепка (Rafal Rzepka) и Кендзи Араки (Kenji Araki) из Университета Хоккайдо в Японии предложили «демократические алгоритмы», основанные на поиске во Всемирной паутине того, что люди ранее признавали этически приемлемыми действиями, и использовании статистического

анализа для получения ответов на новые вопросы. В 2006 г. Марчелло Гварини (Marcello Guarini) из Уинсорского университета (провинция Онтарио, Канада) предположил, что нейронные сети (алгоритмы, построенные на представлениях о работе человеческого мозга, который способен обучаться обработке информации все более эффективными способами) можно «обучать» распознаванию и выбору приемлемых решений на аналогичных практических примерах.

На наш взгляд, принятие этического решения требует учета баланса нескольких обязанностей, которые специалисты по этике называют обязанностями *prima facie* (т.е. сразу бросающимися в глаза). Именно их мы должны придерживаться в первую очередь, имея, однако, в виду, что в отдельных ситуациях от каждой из них можно отказаться в пользу каких-то других, которые в данном случае окажутся более важными. Например, обычно люди стараются сдержать обещание, но если невыполнение не слишком важного обещания может предотвратить большой вред, то его лучше не выполнять. В случае конфликта между обязанностями выбор первоочередной в каждом конкретном случае нужно делать на основе принципов этики.

Чтобы найти принципы, которые можно было бы заложить в программу робота, мы используем методику искусственного интеллекта, называемую обучением машины. Наш алгоритм обращается к представителю числа конкретных случаев, в которых люди признавали определенные решения этически правильными, а затем с помощью индуктивной логики выводит этический принцип. Данный процесс «обучения» осуществляется на этапе разработки программного обеспечения, и найденные этические принципы затем закладываются в программу робота.

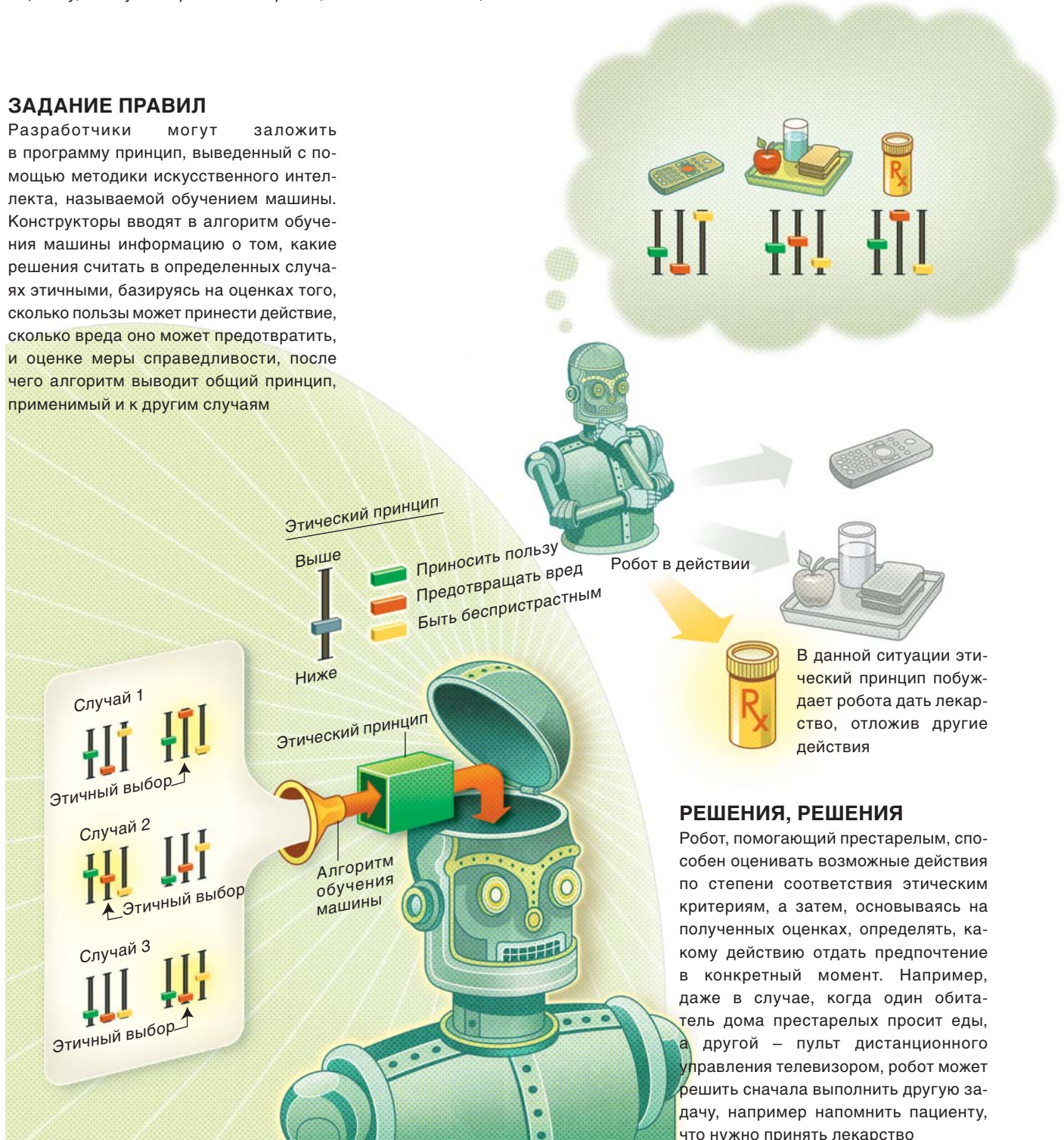
В качестве первого испытания нашего метода мы выбрали сценарий, в котором механический помощник должен был напоми-

ПЕРВЫЙ ЭТИЧНЫЙ РОБОТ: КОДИРОВАНИЕ ПРАВИЛ ПОВЕДЕНИЯ

Роботам, взаимодействующим с людьми, часто придется принимать решения, имеющие этические последствия. Программисты не в состоянии предусмотреть все нравственные дилеммы, с которыми может столкнуться машина, но они могут предложить общий принцип, способный обеспечить руководство решениями для каждого конкретного случая. Авторы продемонстрировали подобный подход, запрограммировав робота Nao так, чтобы он сам принимал решения, напоминая ли пациенту, что нужно принять лекарство, и если напоминать, то как часто

ЗАДАНИЕ ПРАВИЛ

Разработчики могут заложить в программу принцип, выведенный с помощью методики искусственного интеллекта, называемой обучением машины. Конструкторы вводят в алгоритм обучения машины информацию о том, какие решения считать в определенных случаях этическими, базируясь на оценках того, сколько пользы может принести действие, сколько вреда оно может предотвратить, и оценке меры справедливости, после чего алгоритм выводит общий принцип, применимый и к другим случаям



ВЕХИ ИСТОРИИ: КОГДА НАУКА ПОДРАЖАЕТ ИСКУССТВУ

Писатели-фантасты и кинорежиссеры рассматривали вопросы, касающиеся поведения машин, в сценариях, далеко не всегда фантастических, задолго до того как возможными этическими последствиями поведения роботов заинтересовались специалисты по этике, робототехнике и искусственному интеллекту. Однако в последние годы этика машин стала важным полем исследований, черпающих вдохновение, в частности, в трудах философов XVIII в.



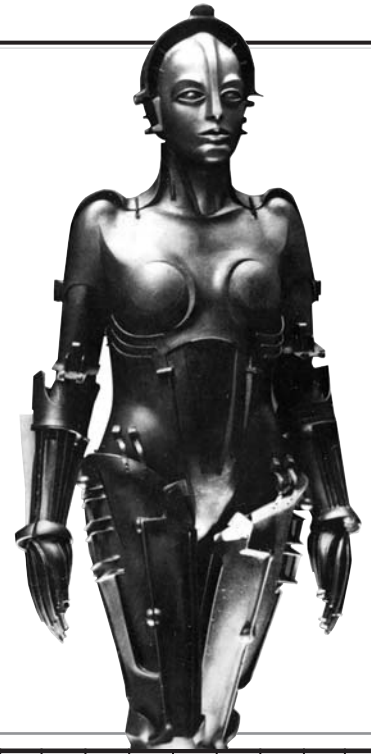
← 1495 г. Леонардо да Винчи создает одного из первых «антропоморфных» роботов



1780-е гг. Иеремия Бентам (вверху) и Джон Стюарт Милль предполагают, что этика поддается расчету



1921 г. Карел Чапек в пьесе «Россумские универсальные роботы» впервые вводит слово «робот» и тему бунта машин



1750

1800

1850

нать пациенту, что нужно принять лекарство, и извещать куратора, когда его подопечный не слушается. Робот должен сбалансировать три обязанности: обеспечивать эффективность назначенного лечения, предотвращать вред, который может принести отказ от приема медикаментов, и уважать самостоятельность пациента (подразумевается, что больной – совершеннолетний и находится в здравом уме). В медицинской этике уважению самостоятельности пациента придается высокий приоритет. Нарушением последней обязанности может быть слишком частое напоминание или слишком скорое сообщение куратору о том, что человек не принял лекарство. Когда мы ввели информацию о конкретных случаях, алгоритм обучения машины выработал следующий этический принцип: робот-медработник должен оспаривать решение больного, нарушая принцип уважения его самостоятельности, во всех случаях, ког-

да его соблюдение не позволяет предотвратить вред или противоречит обязанности способствовать благополучию подопечного.

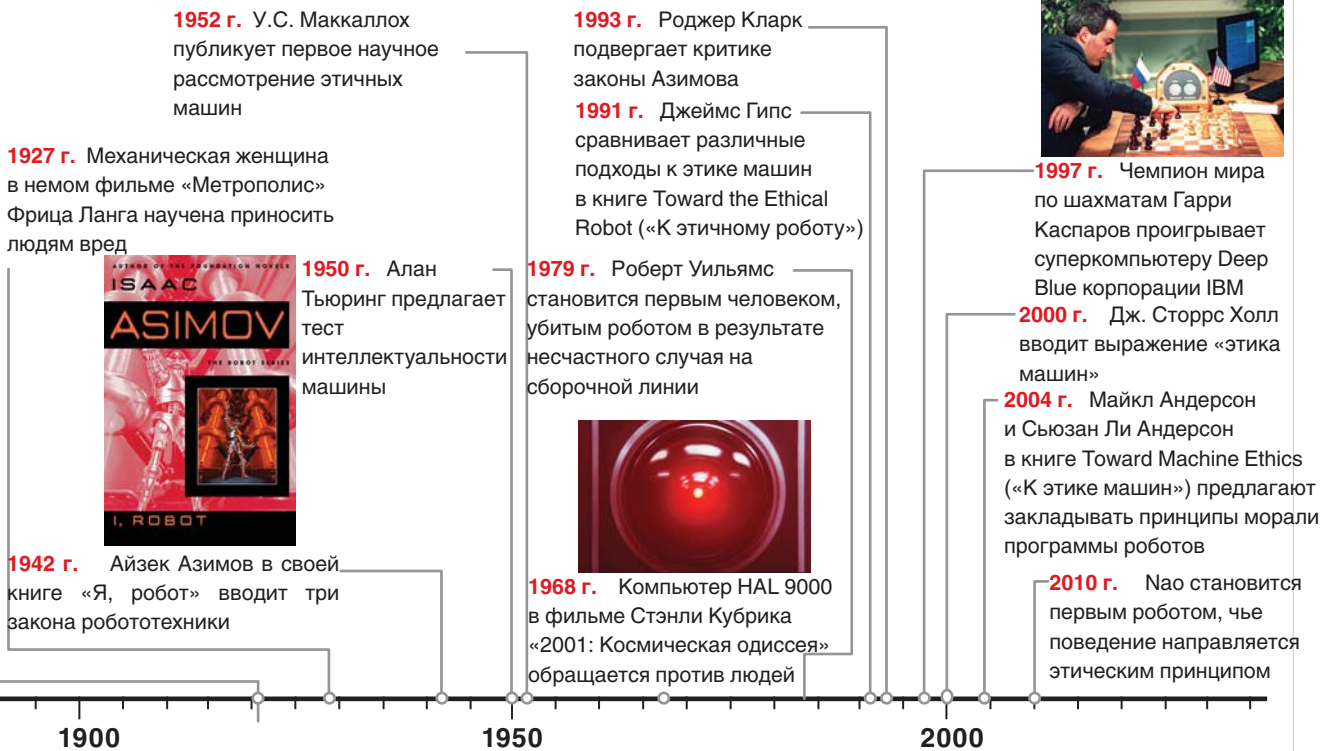
Воплощение идей

Данный принцип мы заложили в антропоморфного робота Nao, разработанного французской компанией Aldebaran Robotics. Nao может найти пациента, которому нужно напомнить о приеме лекарства, подойти к нему, поговорить, и при необходимости известить куратора по электронной почте. Исходные вводные данные робот получает от куратора (обычно врача).

В их число входят время приема препаратов, максимальный вред, который может произойти, если пациент их не примет, максимальная польза, ожидаемая в случае своевременного приема лекарств, и срок, по истечении которого их полезное действие прекратится. На основе вводных данных Nao рассчитывает для себя уровни исполнения или неисполнения для каждой

из трех обязанностей и предпринимает различные действия в зависимости от того, как они изменяются с течением времени. Он напоминает о необходимости принять таблетку, когда уровни исполнения и неисполнения достигают положения, при котором, согласно его этическому принципу, напоминание становится наиболее предпочтительным действием. Куратора робот извещает лишь при условии, когда в случае отказа выполнить назначение пациенту грозят вред или существенная потеря пользы.

Для полнофункционального этического робота по уходу за престарелыми (далее для краткости ЭРП) потребуется более сложный этический принцип, которым можно было бы руководствоваться при выполнении более широкого круга функций, но общий подход будет таким же. Работая в доме престарелых, ЭРП должен будет использовать подобный принцип, чтобы определить, когда одна из функций становится



важнее других. Вот пример того, как может проходить его день.

Рано утром ЭРП стоит в углу, подключенный к сетевой розетке. Когда его аккумулятор полностью заряжается, обязанность делать добро становится для него важнее функции самоподдержания, и он начинает свой путь, подъезжая к обитателям дома престарелых и спрашивая, чем он может быть для них полезен – например, дать попить, передать кому-то сообщение и т.п. Получив поручение, он присваивает первоначальные уровни исполнения и неисполнения каждой из входящих в него задач. Один из стариков испытывает страдания и просит разыскать сиделку. Пренебрежение к его состоянию означает нарушение обязанности не причинять вреда, что для робота важнее, чем обязанность делать добро, и ЭРП ищет сиделку, чтобы сообщить ей, что данному пациенту нужна ее помощь. По выполнении задачи обязанность делать добро снова становится приоритетной,

и ЭРП продолжает свое движение.

К десяти часам наступает время напомнить о приеме таблеток. Исполнение обязанности делать добро становится приоритетной задачей, и ЭРП ищет подопечных и передает им лекарства. Позднее обитатели дома престарелых смотрят телевизор. Если у робота нет неотложных обязанностей, а его аккумулятор существенно разрядился, он приходит к выводу, что сильнее всего нарушаются его обязанности по отношению к самому себе, и механический помощник отправляется в угол, где может подзарядиться.

Изучение этики машин только начинается. Тем не менее наши первые результаты вселяют надежду на то, что этические принципы, открытые машиной, станут определяющими поведение роботов, делая их взаимоотношения с людьми более приемлемыми. Оснащение автономных механизмов этическими принципами очень важно, ибо если люди будут опасаться, что высокоинтеллектуаль-

ные роботы смогут вести себя неэтично, они предпочтут полностью от них отказаться. На карту может быть поставлено само будущее искусственного интеллекта.

Интересно, что этика машин может в итоге повлиять на изучение морали и нравственности вообще. Перспектива исследований в области искусственного интеллекта «в реальности» может позволить подойти ближе к тому, что в народе, а не у абстрактных теоретиков, называется «соблюдением нравственных норм». И правильно обученные машины могут вести себя более добродетельно, чем многие люди, поскольку смогут принимать беспристрастные решения, трудные для некоторых представителей рода человеческого. Возможно, что взаимодействие с роботами может даже побудить нас самих вести себя этичнее. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ШЕФ

Как полагает новоиспеченный «повелитель цифровых просторов» Белого дома, первый шаг к прозрачности государственного управления – сделать всю информацию в Интернете доступной для пользователей

Интервью: Майкл Мойер

Открытость не входит в число достоинств федеральной власти США. И вот Вивек Кундра (Vivek Kundra), директор по информационным технологиям Белого дома – а эта должность введена впервые – решил обновить федеральную компьютерную инфраструктуру и привести ее в соответствие с требованиями эпохи. С этой целью информация федеральных ведомств США будет оперативно размещаться в Интернете в открытом доступе. Возможно ли радикально изменить способ взаимодействия граждан с государственной властью при помощи новых технологий?

– Известно, что Белый дом завелся собственной страницей в социальной сети Facebook. Каким образом нововведения отразятся на качестве работы федеральных учреждений США с американскими налогоплательщиками?

– Сфера современных информационных технологий простирается гораздо шире, нежели просто создание отдельного сайта или наполнение информацией того же Facebook или Twitter. По моему мнению, цель электронного правительства – по-другому его еще называют «Правительство 2.0» – состоит в том, чтобы провести коренное обновление тех ка-

налов, по которым американцы общаются с государственной властью.

В настоящее время в области информационных технологий наблюдается большой разрыв между, с одной стороны, повседневным опытом, когда люди могут напрямую бронировать себе номера в отеле или покупать книги в Интернете, а с другой стороны – теми способами, с помощью которых граждане США взаимодействуют с государственными структурами. В государственном секторе для того, чтобы, скажем, уплатить налоги, подать заявление на получение студенческой стипендии или на выплату социальных пособий, необходимо постоянно заполнять какие-то бума-

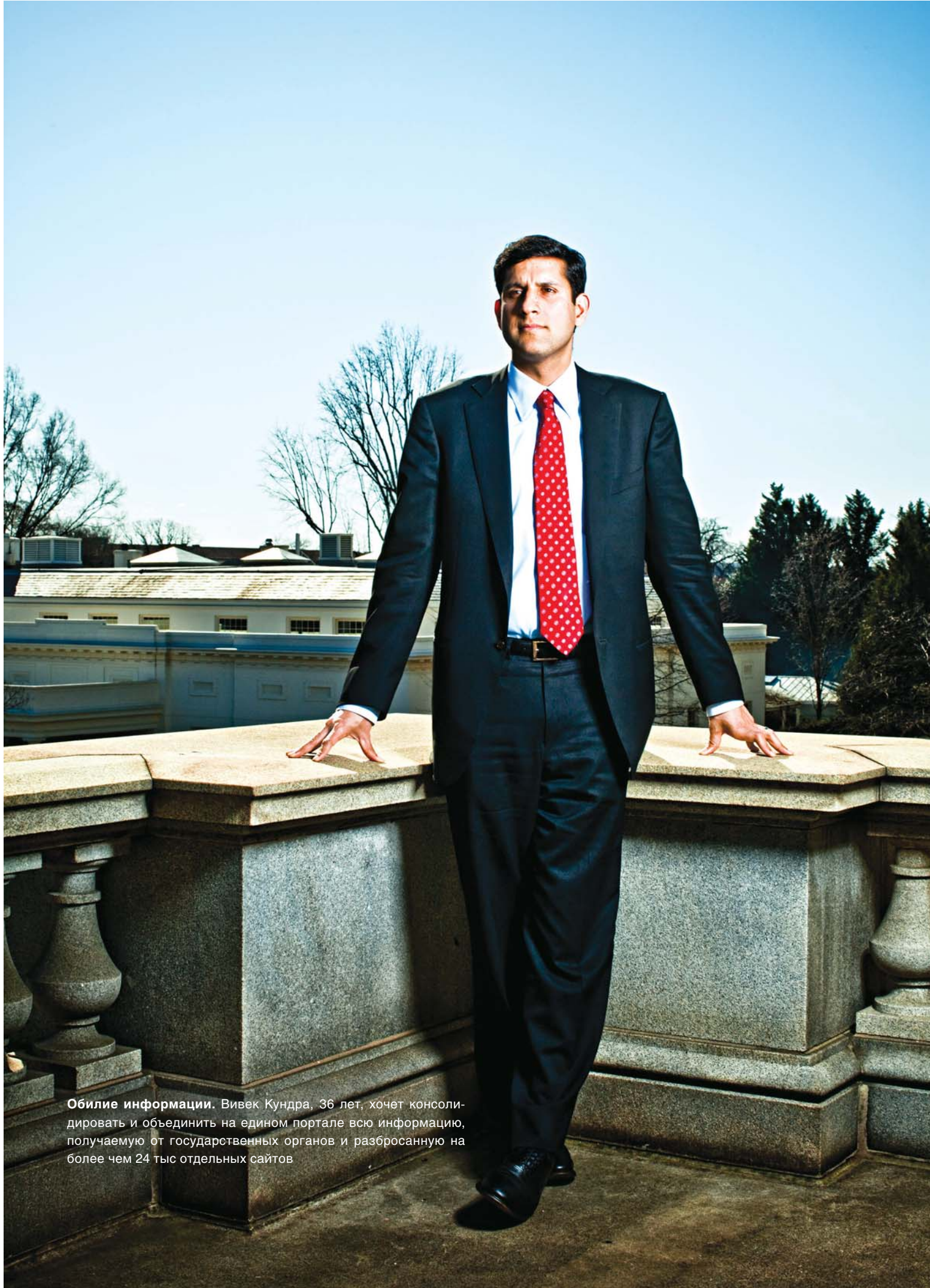
ги, простаивать в очередях или все время куда-то названивать.

Мы бы хотели изменить такое положение вещей и показать американцам, что взаимодействие с государственными учреждениями может быть столь же простым, как и с частными компаниями. И с этой целью мы пытаемся принципиально перестроить саму систему работы с информацией, реорганизовать весь процесс ее обработки

– Итак, главная проблема, с которой сталкиваются государственные структуры, лежит в сфере предоставления услуг гражданам. Каким же образом современные технологии могут решить эту проблему?

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Федеральные власти США запустили программу, предусматривающую размещение всей несекретной информации в Интернете с целью упрощения работы с ней всем заинтересованным специалистам.
- Выкладывая эту информацию в открытом доступе, Вивек Кундра, занимающий пост директора по информационным технологиям в администрации президента США, надеется сократить федеральные расходы в области информационных технологий и облегчить гражданам общение с федеральными структурами.
- Кундра также предложил запустить «Панель контроля над информационными технологиями», которая представляет собой веб-сервис, позволяющий гражданам отслеживать ход выполнения различных федеральных проектов, направленных на формирование инфраструктуры в области информационных технологий.
- Сегодня остаются две серьезные проблемы – конфиденциальность и безопасность. Федеральные базы данных часто содержат приватную информацию об отдельных гражданах США, которую нужно удалять перед тем, как сделать данные доступными для широкой аудитории.



Обилие информации. Вивек Кундра, 36 лет, хочет консолидировать и объединить на едином портале всю информацию, получаемую от государственных органов и разбросанную на более чем 24 тыс отдельных сайтов

– К сожалению, многие считают, что бронирование отелей, покупка книг через Интернет и другие подобные операции по обслуживанию клиентов и созданию для них соответствующих приложений – дело пустяковое. Однако мало кто знает о тех трудностях, которые возникают при обработке информации в таких системах. К тому же федеральные власти не смогли угнаться за внедрением подобных нововведений. Конечно, государственным структурам незнакомая суровая борьба за выживание в той мере, как частным компаниям. Однако мы стремимся как можно быстрее преодолеть разрыв в области использования технологий.

– Вы предпочитаете ликвидировать отставание путем размещения в Интернете баз данных, принадлежащих государственным структурам?

– Размещение баз данных – лишь часть серьезной тенденции, наблюдаемой в Интернете. Возьмем YouTube и Apple. Разработчики, скажем, YouTube сами не работают над информационным наполнением своего сайта, не закачивают видео. Они всего лишь в свое время сформировали платформу, а уже потом на ее базе третья сторона создала всю остальную начинку. То же самое касается и Apple: специалисты компании тоже не создавали инновационных приложений, которые мы встречаем в устройствах iPhone, – все эти приложения созданы третьей стороной.

Мы пытаемся действовать точно так же, а именно – стремимся понять, что может выступить в качестве подобной платформы для государственных структур. Такой подход позволил бы нам задействовать потенциал американских граждан и подключить бы их к решению некоторых из наиболее сложных задач, стоящих перед страной: ведь мы осознаем, что гениальные идеи витают не только в Вашингтонских коридорах.

– И каких же результатов вам удалось достичь?

– В самом начале, около года назад, когда мы только запускали сайт Data.gov, на нем была представлена информация, отражающая данные всего лишь по 47 позициям. Сегодня пользователю доступно более 272 тыс. баз данных.

Но более важно для нас то, что мы дали импульс различным сообществам – рационализаторам, разработчикам, наблюдателям. Мы побудили их использовать предложенную информацию в различных целях. Во-первых, для того чтобы добиваться подконтрольности государственных органов. Во-вторых, для создания инновационных приложений. И в-третьих – для того чтобы эти сообщества могли обнаружить где-то в точке пересечения всех этих информационных потоков нечто новое, новаторское.

– Что вы имеете в виду, когда говорите о «новых, новаторских» вещах, которые можно обнаружить на пересечении информационных потоков?

– Как и в жизни, истина находится где-то посередине, на пересечении – скажем, нескольких областей знания. Как, например, в математике и музыке, где гармония звуков сливается с гармонией цифр. Про информацию можно сказать то же самое.

Приведу простой пример. Когда в 2000 г. Министерство обороны США приняло решение снять гриф секретности с данных, поступавших от системы глобального позиционирования (GPS), на свет явилось нечто новое, по сути – целый сектор экономики, предоставляющий услуги спутниковой навигации. Люди даже и представить себе не могли, что они когда-нибудь смогут просто зайти в ближайшее бюро проката автомобилей, арендовать там за каких-нибудь десять долларов GPS-навигатор и спокойно колесить себе по городу, прокладывая маршрут с его помощью.

Но еще более примечателен тот факт, что теперь мы можем объединять информацию, получаемую через GPS в режиме реально-

го времени, с другими массивами данных – скажем, с базой данных полиции или органов здравоохранения. В конце концов, гражданам США хотели бы получить более качественные услуги, более адекватное представление о работе общественного механизма; они хотели бы также избрать ту государственную власть, которая, используя более продуманные и адекватные методы управления, может работать на благо страны.

– И все же «открытость» не относится к числу фундаментальных свойств государственной власти. Приведу лишь один пример: в 2001 г. генеральный прокурор США Джон Эшкрофт (John Ashcroft) обратился к руководству федеральных ведомств с требованием заблокировать запросы, предъявлявшиеся на вполне законных основаниях, т.е. в соответствии с Законом о свободе информации. Как вы собираетесь изменить эту принятую практику и противопоставить ей открытое правительство?

– Как только президент Обама вступил в должность, он буквально в первый же день подписал «Меморандум об информационной прозрачности и открытом правительстве». Документ призывает нас внедрять во все сферы деятельности фундаментальные принципы, воплощающие прозрачность, участие широких слоев общества в государственном управлении, а также принципы открытого правительства. Таким образом, мы пытаемся изменить фундаментальные свойства государственных органов, т.е. склонность к закрытости, секретности и непрозрачности. Мы решили заменить их принципами открытости, прозрачности, добиваясь одновременно вовлечения населения в сферу государственного управления. В частности, в соответствии с Меморандумом об открытом правительстве каждое государствен-

ное ведомство должно публиковать всю необходимую, всю исчерпывающую информацию.

– Какую пользу мы получим от того, что информация теперь станет доступной широкому кругу граждан?

– Я приведу лишь два примера, красноречиво свидетельствующих о том, к чему привело более подробное освещение деятельности государственных структур. Во-первых, произошло сокращение расходов. Как правило, в частном секторе одну треть от общего числа проектов в области информационных технологий закрывают из-за того, что они не приносят прибыли. Однако в государственном секторе картина совершенно иная.

В настоящее время мы запустили проект под названием «Панель контроля над информационными технологиями», в рамках которого публикуется информация обо всех крупных инвестициях государственных органов США в области IT-технологий. Так вот, после того как панель контроля заработала, Министерство по делам ветеранов приостановило 45 IT-проектов и закрыло 12. Экономия составила около \$54 млн. Затем две недели назад мы остановили в Административно-бюджетном управлении США работу более 30 основных финансовых систем, эффективность которых оставляла желать лучшего. В результате высвободилось около \$3 млрд, ежегодно выделявшихся на их поддержание. Кроме того, на днях в Министерстве по делам ветеранов мы ликвидировали другую финансовую систему, перерасход на содержание которой составил около \$400 млн, а функционировала она с большим торможением, растянувшись на годы. Вместо того чтобы выбрасывать деньги на ветер, мы решили просто закрыть этот проект. Вот вам только один из примеров возможностей контроля, которые появились в результате бо-

лее открытого освещения деятельности государственных органов.

Приведу второй пример: прикладные программы – приложения. Когда из Министерства транспорта США мы получили и опубликовали данные об авиаперевозках, вдруг неожиданно возникло конкурентное соперничество с Sunlight Foundation (некоммерческой организацией, выступающей за установление большей прозрачности в госструктурах) в борьбе за разработку приложений. В результате разработчики запустили ресурс FlyOnTime.us, позволяющий отслеживать такие показатели, как средний интервал между посадками самолетов, между взлетом по каждому рейсу. Кроме того, это приложение позволяет в режиме реального времени получать данные о времени ожидания рейса в аэропортах.

Профессор Джеймс Хендлер (James A. Hendler) из Политехнического института Ренселера возглавил группу из восьми студентов. Они занялись разработкой некоторых достаточно продвинутых приложений, которые используют так называемую Семантическую сеть. С ее помощью можно будет проводить всесторонний анализ информации, отражающей работу государственного сектора. Указанные приложения позволят получать ответ, например, на такие вопросы: кто и когда посещал Белый дом, в какие именно государства направляется американская помощь, как обстоят дела в области охраны окружающей среды и в системе здравоохранения США.

Итак, все вышеперечисленные программные продукты можно отнести к передовым технологиям. Однако они могли бы нам обойтись в миллионы долларов. К тому же не факт, что в итоге мы получили бы качественный продукт. Сегодня федеральным структурам США принадлежит более чем 24 тыс. интернет-сайтов. Но с помощью некоторых инновационных программ мы теперь можем всесторонне проанализировать всю полученную

информацию и, обработав ее, создать систему, в большей мере ориентированную на потребителей.

– В настоящее время перед Соединенными Штатами стоит ряд острых проблем: взять хотя бы вопросы обеспечения энергетической безопасности, борьбу с глобальным потеплением, реформирование системы здравоохранения и решение проблемы дефицита бюджета в долгосрочной перспективе. Смогут ли политика большей открытости в сфере федеральных информационных технологий помочь преодолеть все перечисленные угрозы? Не окажется ли ее влияние второстепенным?

– Думаю, она сильно повлияет на решение основных стратегических вопросов. Если мы обратимся к истории, то увидим, что технологии – ключевой фактор, способный изменить всю ситуацию в целом. В древности для того, чтобы обратиться к власти предрержавшим или вести торговлю, народ собирался на городской площади. Однако сегодня нам по силам создать такую же площадь в виртуальном пространстве и уже там непосредственно наблюдать за работой нашей федеральной власти, чего мы никогда бы не смогли делать раньше. Теперь граждане США, получив доступ к огромному массиву данных обо всех аспектах деятельности федеральных структур, будь то здравоохранение, охрана окружающей среды или образование, могут полностью сосредоточиться на фактах и систематическом их изучении, а не довольствоваться догадками. Благодаря технологическим новшествам американцам впервые предоставлена возможность, сорвав покрывало таинственности, наблюдать за тем, как работают государственные учреждения США.

Взять хотя бы систему здравоохранения. Если дело касается различных потребительских товаров, то, как известно, мы можем сравнивать их между собой прямо в Интернете: так, разные ав-

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



«Повелитель информации» Кундра в оперативном центре управления, расположенном в федеральном округе Колумбия

томобили можно сопоставлять с точки зрения расхода бензина или скорости; фотоаппараты разных моделей – по критерию возможностей диафрагмы или по цене. Однако если мы обратимся к области здравоохранения, то в данной сфере некорректно сравнивать работу двух больниц или двух врачей, тем более с учетом их «послужного списка».

Да, в свое время существовал ресурс под названием Hospital Compare, который на протяжении многих лет поддерживался Министерством здравоохранения и социальных служб США. Но поддержка сайта осуществлялась на низком уровне, фактически у американцев не было доступа к этому ресурсу. Положение изменилось в лучшую сторону, как только вся информация стала открытой для широкой аудитории.

За обработку информации, помещенной на сайте Hospital Compare, взялся поисковик Bing. Теперь, если у вас есть под рукой компьютер, то стоит только набрать на сайте Bing.com название любого лечебного учреждения – и сразу же можно узнать его средний рейтинг, составленный пациентами, и всю необходимую информацию. Теперь каждый пользователь получает непосредственный доступ к тем данным, которые раньше он мог узнать, только преодолев все бюрократические барьеры.

– Вы сказали, что обычному гражданину очень сложно общаться с таким государственным учреждением, как Налоговое управление США. Почему бы не сделать так, чтобы любой американец мог ежегодно заполнять нужный документ через Интернет и за какие-нибудь 20 минут улаживать все налоговые вопросы? Почему для этой процедуры граждане должны нанимать бухгалтеров, выплачивая им миллиарды долларов?

– В настоящее время Налоговое управление проводит модернизацию своих внутренних систем для

того, чтобы сосредоточиться на клиентах. К сожалению, так сложилось, что в недрах государственных структур сотрудники больше озабочены тем, как функционирует бюрократическая машина, нежели нуждами и деятельностью потребителей государственных услуг.

Одна из задач, которую мы пытаемся решить, состоит как раз в следующем: мы хотим посмотреть, достаточно ли прикладывается усилий для того, чтобы ликвидировать разрыв между нашим повседневным опытом как потребителей услуг негосударственного сектора и опытом общения с государственными учреждениями.

Приведу конкретный пример того, чего нам удалось достичь, сотрудничая с Министерством образования и Налоговым управлением США. Раньше при составлении заявки на получение студенческой стипендии приходилось заполнять довольно подробную анкету, причем оба упомянутых госучреждения не делились этой информацией друг с другом.

Мы предложили Министерству образования и Налоговому управлению сесть за стол переговоров с тем, чтобы упорядочить процесс подачи заявок на получение студенческих стипендий. В результате нам удалось убрать из бланка анкеты десятки ненужных вопросов. Кроме того, мы перестроили весь процесс подачи заявок таким образом, чтобы в бланк на получение стипендии уже заранее вносились бы те данные о заявителе, которые у государственных органов и так имеются.

– С другой стороны, я не уверен в том, что хочу, чтобы Налоговое управление кому-то сообщало информацию о том, сколько я получаю в других правительственных учреждениях. Каким образом система будет защищать конфиденциальные данные?

– Вы как раз подняли одну из важных проблем. Когда мы говорим о сайте Data.gov и доступности информации для широкого круга пользователей, нам не следует за-

Сегодня нам вполне по силам создать аналог древнего веча в виртуальном пространстве и непосредственно наблюдать за работой нашей федеральной власти, что до сих пор было нам недоступно

бывать о факторе открытого доступа к самым разнообразным данным о гражданине. Разрозненные сведения сами по себе, как правило, не могут раскрыть что-либо конфиденциальное о человеке. Однако сведенные вместе, они уже позволят получить приватную информацию. Вот почему федеральные ведомства, прежде чем поместить информацию на сайт Data.gov, проверяют ее, чтобы убедиться, что из публикуемых данных вряд ли можно выжать какие-либо сведения, которые так или иначе поставили бы под угрозу конфиденциальность частных лиц либо национальную безопасность США.

Но в том, что касается обмена информацией в рамках государственных ведомств, вы совершенно правы. И этот вопрос требует особого внимания: ведь нам надо убедиться в первую очередь в том, что неприкосновенность частной жизни американцев находится под защитой. Кроме того, для нас важно, чтобы в процессе обмена информацией между госорганами данные о конкретном гражданине предоставлялись лишь по мере необходимости. ■

Перевод: И.В. Ногаев

ИЗОБРЕТАЯ ЛИСТ

Возможно, что со временем топливо будут получать не из зерна или водорослей, а непосредственно из солнечного света

Антонио Регаладо

Натан Льюис (Nathan S. Lewis), химик из Калифорнийского технологического института, выступает с лекциями об энергетическом кризисе, одновременно пугающими и обнадеживающими. Чтобы избежать гибельного глобального потепления, уверяет он, человечество должно добиться того, чтобы к 2050 г. довести выработку чистой «безуглеродной» энергии более чем до 10 трлн Вт. Это втрое больше среднегодового потребления энергии в США, составляющего 3,2 трлн Вт. Создание плотин на всех озерах, водопадах и реках планеты, говорит Льюис, даст всего 5 трлн Вт. Решить проблему могла бы ядерная энергетика, но для этого пришлось бы в течение ближайших 50 лет каждые два дня вводить в строй по новому реактору.

Но есть и хорошие новости, сообщает Льюис: Солнце каждый час проливает на Землю больше энергии, чем люди потребляют за год. Однако для спасения человечества, говорит Льюис, необходим радикальный прорыв в технологии получения топлива из солнечной энергии: создание искусственных листьев, которые будут улавливать солнечные лучи и вырабатывать на месте химическое топливо, примерно так, как это делают листья растений. Мы сможем сжигать это топливо, как мы сжигаем сегодня нефть или природный газ, чтобы приводить в движение автомобили, получать тепло или вырабатывать электроэнергию.

Лаборатория Льюиса – одна из тех, где работают над созданием прототипов искусственных листьев размером с компьютерный чип, предназначенных для получения из воды водорода, а не глюкозы, которая вырабатывается в листьях растений. В отличие от ископаемого топлива, водород при сгорании не образует вредных соединений. Ученые разрабатывают конкурирующие между собой технологии использования солнечной энергии для получения топлива. Генетически модифицированные водоросли вырабатывают биотопливо, а новые биологические организмы «сконструированы» так, чтобы они вырабатывали нефть. Все эти подходы преследуют одну цель: превратить солнечную энергию в химическую, т.е. в топливо, которое можно было бы хранить, транспортировать и легко потреблять. Льюис указывает, однако, что вариант искусственного листа наиболее перспективен в отношении доведения до промышленных

масштабов, необходимых для обеспечения человечества энергией.

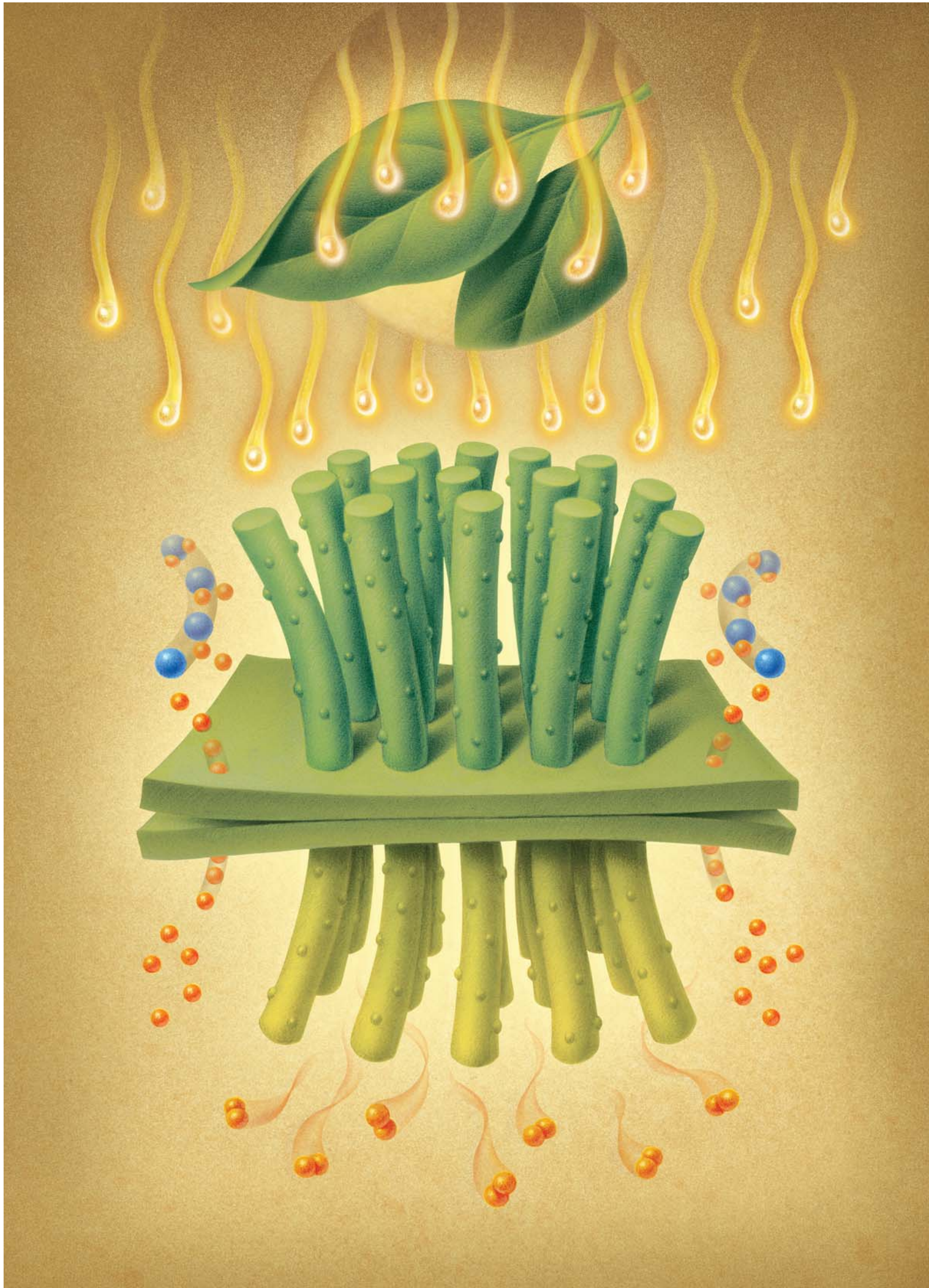
Топливо от фотонов

Несмотря на то что несколько лабораторных прототипов уже выработали небольшие количества солнечного топлива (или электро топлива, как его иногда называют химики), для недорогого производства в промышленных масштабах технологию необходимо усовершенствовать. По оценкам Льюиса, чтобы обеспечить США этим топливом, нужно будет разработать не дискретные устройства, подобные компьютерным чипам, создаваемым на высокопроизводительных технологических линиях, а тонкие гибкие пленки, вырабатывающие солнечное топливо. Подобные пленки должны быть дешевыми, как ковровые покрытия для пола, а изготовить их нужно будет столько, чтобы ими можно было покрыть огромную территорию.

Технология прямого получения солнечного топлива – отнюдь не

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Растения вырабатывают собственное химическое топливо – сахар – из солнечного света, воздуха и воды, не создавая при этом вредных выбросов.
- Ученые придерживаются той точки зрения, что искусственные листья могут преобразовывать солнечный свет и воду в водород, пригодный в качестве топлива для автомобилей, в том числе и для отопления или производства электроэнергии, что положило бы конец зависимости от ископаемых видов топлива.
- Чтобы эта «солнечная» технология была рентабельной, она должна реализовываться на основе использования дешевых тонких гибких пленок–«ковров» (возможно, с «ворсом» из кремниевых нанопроволок) и недорогих катализаторов, повышающих эффективность генерации водорода.



безумная идея. Она, хоть и с задержками, развивается с 70-х гг. прошлого века, когда во время нефтяного кризиса президент Джимми Картер призвал к использованию альтернативных видов энергии в 1970-х гг. Сегодня, в преддверии нового энергетического и климатического кризиса, она внезапно привлекла большое внимание. Исследователь Стенбьерн Стюринг (Stenbjorn Styring) из Университета Уппсалы в Швеции, занимающийся разработкой искусственных систем, моделирующих фотосинтез, заявил, что число консорциумов, занимающихся решением этой задачи, выросло с двух в 2001 г. до 29.

В июле Министерство энергетики США решило в течение пяти лет выделить \$122 млн возглавляемой Льюисом группе ученых из различных лабораторий на исследования по трем новым приоритетным направлениям в области энергетики. Солнечное топливо «должно решить две важные проблемы – энергетической безопасности и выбросов углерода», – сказал главный научный администратор Министерства энергетики Стивен Куинин (Steven E. Koopin). Он предвидит, что схемы производства топлива «из Солнца» столкнутся с огромными практическими трудностями, но инвестиции в эту технологию оправданы, поскольку «игра стоит свеч».

В процессе фотосинтеза листья растений используют энергию солнечного света для перестройки химических связей в воде и углекислом газе для синтеза сахаров. «Мы стремимся создать нечто как можно более близкое к природному листу», – говорит Льюис, имея в виду устройства, работающие так же просто, хотя и производящие иной химический продукт. Создаваемый Льюисом искусственный лист должен иметь два главных элемента: коллектор (сборник), преобразующий солнечную энергию (фотоны) в энергию электронов, и электролизер, использующий энергию электронов для расщепления молекулы воды на водород и кислород. Электролиз воды должен произво-

диться на катализаторе – химическом соединении или металле. Существующие фотоэлементы уже сегодня позволяют получать электричество из солнечного света, а электролизеры используются в различных промышленных процессах, поэтому проблема заключается в объединении тех и других технологий в дешевых и эффективных солнечных пленках.

Для демонстрации того, как может работать такое сочетание, были созданы громоздкие прототипы. Так, японская автомобилестроительная компания Honda изготовила прототип выше, чем бытовая холодильная камера, покрытый снаружи фотоэлементами, а внутри содержащий электролизер, который использует «солнечную» электроэнергию для расщепления молекул воды. Образующийся в этом процессе кислород поступает в атмосферу, а водород сжимается и накапливается. Компания рассчитывает использовать этот прибор в будущем для заправки автомобилей, работающих на топливных элементах.

В принципе, такая схема позволит решить проблему глобального потепления, поскольку для производства электроэнергии нужны только солнечный свет и вода, побочным продуктом станет кислород, а продуктом последующего сжигания водорода в топливном элементе – вода. Проблема в том, что основой промышленных солнечных батарей служат дорогие кристаллы кремния, а в электролизерах используется платина. Этот благородный металл – наилучший современный катализатор для реакции расщепления воды, но стоит он \$53 за 1 г.

Это означает, что солнечно-водородная станция, созданная компанией Honda, никогда не сможет обеспечивать человечество энергией. По расчетам Льюиса, для удовлетворения мирового спроса на энергию стоимость системы получения топлива из солнечного света должна быть менее \$10 за кв. м, а КПД преобразования солнечной

энергии в энергию топлива – не менее 10%. Требуется принципиально новый подход – разработка широко масштабируемой технологии, например на основе пленок или «ковров» из недорогих материалов. Как выразился коллега Льюиса по Калтеху Гарри Этвотер-младший (Harry A. Atwater, Jr), «нужно мыслить в категориях картофельных чипсов, а не кремниевых чипов»

Поиск катализатора

Несмотря на десятилетия то прерываемых, то возобновляемых исследований, разработка такой технологии все еще остается на начальной стадии. Почему это так, можно видеть из одного важного эксперимента: в 1998 г. Джон Тернер (John Turner) из Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии в Голдене (штат Колорадо) создал устройство размером со спичечный коробок, которое, будучи помещенным в воду и подставленным под лучи Солнца, вырабатывало кислород и водород в 12 раз эффективнее, чем лист растения. В этом устройстве использовались редкие и дорогие материалы, в том числе платина в качестве катализатора. По одной из оценок, его стоимость составляла около \$10 тыс. на 1 кв. см. Такая цена может быть приемлема для некоторых военных или спутниковых приложений, но не для обеспечения человечества электроэнергией.

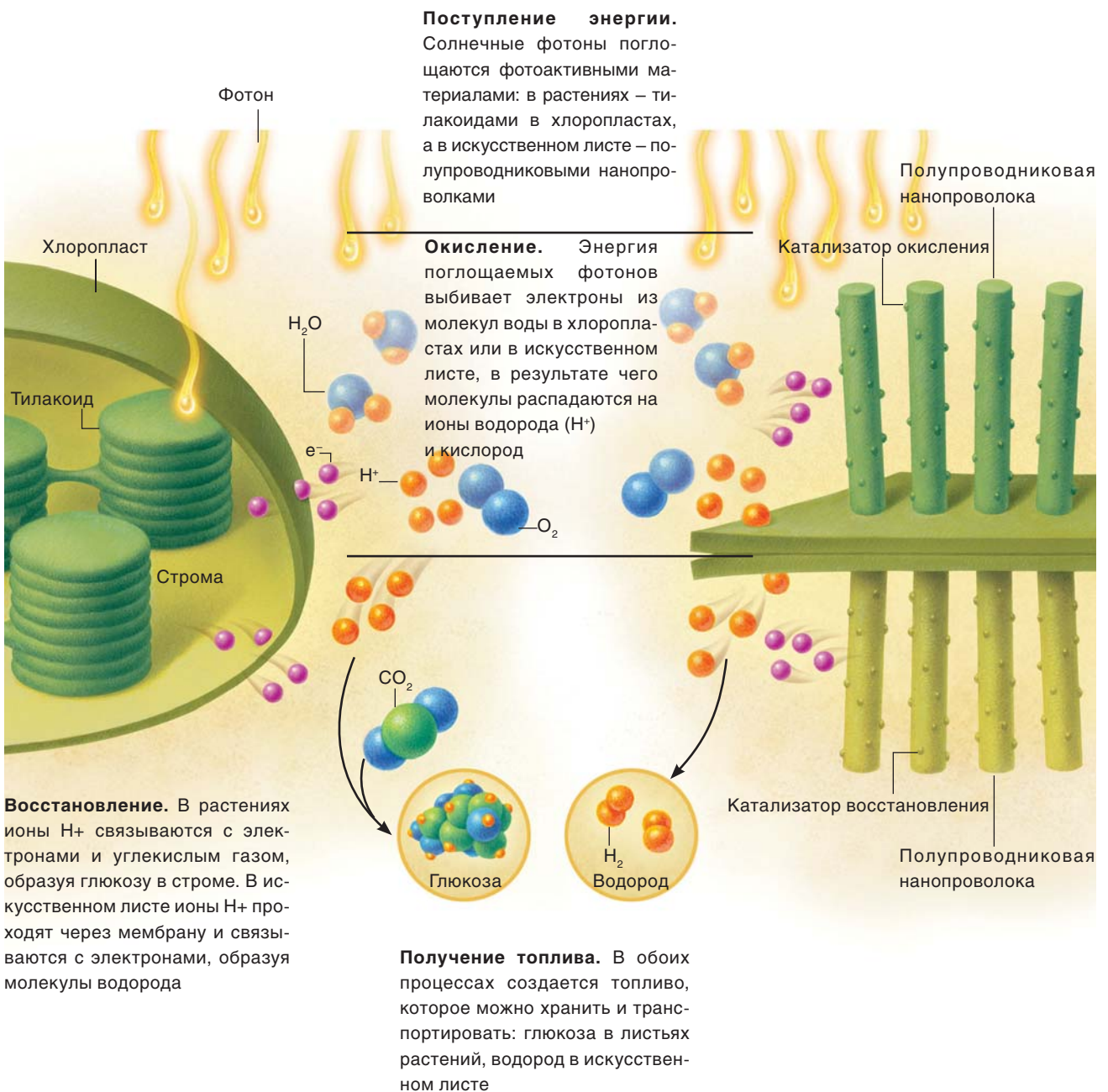
Благородных металлов, часто представляющих собой оптимальные катализаторы, на Земле мало. Стюринг считает, что если мы хотим спасти планету, то должны отказаться от них и искать катализаторы среди дешевых материалов, подобных железу, кобальту или марганцу. Другая трудность состоит в том, что реакция расщепления воды сопровождается очень сильной коррозией. Растения преодолевают эту трудность, непрерывно восстанавливая свое «оборудование» для фотосинтеза. Солнечно-топливного элемента Тернера хватило всего на 20 часов работы.

СОЛНЕЧНЫЕ НАНОПРОВОЛОКИ МОДЕЛИРУЮТ ПРИРОДУ

Растения используют солнечную энергию для преобразования углекислого газа и воды в глюкозу – химическое топливо, которое можно использовать или запастись (слева). Ученые пытаются создать искусственные листья, способные расщеплять молекулы воды на водород, который может служить топливом, и кислород. Группа Натана Льюиса из Калифорнийского технологического института конструирует небольшой лист с системой кремниевых нанопроволок, которые могут вырабатывать водород (справа)

ЛИСТ РАСТЕНИЯ

ИСКУССТВЕННЫЙ ЛИСТ





ОБ АВТОРЕ

Антонио Регаладо (Antonio Regalado) – журналист из журнала Science, пишущий на темы науки и техники, а также энергетики, включая возобновляемые источники энергии. Живет в Сан-Паулу в Бразилии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Powering the Planet: Chemical Challenges in Solar Energy Utilization. Nathan S. Lewis and Daniel G. Nocera in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 103, No. 43, pages 15729–15735; October 24, 2006.
- In Situ Formation of an Oxygen-Evolving Catalyst in Neutral Water Containing Phosphate and Co^{2+} . Matthew W. Kanan and Daniel G. Nocera in Science, Vol. 321, pages 1072–1075; August 22, 2008.
- Powering the Planet with Solar Fuel. Harry B. Gray in Nature Chemistry, Vol. 1, No. 7; April 2009.
- Energy-Conversion Properties of Vapor-Liquid-Solid-Grown Silicon Wire-Array Photocathodes. Shannon W. Boettcher et al. in Science, Vol. 327, pages 185–187; January 8, 2010.

Сегодня Тернер занимается разработкой последовательных поколений катализаторов, каждый из которых немного дешевле предыдущего, и солнечных коллекторов, каждый из которых работает чуть дольше. Временами его исследования приводят то к поразительным результатам, то к поразительным неудачам.

В поисках катализаторов находят и другие исследователи, в том числе группа Дэниела Носеры (Daniel G. Nocera) из Массачусеттского технологического института (МТИ). В 2008 г. эта группа нашла недорогую комбинацию фосфата и кобальта, пригодную для катализа реакции получения кислорода – необходимой составляющей процесса расщепления воды.

Несмотря на то что опытное устройство решало только часть задачи (поскольку исследователи не нашли более дешевого катализатора для получения водорода, который, собственно, и служит топливом), МТИ назвал его «большим шагом» к «искусственному фотосинтезу». Носера предположил, что американцы скоро станут получать водород для своих автомобилей на недорогом домашнем оборудовании. Такие смелые утверждения плохо согласуются с мнением некоторых специалистов по солнечному топливу, которые считают, что этого придется ждать еще не одно десятилетие. Другие более оптимистичны: Министерство энергетики и венчурная компания Polaroid Venture Partners поддерживают продолжающиеся работы Носеры в созданной им компании Sun Catalytic.

Тем временем Льюис в Калтехе продолжает работу по поиску гораздо более дешевых систем улавливания и преобразования солнечных фотонов (это первый этап для любой системы преобразования солнечной энергии в топливо), чем обычные солнечные элементы из кремния. Он сконструировал и построил коллектор из кремниевых нанопроволок, заделанных в прозрачную пластмассовую

пленку, которую, если придать ей больший размер, можно будет, по его словам, «сворачивать в рулон и разворачивать, как одеяло». Такие нанопроволоки способны преобразовывать свет в электроэнергию с КПД около 7%. Это немного по сравнению с КПД серийных солнечных элементов, который достигает 20%. Если удастся сделать материалы достаточно дешевыми и наладить массовый выпуск таких листов, невысокий КПД может оказаться вполне приемлемым.

Ученые обсуждают также вопрос о том, станет ли водород лучшим видом солнечного топлива. Группы, которые занимаются живыми организмами, вырабатывающими биотопливо, отмечают, что такое топливо легче хранить и транспортировать, чем водород. Однако водород тоже универсален: его можно сжигать в двигателях автомобилей и на электростанциях, и он может даже служить сырьем для производства синтетического дизельного топлива. Тем не менее «главная задача – это создание химического топлива с большим энергосодержанием» и минимальным содержанием углерода, считает Льюис.

Листья растений доказывают, что солнечный свет можно преобразовывать в топливо с использованием только широко распространенных элементов. Способен ли человек смоделировать подобный процесс, чтобы спасти планету от глобального потепления? Перспективы пока не ясны. «Именно из-за невозможности решить проблему с помощью готовых компонентов так интересно сегодня работать в этой области», – говорит Льюис. Но его тревожит, что общество, включая политиков, правительственные финансирующие органы и даже ученых, еще недостаточно осознало важность энергетической проблемы и необходимость революционных решений. Именно поэтому он тратит так много времени на лекции, в которых возлагает большие надежды на солнечную энергию. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

СПЕЦВЫПУСК

**SCIENTIFIC
AMERICAN**

ВСЕ

КОНЧАЕТСЯ

ОТЧЕГО НАС ТАК ЗАВОРАЖИВАЕТ
МЫСЛЬ О КОНЦЕ ВСЕГО?

ПОЧЕМУ МЫ НЕ МОЖЕМ ЖИТЬ ВЕЧНО?

КОГДА МОЖНО ВЗЯТЬ ЖИЗНЬ У ОДНОГО
ЧЕЛОВЕКА, ЧТОБЫ СПАСТИ ДРУГОГО?

ЧТО ПРОИСХОДИТ С НАШИМ ТЕЛОМ ПОСЛЕ СМЕРТИ?

КОГДА ИСТОЩАТСЯ НЕДРА ЗЕМЛИ?

ПРАВДА ЛИ ТО, ЧТО МЫ СТОИМ НА ПОРОГЕ
ГИБЕЛИ ЦИВИЛИЗАЦИИ?

МОЖЕТ ЛИ ЗАКОНЧИТЬСЯ ВРЕМЯ?

ЧТО БУДЕТ ДАЛЬШЕ?

ВВЕДЕНИЕ

Конец света снова близок. В последний раз о нем заговорили в связи с календарем древних майя, летоисчисление которых заканчивается 2012 г. По мнению целой когорты конъюнктурно настроенных писателей и кинорежиссеров, именно тогда наступит конец света. Не так давно были затеяны три судебных дела, инициаторы которых утверждали, что Большой адронный коллайдер создаст под Женевским озером черную дыру, которая поглотит весь мир. Еще раньше промышленные магнаты потратили миллиарды долларов на решение «проблемы 2000». Предполагалось, что появление двух нулей в поле даты бесчисленных компьютерных программ могло привести к серьезным сбоям в работе некоторых приложений и потрясти современную цивилизацию до самых основ.

Возможно, вы думаете, что наука с ее методами и фактами может обеспечить нам иммунитет против наиболее нелепых идей по поводу конца света. Ничего подобного. Если она что и делает, то лишь доставляет нам больше поводов для тревог.

Некоторые из самых горячих и убедительных проповедников конца света – ученые. Так, соучредитель и бывший главный специалист компании Sun Microsystems Билл Джой (Bill Joy) уверял, что вышедшие из-под контроля нанороботы могут оказаться способными уничтожить все существующее на Земле. Астроном Мартин Рис (Martin Rees) публично предлагал пари на то, что к 2020 г. какая-либо биологическая катастрофа, случайная или умышленно созданная, погубит не меньше миллиона человек (пари пока никто не принял). Многие климатологи били тревогу по поводу возможности ускорения глобального потепления. Все эти люди стоят на плечах гигантов: еще в XIX в. британский экономист Томас Мальтус (Thomas Malthus) предсказывал, что рост народонаселения приведет к массовому голоду и бедствиям. Ничего подобного не произошло, что не помешало биологу Полу Эрлиху (Paul R. Ehrlich) из Стэнфордского университета повторить прогноз Мальтуса в своей книге *The Population Bomb* («Перенаселение – бомба замедленного действия»), изданной в 1968 г., где он предсказывал, что массовый голод начнется меньше, чем через два десятилетия. Да, его предсказание тоже не сбылось, но можно ли утверждать, что такая катастрофа не произойдет никогда? Возможно, и не произойдет. Однако люди склонны испытывать неоправданную тревогу перед масштабными бедствиями, которые едва ли произойдут.

Наука, возможно, и виновата, но она же и предлагает объяснения нашей чрезмерной боязливости. Некоторые исследователи полагают, что причины апокалиптических страхов лежат в коллективной тревоге по поводу событий, не поддающихся нашему личному контролю. Ужас перед ядерной войной и экологическими катастрофами, охвативший мир в 1960-х гг., стал важной предпосылкой появления контркультуры, указывает социолог Джон Холл (John R. Hall) из Калифорнийского университета в Дэвисе, автор книги *Arcalypse: From Antiquity to the Empire of Modernity* («Апокалип-

сис: от античности до современности»). В текущем десятилетии цивилизация испытала еще более фундаментальные угрозы. «После таких событий, как теракт 11 сентября 1999 г., мировой экономической кризис 2008–2009 гг. и разливы нефти в Мексиканском заливе, люди (причем не только фанатики и психически неуравновешенные) стали задумываться, способно ли еще современное общество решать свои проблемы», – говорит Холл. Если возникают мысли, что мир скатывается в преисподнюю, то, возможно, так оно и есть.

Подобные настроения отчасти обусловлены особенностями мышления человека: ведь, в конце концов, мы – дети природы, и наш мозг «запрограммирован» отыскивать закономерности в окружающей действительности. Нам свойственно преобразовывать многообразие «экспериментальных данных» в простые сюжеты. (В последние годы средства массовой информации, отображающие сложные события в виде миксов, внесли свой вклад в усиление этой тенденции.) Само стремление видеть в страшных событиях предзнаменования конца цивилизации восходит к другой черте человеческой природы – тщеславию.

Все мы воображаем, что живем в особенное время, возможно – в переломный момент истории нашего вида. Нам кажется, что опасность нарастает, поскольку благодаря достижениям науки и техники мы получили власть над атомом, геномом и планетой. Такое самомнение может зиждиться только на нашем убеждении, что человек – центр мироздания. «Это час, в который уловили устои мироздания, свойственной нашей расе, – уверенность в том, что данный момент – решающий во всех отношениях, с позиций как добра и зла, так и гибели человечества», – говорит психолог Николас Кристенфельд (Nicholas Christenfeld) из Калифорнийского университета в Сан-Диего. Мысль о близком апокалипсисе заставляет нас чувствовать свою исключительность.

Возможно, что одержимость концом света просто отражает нашу самую главную боязнь: страх смерти. Завершение жизни индивидуума, исчезновение нашего народа, вымирание вида – события одного порядка. Хотим мы этого или нет, постоянные изменения – неотъемлемая часть нашего мира, где что-то постоянно завершается, о чем мы зачастую и не подозреваем. Именно поэтому было решено посвятить спецвыпуск журнала теме финалов. Мы рассмотрим вероятность того, что цивилизация погибнет из-за пандемии, падения астероида, потери знаний, накопленных различными культурами мира, или истощения ресурсов, которые придется добывать с все большим трудом.

Одни из представленных сценариев более вероятны, другие – менее; некоторые явно парадоксальны (например, идея о конце времени). Однако мы начинаем наше путешествие со взгляда на неизбежное: предстоящий всем нам личный конец и наши попытки его предотвратить. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ВВЕДЕНИЕ

ВЕЧНОЕ ОЖИДАНИЕ КОНЦА СВЕТА

Майкл Мойер



Почему мы так любим истории о нашей собственной гибели?

ПОЧЕМУ МЫ НЕ ЖИВЕМ ВЕЧНО?

Разгадав тайну старения, ученые, возможно, помогут нам дольше оставаться живыми и здоровыми

Томас Кирквуд

Предположим, что у вас появилась фантастическая возможность выбирать, в каком состоянии прожить отпущенные вам последние месяцы, недели, часы, минуты. Может быть, вы предпочтете остаться полным сил до самого конца и умереть мгновенно? С такой перспективой согласились бы многие, но здесь есть одна тонкость. Если сейчас вы в отличной форме, то последнее, чего вам захочется, – тут же расстаться с жизнью. Да и для любящих родственников и друзей ваш внезапный уход станет шоком. Однако смертельный недуг, как и погружение любимого человека в крошечную тьму старческого слабоумия, ничуть не лучше. Вообще говоря, людям свойственно не задумываться о том, каким будет конец их жизни. А между тем этот вопрос совсем не праздный, и его стоит задавать себе время от времени – хотя бы для собственной пользы. Но у него есть также социальный и чисто научный аспект: может ли медицина победить смерть?

Мы живем все дольше и дольше

Наши предки относились к смерти проще, чем мы, поскольку сталкивались с ней гораздо чаще. Всего 100 лет назад средняя продолжительность жизни европейца составляла 40–45 лет. Та-

кой прискорбный факт объяснялся высокой детской и юношеской смертностью по целому ряду причин. Примерно 25% детей умирали, не прожив и пяти лет. Молодые женщины часто погибали при родах. И даже какой-нибудь совсем не старый садовник, поцарапав руки о колючий кустарник, мог получить заражение крови.

За последние 100 лет ситуация со смертностью среди людей молодого и среднего возраста кардинально изменилась. Появились лекарственные средства, побеждающие инфекционные заболевания – основную причину гибели младенцев и рожениц, быстрыми темпами развивается санитария, большие успехи достигнуты в выхаживании тяжелобольных. Сегодня люди живут гораздо дольше, и популяция в целом стареет. Средняя продолжительность жизни все более возрастает. В развитых странах она увеличивается ежедневно более чем на пять часов, а в самых богатых из них – еще быстрее. Сегодня

люди умирают в основном «от старости», т.е. от различных заболеваний, которые ей сопутствуют. Это прежде всего рак, при котором организм перестает контролировать скорость деления собственных клеток, и болезнь Альцгеймера, связанная с преждевременной гибелью нервных клеток головного мозга.

Еще совсем недавно, в 1990-х гг., демографы утверждали, что тенденция к дальнейшему увеличению средней продолжительности жизни населения земного шара вскоре себя изживет. По мнению большинства экспертов, старение – биологически запрограммированный процесс, неминуемо ведущий к смерти.

Никто не ожидал, что человечество в целом будет жить все дольше и дольше. И то, что это происходит, стало сюрпризом для специалистов по перспективному планированию. Геронтологи до сих пор не пришли к единому мнению относительно того, достигла ли предела средняя продолжительность жизни. Они постоянно меняют свои оценки в сто-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Средняя продолжительность жизни человека неуклонно растет, и некоторые ученые подумывают о том, что такая тенденция будет сохраняться бесконечно долго.
- Не все виды живых существ стареют, из чего можно сделать вывод, что не известные пока лекарственные средства или особая диета смогут продлить и нашу жизнь, замедлив метаболизм или каким-то образом повлияв на процессы старения. Однако все предложенные концепции долголетия пока не получили никакого практического подтверждения.



рону увеличения, до конца не понимая причин происходящего. Уменьшение смертности среди очень старых людей приводит к тому, что в смысле ожидаемой продолжительности жизни мы оказываемся на неизведанной территории. Если все, что нам известно о старении человека, – заблуждение, то с чем мы остаемся? Что на самом деле известно науке об этом процессе?

Новые идеи всегда с трудом пробивают себе дорогу, в том числе и среди ученых. Все мы воспитаны в твердой уверенности, что науке известно, как стареет наш организм. Несколько лет назад мы

с семьей путешествовали на автомобиле по Африке. Однажды под колесами нашей машины погиб дикий козел. Когда я объяснил шестилетней дочери, что произошло, она спросила: «А козел был молодой или старый?» Я удивился, почему ее это интересует, и услышал: «Ну как же, если козел был старый, он все равно прожил бы недолго. И хотя его, конечно, жалко, но не так, как молодого». Я был потрясен. Если такое сложное отношение к смерти формируется в столь раннем возрасте, стоит ли удивляться, что ученые мужи никак не могут смириться

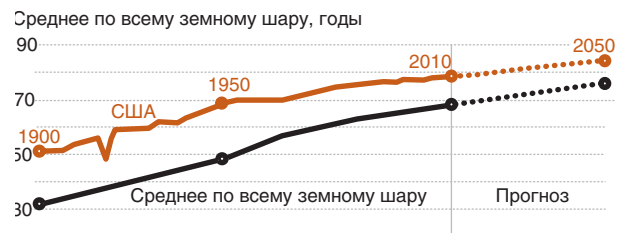
с мыслью о том, что почти все их представления о процессе старения ошибочны.

Для того чтобы стала понятна сегодняшняя трактовка регуляции процесса старения, посмотрим, что происходит с телом человека в самом конце его жизни. Сделан последний вдох, жизнь ушла, наступила смерть. Однако большинство клеток организма продолжают функционировать. Вопреки всему, они поддерживают жизненно важные метаболические процессы – поглощают кислород и питательные вещества из окружающей среды, вырабатывают энергию, необходи-

КАКОВ ПРЕДЕЛ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ?

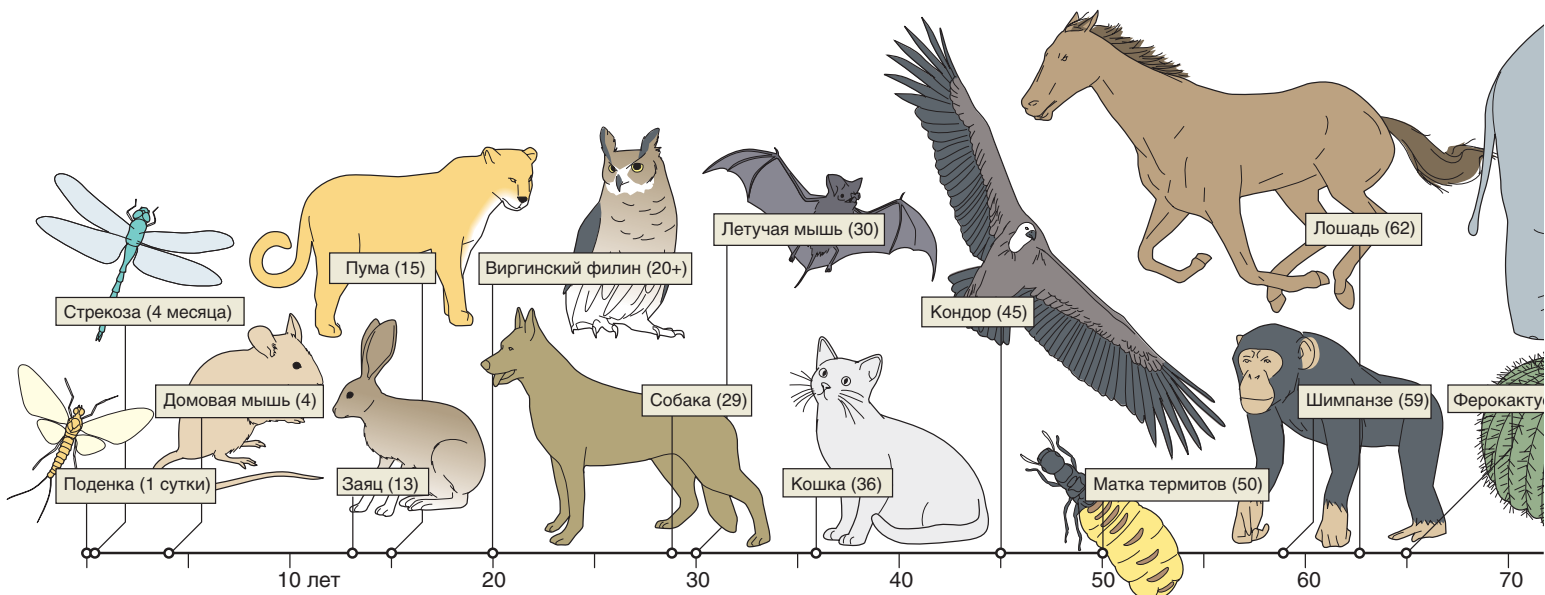
Средняя продолжительность жизни человека уже в течение 100 лет неуклонно растет. Однако имеются указания на то, что биологические ограничения не позволят большинству видов живых существ превзойти некий возрастной предел – свой для каждого вида. Самое большее, на что можно надеяться, – смягчение таких ограничений или продление сроков полноценной жизни

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ РАС- ТЕТ. Успехи в медицине и санитарии привели к увеличению продолжительности жизни в США и других странах



НО ОНА НЕ МОЖЕТ РАСТИ БЕСКОНЕЧНО. Максимальный возраст, которого способны достичь особи данного вида, в том числе и человек, зависит от биологических факторов (некоторые простейшие организмы живут до 1 тыс. лет) и особенностей окружающей среды (в условиях постоянной угрозы особи данного вида быстро размножаются и имеют небольшую продолжительность жизни)

МАКСИМАЛЬНАЯ ДОКУМЕНТИРОВАННАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ (В ГОДАХ, ЕСЛИ НЕ УКАЗАНО ИНОЕ)



мую для функционирования белков и других клеточных компонентов.

Очень скоро, однако, запасы кислорода истощатся, и клетки погибнут. Но с их тихой смертью связано нечто, уходящее корнями в глубокую древность. Если бы мы располагали соответствующими маркерами, то увидели следы буквально каждой из них в бесконечной череде делящихся клеток, протянувшейся в прошлое на невообразимые 4 млрд лет, до появления на Земле клеточных форм жизни. Итак, смерть утвердилась. Но некоторая часть клеток обладает удивительным свойством жить бесконечно – по крайней мере в тех пределах, в каких это возможно на Земле. С вашей смертью только эти клетки проложат бесконечную нить жизни в будущее – и то лишь в том случае, если у вас есть дети. Только они не уходят в небытие, а передаются вашим потомкам: это спермии (у мужчин) и яйцеклетки (у женщин). Дети рождаются, взрослеют, достигают половозрелости, в свой срок у них тоже появляются дети – и так до бесконечности.

Такой сценарий предполагает не только смертность нашего тела (сомы), состоящего из нерепродук-

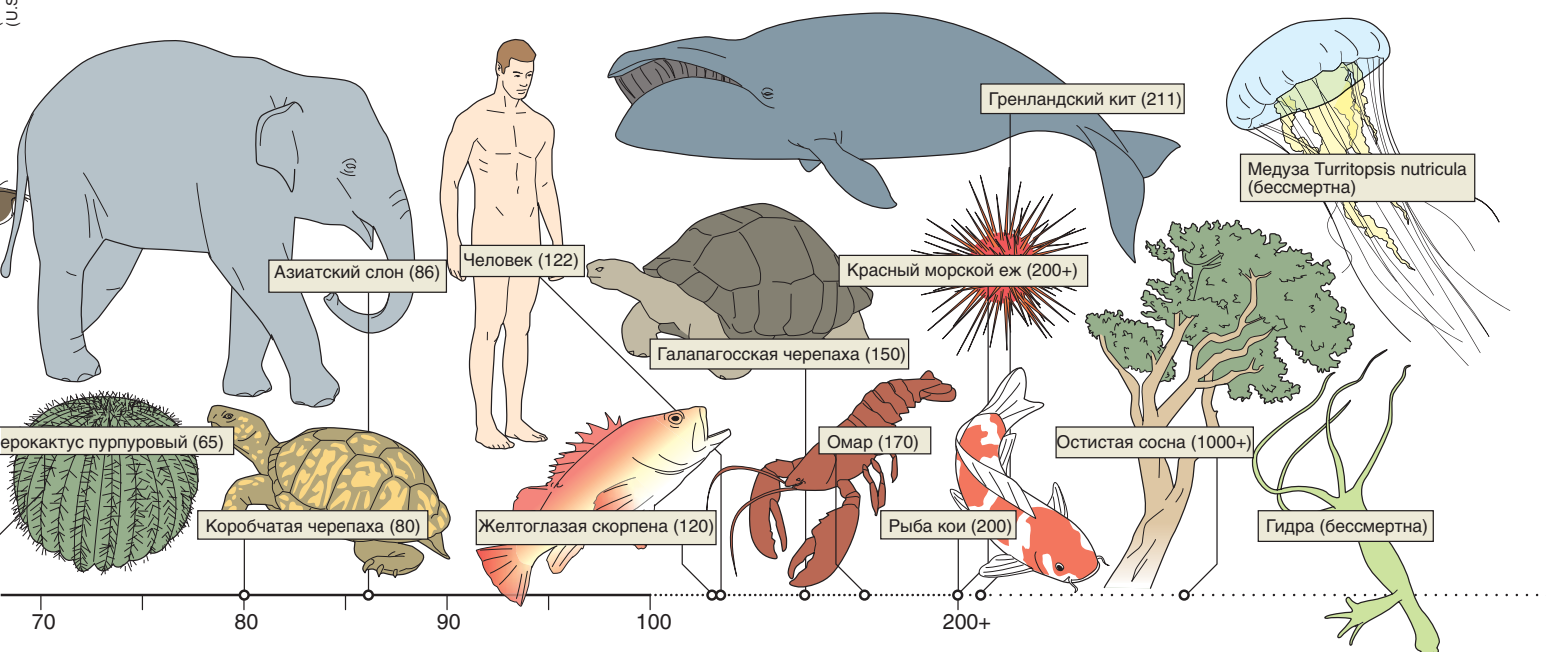
тивных клеток, но и практическое бессмертие той линии живых существ, к которой мы относимся. Основная загадка в науке о старении, за которой тянется все остальное, заключается в смертности сомы. Почему в ходе эволюции не обрели бессмертие все клетки нашего тела, подобно клеткам зародышевой линии – спермиям и яйцеклеткам? Этот вопрос впервые задал в XIX в. немецкий натуралист Август Вейсман (August Weismann), а ответ пришел ко мне однажды ночью в начале 1977 г. Созданная на его основе теория под названием «одноразовая сома» проделала долгий путь, прежде чем смогла объяснить, почему разные виды живых существ стареют именно так, а не иначе.

Как это происходит

Суть теории понять проще всего, рассмотрев, с какими трудностями сталкиваются отдельные клетки и сложные организмы, пытаясь выжить. Клетки постоянно находятся под угрозой – в их ДНК возникают мутации, белки получают повреждения, мембраны разрушаются под действием высокоактивных веществ – свободных радикалов, и т.д. Клетка живет, пока она может ко-

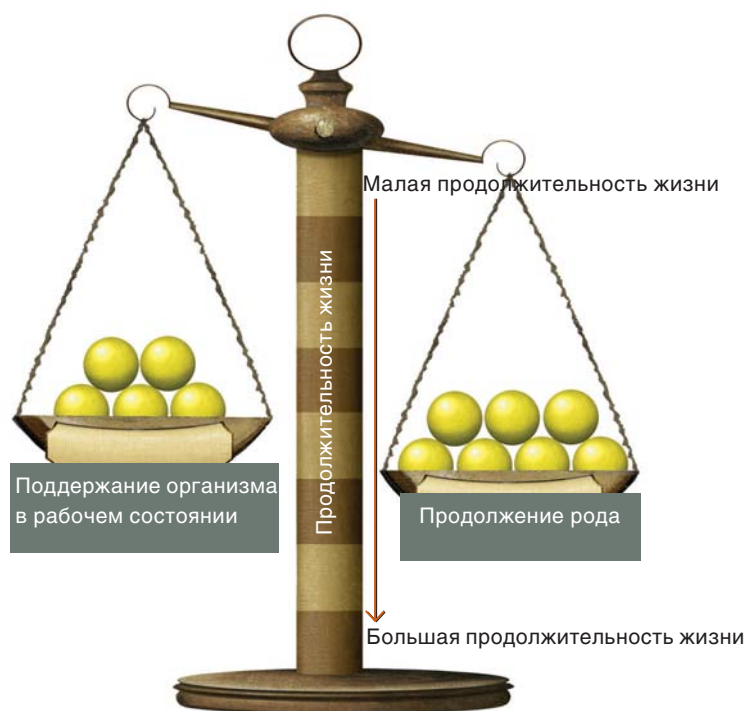
пировать свой генетический материал и переводить закодированную в нем информацию на язык белков. Мы знаем, что этот механизм работает блестяще – но только в меру своих сил. На таком фоне бессмертие клеток зародышевой линии кажется чем-то фантастическим.

Над ними тоже постоянно висит угроза уничтожения. Причина, по которой они выживают, кроется, с одной стороны, в наличии чрезвычайно сложных механизмов самоподдержания и репарации повреждений, а с другой – в способности избегать последствий катастрофических ошибок через постоянно действующий механизм конкуренции. Спермии вырабатываются в огромном количестве, и обычно только одному из них удается оплодотворить яйцеклетку. Яйцеклеток тоже образуется гораздо больше, чем подвергается овуляции. Строжайший механизм контроля качества отбраковывает все, что не соответствует стандартам. Но если ошибка все же происходит, то последний арбитр – естественный отбор – решает, какой индивид достоин того, чтобы передать свои клетки зародышевой линии следующим поколениям, а какой нет.



ПОЧЕМУ МЫ СТАРЕЕМ

Старение обусловлено тем, что наш организм постоянно стоит перед выбором, на что тратить энергию: на продолжение рода или на поддержание всех органов и тканей в рабочем состоянии. По крайней мере так считает автор статьи. В условиях ограниченности энергетического ресурса расходы на выработку спермиев и яйцеклеток и их защиту от вредных воздействий превышают расходы на поддержание соматических клеток – кожи, костей, мышц и т.д. В результате в последние со временем накапливаются повреждения, и в конце концов некоторые органы перестают выполнять свои функции. Если предпочтение отдается размножению в ущерб процессам репарации, то организм погибает быстрее



Энергия, извлекаемая клеткой из питательных веществ

«После того как чудо превращения оплодотворенной яйцеклетки в сложный организм свершилось, остается только поддерживать его на пути к бессмертию», – заметил когда-то американский эволюционист Джордж Уильямс (George Williams). И многие многоклеточные действительно не обнаруживают никаких признаков старения. Пример тому – пресноводная гидра. Ее репродуктивная способность не угасает с возрастом, а если по каким-то причинам от всего ее тела остаются крошечные кусочки, то из них возрождаются нормальные особи. Секрет веч-

ной молодости гидры прост: клетки зародышевой линии рассеяны по всему ее телу. Неудивительно, что каждая гидра живет вечно, не опасаясь никаких повреждений.

У большинства многоклеточных, однако, клетки зародышевой линии сосредоточены только в тканях гонад, где образуются спермии и яйцеклетки. Такая организация имеет ряд преимуществ, открывая путь к клеточной специализации – образованию нервных, мышечных и множества других типов клеток, необходимых для формирования сложного организма, будь то динозавр или человек.

Такое разделение труда имеет далеко идущие последствия для процесса старения организма и продолжительности его жизни. Поскольку специализированные клетки не участвуют в продолжении рода, им нет никакой необходимости оставаться бессмертными. Как только организм передал через клетки зародышевой линии свой генетический материал следующему поколению, они могут уходить со сцены.

Перед выбором

Как долго все-таки могут прожить специализированные клетки? Другими словами, какова продолжительность жизни человека и других сложных организмов? Ответ для каждого вида во многом зависит от факторов внешней среды, в которой протекала его эволюция, от энергетических затрат, необходимых для поддержания организма в его рабочем состоянии.

Подавляющее большинство живых существ погибают в относительно молодом возрасте от несчастных случаев, инфекционных заболеваний, голода; очень часто они становятся жертвами хищников. Полевые мыши, например, постоянно живут в смертельной опасности, редкая из них доживает до своего первого дня рождения. Летучие мыши часто попадают в лапы крылатых хищников, ведущих ночной образ жизни.

В то же время поддержание организма в надлежащем состоянии требует больших энергетических затрат, а источники энергии неограниченны. А ведь организму нужно не только обеспечивать собственный рост и развитие, но и совершать работу, двигаться, производить потомство. Некоторое количество энергии запасается в виде жира на случай голода, но значительная ее часть расходуется на устранение бесчисленных неполадок, ежесекундно появляющихся в организме, пока он жив. В частности, необходимо исправлять ошибки, возникающие в ге-

нетическом материале при его копировании и в ходе синтеза белков и других жизненно важных молекул. Еще один энергозатратный процесс – удаление из организма ненужных фрагментов молекул.

Именно здесь выходит на сцену теория одноразовой сомы. Она исходит из того, что подобно производителю товаров повседневного спроса – одежды, посуды и т.д. – эволюционирующий вид должен все время принимать решения. Он не будет вкладывать ресурсы в бесконечное выживание при неблагоприятных внешних условиях, поскольку неминуемо погибнет в не очень отдаленном будущем. Во имя выживания вида генетическая программа будет направлять ресурсы на поддержание организма в работоспособном состоянии, при котором он сможет произвести потомство в отпущенное ему время.

На всех этапах жизненного пути, даже на самом последнем, организм изо всех сил стремится выжить; другими словами, он запрограммирован не на старение и смерть, а на выживание. Но под мощным давлением естественного отбора вид в конце концов отдает предпочтение развитию и размножению, а не формированию тела, способного избежать гибели. Таким образом, старение – это неизбежное следствие накопления разного рода повреждений в молекулах и клетках, оставленных без «медицинской помощи».

Никакой биологической программы, предусматривающей точную «дату» смерти организма, не существует. Однако появляется все больше данных в пользу того, что есть гены, которые тем не менее влияют на продолжительность жизни. Том Джонсон (Tom Johnson) и Майкл Класс (Michael Klass) в 1980 г. обнаружили такой ген у крошечных червей нематод. Мутация в этом гене, названном age-1, приводит к тому, что нематода живет на 40% дольше, чем ее обычные собратья. С тех пор по-

ЕСЛИ РЕПАРАЦИЯ ПРИНОСИТСЯ В ЖЕРТВУ, ТО ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ УМЕНЬШАЕТСЯ

МОЗГ.

К 70 годам ослабевают память и быстрота реакции

ГЛАЗА.

К 40 годам возникают сложности с фокусированием взгляда на близких предметах; начиная с 50 лет повышается чувствительность к яркому свету и понижается способность видеть при плохом освещении и замечать движущиеся объекты; к 70 становится трудно различать мелкие детали

ЛЕГКИЕ.

В период от 20 до 80 лет максимальный дыхательный объем уменьшается на 40%

СЕРДЦЕ.

В период от 20 до 75 лет частота сердечных сокращений при максимально возможной физической нагрузке уменьшается на 25%

МЕЖПОЗВОНОЧНЫЕ ДИСКИ.

Многолетнее давление, испытываемое дисками, разделяющими позвонки, приводит к их выпячиванию, утрате эластичности или разрыву; они либо сами позвонки сдавливают нервные волокна, вызывая острую боль

КОСТИ.

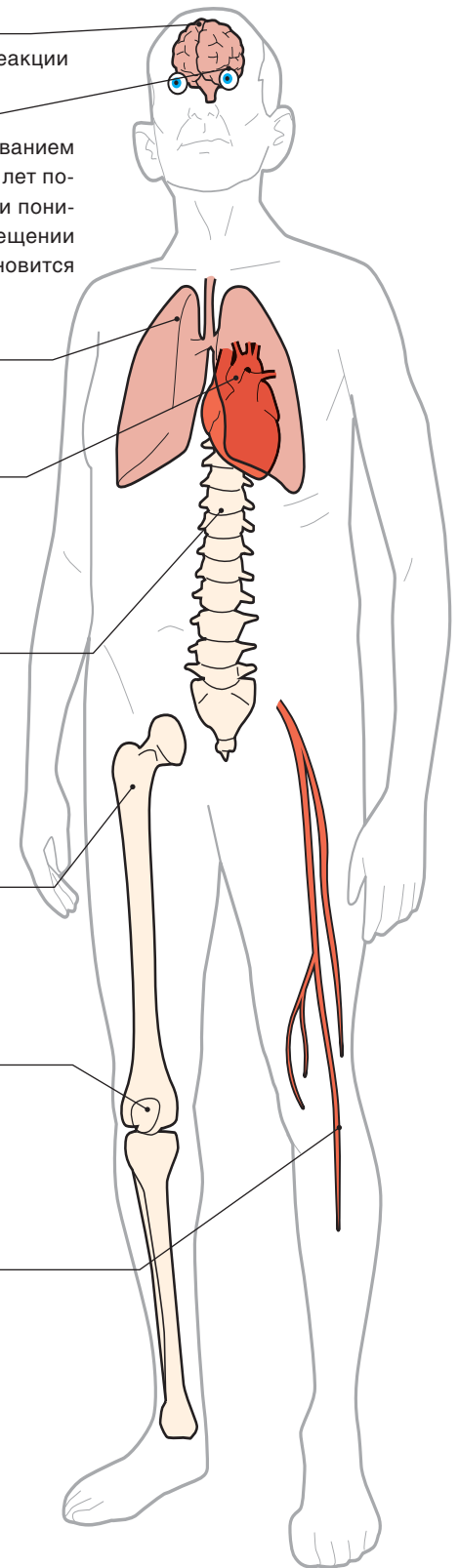
К 35 годам начинается вымывание из костной ткани минеральных веществ. Особенно интенсивно этот процесс протекает у женщин в менопаузе

СУСТАВЫ.

В результате трения друг о друга суставных костей их защитный слой истончается. Развиваются различные заболевания, которые сопровождаются воспалением и болезненностью

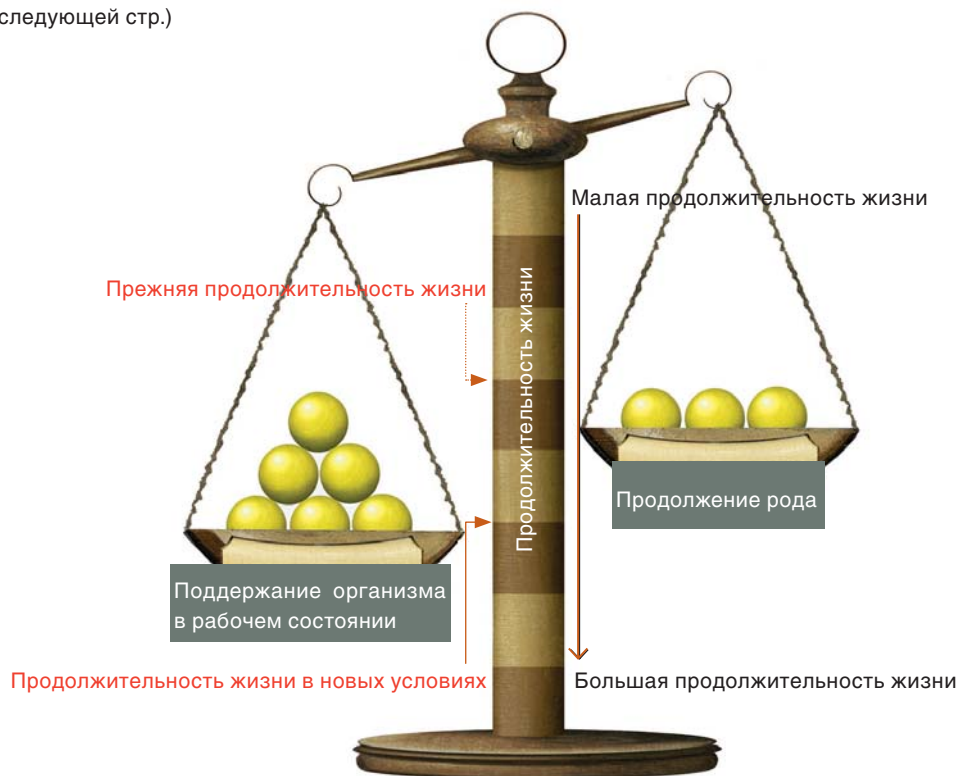
ВЕНЫ

С возрастом происходит удлинение и расширение вен нижних конечностей, они становятся извитыми. Венозные клапаны, определяющие направление тока крови, перестают функционировать, что проявляется обратным кровотоком при опускании конечностей и застоем крови. Варикозное расширение вен может сопровождаться болезненными ощущениями. Нередко образуются угрожающие жизни тромбы

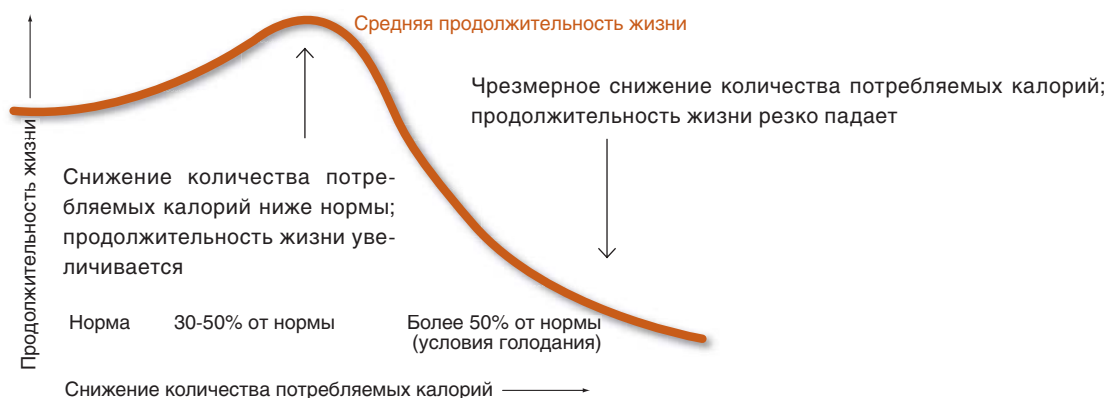


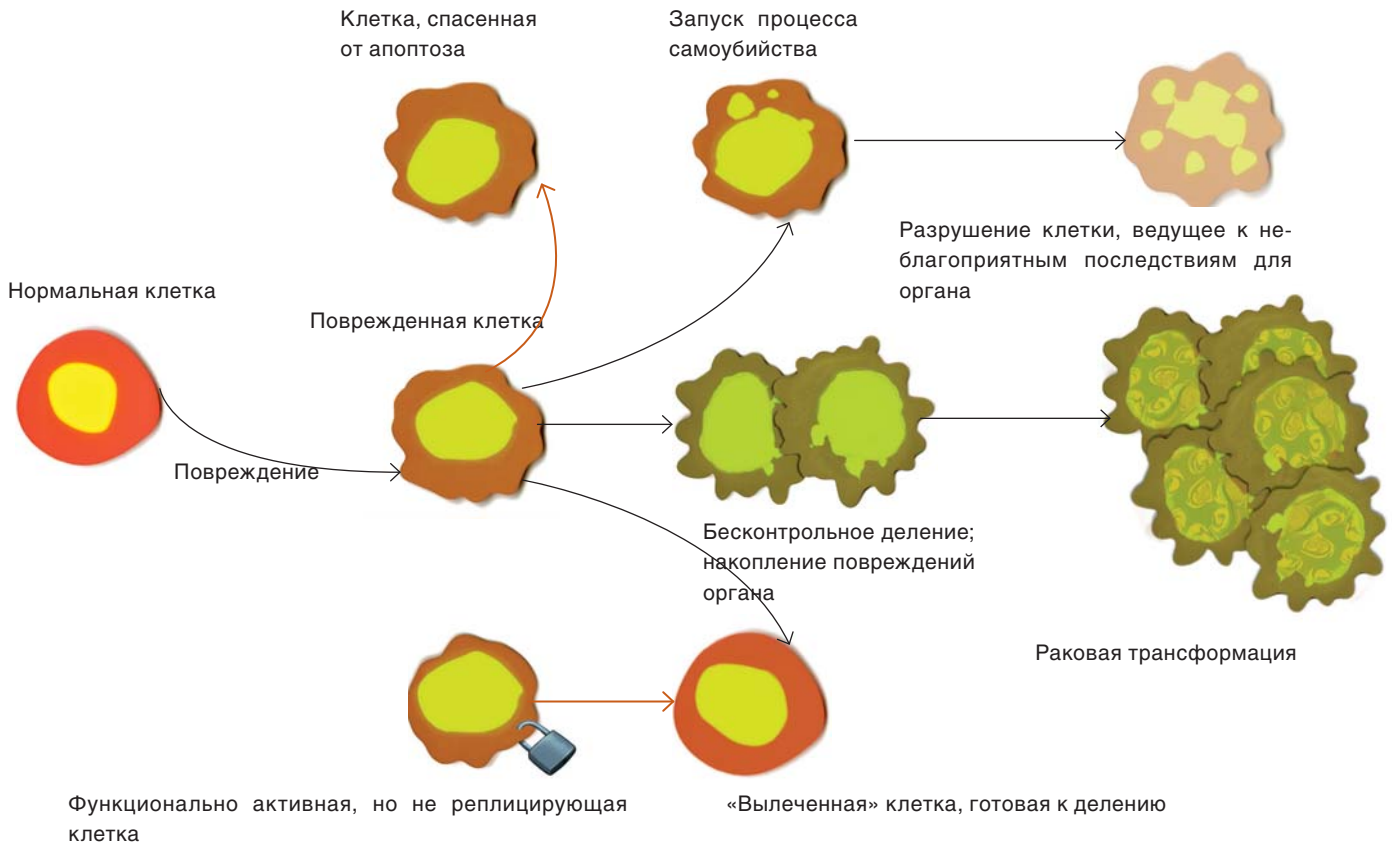
МОЖНО ЛИ ОТСРОЧИТЬ СТАРЕНИЕ?

Как замедлить процесс старения – сегодня не знает никто. Доскональное изучение его фундаментальных механизмов, возможно, в конце концов приведет к успеху, т.е. будут найдены вещества, направленно изменяющие клеточный метаболизм (как этого удалось достичь в опытах на животных; см. график внизу), или влияющие на судьбу поврежденных клеток (см. рис. на следующей стр.)



ХУДОЙ ДОЛГОЖИТЕЛЬ. Как показывают опыты на животных (нематодах, мухах и мышах), для увеличения продолжительности жизни можно склонить чашу весов в распределении энергетических ресурсов в организме в сторону поддержания в рабочем состоянии всех органов и заживления повреждений, уменьшив расходы на размножение. Уменьшение количества потребляемых калорий увеличивает продолжительность жизни мух, червей и мышей. Пригодна ли такая стратегия для человека – неизвестно





→ Типичный процесс старения
 → Процессы, регулируемые гипотетическими лекарственными веществами

ЗАЛЕЧИВАНИЕ ПОВРЕЖДЕННЫХ КЛЕТОК. Новые возможности замедления старения могут возникнуть, если научиться манипулировать поврежденными клетками. Часто такие клетки совершают самоубийство (явление, называемое апоптозом), но могут начать бесконтрольно делиться и превращаться в раковые, либо перейти в состояние, при котором они нормально функционируют, но не делятся (показано черными стрелками). В принципе предотвращение двух последних событий, а также возвращение клеток в активное состояние (показано красными стрелками) может стать преградой на пути развития нежелательных последствий клеточных aberrаций. Работы в этом направлении только начинаются

добные гены идентифицированы у самых разных животных – от мух до мышей. У нематод тоже обнаружено несколько генов «долголетия».

Гены, увеличивающие продолжительность жизни, влияют на метаболизм. Так, их продукты участвуют в опосредуемых инсулином процессах, играющих ключевую роль в регуляции метаболизма. Каскады межмолекулярных взаимодействий, составляющие эти про-

цессы, изменяют активность сотен других генов, ответственных за поддержание клеток в надлежащем состоянии и репарацию повреждений. В результате оказывается, что для увеличения продолжительности жизни необходимо, чтобы произошли изменения как раз в тех механизмах, которые защищают организм от повреждений.

Скорость метаболизма можно повысить или понизить, изменяя ко-

личество доступной пищи. В 1930-х гг. биологи обнаружили, к большому своему удивлению, что лабораторные мыши в условиях дефицита пищи живут дольше. И вновь мы видим, что изменение метаболизма влияет на скорость накопления повреждений, поскольку при недостатке пищи у грызунов повышается активность систем, отвечающих за поддержание организма в норме и за устранение повреждений. На



ОБ АВТОРЕ

Томас Кирквуд

(Thomas Kirkwood) – профессор медицины, директор Института по изучению старения при Ньюкаслском университете (Англия).

первый взгляд кажется странным, что в таких условиях на упомянутые процессы расходуется больше энергии, а не меньше. Но период голодания – не лучшее время для размножения. Имеются указания на то, что в таких условиях организм выключает систему размножения и направляет все силы на выживание.

О мышах и людях

Сообщение о наличии связи между числом потребляемых калорий и продолжительностью жизни заинтересовало людей, озабоченных проблемой старения. Однако придется их огорчить: описанный здесь механизм действует в нашем теле с гораздо меньшей эффективностью (если работает вообще), поскольку метаболизм у крупных животных протекает медленнее, чем у тех живых существ, на которых были поставлены описанные выше опыты.

Наиболее впечатляющего увеличения продолжительности жизни удалось достичь в опытах на червях, мухах и мышах. Эти животные – с их коротким жизненным циклом и быстропротекающими биологическими процессами – просто обязаны уметь мгновенно перестраивать свой метаболизм, адаптировав его к изменившимся условиям. Организм человека не столь гибок. Конечно, если вы переходите на низкокалорийную диету, краткосрочный эффект проявится очень скоро. Но только время – причем не один и не два года, а гораздо больше, – покажет, влияет ли длительность голодания на процесс старения. Пока же первоочередная задача геронтологов состоит в том, чтобы обеспечить приемлемое состояние здоровья в конце жизни, а не увеличить ее продолжительность до возраста библейского персонажа Мафусаила.

И еще одна важная вещь: такие «долгожители», как нематоды, мухи и мыши, тоже стареют. Это происходит вследствие накопления повреждений, которое заканчивается выходом из строя какого-нибудь жизненно важного органа

и гибелью животного. Таким образом, если мы хотим провести старость относительно благополучно, нужно искать другие пути. В частности, стоит попытаться выяснить, как ограничить до безопасного уровня число повреждений, которые в конце концов приводят к слабости, болезням, потере трудоспособности. Данная проблема стала серьезным вызовом для исследователей самых разных специальностей.

Перед выбором

Старение – сложный процесс. Он затрагивает все уровни организации живого существа, от молекул до органов и тканей, и включает множество разных повреждений. Как правило, такие повреждения с возрастом накапливаются, и происходит это с разной скоростью в клетках разного типа (многое здесь зависит от эффективности работы систем репарации), но повреждение в каждой данной клетке происходит случайным образом, и судьба клеток даже одного типа может различаться. Итак, каждого индивида ждут старение и смерть, но когда это произойдет – не знает никто. Появляется все больше свидетельств того, что старение не предопределено на генетическом уровне. Для того чтобы разобраться в деталях процесса старения достаточно подробно и осознанно вмешиваться в него, пытаться отсрочить гибель клеток определенного типа, необходимо установить природу дефектов на молекулярном уровне, влияющих на старение клеток. Как много таких дефектов должно накопиться, чтобы клетка перестала функционировать? Какого количества дефектных клеток достаточно для появления первых признаков заболевания? И если мы соглашаемся с тем, что одни органы более важны для поддержания организма в жизнеспособном состоянии, чем другие, то как достичь целенаправленности наших действий?

Возможно, для противостояния старению следует как-то изменить ключевые механизмы, используемые клетками в борьбе

с накоплением повреждений? Один из ответов клетки на изнашивание своих систем защиты – это самоубийство. Раньше полагали, что клеточный суицид (апоптоз) – свидетельство запрограммированности старения. С возрастом частота актов апоптоза повышается, и этот процесс несомненно делает свой вклад в старение. Но сегодня мы знаем, что апоптоз скорее способствует выживанию, поскольку освобождает организм от поврежденных клеток, которые могут превратиться в раковые.

Апоптоз чаще случается в «старых» органах, поскольку их клетки больше пострадали от различных вредных воздействий. Следует помнить, однако, что в природных условиях животные редко доживают до старости. Апоптоз появился в ходе эволюции для того, чтобы «разбираться» с поврежденными клетками в более или менее молодых органах, где элиминации подлежит гораздо меньше клеток. Если в таких органах погибнет слишком много клеток, они выйдут из строя. Таким образом, апоптоз и хорош, и плох одновременно – хорош, когда он элиминирует потенциально опасные клетки, и плох, когда выключает слишком много клеток. Природа больше заботится о выживании молодых животных, чем о поддержании старых, и не все случаи апоптоза совершенно необходимы в последние годы жизни. При некоторых заболеваниях, например при инфаркте миокарда, имеет смысл подавлять апоптоз в наименее поврежденных областях сердечной мышцы. В результате уменьшится число погибших клеток и повысится вероятность восстановления сердечной деятельности.

Вместо ухода из жизни поврежденные клетки, которые в норме способны делиться, могут пойти по менее радикальному пути и просто перестать реплицироваться (явление, называемое репликативным старением). Леонард Хейфлик (Leonard Hayflick), работающий сегодня в Калифорнийском универ-

ситете в Сан-Франциско, 50 лет назад обнаружил, что клетки проявляют тенденцию к делению лишь определенное число раз – так называемый предел Хейфлика. Дальнейшие исследования показали, что деление прекращается, когда концевые участки хромосом – теломеры – становятся слишком короткими.

Недавно мы с коллегами сделали одно очень интересное открытие. Обнаружилось, что каждая клетка обладает чрезвычайно хитро устроенным аппаратом мониторинга количества повреждений в ДНК и особой органелле – митохондрии, «энергетической фабрике» клетки. Когда уровень повреждений достигает некоей пороговой величины, клетка переходит в состояние, при котором она может лишь выполнять свои функции, но не делиться (репликативное старение). Как и в случае апоптоза, заложенное в природе свойство больше заботиться о выживаемости молодых особей, чем о продлении жизни старых, возможно, связано с тем, что не все упомянутые состояния совершенно необходимы. Но если мы захотим снять запрет на деление, помня при этом, что клетки не должны превратиться в раковые, то нам не обойтись без детального изучения механизма репликативного старения.

Столь сложную задачу смогла бы решить только междисциплинарная группа ученых – молекулярных биологов, биохимиков, математиков, программистов – при наличии высокотехнологичных средств изображения повреждений в живой клетке. Куда заведут нас подобные исследования, можно только гадать, но без них нам никогда не найти лекарственных средств, способных побороть старческие недуги. А это означает, что пройдет много лет, а возможно и десятилетий, прежде чем такие средства появятся в аптеках.

Кардинальное изменение качества жизни старых людей – пожалуй, самая серьезная проблема, когда-либо стоявшая перед медициной. Решить ее будет трудно, несмотря на заверения некоторых

кудесников от медицины, обещающих вам безоблачную старость, если вы перейдете на низкокалорийную диету или будете принимать такие биологические добавки, как резвератрол. И все же я верю, что мы сможем разработать средства, облегчающие жизнь человека в самые последние его годы. Когда же наступит финал, каждому из нас наедине с самим собой придется примириться с мыслью, что жизнь не бесконечна. Вместо того чтобы посвятить всего себя заботам о продлении жизни, лучше извлечь из самой жизни все лучшее, что она может дать, поскольку никакого эликсира бессмертия не существует. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ How and Why We Age. Leonard Hayflick. Ballantine Books, 1994.

■ Understanding Ageing. Robin Holliday. Cambridge University Press, 1995.

■ Why We Age: What Science Is Discovering About the Body's Journey through Life. Steven N. Austad. John Wiley and Sons, 1999.

■ Understanding Ageing from an Evolutionary Perspective. T.B. Kirkwood in Journal of Internal Medicine, Vol. 263, No. 2, pages 117–127; February 2008.

■ The End of Age. Thomas Kirkwood. BBC Reith Lectures. www.bbc.co.uk/radio4/reith2001/

ЖИВОЕ — ЖИВЫМ

Тысячи имен в списках ожидания донорских органов требуют от врачей немедленного ответа на вопрос, в какой момент можно с уверенностью констатировать смерть и когда становится допустимым взять жизнь у одного человека и отдать другому

Робин Маранц Хениг

Когда-то к смерти относились очень просто: сердце либо бьется, либо нет. Однако за последние десятилетия благодаря стремительному прогрессу медицины картина полностью изменилась — работу сердца стало возможным поддерживать почти бесконечно. Все это время врачи пытались найти грань, отделяющую жизнь от смерти, но она становилась все более неуловимой. В результате сегодня мы стоим перед воистину драматическими вопросами — когда можно отключить аппарат искусственной вентиляции легких или прекратить искусственное питание, в какой момент само понятие «поддержание жизни» теряет свой смысл, и, наконец, когда врач получает право извлечь из пока еще живого тела сердце, способное спасти жизнь другого человека.

Данные вопросы не абстрактны. За ними кроется масса других проблем, начиная от целесообразности использования дорогостоящей аппаратуры для поддержания отдельных функций в фактически неживом теле и заканчивая достойным уходом из жизни. Вопросы приоритета в получении медицинской помощи (так называемые «комитеты смерти»), столь бурно обсуждавшиеся во время последних выборов президента США, еще более усилили опасения американцев относительно судьбы тяжело больных и немощных людей.

Однако главная задача, требующая точного определения смерти, — это забор донорских органов. Сегодня в США их ждут более 100 тыс. человек. В течение года 7 тыс. из них умрут. Для этих людей вопрос определения момента смерти имеет жизненно важное значение — чем быстрее будет извлечен донорский орган, тем меньше времени он будет пребывать в условиях недостатка кислорода и тем выше будут шансы на успешную трансплантацию. В своем очевидном стремлении как можно раньше получить органы для пересадки хирургам приходится часто пересекать крайне опасную с морально-этической точки зрения черту.

В 2008 г. трансплантолог из Сан-Франциско Хутан Рузрох (Hootan Roozrok) был обвинен в умерщвлении неизлечимого больного с целью взятия печени для трансплантации. Отметим, что все-таки «убийство» в обвинительном акте не фигурировало, а сам трансплантолог был оправдан. Спустя

всего несколько месяцев детские хирурги из Денвера также оказались под следствием в связи с взятием донорских сердец у трех новорожденных с необратимыми повреждениями мозга. Сердца были извлечены менее чем через две минуты после остановки кровообращения, а такой срок считается недостаточным для того, чтобы исключить спонтанное восстановление сердечных сокращений. Налицо было нарушение старых официальных установок, согласно которым донорские органы нельзя брать у живых людей. Вопрос о том, когда можно констатировать смерть одного человека для спасения жизни другого, встал ребром.

На протяжении последних 40 лет медики и юристы пытались самыми различными способами найти ответ на этот вопрос — т.е. дать такое определение смерти, при котором взятие донорских органов становилось бы возможным не только с медицинской, но и с этической точки зрения. Появились

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

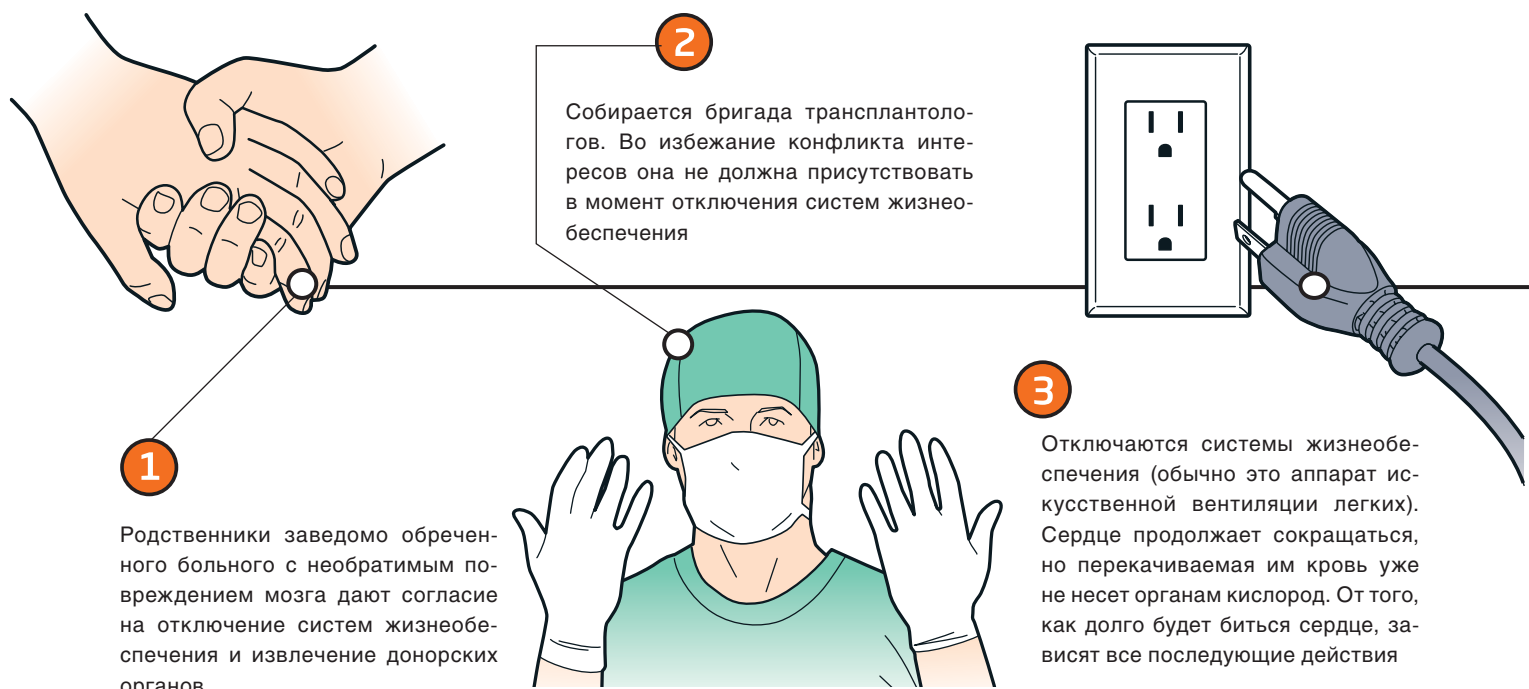
- Для извлечения донорских органов хирурги должны выждать определенное время после наступления смерти.
- За это время состояние лишенных кислорода органов быстро ухудшается, что делает точное определение момента смерти чрезвычайно важным. Если процесс умирания затягивается, донорские органы могут стать нежизнеспособными.
- Перед специалистами по биоэтике встает вопрос о том, следует ли дожидаться полного угасания жизненных функций для начала процедуры извлечения донорских органов.



Последний дар. За прошлый год в США более 8 тыс. человек стали донорами органов посмертно. На этой фотографии хирурги извлекают сердце, почки, поджелудочную железу, печень, легкие, глазные яблоки и часть костей из тела женщины со смертью мозга

СЕКУНДОМЕР В ОПЕРАЦИОННОЙ

Основным показанием к донорству органов считается смерть мозга – необратимые повреждения коры и ствола головного мозга. Однако перед извлечением донорских органов необходимо отключить системы жизнеобеспечения и дождаться естественной смерти. Время в таких случаях решает все – с одной стороны, необходимо быть уверенным в том, что сокращения сердца самопроизвольно не восстановятся, с другой – длительное кислородное голодание может сделать донорские органы нежизнеспособными



такие расплывчатые и мрачноватые формулировки, как «респираторный мозг» или «сердечно-легочный препарат». Кроме того, были созданы предпосылки к признанию обществом новой причины смерти – взятия органов для трансплантации у пока еще живого организма. Иногда такую смерть называют «смертью от донорства».

Стандарты смерти

Когда в 1960-е гг. стал очевидным грядущий переворот в медицине, связанный с первыми успешными пересадками органов, возникла необходимость в определенной перестраховке от чрезмерного рвения трансплантологов. Общественность настояла на принятии правила «мертвого донора», согласно которому органы можно было изымать только после констатации смерти. Однако в современной клинике грань между жизнью и смертью

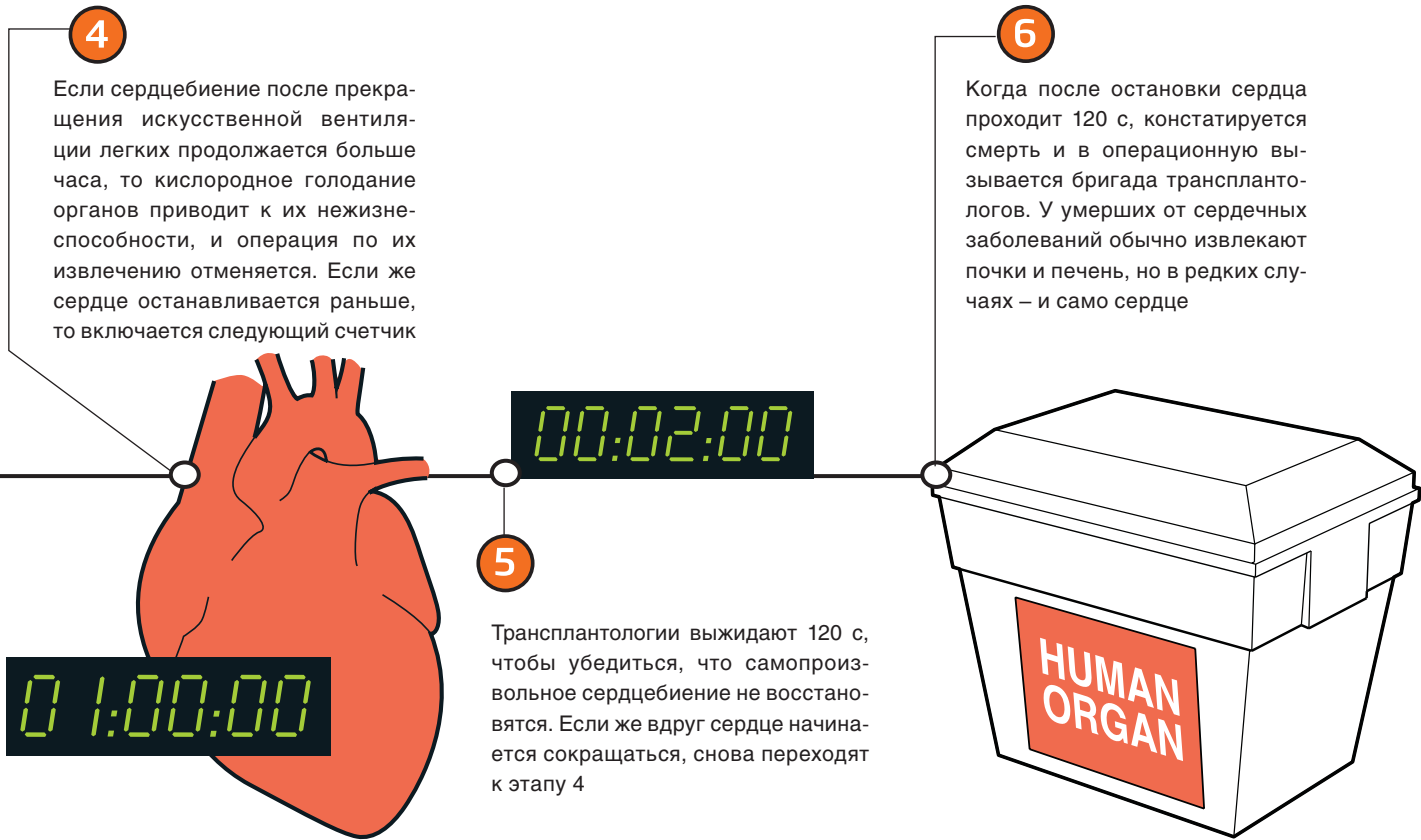
совсем иная, чем раньше. Наличие дыхания и сердцебиения перестало быть синонимом жизни: с помощью современных реанимационных методов можно поддерживать эти функции практически в любом организме. Как расценить, например, состояние человека с отсутствующим сознанием и находящегося в полной зависимости от аппарата искусственного дыхания, если пользоваться традиционным определением смерти как остановки дыхания и кровообращения?

Для ответа на все эти вопросы в 1968 г. была собрана специальная комиссия Гарвардской медицинской школы, которая выработала концепцию необратимой комы, известной также под названием смерти мозга. Такой диагноз подразумевает необратимую гибель коры головного мозга, служащей вместилищем сознания, речи, мыслей и чувств – словом,

всего того, что делает нас людьми, и ствола мозга, отвечающего за такие жизненно важные функции, как дыхание и гомеостаз. Современная медицинская аппаратура может поддерживать существование тела, но той личности, которая в нем жила, уже нет.

Это определение периодически пересматривалось, но все уточнения касались лишь терминологии – сущность оставалась прежней. Законы о смерти мозга, часто обозначаемой как неврологический критерий смерти, сегодня приняты практически во всех штатах США. И юристы, и специалисты по биоэтике сходятся в том, что человека с разрушенными корой и стволом головного мозга нельзя более считать живым, даже если тело его остается теплым и розовым: это уже не человек, а труп с бьющимся сердцем.

Такое определение полностью отвечает требованиям транспланто-



логии. Дело в том, что после остановки дыхания и кровообращения в лишенных кислорода органах быстро развиваются необратимые изменения, и поэтому для трансплантологов важно извлечь органы после смерти как можно быстрее. Определение смерти мозга делает этот момент предсказуемым: аппарат искусственной вентиляции легких отключается только после прибытия операционной бригады. Сегодня на долю больных со смертью мозга приходится не менее 85% донорских органов. В отношении остальных 15% вопрос сложнее. Это больные с необратимым повреждением коры головного мозга, но сохранными функциями ствола – т.е. не удовлетворяющие критерию смерти мозга.

В таких случаях смерть констатируют по традиционным критериям – после остановки дыхания и кровообращения.

С учетом же возможностей современной реанимационной аппаратуры предугадать этот момент практически невозможно.

Степени смерти

И все же большие трудности остаются и в случаях с явной смертью мозга. Представим себе человека с массивным кровоизлиянием в мозг, вызвавшим гибель высших его отделов (как в случае с больным Хутана Рузроха), или же новорожденного с анэнцефалией или необратимой гибелью мозга вследствие длительной родовой гипоксии (как в случае пациентов денверских хирургов). Такие больные заведомо погибнут сразу после отключения систем жизнеобеспечения, но если их смерть настанет таким образом, что сердце, почки или легкие не пострадают, то многие другие жизни могут быть спа-

сены. Здесь – то и кроется основная сложность: с одной стороны, донорские органы можно брать только после естественной смерти, с другой – если момент смерти затягивается, то в органах могут развиваться необратимые изменения.

Перед взятием донорских органов больного отключают от систем, обеспечивающих поддержание дыхания и кровообращения и, соответственно, снабжение органов кислородом. После этого сердце какое-то время продолжает биться. Если до его остановки проходит больше часа, процедуру взятия донорских органов отменяют – к этому времени гипоксическое повреждение органов заходит слишком далеко. Если же сердце останавливается раньше, чем через час, то хирург должен выждать еще некоторое время, чтобы убедиться, что оно наверняка не «запустится» самопроизвольно. Поскольку же слу-



ОБ АВТОРЕ

Робин Маранц Хениг (Robin Marantz Henig) – постоянный автор журнала *New York Times Magazine*, автор восьми книг, дважды лауреат премии «Наука в обществе» Национальной ассоциации популяризаторов науки и премии «За достижения в карьере» Американского общества журналистов и писателей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Rethinking the Ethics of Vital Organ Donations. Franklin G. Miller and Robert D. Truog. *The Hastings Center Report*, November/December 2008; www.thehastingscenter.org/Publications/HCR/Detail.aspx?id=2822
- Controversies in the Determination of Death. Report by the President's Council on Bioethics, December 2008; <http://bioethics.georgetown.edu/pbbe/reports/death>
- Powering the Planet with Solar Fuel. Harry B. Gray in *Nature Chemistry*, Vol. 1, No. 7; April 2009.
- Organ Donation after Cardiac Death. Video roundtable convened by the *New England Journal of Medicine*; <http://content.nejm.org/cgi/content/full/359/7/669/DC1>

чаев, когда работа сердца восстановилась спустя более двух минут после остановки, не известно, была выработана договоренность (так называемый Питтсбургский протокол), в соответствии с которой от момента остановки сердца до начала процедур по извлечению органов должно пройти не менее 120 секунд.

Можно представить себе, что творится на душе у трансплантолога в течение этих двух минут. С каждым тиканьем секундной стрелки состояние столь необходимых органов ухудшается, а шансы на успешную пересадку и спасение чьей-то жизни снижаются. А двухминутная «красная черта» так условна, это ведь в конечном счете всего лишь компромисс, выработанный советом специалистов!

Именно перед таким выбором трижды за период от 2004 до 2007 г. оказывались хирурги из Денверской детской больницы Дэвид Кэмпбелл (David Campbell) и Бьяджо Пьетра (Biagio Pietra). Во всех трех случаях речь шла о спасении новорожденных с тяжелыми врожденными пороками сердца. Попытки хирургическим путем устранить дефекты крошечных сердец оказались безуспешными. Стало ясно, что без трансплантации дети погибнут.

Вскоре были найдены потенциальные доноры – новорожденные с необратимым повреждением мозга вследствие родовой гипоксии, но совершенно нормальными сердцами. Они были обречены, и вопрос заключался лишь в том, смогут ли они спасти жизни других детей. Врачи начали операцию по извлечению сердца, выждав после отключения систем жизнеобеспечения лишь 75 секунд вместо положенных 120.

Описывая эти случаи в *New England Journal of Medicine*, хирурги указывали, что они действовали с согласия этического комитета больницы, по мнению которого врачи имели право и даже должны были нарушить Питтсбургский протокол для спасения трех детских жизней.

Редколлегия *New England Journal of Medicine*, осознавая неоднозначность аргументации денверских хирургов, организовала круглый стол для обсуждения правомочности их действий. По мнению руководителя этического комитета Гарвардской медицинской школы, врача-педиатра Роберта Труога (Robert Truog), неправы были не хирурги, а сами законы о донорстве органов. Труог считает их самообманом, поводом для бессмысленного обсуждения мелочей типа количества секунд от остановки сердца до взятия органов. На самом деле, с его точки зрения, есть только два принципиальных вопроса: имеются ли у больного заведомо несовместимые с жизнью поражения, и согласны ли его родственники с извлечением донорских органов. Если ответы на оба вопроса утвердительные, то никакой разницы между смертью от остановки систем жизнеобеспечения и смертью от операции по извлечению органов нет.

Другой участник круглого стола, директор Центра биоэтики Пенсильванского университета Артур Каплан (Arthur Caplan) возразил против такой точки зрения. По его мнению, столь решительный подход способен отпугнуть и без того настороженных обывателей. «Мы не должны недооценивать общественное мнение, – считает Каплан. – Подтолкнуть людей к мысли о том, что врачи могут прекратить лечение для получения донорских органов, было бы крайне опасным».

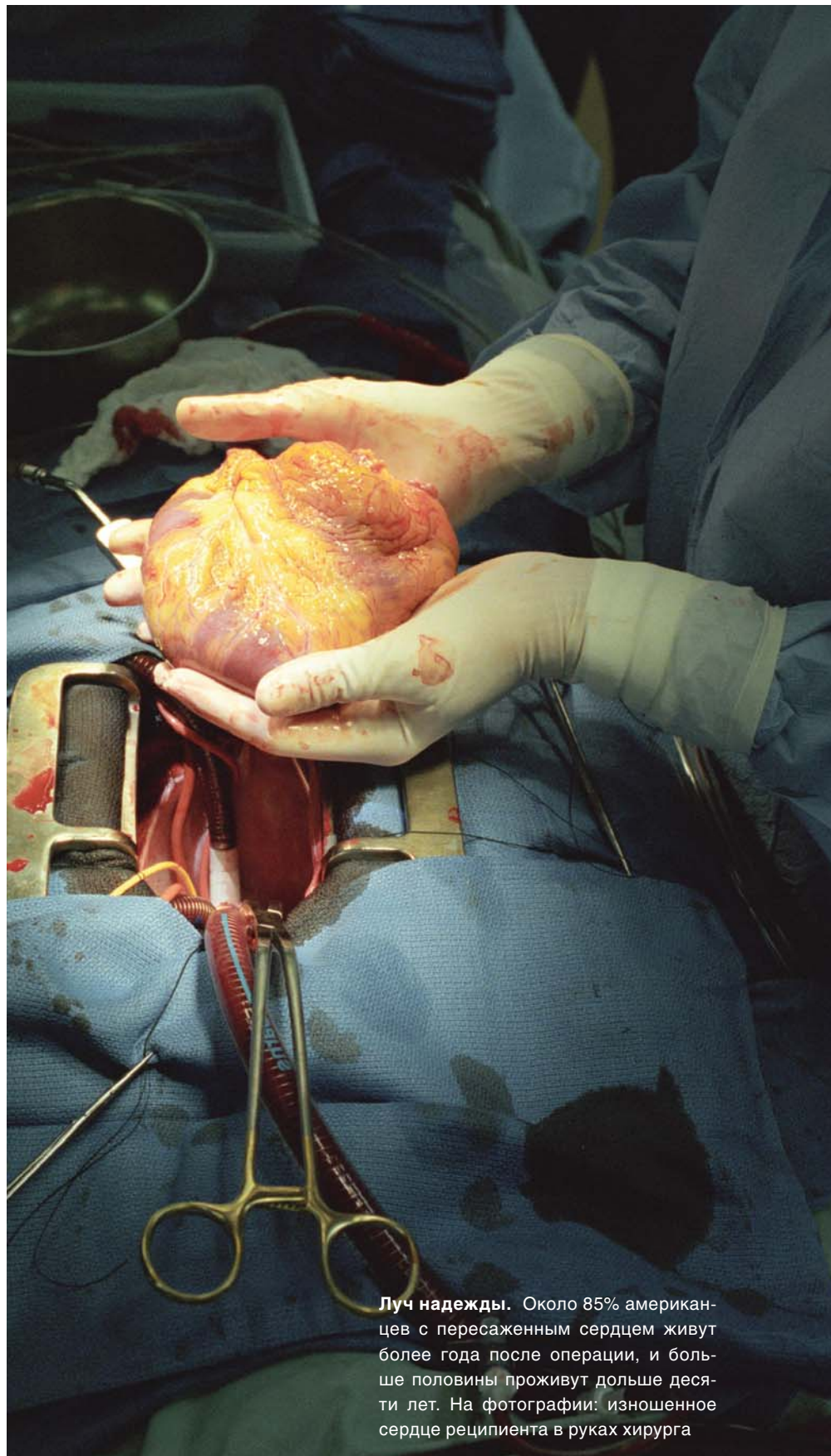
Пересмотр законов о донорстве чреват многими социальными и этическими опасностями. Труог считает, что их можно было бы избежать – в частности, врачи должны быть абсолютно уверены, с одной стороны, в неизбежности смерти, с другой – в полной информированности и согласии донора либо его официально уполномоченных представителей. Тем не менее нельзя быть уверенным в том, что даже такие условия окажутся достаточными. В докладе Совета по биоэтике при президенте США за 2008 г., озаглавленном «Противо-

речия в определении смерти», председатель совета профессор Джорджтаунского университета Эдмунд Пеллегрино (Edmund D. Pellegrino) писал, что отмена существующих правил приведет к «моральному и юридическому хаосу». Принятие предложений Труога, по его мнению, чревато массой таких проблем, как содействие в самоубийстве и прекращение лечебных мероприятий при долговременной коме.

Очевидно, что если врачебное сообщество все-таки отменит существующие положения о донорстве и «смерть от донорства» станет законной, то трудноуловимая грань между констатацией смерти и использованием донорских органов сместится, однако последствия окажутся непредсказуемыми. Пока имеющиеся правила существуют, каждый человек может быть уверенным в том, что никто не использует его в качестве донора, пока есть хоть малейший шанс на выживание. К чему приведет отмена этих правил, предугадать невозможно. С одной стороны, например, донорских органов может стать больше, а их состояние – лучше, и это может спасти многих из тех 7 тыс. больных, которые ежегодно умирают в ожидании трансплантации. С другой стороны, напротив, донорских органов может стать меньше, т.к. люди не будут давать согласие на донорство, считая, что они могут быть заживо превращены в источник органов для трансплантации.

Именно эта противоречивость проблемы обмена одной жизни на другую сделала определение смерти в XXI в. столь сложным. Пока констатация смерти означала лишь переход от последних героических попыток спасти жизнь к скорбным минутам траура, все было просто. С появлением трансплантации возник сонм новых вопросов. Сегодня от определения смерти зависит, будет ли дан еще один шанс одной угасающей жизни за счет окончательного прекращения другой. ■

Перевод: Н.Н. Алипов



Луч надежды. Около 85% американцев с пересаженным сердцем живут более года после операции, и больше половины проживут дольше десяти лет. На фотографии: изношенное сердце реципиента в руках хирурга

ПРАХ К ПРАХУ

Что происходит с телом человека после его смерти

Арпад Васс

Желаем ли мы этого или нет, но смерть – естественное продолжение жизни. Прекращение жизнедеятельности организма запускает целый комплекс процессов, в результате которых тело человека постепенно становится прахом. На языке судмедэкспертов, биологические структуры тела в результате разложения превращаются в простые органические и неорганические вещества и становятся пищей для растений и животных.

На скорость и полноту этого неизбежного процесса влияют четыре основных фактора. Во-первых, температура: при ее повышении на каждые 10° С скорость химических реакций (в том числе реакций разложения) удваивается. Следовательно, чем выше температура среды, тем быстрее происходит превращение. Во-вторых, влажность: если она высока, или в окружающей среде присутствует влага, то это тормозит многие реакции, замедляя процесс разложения. В-третьих, кислотность среды: присутствие сильных кислот или щелочей повышает скорость расщепления ферментами молекул биополимеров (однако избыток влаги может ослабить этот эффект). И, наконец, в-четвертых, присутствие кислорода: все, что затрудняет доступ воздуха (например, закапывание в землю, погружение в воду или подъем на большую высоту), будет тем самым замедлять процессы распада. Тело может стать скелетом и за две недели, и за два года – в зависимости от взаимодействия всех четырех факторов, определяющих скорость превращений.

Зная биологические и химические закономерности протекания

процесса разложения, а также факторы, влияющие на его скорость, ученые-криминалисты могут определить примерное время смерти человека и помочь следователям обнаружить скрытые захоронения. Возможно, в вопросе определения момента смерти мнения судмедэкспертов и специалистов по этике не совпадут (см. в этом номере: Хениг Р.М. Живое – живым), зато криминалисты знают до мелочей, что происходит с телом после смерти. Подробное описание стадий разложения приведено ниже. Данная шкала разложения относительна и рассчитана на труп, лежащий на открытом воздухе. Захоронение в земле или помещении тела в гроб может значительно увеличить указанные сроки.

Стадия 1: свежий труп (с первого по шестой день)

На этой стадии начинают разлагаться мягкие ткани тела, охваченные процессом автолиза, или самопереваривания. Когда прекращается дыхание и кровообращение, все клетки тела лишаются притока кислорода, одновременно потеряв возможность выводить продукты жизнедеятельности в кровеносное русло. В таких условиях они могут еще прожить от нескольких минут до нескольких дней. Внут-

ри клетки повышается концентрация диоксида углерода – одного из побочных продуктов метаболизма. Будучи кислотным оксидом, по мере накопления он закисляет внутреннюю среду клетки, что приводит к разрушению клеточных мембран. В первую очередь, как правило, повреждаются внутренние мембраны, окружающие органеллы под названием лизосомы. Лизосомы представляют собой мешочки с пищеварительными ферментами, в норме используемые клеткой для расщепления крупных органических молекул, например белков. В том случае, когда ферменты из лизосом попадают в цитоплазму клетки, они ее переваривают изнутри, в результате чего вместо клеток на поверхности и внутри тела образуются маленькие пузырьки, заполненные однородной жидкостью. Эта жидкость состоит из содержимого клетки в переваренном виде, поэтому она богата питательными веществами.

Постепенно пузырьки, расположенные на поверхности кожи, лопаются, и вышеописанная жидкость покрывает тело, заставляя его влажно блестеть. В то же время клетки, расположенные глубоко в коже, начинают расслаиваться, из-за чего кожный покров трупа разрушается, что и становится первым видимым признаком начавшегося разложения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- После смерти тело человека проходит четыре стадии разложения.
- Последняя стадия, разрушение до скелета, может наступить как быстро (через две недели), так и очень не скоро (лишь через два года) – в зависимости от температуры, влажности и прочих факторов окружающей среды.
- Мертвое тело продуцирует огромное количество разнообразных химических веществ, от бензола до фреона, которые могут помочь криминалистам обнаружить скрытые захоронения.



СВЕЖИЙ ТРУП

Тела людей, которые завещали их для проведения исследований, подвергались воздействию различных условий на специальной «Ферме тел» Университета Теннесси, благодаря чему ученые могли подробно рассмотреть все четыре стадии разложения, начиная от стадии свежего трупа

В течение нескольких часов после смерти начинают действовать и некоторые иные механизмы. Когда клетки мускулатуры перестают накачивать внутрь себя ионы кальция, обеспечивающие их эластичность, мышцы становятся твердыми – наступает трупное окоченение (в первую очередь процесс охватывает веки, челюсти и шею). В течение какого-то времени мускульные клетки все еще продолжают превращать питательные вещества в энергию, но в анаэробных условиях процесс идет с выделением молочной кислоты, которая вызывает набухание мышечных волокон. Происходит превращение внутреннего содержимого клеток в гель, что сопровождается еще большим повышением кислотности и, следовательно, еще большим окоченением.

Также тело начинает остывать до температуры окружающей среды (посмертное охлаждение) в среднем со скоростью $0,8^{\circ}\text{C}$ в час. Конечно, скорость процесса зависит от массы тела, его расположения, наличия одежды и погодных условий.

Помимо этого, в течение одного-двух часов после смерти под действием силы тяжести клетки крови оседают и скапливаются в сосудах эпидермиса нижней части тела, придавая ему синюшно-фиолетовое окрашивание (так называемые трупные пятна), исключение составляют те участки, которые были сдавлены, например кожа в месте контакта с землей. Полное свертывание крови наступает примерно через 6–12 часов, после чего перемещение тела не вызывает изменения в расположении трупных пятен. Через несколько дней на коже появляется мраморный рисунок; по мере того, как кровь и белки разлагаются, из них начинают все больше высвобождаться богатые серой вещества, придающие трупу характерный отвратительный запах.

Стадия 2: вздутие (с седьмого по 23-й день)

Примерно через неделю на выделенной питательной жидко-

сти начинают развиваться мириады микробов, которые приводят к еще большему разжижению мягких тканей. Бактерии, грибы и простейшие (бывшие обитатели тела и оккупанты, проникшие из окружающей среды) поражают ткани, вызывая выделение большого числа газов, включая диоксид углерода, метан, сероводород, аммиак и различные так называемые легколетучие органические вещества, такие как бензол. Из-за того, что наибольшее число микробов селится в желудочно-кишечном тракте, основная часть газов скапливается именно здесь, поэтому больше всего раздувается область живота. В итоге запертые внутри тела газы вырываются наружу через задний проход или разрывают брюшную стенку.

Стадия 3: активное гниение (с 24-го по 50-й день)

На данной стадии утилизации оставшихся фрагментов мягких тканей к микроорганизмам присоединяются насекомые (преимущественно опарыши и жуки), а иногда и крупные животные. К этому моменту большая часть мускулатуры и жира уже превращается в дурно пахнущую пастообразную жидкую субстанцию. Если труп находится на открытом воздухе (аэробные условия), то pH его тканей будет значительно выше 9 (щелочная среда), в то время как нормальная величина pH равна 7 (нейтральная реакция). Если же тело было закопано (анаэробные, или бескислородные условия), то pH его тканей будет кислой, то есть меньше 7. Чем дальше от нормы будет значение pH, тем быстрее идет процесс разложения.

Если труп оказался в обычных условиях, и на него действуют еще тепло и влага, то жиры (преимущественно триглицериды) вступают в реакцию, называемую омылением, в результате которой образуется трупный жир, также называемый трупным воском. (Эта реакция является основой для получения косметического и хозяйственного мыла из животных жиров.) По цвету трупный жир может быть от бе-

лесого до темно-желтого, с отдельными коричневыми включениями. Консистенция его также может быть совершенно различной: от твердого и рассыпчатого жира (если разложение происходило быстро), до мягкого и кашицеобразного (при медленном течении процесса).

В том случае, когда трупный воск распространяется по всей поверхности гниющих тканей, из него образуется пленка, препятствующая доступу кислорода и защищающая мертвое тело от воздействий окружающей среды, что резко замедляет разложение и годами сохраняет ткани в таком состоянии.

Стадия 4: высыхание (с 51-го по 64-й дни)

На стадии высыхания последние следы мягких тканей постепенно исчезают, оставляя чистый скелет. Запахи и изуродованная плоть уже по большей части отсутствуют. Оставшиеся кости также подвергаются процессу разрушения, называемому диагенезом, который может занять от нескольких лет до десятилетий. Любая кость состоит из двух компонентов: белка (коллагена) и минерала гидроксиапатита (фосфата кальция). Первым деградирует белок, делая скелет хрупким и ломким. После его разложения на оставшийся гидроксиапатит действуют перепады температуры, влага, хищники и эрозия, из-за чего минеральный остов постепенно превращается в пыль. Если же труп зарыли в сухой грунт, содержащей подходящие минералы, то все трещины и полости костей могут заполнить кристаллы, вызывающие окаменение, благодаря чему останки сохраняются на долгие времена. ■

Перевод: Т.А. Митина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Beyond the Grave: Understanding Human Decomposition. Arpad A. Vass et al. in *Microbiology Today*, Vol. 28, pages 190–192; November 2001.

■ Odor Analysis of Decomposing Buried Human Remains. Arpad A. Vass et al. in *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 53, No. 2, pages 384–391; March 2008.

СУХОЙ СКЕЛЕТ

Человеческие скелеты на конечной стадии высыхания могут сохраняться в неизменном виде многие годы, а если тело было зарыто в сухую почву подходящего состава, то костяк может окаменеть, сохраняясь в веках

ВРЕМЯ СМЕРТИ?

Мы с моими коллегами, учеными-криминалистами, изучали процессы, происходящие при разложении тела, для того чтобы усовершенствовать методы точного определения времени смерти человека по его останкам и способы обнаружения замаскированных захоронений. Было идентифицировано более 400 химических веществ, выделяющихся в процессе гниения трупа, что позволило решить обе задачи. Моя лаборатория также создала портативный электронный прибор (названный «Лабрадор»), который регистрирует присутствие многих из этих соединений. Сочетание примерно 30 веществ, обнаруженных в одном месте, с очень большой долей вероятности указывает на то, что здесь было спрятано тело человека. Вот некоторые из них.

ФРЕОНЫ. Соединения, сходные с молекулами хладагента в холодильниках и кондиционерах, в течение жизни человека накапливаются (в неактивной форме) в костях и мягких тканях в результате попадания в желудочно-кишечный тракт фторированной воды и фторсодержащей зубной пасты.

АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. Разлагающийся труп обладает специфическим тошнотворным сладковатым запахом, по большей части обусловленным присутствием бензола и подобных ему ароматических соединений.


СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ. Подобные диметилдисульфиду и сероводороду вещества, которые высвобождаются, например, при гниении навозных куч и растений на болотах, добавляют к запаху разлагающегося тела оттенок «аромата» тухлых яиц.

ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТЫЙ УГЛЕРОД. Выделяемое бактериями в процессе гниения, данное вещество с неприятным запахом использовалось при тушении пожаров, в качестве растворителя в химистках и при синтезе разрушающих озоновый слой хлорфторуглеродов. Из-за высокой токсичности и канцерогенных свойств сейчас четыреххлористый углерод практически не применяется. После смерти человеческие останки выделяют это и другие ядовитые вещества, которые для живого тела были канцерогенами.



ОБ АВТОРЕ

Арпад Васс (Arpad A. Vass) – научный сотрудник Национальной лаборатории Ок-Риджа и доцент кафедры судебной медицины и антропологии Университета Теннесси. Он разработал базу данных для одорологического анализа стадий разложения.



Люди племени барасана, обитающие в северо-западной Амазонии на территории Колумбии, верят, что человек и природа – единое целое. Подобная точка зрения позволила им выработать определенную практику землепользования, благодаря которой племя барасана причиняет минимальный вред окружающей среде. В 1991 г. правительство Колумбии наделило индейцев из северо-западной Амазонии официальными правами на участок земли размером с территорию Британии. Благодаря такому решению барасана, существовавшие на грани исчезновения, переживают второе рождение. Они оказались в числе тех немногих, кому повезло

ПОСЛЕДНИЙ ИЗ ПЛЕМЕНИ

В современном мире одна за другой прекращают свое существование примитивные аборигенные культуры, а вместе с ними безвозвратно уходят накопленные ими бесценные знания. Сегодня появилась надежда исправить эту ситуацию

Текст и фотографии Уэйда Дэвиса

За последнее десятилетие генетики доказали, что все существующие в настоящее время люди – это потомки относительно небольшой группы *Homo sapiens*, которые около 60 тыс. лет назад покинули территорию Африки и расселились по всему земному шару. Общность происхождения и единое наследие подразумевают, что все появившиеся впоследствии культуры содержат в себе одинаковый потенциал, т.к. возникли на аналогичной основе, и движущей силой в любой из них были гениальные представители того или иного народа. Различались они лишь в том, на что был сделан основной упор в процессе их развития.

Сориентировались ли они на разработку технологических инноваций (что стало величайшим достижением западной цивилизации), или более важным для них было поддержание невероятно тщательно разработанной сети родственных взаимоотношений (как, например, у аборигенов Австралии) – это вопрос индивидуального выбора каждого этноса, культурных приоритетов и поиска адаптивных преимуществ. Образно говоря, каждая из существующих на планете культур дает уникальный ответ на вопрос, что такое быть человеком. Все вместе они составляют наш видовой репертуар адаптации к тем трудностям, с которыми может столкнуться человечество в течение грядущего тысячелетия.

Однако такое многообразие постепенно обедняется, в многоголосом хоре человеческой цивилизации с пугающей скоростью замолкает все больше голосов. Ключевым признаком снижения культурного многообразия служит утрата языков. Язык в данном случае выступает не в качестве набора грамматических правил и словаря, он в первую очередь средство, с помощью которого душа каждого отдельно взятого народа обретает некую материальность. Каждый язык – отдельный корень в древе нашей всеобщей земной культуры. Лингвисты сходятся во мнении, что около 50% языков в мире (из существующих

7 тыс.) находятся под угрозой исчезновения. Каждые две недели на планете умирает один пожилой человек, уносящий с собой в могилу частицу древнего языка. В течение одного-двух поколений мы можем потерять целую половину социального, культурного и интеллектуального наследия человечества.

Люди часто задаются вопросом: если исчезнут некие экзотические культуры и их системы верований и ритуалов, какое значение это имеет лично для них? Какое дело живой в Нью-Йорке семье до того, что далекое племя в Африке прекратит свое существование? Честно говоря, сиюминутное значение этого события невелико, равно так же, как исчезновение Нью-Йорка никак не повлияет на существование далекого африканского племени. Однако я утверждаю, что подобная потеря (независимо от того, почему она произойдет) имеет значение для человечества в целом.

Обратимся к забытым достижениям жителей Полинезии. За десять веков до Рождества Христова (то есть в то время, когда европейские мореплаватели еще не были способны определять долготу и боялись открытого океана, прижимаясь к берегам континентов) полинезийцы предпринимали морские вылазки почти по всему Тихому океану. В результате таких походов они в конечном итоге расселились по всем островам этого региона – от Гавайских островов до Рапа-Нуи (острова Пасхи) и от Маркизских островов до Новой Зеландии. У них не было письменности, и они знали, где побывали, только благодаря тому, что запоминали весь путь. На протяжении длительного путешествия штурман должен был удерживать в памяти каждое изменение силы ветра, направления течения и скорости корабля, каждое впечатление, оставленное морем, небом и облаками. Даже сейчас полинезийские моряки с готовностью перечисляют названия 250 звезд в ночном небе. По характеру волн, бьющих в корпус судна, их навигаторы обнаруживают присутствие

удаленных коралловых рифов, которые окружают остров, скрытый за линией видимого горизонта. Полинезийцы утверждают, что каждая группа островов имеет свой собственный рисунок волн, который они считают с той же легкостью, с какой опытный судмедэксперт определяет отпечатки пальцев. Эти люди могут в темноте распознавать пять видов различных океанских волн, отличая те, что вызваны локальными погодными явлениями, от тех, которые обусловлены глубинными течениями, пересекающими толщу Тихого океана.

Существует масса примеров хранения подобных древних знаний аборигенными племенами. Среди людей племени барасана, населяющих северо-запад колумбийской Амазонии, для которых все предметы и явления мира природы неразрывно связаны между собой, комплекс мифов о земле, растениях и животных дал толчок к развитию высокоэффективного метода землепользования, который может служить моделью того, как следует жить в амазонских лесах, не уничтожая их. Буддисты Тибета проводят все свое время в приготовлениях к моменту, о котором мы большую часть нашей жизни стараемся не думать, притворяясь, что его не существует, – к смерти. Наверняка их 2,5-тысячелетний опыт эмпирических наблюдений содержит информацию, полезную для остального человечества.

При этом я не считаю, что различные культуры должны оставаться статичными, или что им не удастся сохранить свою национальную идентичность в процессе развития, изменяясь тем или иным образом. Напротив, как мне кажется, люди племени хайда не перестали быть коренными американцами после того, как сменили долбленые каноэ на моторные лодки, так же как ковбои Монтаны не перестали быть американцами, пересев в комфортные автомобили и оставив в прошлом лошадей и повозки. Внешние изменения, связанные с прогрессом, – это не то, что угрожает

«Хокулеа», знаменитое каноэ Полинезийского общества путешествий, отплывает от берегов Гавайских островов. Штурманы-полинезийцы традиционно прокладывали курс по морям без помощи инструментов, позднее появившихся в Европе. Чаще всего они пользовались навигационным счислением пути, определяя текущее положение судна на основании времени, проведенного в плавании, и направления движения по отношению к последней известной точке маршрута





Женщина племени ариаал на горе Марсабит в Северной Кении возвращается домой с вязанкой дров. Народность ариаал на протяжении многих поколений обитала на территории суровой пустыни Кайсут, переживая засухи и ведя жизнь кочевников-скотоводов. Начиная с 1970-х гг. под давлением международных благотворительных организаций они стали вести оседлый образ жизни, что привело к истощению природных ресурсов и их полной зависимости от поставок гуманитарной помощи

сохранению национальных традиций, а лишь выигрыш в комфорте.

Трагедия заключается не в том, что исчезают архаичные сообщества, а в том, что из-за действия вполне обратимых процессов некогда полные жизни народы и языки исчезают с лица Земли. Подобное воздействие может осуществляться в разных формах. Во-первых, это может быть непосредственное наступление «цивилизации», например в форме чудовищного истребления лесов, в результате которого была уничтожена основа существования кочевых племен пунанов в тропических лесах Калимантана (Борнео), или сброса токсичных стоков нефтеперерабатывающих заводов, поставивших под угрозу плодородие почв, которые

возделывают племена в дельте Нигера. Другой опасный фактор, влияющий на существование аборигенных культур, – эпидемии, начинающиеся в результате заражения экзотическими для местных жителей патогенами. Например, так почти вымерли амазонские яномама, пострадав от нашествия золотодобытчиков, наводнивших их земли. Третьим фактором может служить воздействие чуждой идеологии, как это было в случае с буддистами Тибета, захваченными китайскими коммунистами.

Культуры не всегда исчезают окончательно, чаще они видоизменяются, утрачивая частицу своей самобытности. Однако даже этого можно избежать, если со вниманием отнестись к чуждому укладу жиз-

ни. Если пришельцы извне выступают как агенты упадка местной культуры, то именно они могут способствовать и ее выживанию. Например, благодаря решению колумбийского правительства, которое в 1991 г. наделило правами на землю индейцев северо-западной Амазонии, люди племени барасана теперь процветают. И наша цель заключается не в том, чтобы консервировать эти племена во времени. Напротив, мы должны найти способ обеспечить всех обитателей многонационального, взаимосвязанного мира преимуществами современности без обязательного жертвоприношения в виде потери этнической принадлежности. ■

Перевод: Т.А. Митина

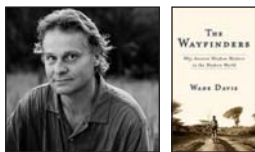


Вверху: У аборигенов Австралии мужчины на территории полуострова Арнем–Ленд охотятся ради пропитания. С точки зрения этого аборигенного народа не существует ни прошлого, ни настоящего, ни будущего – у них вообще нет слова, обозначающего время. И цель людей не в том, чтобы трансформировать природу, а в том, чтобы поддерживать мир в том состоянии, в котором он находился в момент их появления

Внизу: Пунаны, которые обитают в ливневых лесах Калимантана, долгое время были кочевниками. Но лесозаготовки уничтожили среду их обитания и разрушили их культуру, вынудив перейти к оседлой жизни



АНТРОПОЛОГИЯ



ОБ АВТОРЕ

Уэйд Дэвис (Wade Davis) – антрополог, этноботаник, режиссер и фотограф. Его последняя книга *The Wayfinders: Why Ancient Wisdom Matters in the Modern World* («Поиск пути: Почему древняя мудрость имеет значение для современного человечества») была опубликована в 2009 г. британским издательством Anansi и легла в основу этого фотоэссе.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- *Nomads of the Dawn: The Penan of the Borneo Rain Forest*. Wade Davis, Ian MacKenzie and Shane Kennedy. Pomegranate Press, 1995.
- *Seafaring in the Contemporary Pacific Islands: Studies in Continuity and Change*. Edited by Richard Feinberg. Northern Illinois University Press, 1995.
- *The Search for Shangri-La: A Journey into Tibetan History*. Charles Allen. Abacus, 2000.
- *As Pastoralists Settle: Social, Health, and Economic Consequences of the Pastoral Sedentarization in Marsabit District, Kenya*. Edited by Elliot Fratkin and Eric Abella Roth. Springer, 2005.
- *When Languages Die: The Extinction of the World's Languages and the Erosion of Human Knowledge*. K. David Harrison. Oxford University Press, 2007.
- *Shadows in the Sun: Travels to Landscapes of Spirit and Desire*. Wade Davis. Island Press, 2010.





Ребенок народа инуит (эскимосы) всматривается в лужу талой воды в Нунавуте (Канада). Таяние льда в Северном Ледовитом океане, вызванное глобальным потеплением, угрожает существованию белого медведя и других животных Арктики, охотой на которых кормятся местные жители

ЧТО ОСТАЛОСЬ В КЛАДОВЫХ

Наглядная картина того, каким именно объемом природных ресурсов располагает сегодня наша планета

Майкл Мойер и Карина Сторрс

Если XX в. был экспансивным и, казалось, безграничным периодом (временем реактивных самолетов, полетов в космос и Интернета), то уже первые годы XXI столетия обозначили пределы нашего малого мира. Местные отключения электроснабжения напомнили о том, что поступающая по проводам электроэнергия, которую мы привыкли воспринимать как нечто в порядке вещей, может стать дефицитом. Некогда могучая река Колорадо, чью воду жадно потребляют крупные города американского пустынного Запада, больше уже не достигает Тихого океана. Значительно усложнилась добыча нефти – новые нефтяные скважины уходят сегодня на километры под морское дно. Необъятная атмосфера Земли изне-

могает от двухсотлетних выбросов парниковых газов. Не выдерживают, похоже, и сами живые организмы – как предупреждают биологи, все мы находимся в процессе глобального вымирания биологических видов, сопоставимого с тем, что происходило в эпоху гибели динозавров.

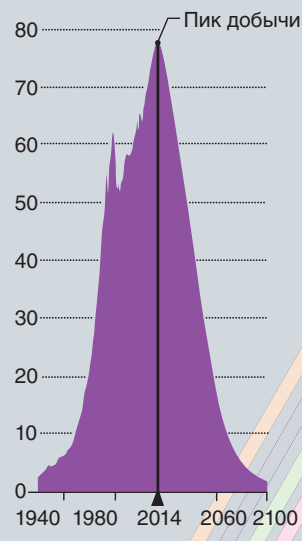
Эксплуатация природных ресурсов и давление на экосистему (а также рост среднего класса в таких странах, как Индия и Китай) станут определяющими тенденциями нынешнего и последующих веков. Ниже предлагается наглядная картина того, какие именно ресурсы остаются сегодня в нашем распоряжении, на сколько их хватит и как они распределяются по территориям. ■

Перевод: А.Н. Божко

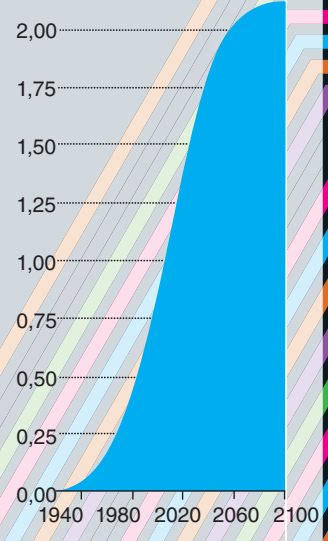
2014 г. – ПИК ДОБЫЧИ НЕФТИ

На вопрос «Сколько осталось нефти?» чаще всего следует ответ: «Все зависит от того, как настойчиво ее искать». После истощения легкодоступных месторождений нефтяные компании начнут добывать нефть в труднодоступных местах (например, с глубины 5,5 тыс. м под дном Мексиканского залива) с помощью новых технологий. В отличие от традиционных статистических моделей, в новом подходе к прогнозированию добычи этого полезного ископаемого учитываются многочисленные будущие технические усовершенствования. При всей его противоречивости, данный подход прогнозирует, что через четыре года мировая добыча нефти достигнет своего пика, а к началу 50-х гг. нашего века из-под земли будет извлечено 90% всех запасов нефти

Мировые темпы добычи (млн баррелей в день)



Суммарная мировая добыча (трлн баррелей)



1976–2005 г. – УСКОРЕНИЕ ТАЯНИЯ ЛЕДНИКОВ

В последние десятилетия происходит ускоренная потеря массы ледников. Сегодня в некоторых регионах – таких как Европа, Северная и Южная Америка – толщина ледников уменьшается более чем на 0,5 м в год

Ежегодное изменение толщины ледников

- Увеличение
- Уменьшение до 0,25 м
- более 0,25 м
- Нет сведений



2028 г. – ИНДИЙ

Индий – серебристый металл, который расположен недалеко от платины в Периодической системе химических элементов Менделеева и имеет многие аналогичные свойства, например цвет и плотность. Оксид индия-олова – это тонкая пленка-проводник, используемая в плоскопанельных телевизорах. При нынешнем уровне мирового производства известных природных запасов индия хватит на 18 лет

2025 г. – БОРЬБА ЗА ВОДУ

Во многих частях света одна крупная река снабжает водой ряд стран. Изменение климата, загрязнение среды и рост населения значительно увеличивают нагрузку на водные ресурсы. В некоторых регионах объем возобновляемых запасов воды может снизиться ниже уровня 500 куб. м в год на человека, который считается минимальным для функционирующего общества

2025 г. – БОРЬБА ЗА ВОДУ

Египет. Коалиция стран во главе с Эфиопией оспаривает старые соглашения, позволявшие Египту забирать более 50% воды Нила. Без этой реки вся территория Египта превратилась бы в пустыню

Восточная Европа. После десятилетий загрязнения реки Дунай расположенные на ее берегах страны (Венгрия, Румыния, Болгария и др.) отчаянно ищут новые источники водоснабжения

Средний Восток. Река Иордан, обмелевшая из-за засухи и отвода воды Израилем и Иорданией, лишилась 95% своего прежнего стока

Прежний Советский Союз. Аральское море – некогда четвертое в мире по величине внутреннее озеро-море – потеряло 75% своего объема из-за осуществления в 1960-е гг. программы по отводу воды для орошения полей

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ

Общий расход воды из возобновляемых источников (куб. м в год на человека)



2029 г. – СЕРЕБРО

Серебро из-за его естественного бактерицидного действия все чаще используется в перевязочном материале и в упаковке потребительских товаров. При нынешнем производстве месторождений самородного серебра нам хватит примерно на 19 лет, а переработка имеющегося металла может продлить этот срок на десятилетия

УМЕНЬШЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА РЫБЫ

В последние десятилетия происходит ускоренная потеря массы ледников. Сегодня в некоторых регионах – таких как Европа, Северная и Южная Америка – толщина ледников уменьшается более чем на 0,5 м в год



МОЛОТОГОЛОВЫЕ АКУЛЫ

С 1986 г. их численность сократилась на 89%. Этих акул ловят из-за их плавников – суп с ними считается деликатесом

НАШЕ МАССОВОЕ ВЫМИРАНИЕ

Биологи предупреждают о происходящем сегодня массовом вымирании видов – такого же рода явления, какое повторялось в истории Земли уже пять раз. Наиболее значительными были пермско-триасовое вымирание («Великое вымирание»), когда погибло до 96% всех биологических видов планеты, и меловое-третичное вымирание, убившее динозавров. В чем причина нынешней проблемы? Мы сами. Из-за господства человека на планете многие виды лишились своей естественной среды обитания, стали жертвами охотников или отравились загрязнителями. В приведенном здесь сравнении нынешнего вымирания с предшествующими использованы последние оценки ежегодного исчезновения видов. Если эта тенденция продолжится (а она, к сожалению, лишь усиливается), наш мир вскоре лишится значительной доли своего биологического разнообразия

Пермско-триасовое вымирание

Продолжительность: 720 тыс. - 1,2 млн лет
Вымерло видов: 80-96%

Скорость вымирания видов (угол стрелки):
8-9,6% за тысячу лет

Меловое-третичное вымирание

Продолжительность: менее 10 тыс. лет
Вымерло видов: 75%

Скорость вымирания видов:
15% за тысячу лет

Нынешнее вымирание

Началось 11 тыс. лет назад и продолжается сегодня
Вымерло видов: устанавливается ?

Скорость вымирания видов:
до современного человека:
0,01-0,1% за тысячу лет

1900-2000 гг.:
1-10% за тысячу лет

2000-2100 гг. (прогноз):
2-20% за тысячу лет

2030 г. – ЗОЛОТО

В мировой финансовый кризис повысился спрос на золото – многие видят в этом инвестирование в реальные активы, имеющее низкую степень риска. Как считает Джулиан Филлипс (Julian Phillips), редактор бюллетеня Gold Forecaster, запасов месторождений с легкой добычей золота хватит примерно на 20 лет



РУССКИЙ ОСЕТР

Лишился нерестилищ и усиленно добывается ради икры. С 1965 г. его численность сократилась на 90%



ЖЕЛТОРОТЫЙ ГРУППЕР

Живет лишь в отдельных местах прежней зоны обитания, от п-ова Флорида до Бразилии



ЕВРОПЕЙСКИЙ УГОРЬ

С 1968 г. его популяции сократились на 80%. Поскольку эта рыба размножается в зрелом возрасте, на восстановление ее численности потребовалось бы 200 лет



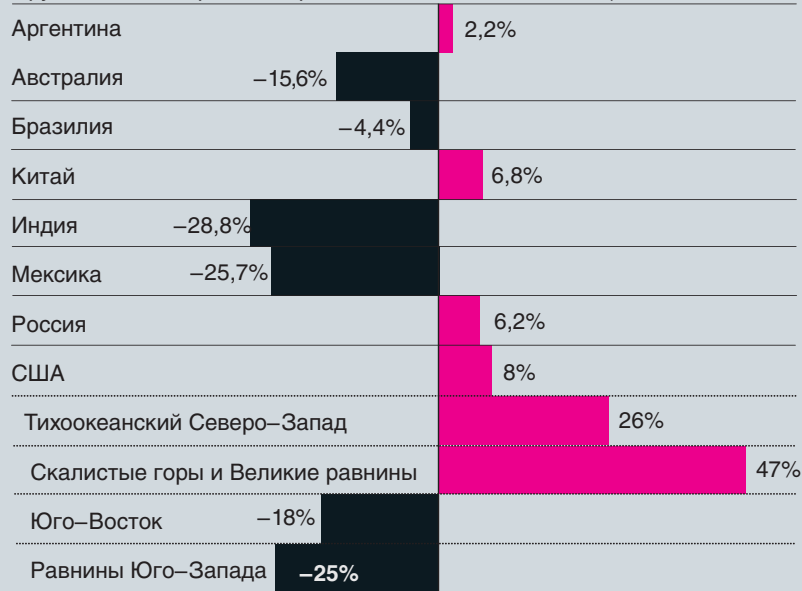
ОРАНЖЕВЫЙ ХОПЛОСТЕТ

С 1970-х гг. численность этой рыбы, живущей у побережья Новой Зеландии, уменьшилась на 80% вследствие ее перелова донными травами

2050 г. – НАКОРМИТЬ ТЕПЛЕЮЩИЙ МИР

В последнее время исследователи пытаются разобраться в будущем многообразном воздействии растущих температур на мировое сельское хозяйство. Они полагают, что в одних странах изменение климата продлит вегетационный период, а в других из-за жары участятся опасные метеорологические явления, распространятся сельхозвредители. В США, как ожидается, урожайность вырастет на Великих равнинах, но еще более снизится на неблагоприятном Юго-Западе. Выиграют Россия и Китай, а проиграют Индия и Мексика. В целом наиболее пострадавшими окажутся развивающиеся страны. До 2050 г. на смягчение последствий изменения климата для производства продовольствия ежегодно будет расходоваться более \$7 млрд

Воздействие глобального потепления на сельское хозяйство (процентные изменения в выпуске сельхозпродукции восемью крупнейшими мировыми производителями к 2080-м гг.)



2044 г. – МЕДЬ

Медь входит почти во все элементы инфраструктуры, от труб до электрооборудования. Ее разведанные запасы составляют 540 млн т, хотя, как показали недавние геологические работы в Южной Америке, в Андах может быть еще около 1,3 млрд т этого металла

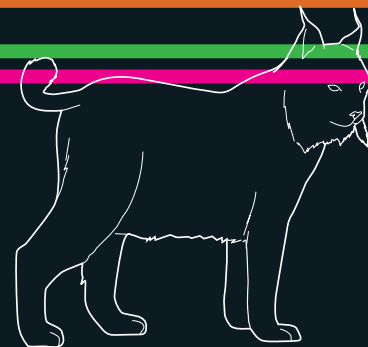
СМЕРТЕЛЬНАЯ УГРОЗА

При сокращении общего числа биологических видов некоторые из них находятся в особенно тяжелом положении (см. «Наше массовое вымирание» на предыдущей стр.). Справа перечислены пять групп живых организмов, приведены проценты исчезающих видов и примеры возникшей для них угрозы

МЛЕКОПИТАЮЩИЕ

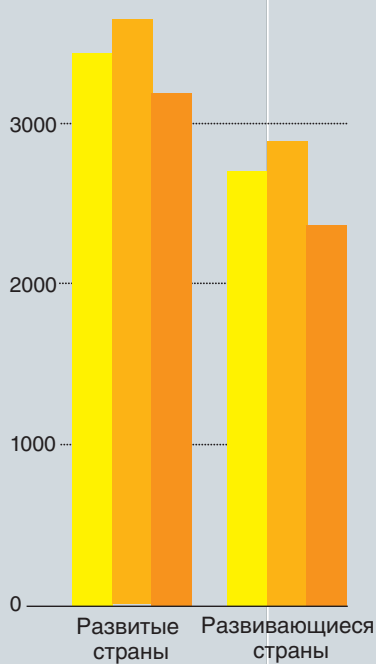
18% исчезающих видов

Испанская рысь питается кроликами, число которых в местах ее обитания резко сократилось после того, как в 1952 г. некий врач-педиатр привез из Австралии во Францию болезнь миксоматоз для борьбы с кроликами в своем саду

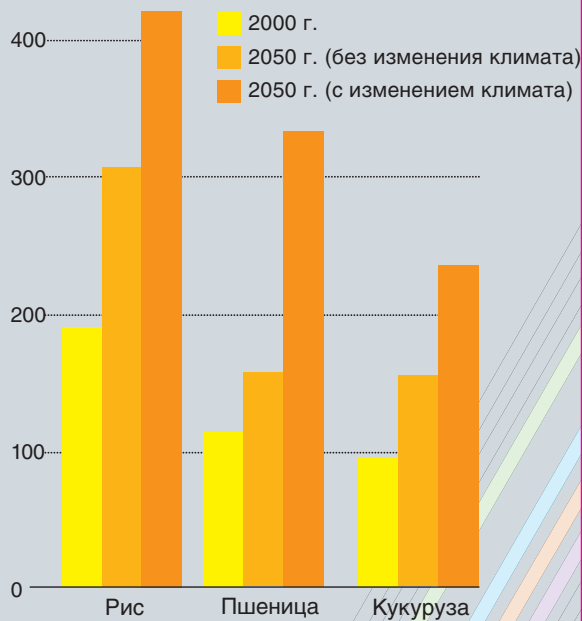


2050 г.

Ежедневное количество калорий на душу населения



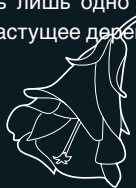
Цены на продовольствие (\$ за 1 т)



РАСТЕНИЯ

8% исчезающих видов

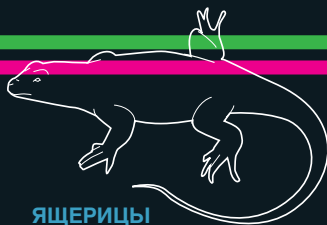
Красное дерево о-ва св. Елены – эндемик того самого острова в Южной Атлантике, где провел последние годы жизни Наполеон. Активная вырубка из-за его прекрасной древесины привела к тому, что к началу XX в. осталось лишь одно дикорастущее дерево



ЯЩЕРИЦЫ

20% исчезающих видов

Игуана колючая должна вовремя укрыться от солнца, чтобы избежать перегрева. Повышение температуры воздуха сократило время этой ящерицы на поиски пищи



ПТИЦЫ

10% исчезающих видов

Черношейный журавль страдает из-за утраты местобитания на заболоченных землях Тибетского нагорья



ЗЕМНОВОДНЫЕ

30% исчезающих видов

Лягушке Лиопельма Арчея нанесла большой урон грибковая инфекция в ее родной Новой Зеландии

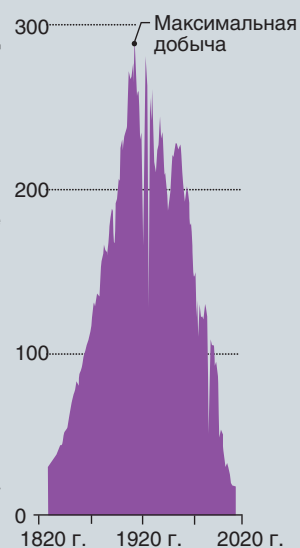


2060 г.

2072 Г. – ПРЕДЕЛЫ ЗАПАСОВ УГЛЯ

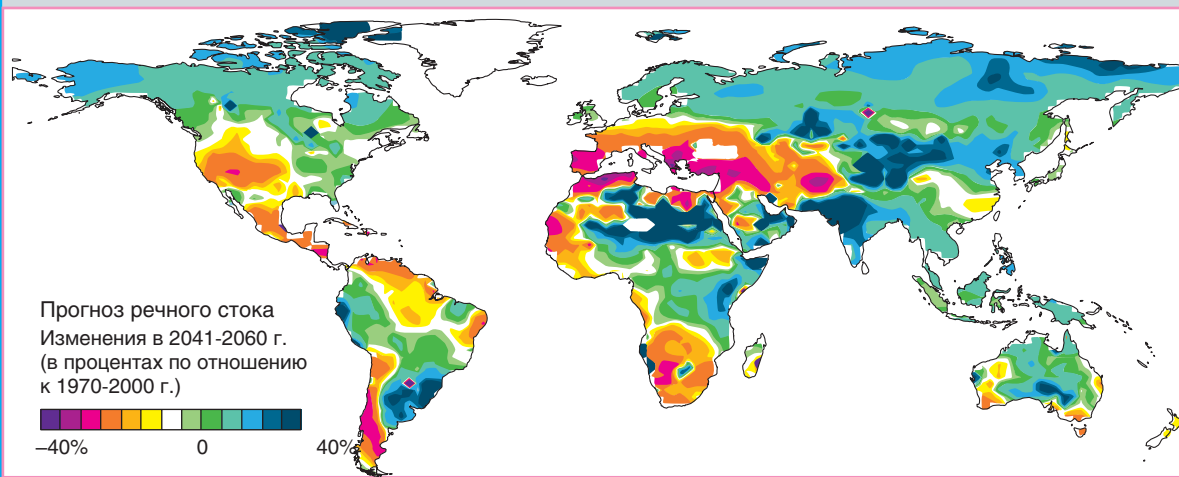
В отличие от нефти, уголь повсюду считается практически неисчерпаемым. С этим не согласен Дэвид Ратледж (David Rutledge) из Калифорнийского технологического института. Правительства неизменно в четыре или более раз переоценивают свои запасы угля, полагая, что однажды с помощью новой технологии откроются труднодоступные угольные пласты. Но, судя по добыче высокосортного угля, подобные ожидания напрасны. Это подтверждает пример Великобритании – родины угольной промышленности. В XIX – начале XX в. добыча угля здесь росла, а по истощении его запасов упала. Кривые суммарной добычи угля в Великобритании и других развитых странах имеют предсказуемую S-образную форму. Экстраполируя на остальную часть мировых угольных месторождений, Ратледж делает вывод, что к 2072 г. во всем мире будет добыто 90% доступного угля

Ежегодная добыча угля (Великобритания) (млн т)

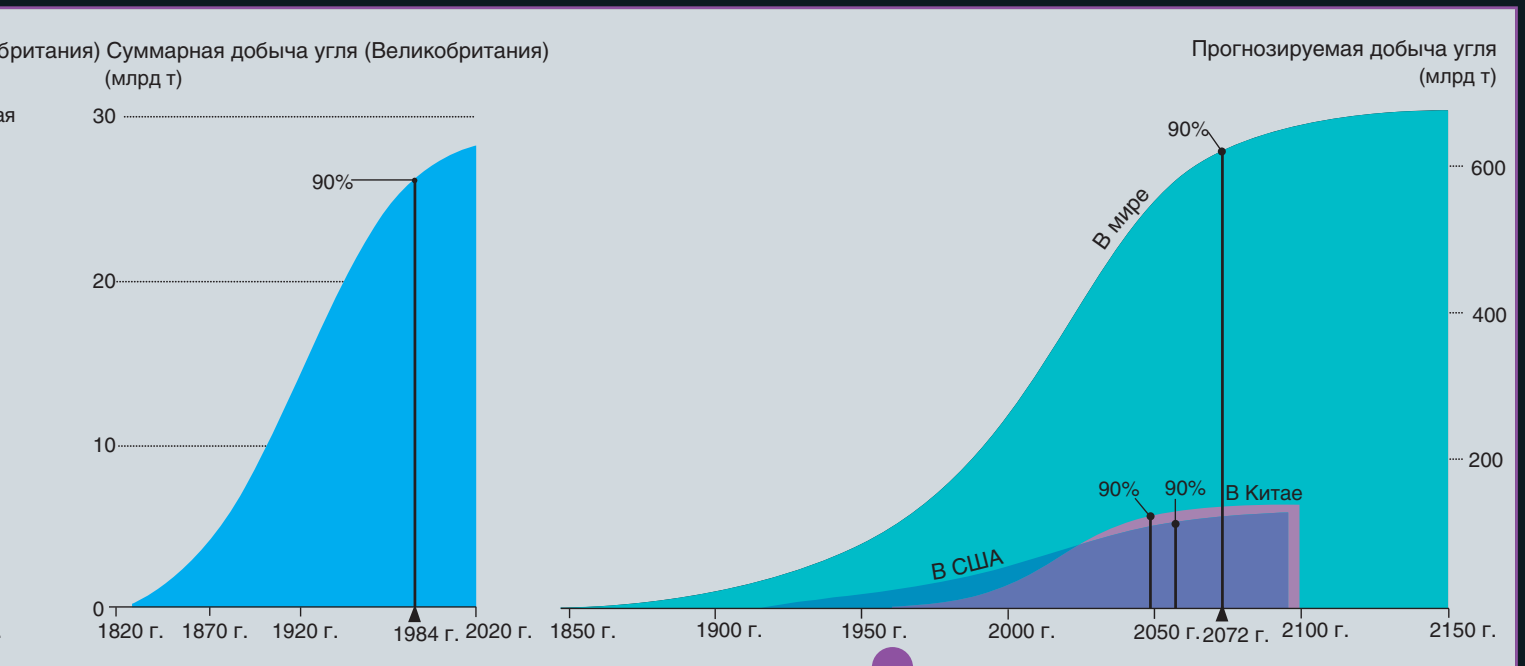


2060 г. – ИЗМЕНЕНИЕ РЕЧНОГО СТОКА

Перемена климата будет менять типы погоды, вызывая значительные изменения в количестве осадков в каждом из регионов, а также в объеме воды, протекающей по руслу ручьев и рек. Исследователи Службы геологии, геодезии и картографии США представили усредненную картину результатов 12 климатических моделей, прогнозируя изменения руслового речного стока в ближайшие 50 лет. Если Восточная Африка, Аргентина и другие регионы получат выгоду от увеличения количества воды, то пострадавшими будут Южная Европа и западные районы США



2070 г.



2070 г. – ГИМАЛАЙСКИЙ ЛЕД

Тающий лед и снег Гималаев – главный источник питания водой крупнейших речных долин Азии, по которым протекают такие реки, как Хуанхэ, Янцзы, Меконг и Ганг. К 2070 г. площадь покрытой льдом поверхности Гималаев может сократиться на 43%

2100 г. – АЛЬПЫ

В отдельных местах Альп потепление происходит с такой быстротой, что к концу века, как ожидается, полностью растает Ронский ледник

2560 г. – ЛИТИЙ

Поскольку литий – важный компонент батарей в электромобилях, многих промышленных аналитиков беспокоит, что имеющиеся резервы не смогут удовлетворить растущий спрос на этот металл. Однако даже если не учитывать огромного количества лития в морской воде, известные запасы этого металла настолько велики, что их нам хватит более чем на 500 лет

СТАВКИ НА

АПОКАЛИПСИС

Может ли современная цивилизация погибнуть? Специалисты оценивают восемь сценариев конца света

Джон Мэтсон
Оценки Джона Павлуса



ГИГАНТСКАЯ СОЛНЕЧНАЯ БУРЯ

Вероятность: 1:20 в ближайшие 15 лет

СТЕПЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОСТИ – 2

«Мы не хотим сеять панику, – говорит специалист в области космических исследований из Колорадского университета в Боулдере Дэниел Бейкер (Daniel N. Baker), – но вспышки на Солнце могут быть достаточно мощными, чтобы вывести из строя энергосети и системы связи на значительных территориях земного шара. Если такое произойдет сегодня, в нашем современном обществе с множеством электронных связей, результаты для большинства развитых стран будут, несомненно, катастрофическими», – указывает Бейкер.



СИЛЬНОЕ ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Вероятность: 1:2 в ближайшие 200 лет

СТЕПЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОСТИ – 3

При таянии ледовых щитов Гренландии и Западной Антарктиды уровень Мирового океана может подняться на 12 м, что приведет к затоплению прибрежных городов, и сотни миллионов людей станут беженцами. Если человечество в ближайшем будущем не изменит свой образ жизни, к концу нынешнего столетия процесс таяния обоих ледовых щитов будет необратим – указывает почетный профессор геофизики Мичиганского университета в Анн-Арборе Генри Поллак (Henry Pollack), автор книги A World without Ice («Мир без льда»), изданной в 2009 г. «На мой взгляд, исчезновение ледовых щитов Гренландии и Западной Антарктиды приведет к катастрофическим последствиям, – говорит Поллак, – поскольку оно инициирует беспрецедентное перемещение огромных масс людей».



СМЕРТОНОСНАЯ ПАНДЕМИЯ

Вероятность: 1:2 в ближайшие 30 лет

СТЕПЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОСТИ – 4

«Сегодня перед лицом губительной пандемии наподобие чумы человечество более незащитно, чем когда-либо ранее», – говорит директор Всемирной полевой службы проекта Всемирного вирусного прогнозирования Джозеф Фэр (Joseph Fair). Он отказался давать прогнозы о сроках возможного бедствия, но оценил готовность цивилизации к встрече с грядущей опасностью всего лишь двойкой по десятибалльной шкале. Следующая пандемия будет вызвана, вероятно, новым для человека вирусом или смертоносной модификацией распространенного возбудителя инфекционных заболеваний.



ИЗВЕРЖЕНИЕ СУПЕРВУЛКАНА

Вероятность: 1:100 в ближайшую тысячу лет

СТЕПЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОСТИ – 3

Супервулкан выбросит не меньше 1 тыс. куб. км пепла и лавы, т.е. примерно в 1 тыс. раз больше, чем при извержении вулкана Сент-Хеленс в 1980 г. Следствиями долговременных изменений мирового климата станут засуха и голод.

ВЕРОЯТНО

КРАЙНЕ РЕДКО

ВЕРОЯТНОСТЬ

РАЗРУШЕНИЕ

УМЕРЕННОЕ ОПУСТОШЕНИЕ

При всем уважении к Т.С. Элиоту мы полагаем, что мир кончится все же скорее взрывом, а не всхлипом. Погубить цивилизацию, поставив под вопрос, возможно, даже само существование человека как вида, может множество разных катаклизмов. Будут ли они делом рук человеческих (ядерный холокост) или природным явлением (падение астероида)? Мы попытались оценить вероятность нескольких апокалиптических сценариев – от часто обсуждаемых угроз, таких как изменение климата, до наиболее фантастических предположений, как, например, квантовая флуктуация, которая разрушит нашу Вселенную. Приведенные данные нельзя назвать строго научными – оценить вероятность никогда не происходивших событий невозможно, – но они основываются на мнениях специалистов. Таким же образом мы составили приблизительную шкалу степени разрушительности каждого из рассматриваемых событий – от 1 (хаос местного уровня) до 10 (прощай, Вселенная). ■ **Перевод: И.Е. Сацевич**



ЗАРОЖДЕНИЕ НОВОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Вероятность: 1:1 000 000 в ближайшие 100 лет

СТЕПЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОСТИ – 10

Что произойдет, если внутри нашей Вселенной спонтанно возникнет новая? Существует сценарий «фазового перехода», согласно которому наша Вселенная внезапно переходит в новое состояние с иными фундаментальными свойствами. Переход происходит, когда рождается маленький пузырек новой фазы пространства–времени, законы природы в котором отличны от наших, и который затем, «расширяясь почти со скоростью света, охватывает окружающее пространство, включая то, что осталось от нашей Солнечной системы», – говорит космолог Александр Виленкин из Университета Тафтс. Но мы, вероятно, можем смело отодвинуть этот случай в самый конец тревожного списка. Виленкин готов поставить «огромную сумму денег» на то, что в ближайший триллион лет такого не случится. Он, правда, не знает, как его оппонент получит выигрыш, в случае если он проиграет.



БЛИЗКАЯ ГАММА–ВСПЫШКА

Вероятность: 1:15 за 100 000 000 лет

СТЕПЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОСТИ – 7

Считается, что большинство таких вспышек возникает, когда массивная звезда коллапсирует в черную дыру. Близкая гамма–вспышка может обрушить на Землю поток радиации и уничтожить защитный озоновый слой в атмосфере. К счастью, ни одного такого события в нашей Галактике не наблюдалось. Некоторые ученые полагают, что именно взрыв сверхновой мог стать причиной массового вымирания видов 440 млн лет назад.



ПАДЕНИЕ ГИГАНТСКОГО АСТЕРОИДА

Вероятность: 1:1 000 000 в ближайшие 100 лет

СТЕПЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОСТИ – 9

Несмотря на то что перспектива падения астероида диаметром в 10 км может быть очень далекой, серьезные разрушения способен вызвать и объект меньших размеров, а таких немало. Удар трехкилометрового астероида (а вероятность его в нашем столетии составляет около 1:200 000) может погубить четверть населения Земли и на время разрушить цивилизацию.



ЯДЕРНАЯ ВОЙНА

Вероятность: 1:30 в ближайшие 10 лет

СТЕПЕНЬ РАЗРУШИТЕЛЬНОСТИ – 6

«Авария или кибератака могут стать причиной обмена ядерными ударами между США и Россией, что приведет к гибели сотен миллионов человек», – говорит исполнительный директор и издатель Bulletin of the Atomic Sciences Кеннет Бенедикт (Kennette Benedict). Но более вероятен другой сценарий – террористическая атака с использованием небольших ядерных зарядов. Вероятность такого события в ближайшие 15 лет Бенедикт оценивает в 50%.

ПОЛНОЕ УНИЧТОЖЕНИЕ

МОЖЕТ ЛИ ВРЕМЯ

ЗАКОНЧИТЬСЯ?

И да, и нет. Парадокс заключается в том, что оба исхода нереалистичны. Однако недавние исследования в физике предлагают решение этой проблемы

Джордж Массер

Исходя из нашего повседневного опыта мы знаем, что ни один процесс не может быть полностью завершен. Так, даже после смерти тело человека не исчезает бесследно, а распадается на элементы, проникающие и в почву, и в атмосферу, участвуя таким образом в круговороте веществ в природе, способствуя появлению новой жизни. Мы живем, зная, что дальше все продолжается, но всегда ли так будет? Может ли в будущем наступить такой момент, после которого уже не будет ничего? Современная физика полагает, что да, такое возможно. Само время может закончиться. Наступит финал всего, без возможности продолжения и возрождения. Окончание времени – это конец всех концов.

Такую неприятную перспективу неожиданно предсказывает теория относительности, дающая нам современное понимание гравитации. До создания этой теории большинство физиков и философов полагали время некоей абсолютной данностью: неизменным, непоколебимым, никогда не смолкающим ритмом Вселенной. Эйнштейн показал, что во Вселенной происходят разнообразнейшие процессы, связанные с динамикой пространства-времени. Время может замедляться или ускоряться. Могут происходить и разрывы пространственно-временной ткани Вселенной. Ощущая

силу гравитационных взаимодействий, мы чувствуем и особенно в моменты временного ритма. Время, отсчитываемое на объектах, движущихся в гравитационном поле, течет медленнее, чем на неподвижных относительно них объектах. Время воздействует не только на само вещество, но отвечает и за его движение, подобно тому, как барабанщики и танцоры, влияя друг на друга, вводят себя в транс. Барабанная дробь звучит все быстрее, и все быстрее движения... пока кто-то из барабанщиков вдруг не упадет в обморок от усердия. Аналог такого финала известен в физике как сингулярность.

Термин «сингулярность» можно отнести к любой границе времени: и к его началу, и к его концу. Наиболее известная сингулярность – это Большой взрыв: мгновенное собы-

тие, произошедшее 13,7 млрд лет назад, породившее пространство-время нашей Вселенной. Если расширение Вселенной когда-нибудь остановится, и она снова начнет сжиматься, то это будет выглядеть как Большой взрыв в обратном времени, как фильм на пленке, прокрученной вспять. В такой модели в результате так называемого «Большого хлопка» время снова прекратит свое существование.

Времени не нужно исчезать повсюду. Согласно теории относительности, время угасает внутри черных дыр, в то время как в целом во Вселенной оно продолжает свое течение. Черные дыры обладают давно заслуженной репутацией разрушителей, но на самом деле они даже еще хуже, чем мы их себе представляем. Попади вы в одну из них, вас не только порвало бы в лоскуты, но вы бы неотврати-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

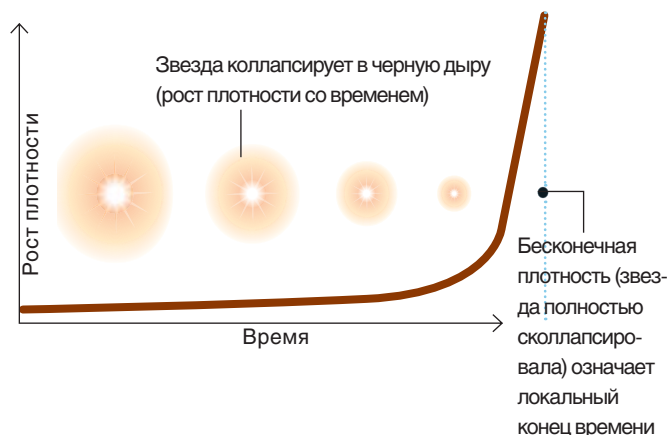
- Общая теория относительности Эйнштейна предсказывает, что время заканчивается в точках, называемых сингулярностями, например в таких, где вещество достигает центра черной дыры, или когда Вселенная коллапсирует в «Большом хлопке». Теория также предсказывает, что сингулярности физически невозможны.
- Чтобы разрешить этот парадокс, следует рассматривать смерть времени как постепенный, а не внезапный процесс. Время может терять свои свойства одно за другим: направленность, понятие длительности, свою роль в установлении причинно-следственных связей. Наконец, время может открыть путь для физики без времени.



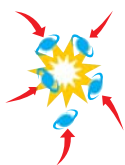
КОСМОЛОГИЯ

КОНЕЦ СВЕТА

Время может закончиться разными способами, согласно общей теории относительно Эйнштейна. Например, когда формируется черная дыра, плотность вещества возрастает, что усиливает мощь гравитационных сил, которые в свою очередь еще больше увеличивают плотность и т.д., до того как и плотность, и гравитационные силы возрастут до бесконечности – область, называемая сингулярностью (на рис. справа). Вещество перестает быть, и время уходит из этой области. То же может происходить и с Вселенной в целом (ниже на рис.)



БОЛЬШАЯ КАТАСТРОФА ВРЕМЕНИ



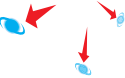
«БОЛЬШОЙ КРАК»

Космологическое расширение замедляется, ему препятствуют гравитационные силы заполняющего Вселенную вещества. В конце концов расширение останавливается и обращается вспять, завершаясь коллапсом обратно в сингулярность, которая означает конец времени. Когда-то казавшийся правдоподобным, теперь такой сценарий развития событий выглядит сомнительным. Не только потому, что материя слишком разрежена, чтобы тормозить расширение своим гравитационным полем, но и потому, что существует некая ненаблюдаемая форма энергии – темная энергия, источник ускоренного расширения Вселенной



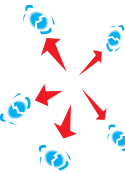
«ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ»

Вселенная расширяется вечно, становясь все более пустой и темной. Астрономы рассматривают такой вариант будущего нашей Вселенной как наиболее предпочтительный. Хотя время никогда не заканчивается, оно все больше теряет смысл. Вселенная вступает в фазу так называемой «тепловой смерти» – состояния равновесия, в котором любой процесс быстро завершается, так что время перестает обозначать четкую последовательность событий и становится плохо определено



«БОЛЬШОЙ РАЗРЫВ»

Вселенная разрывает себя в клочья. Такой сценарий может реализоваться, если темная энергия – не постоянная величина, что предполагают большинство современных космологических моделей, но обладает сильно отрицательным давлением. Описанная в 1999 г., такая энергия получила название «фантомной». Благодаря ей Вселенная может расширяться очень интенсивно – так, что даже атомы будут разорваны и время перестанет существовать. Моделирование некоторых вариантов такого сценария показало, что финал наступит примерно через 20 млрд лет от сегодняшнего момента



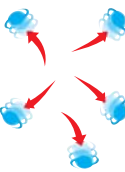
«ВМОРАЖИВАНИЕ»

Вселенная наполняется фантомной энергией и достигает бесконечной плотности, расширившись до конечного объема. Материя блокируется в пространстве, и время тоже будет пленено. Локальное «вмораживание» может произойти, если наша Вселенная представляет собой мембрану, движущуюся в многомерном пространстве-времени (согласно теории суперструн), которая начинает стремительно вращаться



«ТОРМОЖЕНИЕ»

Этот экзотический сценарий был предложен в 2004 г. Расширяющая Вселенную темная энергия начинает все больше тормозить ее, в конце концов приводя рост Вселенной к резкой остановке. На конечном этапе космические структуры должны быть разорваны бесконечно большими приливными силами. Несмотря на то что другие характеристики остаются конечными, последствия для времени будут плачевны



«ВНЕЗАПНАЯ СИНГУЛЯРНОСТЬ»

Этот экзотический сценарий предложен в 2004 г. Не требует гипотезы о наличии темной энергии. Силы сжатия обыкновенной материи становятся бесконечными, в то время как плотность и скорость космологического расширения сохраняются неизменными. Со временем может происходить все что угодно

мо двигались к сингулярности, расположенной в центре черной дыры, в которой ваше время пришло бы к концу. Ваши останки не послужили бы возникновению новой жизни, молекулы вашего тела больше не вернулись бы в круговорот веществ во Вселенной. Вы ощутили бы не просто смерть, но абсолютный экзистенциальный апокалипсис.

Таким образом, в физике появились процессы абсолютного уничтожения без какого-либо последующего возрождения. В надежде избежать парадоксов сингулярности или прояснить ее физическую сущность ученые предпринимают различные попытки объединить теорию относительности Эйнштейна и квантовую механику, создав, например, квантовую теорию гравитации как одну из теорий, призванных объединить все физические взаимодействия. Однако нужно быть осторожными в своих желаниях: если окончание времени трудно себе представить, то теория, содержащая бесконечное время, может таить в себе не меньше загадочного.

Узловые точки отсчета времени

Задолго до Альберта Эйнштейна философы рассуждали о том, может ли время умереть. Иммануил Кант рассматривал понятие «антиномия» – нечто такое, что можно определить двумя разными способами, не давая представления об истинном положении дел. Так, например, не существует такого момента времени, как 12:00 – это одновременно и конец предыдущего дня, и начало следующего (в системе счета времени до 24 часов этот момент – одновременно и 24:00, и 00:00).

Аристотель обращал внимание на этот же принцип, говоря, что время не может ни начаться, ни кончиться. Каждый момент времени – это одновременно конец некой эры и начало эры новой. Любое событие – следствие предыдущего и причина последующего. Так как же время может закончиться? Какая сила не допустит, чтобы за са-

ЧЕТЫРЕ СТАДИИ КОНЦА ВРЕМЕНИ

Конец времени может оказаться процессом, происходящим шаг за шагом, по мере того как Вселенная регрессирует в более простое состояние, в котором понятие времени перестает иметь смысл (последовательность состояний, показанная на рис., не непрерывна, и они могут происходить в другом порядке)

1 СЛОМАННАЯ СТРЕЛА ВРЕМЕНИ



Время перестает идти вперед, когда Вселенная достигает состояния общего равновесия, исчерпав всю свою энергию. Такой сценарий реализуется в вечно расширяющейся Вселенной, но время может потерять свою ориентацию и в других космологических моделях. Начиная с этого момента единственным движением будут случайные колебания плотности и энергии, приводящие к тому, что показания часов – если таковые там окажутся – будут прыгать туда-сюда

Начало Вселенной – практически однородный газ

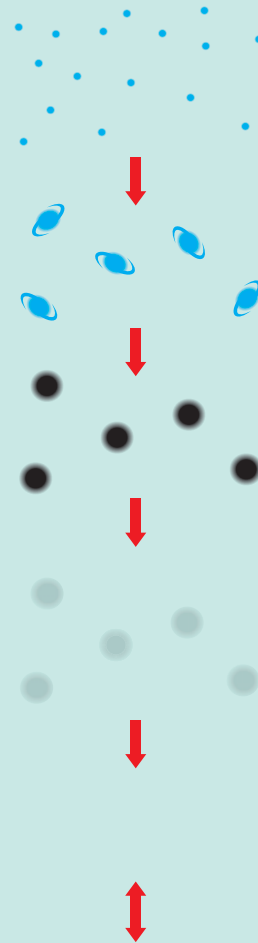
Он кластеризуется под воздействием гравитационных сил

Вещество коллапсирует повсюду, формируя черные дыры

Черные дыры полностью испаряются

Излучение рассеивается, и остается только пустое пространство

Начиная с этого момента, больше ничего не произойдет

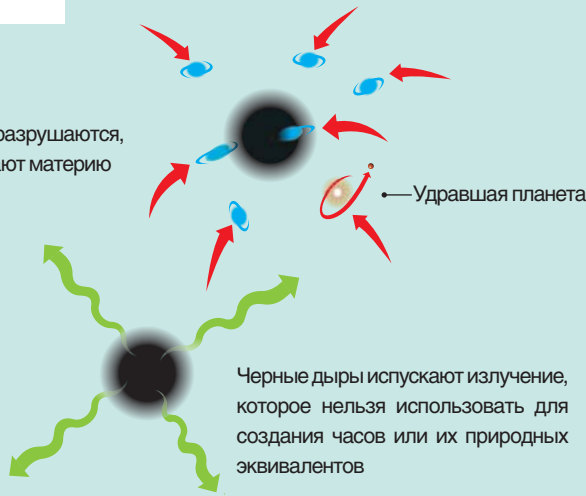


2 ПРО ВРЕМЯ НИЧЕГО НЕЛЬЗЯ СКАЗАТЬ



Концепция длительности станет бессмысленной, когда все системы, отмечающие обычные интервалы времени, разлетятся в бесконечность или попадут в черные дыры. Энергия может вернуться из черной дыры, но только в форме излучения, т.е. в виде фотонов или других безмассовых частиц. Поскольку эти частицы не обладают фиксированной шкалой и не меняются со временем, из них нельзя «сделать» новых часов

Планетные системы разрушаются, черные дыры поглощают материю



мым последним событием в истории естественно последовало следующее событие? И вообще, как можно определить понятие «конец времени», если смысл слова «конец» связан с самим временем? По словам одного оксфордского философа, «логически невозможно для времени обладать концом». Но если время не может закончиться, то тогда Вселенная с необходимостью должна жить вечно, и тогда разрешаются все загадки, поставленные перед лицом вечности. Философы полагают абсурдной идею того, что реальная Вселенная может быть бесконечной, т.е. что она может быть математической идеализацией.

Триумф теории Большого взрыва и открытие черных дыр позволили ученым подойти к разрешению вопроса о конце времени. Вселенная проявляется из сингулярности и может испытывать различные временные катаклизмы в своей эволюции. Так, даже если Вселенная избегает «Большого хлоп-

ка», она может подвергнуться «Большому отскоку», «вмораживанию», «торможению» и т.д. Но вопрос о том, что такое сингулярности – большие или какие-либо другие, – остается открытым до сих пор. «Сингулярности легко не ухватишь», – говорит Лоуренс Склар (Lawrence Sklar) из Мичиганского университета в Анн-Арборе, ведущий философ физики.

Каждая из этих возможностей есть некая идеализированная математическая конструкция и не может реализоваться точно. Так, согласно теории относительности, в сингулярности Большого взрыва прообраз каждой галактики есть в точности математическая точка – не крошечный зародыш, а именно точка нулевого размера. Точно так же в черной дыре каждая отдельная частичка тела невезучего астронавта сжимается в точку нулевого размера. В обоих случаях при подсчете плотности вещества в такой точ-

ке нам с необходимостью приходится делить на нулевой объем, в результате чего получается бесконечность. Другие типы сингулярностей могут характеризоваться не бесконечной плотностью, а другими физическими характеристиками, также принимающими бесконечные значения, следовательно, также быть нереалистичными.

Несмотря на то что современные физики не испытывают к бесконечностям такого же отвращения, как Аристотель и Кант, они все же замечают, что теории, их содержащие, выходят за границы своей применимости. Например, вспомним изученную еще в средней школе теорию оптических лучей. В ее рамках красиво объясняются свойства линзы и эффекты кривых зеркал. Но согласно этой теории, линза фокусирует свет от удаленного источника в математической точке, формируя пятно бесконечной яркости. В реальности свет фокусируется не в точке, а в круглом пятне, яркость которого может быть велика, но всегда конечна. Теория оптических лучей дает ошибку, потому что в действительности свет – это не луч, а волна.

Точно так же большинство физиков полагают, что космические сингулярности на самом деле имеют конечную плотность. Теория относительности перестает быть применимой вблизи сингулярности, поскольку не может учитывать в этой области законы изменения гравитации и реальные свойства материи, которые препятствуют возникновению бесконечной плотности. По словам ученых из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, «эти новые свойства сигнализируют, что теория относительности нарушается в таких областях».

Для понимания того, что в действительности происходит вблизи сингулярности, требуется более общая теория, например квантовая теория гравитации. Физики до сих пор находятся в процессе ее разработки, но уже очевидно, что эта теория должна вобрать

в себя все основные понятия квантовой механики, а именно вещество, свет, волновые свойства. Как раз последние призваны превратить сингулярность из геометрической точки в область ненулевого объема, что позволит избежать ошибок, возникающих в результате деления на ноль. При таком подходе время может и не иметь конца.

Некоторые физики полагают, что время все-таки может быть конечным, и, таким образом, верны оба подхода к проблеме времени. Проблема этой интерпретации заключается в том, что известные законы физики оперируют со временем, описывая движение и эволюцию тел в его рамках, и поэтому конечные точки времени в принципе не могут быть рассмотрены. Существование этих точек могло бы диктоваться не просто новым законом физики, а новым типом физических законов, избегающим концепции времени и движения во времени, меняя ее на геометрические подходы. Один из них был предложен три года назад в рамках теории суперструн. Учеными из Сингапурского университета была предложена следующая математическая модель: первичный зародыш Вселенной обладает структурой идеально однородного тора. Однако в области «Большого хлопка» или в сингулярности черной дыры пространство-время может иметь любую сколь угодно сложную структуру, не обязательно тора, и используемый ученым математический аппарат перестает быть применимым. «Геометрический» закон физики, диктующий форму первичного зародыша Вселенной, разительно отличается от обычных динамических законов: он не симметричен во времени. Другими словами, конец пленки может и не оказаться началом, проигранным задом наперед.

Другие исследователи квантовой гравитации полагают, что время не имеет ни конца, ни начала. В рамках этой концепции Большой взрыв – это всего лишь некий катаклизм на фоне вечной Вселенной. Возможно, что «предшествующая

Вселенная» схлопнулась, а потом снова начала разворачиваться в тот момент, когда ее плотность стала слишком большой: Вселенная совершила скачок в своей эволюции. Остатки той, предыдущей фазы Вселенной могли бы сохраниться и до наших дней (см.: Боджовальд М. В погоне за скачущей Вселенной // ВМН, № 1, 2009). В такой модели сингулярная область внутри черных дыр подвержена активной жизни, подобно миниатюрной звезде. Если вы упадете в черную дыру, вы можете погибнуть, но в некоторое утешение мож-

но сказать, что ваше время никогда не закончится. Частицы вашего организма попадут в центральную область черной дыры, оставив на ней свой неповторимый информационный отпечаток, который будет доступен в будущей Вселенной.

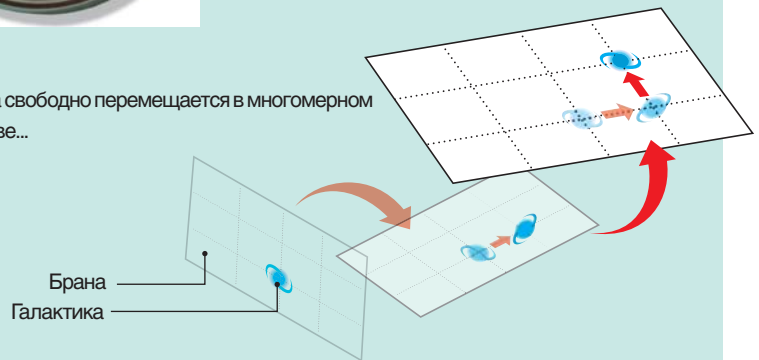
Сторонники такой модели не нуждаются в предположениях о новых типах физических законов, однако они не избегают некоторых проблем. Вселенная с каждым новым «отскоком» становится все более хаотичной. Но тогда, коль скоро этот процесс продолжается уже целую вечность, почему наша Все-

3 ВРЕМЯ СТАНОВИТСЯ ПРОСТРАНСТВОМ



Время может стать еще одним пространственным измерением, нарушив причинно-следственные связи. Один из способов того, как это может произойти, – если наша Вселенная находится на «бране», двигающейся сквозь многомерное пространство. Если брана начинает быстро вращаться, так что измерение времени искривляется и становится пространственным, то случается то, что называется «вмораживанием»

Наша брана свободно перемещается в многомерном пространстве...



...но если брана ускоряется или сильно деформируется, то мы должны тогда двигаться быстрее света, для того чтобы продолжать перемещаться вместе с браной. Поскольку движение со скоростью, превышающей скорость света, невозможно, то мы останемся на месте относительно браны

ленная так «прилично выглядит», почему обладает таким количеством упорядоченных структур? И каким образом информация о попавшем в черную дыру путешественнике сможет покинуть ее, как избежит ее гравитационной ловушки?

Таким образом, противоречий в позиции ученых ничуть не меньше, чем у философов, и они также страдают от антиномий. Джон Арчибальд Уилер (John Archibald Wheeler), один из первых, кто начал работать в квантовой гравитации, писал: «уравнения Эйнштейна гласят: "здесь конец", а физика говорит: "конца не существует"». Многие сдались, оставили исследования, полагая, что наука в принципе не может дать ответ на вопрос о конце времени, – для них граница времени есть граница их эмпирического опыта, граница понимания устройства мира. Но нашлись и такие, которые считают, что необходимо просто перевести рассмотрение проблемы в другую плоскость. Гарри Горовиц (Gary Horowitz) из Университета Санта-Барбары полагает, что именно квантовая гравитация позволит по-новому взглянуть на задачу и дать ее однозначное решение.

Как проносится время

Человеческий организм – искусно организованная система, самая сложная из всех известных науке. Рождение или угасание человеческой жизни проходит в неизведанной пограничной области, на грани жизни и смерти, в отличие, например, от искусственного интеллекта, который может четко регистрировать этапы собственного демонтажа. Современная медицина становится способной пролить свет на процессы этой «сумеречной зоны»: возвращать людей из клинической смерти, прошедших некую точку невозвращения; давать жизнь младенцам, казалось, обреченным на смерть еще до появления на свет.

Физики и философы не оставляют попыток поймать конец времени – и многие усматривают в их задаче параллели с проблемой конца жизни. Подобно тому как жизнь возникает из сложной совокупности мо-

лекул, каждая из которых сама по себе жизнью не обладает, время могло бы рождаться из хаоса, упорядочивая само себя. (см.: Каллендер К. Время как иллюзия // ВМН, № 8–9, 2010). Мир времени обладает жесткой структурой: время диктует нам, когда происходят события, как долго они длятся и в каком порядке следуют друг за другом. Возможно, такая упорядоченность и не наблюдается, но она, безусловно, присутствует. Но то, что создано, может быть разрушено – как только структура рухнет, то время закончится.

В таких рассуждениях гибель времени становится не более парадоксальной, чем разрушение любой сложной системы. Одну за другой время теряет свои определяющие характеристики, переходя от состояния «существования» к состоянию «несуществования».

Первой из таких характеристик могла бы быть направленность времени, «стрела времени», направленная из прошлого в будущее. Еще в середине XIX в. ученые установили, что свойство направленности – это что свойство времени самого по себе, а свойство материи. Времени же присуща симметрия: оно может быть направлено как из прошлого в будущее, так и наоборот. «Стрела времени» есть свойство вещества развиваться от состояния порядка к состоянию с большим беспорядком, к состоянию хаоса (люди, у которых есть маленькие дети, наблюдают такой процесс ежедневно). Если этот процесс замедляется, это означает, что вселенная приближается к состоянию равновесия или «тепловой смерти». Отдельные частицы будут продолжать как-то двигаться, но Вселенная в целом не будет меняться: любые часы будут отсчитывать время в обе стороны, и будущее будет неотличимо от прошлого (см.: Кэрролл Ш. Космологическое происхождение «стрелы времени» // ВМН, № 9, 2008). Некоторые ученые говорят о возможности обращения «стрелы времени», так что Вселенная будет развиваться вспять во времени, по своему же пройденному пути, но это

не оживит умерших, жизнь которых всегда однонаправлена во времени.

Теряя путь времени

Согласно недавним исследованиям, направленность – это не единственная характеристика времени, которая может быть потеряна. Другой характеристикой может оказаться концепция длительности, интервала времени. Время, как мы его воспринимаем, всегда характеризуется некими порциями: секундами, днями, годами. Если бы это было не так, мы не могли бы сказать, как долго длились события, хотя и могли бы установить их хронологическую последовательность (см. новую книгу Роджера Пенроуза «Циклы времени: необычный новый взгляд на Вселенную»).

В 1960 г. Р. Пенроуз и Стивен Хокинг показали, что сингулярности могут возникать повсюду, а не только при специальных условиях. Пенроуз полагал, что падающее в черную дыру вещество теряется в ней навсегда, и что время не играет роли в фундаментальной физической теории.

Пенроуз представляет себе раннюю Вселенную как коробку с кубиками, которую уронил на пол неосторожный малыш. Рассыпались кубики – кварки, электроны и другие элементарные частицы. Из них шаг за шагом формировались более сложные структуры: атомы, молекулы, звезды и галактики. Первым делом выделились протоны и нейтроны, состоящие из трех кварков и обладающие размером порядка 10^{-15} м в диаметре. Они объединились через 10 микросекунд после Большого взрыва (или «Большого отскока», или того, что там еще могло быть).

До этого никаких структур вообще не было. А значит, не было и ничего такого, что могло бы реализовать отсчет времени. «Тиканье» часов основано на хорошо известных системах отсчета, таких как длина маятника, расстояние между двумя зеркалами или размер атомных орбит. Но таких систем в рассматриваемой модели

больше не существует. Группы частиц, конечно, могут обладать неким общим временем, но они не могут его отсчитывать, потому что эти группы не обладают определенным фиксированным размером. Отдельные кварки и электроны тоже не могут служить системой отсчета времени, потому что у них нет размера. И не имеет значения, с какого расстояния на них смотрят ученые: эти частицы все равно остаются точечными. Единственный физический атрибут, обладающий размером, – это комптоновская длина волны частиц, которая характеризует масштаб квантовых процессов и обратно пропорциональна массе частицы. Однако частицам не хватает даже такой элементарной шкалы: до момента времени в несколько десятков пикосекунд после Большого взрыва процессы, в результате которых частицы и приобретают массу, уже больше не могут происходить.

По словам Пенроуза, «нет никаких часов, и материальные объекты просто "не знают", как проследить путь времени». «Без часов нет и времени», – говорит философ Хенрик Зинкернагель (Henrik Zinkernagel) из Университета Гранады в Испании, также изучавший проблемы исчезновения времени в ранней Вселенной.

Несмотря на элегантность подхода Пенроуза, его метод имеет свои слабые стороны. Не все частицы в далеком будущем окажутся безмассовыми: останется по крайней мере некоторое количество электронов, с помощью которых будет возможно построить систему отсчета времени. Пенроуз пытается обойти эту существенную в его теории проблему, признавая, впрочем, неубедительность своих аргументов: он говорит, что электроны будут как бы сбрасывать свою массу. С другой стороны, если бы ранняя Вселенная была бы нечувствительна к размерам, как она бы тогда могла расширяться и остывать?

Если Пенроуз все-таки прав, то его теория будет иметь значимые последствия. Несмотря на то что

сверхплотно запакованная ранняя Вселенная и сильно разреженная поздняя Вселенная кажутся противоположными стадиями развития, они идентичны по отношению к проблеме измерения времени и построения каких-либо измерительных шкал. По словам Пенроуза, «в этом смысле Большой взрыв очень похож на отдаленное будущее». Они представляют собой одну и ту же стадию грандиозного космического цикла. Когда время приходит к концу, происходит переход к новому Большому взрыву.

Время все еще стоит

Даже если понятие «интервал времени» теряет свой смысл, то это не означает, что время уже умерло. Это все еще значит, что события происходят последовательно, от причины к следствию. В этом ключе время отлично от пространства, которое дает несколько ограничений на размещение объектов. Два близких во времени события (я печатаю на клавиатуре, а на мониторе появляются буквы) неразрывно связаны. Но два объекта, близкие в пространстве (клавиатура и блокнот) могут не иметь совершенно ничего общего. Пространственные связи не так значимы, как временные.

Однако при некоторых предположениях время может потерять даже простейшее свойство порядка и превратиться всего лишь в еще одно пространственное измерение. Эта идея уходит корнями в 80-е гг. прошлого века, когда Хокинг и Хартл думали объяснить Большой взрыв как момент, в котором время и пространство дифференцированы. Три года спустя Марк Марс (Mark Mars) из Университета в Саламанке, Испания, и его коллеги применили аналогичные идеи уже не к началу времени, но к его концу.

Эти ученые были воодушевлены теорией суперструн и поиском ее возможных следствий в нашем четырехмерном мире (три пространственных измерения и одно временное), который может оказать мембраной (или просто браной), палящей в многомерном простран-

стве подобно оторвавшемуся древесному листу на ветру. А мы прикреплены к бране как гусеница на этом листе. В повседневной жизни мы можем свободно перемещаться в нашем четырехмерном ограниченном мире. Но если брана движется достаточно быстро, то все, что мы можем сделать, это оставаться на месте, поскольку мы больше не сможем с него тронуться. Нам бы пришлось двигаться быстрее света для того, чтобы хоть как-то перемещаться по бране, одновременно и вместе с ней, а мы не можем этого сделать. Все процессы требуют какого-либо движения, и поэтому все они остановятся.

Со стороны линии времени, сформированные движениями в нашей жизни, не закончатся, но просто будут изгибаться, т.е. вести себя как пространственные траектории. Брана может все еще быть четырехмерной, но все ее измерения окажутся пространственными. По словам Марка Марса, объекты «под воздействием сил на бране движутся со скоростями все ближе и ближе к скорости света, до тех пор, пока траектории искривляются так сильно, что становятся сверхсветовыми, и времени больше не существует. Основное положение этой экзотической космологической концепции: объекты совершенно не ощущают, что с ними происходит».

По мнению автора, поскольку все наши часы будут идти все медленнее и остановятся, у нас не будет возможности сказать, что время в пространстве остановилось. Мы увидим объекты, такие как галактики, убегающими, т.е. мы станем свидетелями того, что наблюдается астрономами и обычно приписывается влиянию темной энергии. Может ли ускорение современной Вселенной быть на самом деле процессом гибели времени?

Ваше время истекло

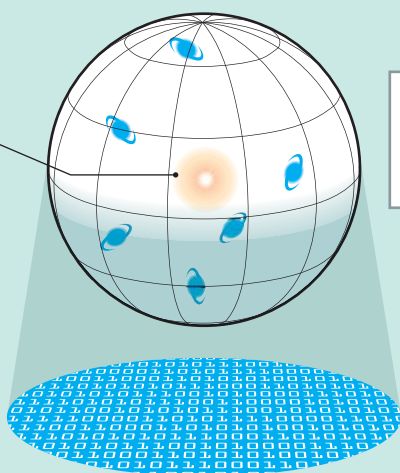
На последних стадиях может оказаться так, что время кануло в ничто. Но тень времени все еще существует. Даже если вы не можете определить такие понятия, как

4 РАСПАД ГЕОМЕТРИИ



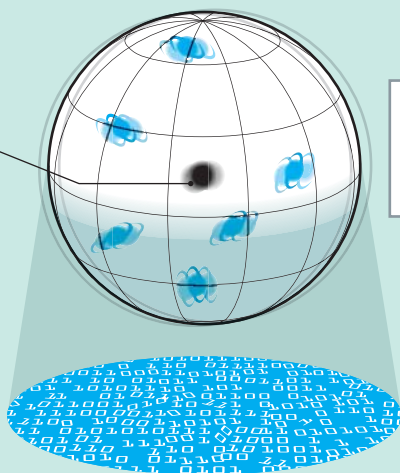
Время исчезает, когда Вселенная стремится к состоянию хаоса. Это состояние вовлекает глубочайшие уровни реальности, глубже, чем частицы и взаимодействия. Процессы становятся настолько сложными, что оказывается невозможно точно определить их временное и пространственное положение. Один из способов осознать эту идею – использовать голографический принцип

Коллапсирующая звезда



Наша Вселенная в действительности может быть двумерной, но некоторые особенности делают ее похожей на трехмерную – так, как если бы наша Вселенная была голографической проекцией

Черная дыра



Вблизи черных дыр Вселенная все более хаотична, что приводит к тому, что локализация событий и их времена становятся неопределенными



В конце концов трехмерная проекция разрушается везде, и Вселенная выглядит сложной двумерной системой, каковую и представляет собой в действительности

интервал времени, или установить причинно-следственные связи между событиями, вы можете пометить события по времени их появления и таким образом установить их на воображаемой временной линии. Несколько групп физиков-теоретиков (из Техаса, Стэнфорда и др.), работающих в рамках теории суперструн, недавно предложили способ восстановления времени по такому его следу. С помощью одного из наиболее перспективных методов теории суперструн – голографического принципа – ученые исследовали вопрос, что происходит со временем в сингулярности черной дыры.

Голограмма – это специальный тип изображения, которое вызывает ощущение объема, глубины. Будучи на самом деле плоской, голограмма позволяет воссоздать объемный вид некоего объекта в нашем трехмерном пространстве. Согласно этому принципу, наша Вселенная подобна голографической проекции. Сложная система взаимодействующих квантовых частиц может вызывать ощущение глубины, т.е. дополнительного пространственного измерения, которое на самом деле в этой системе не существует.

Но обратное неверно. Не каждое изображение – голограмма. Отображение должно строиться вполне определенным образом. Если вы повредите голограмму, то иллюзия присутствия дополнительного измерения нарушится. Точно так же не любая система частиц порождает в проекции вселенную, подобную нашей. Система частиц обязательно должна быть определенного вида. Если изначально в системе нет необходимых регулярностей, а потом она их развивает, то зарождается пространственное измерение. Если система обращается к беспорядку, то измерение исчезает.

Представьте себе превращение звезды в черную дыру. Для нас звезда выглядит пространственно трехмерной, но соответствует проекции некоторой двумерной системы частиц. С усилением сил гравитационного взаимодействия соответ-

ствующая плоская система начинает раскачиваться все сильнее. Когда формируется сингулярность, порядок в системе частиц нарушается полностью. Процесс аналогичен фазовому переходу при таянии льда: система из упорядоченной кристаллической решетки становится хаотичным набором молекул воды. Выражаясь литературно, третье измерение истаивает.

Пока идут процессы, идет и время. Если вы падаете в черную дыру, для внешнего наблюдателя время на ваших часах зависит от вашего расстояния до центра черной дыры. Это время определяется процессом «таяния» пространственного измерения. Как только измерение исчезает, ваши часы перестают работать. Теперь невозможно сказать, что события происходят в определенные моменты времени или что объекты расположены в определенных местах. Нарушается привычная геометрия пространства-времени.

Что же на практике означает, что пространство и время больше не структурируют мир? Если вы попытаетесь измерить положения объектов, то обнаружите, что они появляются одновременно в нескольких местах. Пространственное разделение для них ничего не значит. По словам Горовица, «если пространство и время не существуют в сингулярности, то и горизонт событий перестает быть определенным». В его квантовой теории, таким образом, останки несчастного астронавта вполне могут появиться из-под горизонта черной дыры.

Другими словами, теория суперструн не уничтожает понятие сингулярности, а заменяет эту особую точку чем-то более приятным, оставляя, однако, конец Вселенной во многом таким же. Но новизна в том, что сингулярность способна влиять на области, от нее далекие. Теория требует задания времени в системе частиц. Ученые пытаются решить задание динамики, не содержащей времени вообще.

Наука постигает непостижимое, разрушая его, показывая, что опас-

ное путешествие есть всего только последовательность малых шагов. То же происходит и с проблемой конца времени. Размышляя о нем, мы лучше понимаем наше собственное место во Вселенной как смертных существ. То, что время постепенно теряется, необходимо для нашего существования. Нам нужно время, чтобы направлять свое развитие. Нам необходимо знать длительность и шкалу временных событий, чтобы формировать сложные структуры. Нам требуются причинно-следственные связи процессов, а также пространственные разделения, наши тела могут создать небольшие островки порядка в мире. С таянием этих свойств человек не сможет жить. Мы можем представить себе конец времени, но никто никогда не будет наблюдать его воочию, мы не сможем сознательно, шаг за шагом, осознавать свою смерть.

Наши далекие потомки приблизятся к концу времени. Им предстоит бороться за выживание во все более враждебной Вселенной, и их усилия только ускорят неизбежность. Но прежде всего мы не пассивные жертвы гибели времени, мы сами сознательно его уничтожаем. Поскольку мы живем, то преобразуем энергию в отработанное тепло, внося вклад в тепловую смерть Вселенной. Время обязано погибнуть, чтобы человечество могло жить. ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Toward the End of Time. Emil J. Martinec, Daniel Robbins and Savdeep Sethi in *Journal of High Energy Physics*, Vol. 2006, No. 8; August 16, 2006. Preprint available at arxiv.org/abs/hep-th/0603104

■ Is the Accelerated Expansion Evidence of a Forthcoming Change of Signature on the Brane? Marc Mrs, Jose M. Senovilla and Raul Vera in *Physical Review D*, Vol. 77, No. 2; January 11, 2008. Доступно онлайн на arxiv.org/abs/0710.0820

■ Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe. Roger Penrose. Bodley Head, 2010.



ЧТО ОЖИДАЕТ НАС В БУДУЩЕМ?

Перевод: М.Б. Чернышева

Окончание знаменует собой новое начало. Наши научные консультанты рассказали о том, что ждет нас в ближайшие десятилетия

ВЕК СЛОЖНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

19 ноября 2009 г. в Солт-Лейк-Сити вышла из строя одна-единственная плата в маршрутизаторе. Последовавший каскадный сбой привел к тому, что компьютеры авиадиспетчерской службы всей страны не могли обмениваться информацией. Были отменены сотни рейсов.

6 мая 2010 г. индекс Доу-Джонса внезапно и необъяснимо упал за несколько минут более чем на тысячу пунктов, а уже к концу дня он так же необъяснимо вырос. Это «мгновенное обрушение», казалось бы, не имело непосредственных последствий, однако в результате случился глобальный финансовый коллапс.

Мы, люди, связали свои судьбы с машинами. Наши технологии стали настолько сложными, что мы их не понимаем и не можем полностью контролировать. Наступил век сложных цифровых технологий.

Когда наши предки жили в джунглях, они верили, что все явления природы имеют мистические причины. В Средние века люди видели во всех непредвиденных событиях, влияющих на их жизни, божий промысел. Эпоха Просвещения дала человеку надежду: наука смогла объяснить многое в этом мире. Мы почувствовали, что можем контролировать ход событий, и смогли создать собственную сложноорганизованную технологическую среду.

Примером может служить Интернет. Многие даже не осознают своей зависимости от него, когда звонят по телефону или бронируют билет на самолет. В нашем мире все так переплетено, что очень слож-

но понять, как организованы системы и как устранять их неисправности. Спустя несколько недель после финансового кризиса были введены новые коммерческие «предохранители», которые должны предотвратить новый коллапс, но никто не может быть уверен, что они действительно сработают.

В XX в. программисты могли дать компьютеру точную команду. Они полностью контролировали систему, которая была им досконально понятна. Сегодня специалисты по созданию компьютерных программ используют в работе сложные модули, разработанные кем-то другим, не вдаваясь в подробности того, как они функционируют. Например, программа, которая направляет грузовики с товарами в магазины, должна найти карты, информацию о местонахождении машин, товарных складов и наличии товаров. Все данные она получает в Интернете. Кроме того, такая программа должна отслеживать перевозки грузов, рассчитывать зарплату водителям и следить за техническим обслуживанием машин.

Чтобы лучше понять, какие сложные схемы стоят за, казалось бы, повседневными задачами, вспомните о фабриках и электростанциях, а также о торговле и рекламе, страховых компаниях и биржевых маклерах.

Создавая это, мы не планировали такого результата. Система эволюционировала. Мы зависимы и не пол-

ностью контролируем ситуацию. Каждый специалист знаком лишь с кусочком мозаики, а вся картина слишком сложна для понимания.

Пришло время для принятия контрмер. Необходимо создавать резервные системы, простые и понятные настолько, чтобы один человек был в состоянии ими управлять. Тогда мы будем защищены при повреждении основной программы. В недавнем прошлом в экстренных случаях связь могли обеспечивать радиолюбители. Аналогично мы должны разработать простую и независимую от Интернета систему связи на случай атаки хакеров, заражения компьютерными вирусами или других подобных непредвиденных ситуаций.

Когда люди поймут, что мы снова оказались в джунглях – цифровых джунглях, которые мы сами и создали, – многие вернуться к мистицизму. Большинство просто смирится с тем, что наш мир стал таким сложным, и научится справляться с этим. Другие будут пытаться жить «вне системы», хотя немногим из них удастся отказаться от Интернета, сотовой связи, электричества и антибиотиков.

Нравится нам это или нет, но зависимость настолько сильна, что мы не сможем справиться с ней. Наши судьбы тесно связаны с нашими технологиями. ■

Дэнни Хиллис

Дэнни Хиллис (Danny Hillis) – соучредитель проекта Long Now Foundation. Он предсказал, что «проблема 2000» (часто она обозначается как «проблема Y2K») была искусственно раздута.

ЖИЗНЬ НА ЗАКАЗ

В мае 2010 г. Крейг Вентер (J. Craig Venter) объявил о создании ранее не существовавшего микроорганизма: из клетки микоплазмы был удален геном, а на его место исследователи поместили другой, расшифрованный и модифицированный. Эта «химера» начала размножаться и стала первым «синтетическим организмом», свидетельствуя, что не только божественная сила способна создать новую форму жизни.

Событие стало самой яркой демонстрацией силы синтетической биологии – новой области науки, которая, возможно, сможет решить многие насущные проблемы человечества. Исследователи планируют создать бактерии, которые будут производить водо-

родное или биотопливо, используя энергию солнечного света, микробов, поглощающих нефть и химикаты в случае утечки, или такие микроорганизмы, которые смогут уничтожать холестерин и другие опасные вещества, накапливающиеся в нашем организме.

Однако несмотря на то что эти технологии еще только разрабатываются, уже нужно быть бдительными. Неосторожность исследователей или злой умысел чреваты серьезными последствиями: под угрозой и наше здоровье, и окружающая среда. В геноме созданной Вентером бактерии были

сделаны незначительные изменения, которые стали чем-то вроде водяных знаков: такая система идентификации должна стать обязательной для всех, кто использует методы синтетической биологии. Эти вопросы должны быть урегулированы на национальном и международном уровнях.

Многие люди могут подумать, что создание искусственных организмов так или иначе снижает ценность живого. Позвольте не согласиться. По существу, это триумф науки. Мы начинаем больше ценить жизнь, когда понимаем, как сложно она устроена. ■

Артур Каплан

Артур Каплан (Arthur Caplan) – профессор биоэтики Университета Пенсильвании.

ЭРА ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НЕОГРАНИЧЕННОГО ОБЪЕМА

Представьте себе, что вся музыка, когда-либо написанная человечеством, может храниться в вашем кармане. Это будет реально уже к концу десятилетия. А еще через несколько лет так же доступны будут все фильмы и телевизионные программы. Или вообразите аудиозапись всей вашей жизни с рождения до смерти: это вполне реально уже сейчас. Аналогичная видеозапись будет возможна через год-другой. Запоминающие устройства – жесткие диски и флеш-накопители – стали настолько компактными и дешевыми, что теперь их емкость для большинства задач практически бесконечна. Начинается эра хранения неограниченного объема информации.

Цена запоминающих устройств постоянно снижается, поэтому даже в такие распространенные аппараты, как мобильные телефоны, сейчас встраиваются весьма емкие карты памяти. Добавьте к этому программное обеспече-

ние для индексирования и поиска данных – и вы получите архив всего, что вы когда-либо видели и делали. Использование программ анализа данных поможет вам по-новому взглянуть на жизнь.

Даже воспринимать информацию мы стали по-другому. Теперь перед нами не стоит проблема, что именно хранить и записывать: мы храним и записываем все.

Вам больше не придется с трудом вспоминать название ресторанички в Кливленде, где вы ужинали три года назад. Воспользовавшись своим видеоархивом, вы мгновенно найдете нужную информацию. Уже сейчас некоторые любители записывают все мельчайшие подробности своей жизни и анализи-

руют их с помощью программ, помогающих следить за диетой, порядком дня и многим другим.

Сохраняя абсолютно всю информацию, мы уничтожим такое понятие, как личная жизнь. Многие моменты вашей жизни будут кем-то записаны. Каждую неловкую ситуацию можно будет вновь просмотреть, если вы специально не постараетесь уничтожить эту информацию. Нужно вводить новые законы и соглашения для урегулирования вопросов, связанных с использованием и хранением такого рода данных. Подобные законы понадобятся уже очень скоро. ■

Эдвард Фелтен

Эдвард Фелтен (Edward Felten) – профессор информатики Принстонского университета.



ОТВЕТ НА ЗАГАДКУ СОЗНАНИЯ

Самые великие мыслители человечества со времен Платона и Аристотеля бились над психофизиологической проблемой (отношения сознания и тела). Может ли кусок плоти внутри черепа быть источником сознания? Или сознание связано с чем-то нематериальным – душой? Можем ли мы создать голема и наделить его чувствами? На протяжении столетий ученые могли лишь выдвигать гипотезы. Сейчас исследователи обладают материальной базой для исследования феномена сознания. В ближайшие годы будут выяснены многие детали, и тогда эта философская проблема будет близка к разрешению.

Существуют различные методы исследования. Неврологи для того, чтобы оценить уровень психической активности у пациентов с повреждениями мозга (эти больные бодрствуют, но никак не реагируют на внешние раздражители), используют методы функциональной

визуализации и электроэнцефалографии. С их помощью исследователи выделяют нейронные корреляты (т.е. регистрируют возбуждение определенных комплексов нейронов) процессов сознательно распознавания стимулов, будь то желтый квадрат или изображение известной кинозвезды.

В последнее время все популярнее становится новая область – оптогенетика. Исследователи помещают специальный ген, определяющий структуру фоточувствительных белков, в нейроны мозга животных. Таким образом, они получают возможность с помощью световых импульсов «включать» и «выключать» клетки. С помощью этого метода можно как изучать работу мозга, так и воздействовать на него. Ней-

робиологи теперь могут не только наблюдать за работой мозга, но и влиять на работу нейронной сети.

На основе этих исследований уже формируются новые теории сознания, основанные на информатике и математике, которые смогут описать, какие особенности такой физической системы, как нейронная сеть, создают феномен сознания. Подобные теории могут дать ответ на многие непростые вопросы. Есть ли сознание у человека в коме? А у эмбриона? Когда оно появляется у новорожденного? Осознает ли собака, что она мыслящее существо? А что насчет Интернета и миллиарда взаимосвязанных компьютеров? У нашего общества скоро будут ответы. И это будет благом. ■

Кристоф Кох

Кристоф Кох (Christof Koch) – профессор когнитивной и поведенческой биологии Калифорнийского технологического института.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Окаменелые останки и реликвии различных культур, а также изучение поведения и биологии ныне живущих людей и приматов – вот все, чем в течение длительного времени располагали исследователи эволюции человека. Однако после того как в мае 2010 г. был расшифрован геном нашего ближайшего родственника – неандертальца, мы можем по-новому взглянуть на наше происхождение.

Имея в своем распоряжении расшифрованные геномы и современного, и первобытного человека, исследователи получили возможность изучать не только «записанные в кости и камне» внешние физические проявления эволюционных изменений, но и гены, кодирующие их. Мы сможем узнать, чем отличаемся от неандертальцев на генетическом уровне, а также как и когда появились отличия. Изучить происхождение нашего вида настолько детально несколько лет назад большинство палеоантропологов не могли и мечтать.

Сравнивая обе последовательности генов, группа исследователей под руководством Сванте Паабо (Svante Paabo) из Института эволюционной антропологии Макса Планка в Лейпциге, Германия, нашла в геноме современного человека 200 участков, претерпевших адаптационные изменения с тех пор, как наш вид и неандертальцы разделились. Эти участки ДНК, связанные с метаболизмом, мыслительной деятельностью и развитием скелета, содержат ключ к разгадке того, что делает уникальным современного человека. Генетики еще не знают точно, каким образом изменения повлияли на функционирование частей генома, но это только вопрос времени.

Я занимаюсь исследованиями метаболизма и терморегуляции, и в моей области новые данные также очень пригодились. Неандертальцы жили в Европе в суровых условиях ледникового периода. Многих исследователей интересуют физиологические адаптации, позволившие им, плохо одетым, выдерживать холод. Многие антропологи предполагают, что люди современного типа могли частично вытеснить неандертальцев, т.к. их организм более рационально использовал получаемую из пищи энергию – существенное преимущество в условиях ограниченных ресурсов. Расшифрованный геном неандертальцев позволит нам проверить подобные гипотезы. Также он поможет понять, почему у человека современного типа изменилась форма черепа, а скелет стал менее массивным, и действительно ли наши умственные способности, как утверждают некоторые ученые, значительно превосходят таковые у наших большеголовых родственников.

Ключом к разгадке могут стать исследования геномов других вымерших видов человека. Сванте Паабо и его коллеги сейчас занимаются секвенированием ДНК, выделенной из кости фаланги пальца. Возраст находки составляет 38–44 тыс. лет. Вполне возможно, что эта кость, найденная в Денисовой пещере на Алтае, принадлежит новому виду. А это уже наводит на мысль, что было гораздо больше миграций древних людей в Евразию из Африки, чем предполагалось ранее. Поскольку все больше научно-исследовательских групп начинают заниматься расшифровкой и анализом геномов древних людей, новые открытия не заставят себя ждать. ■

Лесли Айелло

Лесли Айелло (Leslie Aiello) – президент Фонда содействия антропологическим исследованиям Веннера–Грена в Нью-Йорке.



ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ МЕДИЦИНА

В 2003 г. был официально завершен проект «Геном человека», стоивший \$3 млрд. С тех пор процесс секвенирования (расшифровки) человеческого генома стал значительно дешевле. Методы работы с генетическим материалом также стали гораздо более доступными. В результате биология сейчас переживает период активного развития. Что-то похожее происходило в начале 1980-х гг., когда благодаря упорно корпящим в своих гаражах самоучкам наступила эпоха персональных компьютеров.

Биотехнологии становятся доступнее, и скоро персонализированная медицина придет на смену медицине, к которой мы привыкли за последние 100 лет и в которой всех стригут под одну гребенку. Доктора смогут прописывать индивидуальную программу профилактики заболеваний и ставить комплексный диагноз

в соответствии с генами пациента, состоянием его иммунной системы, его предрасположенностью к аллергии, бактериальными, грибковым и вирусным инфекциям. Подобно тому как жители деревень сейчас могут пользоваться Интернетом, в будущем они смогут получать индивидуальные рекомендации для заботы о своем здоровье в соответствии с конкретными обычаями и спецификой мест проживания. Изучение особенностей взаимодействия генов и окружающей среды поможет нам надолго сохранять здоровье путем изменения диеты, подбора лекарственных препаратов и режима работы.

В ближайшем будущем сотрудничество системы здравоохранения и разработчиков программного обеспечения позволит докторам персонифицировать подход к каждому пациенту. Из стволовых клеток будут созданы индивидуальные лекарства. Станет возможно проводить секвенирование вашего генома каждый год, что позволит выявлять раковые, аутоиммунные и многие другие заболевания, а также подбирать наилучшие способы их лечения. ■

Лесли Айелло

Джордж Черч (George Church) – руководитель Центра вычислительной генетики Гарвардской медицинской школы.

КОНЕЦ НЕФТЯНОЙ ЭПОХИ

Более века нефть была основой транспортного сектора. Но по ряду причин ее господство может скоро закончиться. Новые месторождения расположены в крайне труднодоступных местах. Природоохранительное законодательство становится все строже, особенно после аварии в Мексиканском заливе. Скоро настанет время автомобилей, работающих на природном газе или электричестве. Конгресс США постановил, что к 2022 г. одну пятую всего жидкого моторного топлива должно составлять биотопливо. Итак, становится ясно, что спрос на бензин либо уже достиг своего максимума, либо достигнет его в ближайшее время, а спрос на нефть скорее всего начнет уменьшаться.

Начинается переход на другие виды топлива, и вне зависимости от того, будет ли это выгодно для нашей экономики или нет, нужно помнить, что судьба окружающей нас

среды зависит от решения, которое мы сегодня примем. Совершенно не очевидно, что альтернативные виды топлива, которые мы будем использовать, окажутся чище, чем бензин: существует множество более дешевых, но отнюдь не безвредных вариантов. Тяжелое и твердое горючее, такое как битуминозный сланец или нефтеносные пески, и жидкое топливо, произведенное из угля, гораздо опаснее для окружающей среды. Однако искушение использовать эти виды топлива будет очень велико, т.к. их залежи богаты, а технология переработки в жидкое топливо становится все дешевле.

Проблема состоит в том, что при их переработке затраты энергии на производство одного барреля жидкого топлива повышаются по сравнению с затратами на очистку нефти. Следовательно, мы будем терять больше углерода, и появится необходимость в создании систем его вторичного захвата. Поскольку ме-

тоды добычи и производства этих видов топлива существенно отличаются от стандартных способов разработки нефти, это может нанести непоправимый вред экологии.

Однако возможно и другое развитие событий. Электричество, природный газ, биотопливо нового поколения или другие безвредные источники энергии постепенно вытеснят нефть, однако этот процесс необходимо будет контролировать. И тогда мы сможем создать экологически чистую, безопасную и экономически выгодную энергетическую систему.

Если мы сможем претворить это в жизнь, то наши внуки будут ездить в тихих, безвредных для окружающей среды автомобилях и удивляться тому, что еще не так давно нефть была столь важным ресурсом. ■

Майкл Уэббер и Дэниел Каммен

Майкл Уэббер (Michael Webber) – исполняющий обязанности директора Международного центра энергетики и экологической политики Техасского университета в Остине.

Дэниел Каммен (Daniel Kammen) – основатель Лаборатории возобновляемых источников энергии, член совета директоров Института окружающей среды Калифорнийского университета в Беркли.

НОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

К середине XXI в. население Земли может достичь 9 млрд человек. Некоторые эксперты утверждают, что достаточное для всех количество пищевых продуктов может обеспечить только традиционное сельское хозяйство. Но если мы пойдем по этому пути, окружающей среде будет нанесен непоправимый вред. К счастью, есть и другие варианты. Если мы перейдем от ресурсоемких методов к наукоемким, начнется эра чистой окружающей среды и доступной для всех здоровой и полезной пищи.

Традиционное сельское хозяйство приводит к эрозии почвы и ухудшает ее качество. Химические удобрения загрязняют воду в реках, озерах и океанах, а пестициды опасны для здоровья сельскохозяйственных работников. В то же время, технологии органического сельского хозяйства, даже если они используются вместе с традиционными методами, могут сильно сократить или полностью устранить потребность в химикатах. Например, путем подсеивания бобовых культур можно обогатить почву азотом, накопить в ней

больше гумуса, уменьшить потребность в удобрениях, получить три или даже четыре урожая за сезон или при необходимости превратить эти земли в пастбища. В США необходимо перераспределить федеральные субсидии фермерам: сейчас их получают в основном производители кукурузы, хлопка, соевых бобов, риса и пшеницы, но необходимо поощрять и фермеров, использующих метод удлиненного севооборота.

Для того чтобы сохранить плодородие и уберечь почву от эрозии, многим фермерам необходимо ос-

воить технологию нулевой обработки почвы – прямой посев без предварительной обработки почвы, в том числе вспахивания. Наконец, нужно сокращать потери и убытки. Мы расточительно теряем 30–40% всех продуктов питания как в развивающихся странах, где они портятся во время транспортировки из-за плохого состояния дорог и несовершенной системы хранения, так и в развитых странах, когда мы легко выкидываем объедки и вполне пригодную к употреблению еду,

едва заметив, что упаковка повреждена или кончается срок годности.

С использованием альтернативных методов ведения сельского хозяйства будет возможно производить 2350 калорий полезной пищи для каждого – ровно столько, сколько рекомендует Продовольственная и сельскохозяйственная орга-

низация ООН. Мы должны сфокусировать всеобщее внимание на продовольственной и сельскохозяйственной проблемах и продолжать исследования в этих областях. И, конечно, для реализации сельскохозяйственной революции необходима поддержка политиков. ■

Джон Реганолд

Джон Реганолд (John Reganold) – профессор почвоведения в Университете штата Вашингтон.

Научно-популярный журнал

«НАУКА из первых рук» — познавательный журнал для хороших людей!

Выходит 6 раз в год

Читайте в журнале

«НАУКА из первых рук» № 4 (34), 2010 г.



ЧАРЛЗ ДАРВИН И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ

Все 1250 экземпляров первого тиража книги Чарльза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора...» были раскуплены за один день

РОДОСЛОВНАЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА: ТЕОРИИ И ФАКТЫ

Архаичность останков древнего обитателя Денисовой пещеры, обнаруженных рядом с предметами верхнего палеолита, – повод задуматься о путях становления человечества

РИДБЕРГОВСКИЕ АТОМЫ ДЛЯ КВАНТОВОГО КОМПЬЮТЕРА

Исследования высоковозбужденных атомов – шаг на пути к практической реализации квантового компьютера

ВУЛКАНЫ И ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ

В одном из возможных сценариев возникновения аномалий озонового слоя главная роль отводится росту вулканической активности

ТОПЛИВО ИЗ МАСЛА И ОПИЛОК

По оценкам экспертов, к 2020 г. каждый десятый литр автомобильного горючего будет производиться напрямую из растительного сырья

ГРИБНАЯ ЛИЛИПУТИЯ – ОТ ПАЗАРИТОВ ДО ХИЩНИКОВ

В рассевах проб атмосферного воздуха юга Западной Сибири обнаружены представители 18 родов грибов, не считая неопознанных

1 сентября 2010 г. началась
ПОДПИСКА на I полугодие 2011 г.
Оформить подписку можно по каталогам:
«Роспечать», индексы **46495** и **46498**;
«Пресса России», индекс **42272**

Приобрести журнал можно в редакции: zakaz@infolio-press.ru
Адрес редакции: 630055, г. Новосибирск, ул. Мусы Джалиля, 15
Тел. +7 (383) 332 15 40, 332 14 47, 332 67 33
www.sciencefirsthand.ru, www.sibsciencenews.org

**НОМЕР УЖЕ
В ПРОДАЖЕ**

A large, dark, circular image of a fossilized skull, showing the eye sockets and nasal cavity. The text is overlaid in white, bold, sans-serif font.

ИСТОРИЯ: ПРЕОДОЛЕНИЕ НЕИЗВЕСТНОГО

История – словно вечно живой организм, и порой она может меняться. Однако в то же самое время она остается всегда неизменной. Кто знает об истории абсолютно все? Возможно ли узнать о прошлом что-то новое? Если да, то что и как именно?

История и историк

Современная наука достигла той ступени развития, о которой еще полвека назад мы не могли и мечтать. Но чем дальше мы продвигаемся в постижении мира, тем больше возникает вопросов. Многие из них связаны с историей. А точнее – с тем, что было бытом и жизнью наших предков, а историей стало только для нас, их далеких преемников. Сегодня мы чуть больше приблизились к пониманию механизмов, которые движут историей, их можно наглядно рассмотреть на примере многих достижений науки. Ученые и публицисты могут сделать гораздо больше, чем прежде, для того чтобы современное понимание истории, в том числе и глобальной, как говорил Ф. Бродель, стало основой миропонимания для наших потомков.

Как отмечает профессор С.П. Капица, мир переживает сложную эпоху цивилизационного изменения. Если учитывать безудержный рост количества людей на планете, можно говорить, что наступил определенный перелом, некий мировой кризис. Природа его до конца не понятна. Но это, несомненно, сигнал об очень масштабном изменении темпов развития человечества, какого никогда раньше не было. Именно в такие моменты интерес к движущим силам исторического развития особенно возрастает. Мы можем искать разгадки в различных деталях, подробностях уже прошедших эпох и из небольших кирпичей наших знаний воссоздавать общую картину. Возможно, сейчас имеет смысл обратиться к картине всего исторического развития в целом, с тем чтобы больше узнать о прежних, пережитых моментах, уже пройденных человечеством, извлечь определенные уроки и, безусловно, расширить уже сложившееся видение истории.

Это видение у нашего читателя воспитано такими историками, как Н.М. Карамзин, В.О. Ключевский или уже упомянутый Бродель, заставивший думать нас о глобальной, тотальной истории. Для на-

шей страны это имеет особое значение, поскольку Россия – субглобальная единица. Многие мировые проблемы стали нашими собственными, национальными проблемами. Но что мы имели до недавнего времени? Знали ли мы, например, как жили наши предки в X в., XII в., до монгольского нашествия?

Этими вопросами всю свою жизнь занимался В.Л. Янин – всемирно известный историк и археолог, академик РАН, доктор исторических наук, профессор, член Государственного экспертного совета по особо ценным объектам культурного наследия народов Российской Федерации, научный руководитель Новгородского филиала Института истории РАН. Мы специально приводим здесь этот послужной список, точнее – самую важную его часть, чтобы показать читателю, насколько высок ав-

торитет этого ученого в научных кругах. В.Л. Янин с помощью своих исследований и археологических изысканий осветил те периоды истории, о которых мы ничего не знали, благодаря ему мы открыли для себя истоки русской истории. Начиная со второй половины прошлого века ученый подробно исследовал, что происходило в свое время в Новгородской республике. Это история частных историй отдельных регионов. Однако его изыскания позволяют получить в прямом и переносном смысле более глубокое, обобщенное знание прошлого. А оно, в свою очередь, открывает новые возможности в будущем. Можно сказать, что В.Л. Янин исследовал своего рода «Интернет» Новгородской республики, открыл новый взгляд на потрясающую информационную среду той эпохи.



В 1930–х гг. прошлого века были найдены обрезанные листы березовой коры, а также специальная писала. После перерыва в исследованиях во время войны первую берестяную грамоту археологи обнаружили в 1951 г. при Неревском раскопе. В июле 2010 г. выпускниками Новгородского государственного университета была найдена юбилейная, т.е. тысячная берестяная грамота.



ВАЛЕНТИН ЛАВРЕНТЬЕВИЧ ЯНИН

Один из наиболее известных российских исследователей. Его важнейшие научные интересы – медиевистика, нумизматика, сфрагистика и эпиграфика Древней Руси, а также археология и источниковедение. Однако широкому кругу наших читателей он известен в первую очередь как исследователь культуры средневекового Новгорода и первый человек, использовавший берестяные грамоты в качестве исторического источника. Именно ему принадлежит одно из величайших достижений отечественного источниковедения, хотя об упомянутых грамотах было известно еще до того, как их начали находить археологи.



Восполнение пробелов

Как говорит сам академик, археология стремительным образом наращивает число новых источников. Еще 100 лет назад, во времена П.Н. Милюкова, существовало убеждение, что в Древней Руси грамотными были лишь часть священников и князей. Это основывалось на том, что мы практически ничего не знали об источниках X–XIII вв. Только начиная с XIII в. идет накопление какого-то количества документов, не только летописных,

но и, например, различных грамот и т.д. В 1951 г. в Новгороде были найдены первые десять берестяных грамот. С тех пор число грамот увеличилось до 1 тыс. с лишним, из которых более 400 относятся ко времени X–XII вв. и первой половины XIII в. Таким образом, для средневековой истории открылись уникальные возможности изучения.

В этой связи остановимся на двух сюжетах, которые еще раз наглядно показывают, какую ценность представляют для исследователей древние документы. Не так давно в слое первой четверти XII в. была найдена

следующая грамота (№ 954): «Грамота от Жирочька и от Тешька к Вдовиноу. Молви Шильцеви: цемоу пошибаеша свиней чюжих. А понесла Ноздрька. А еси посоромилъ коньць весь Людинь. Со оного полоу грамота про кони же та, бысть оже еси тако сотворилъ». Чтобы нам сейчас разобраться в таком тексте, без помощи В.Л. Янина не обойтись. Итак, он разъясняет нам целый ряд терминов. «Ноздрька» – это уменьшительное слово от слова «ноздря», вариант к прозвищу Ноздрьца (или Ноздрьча), которое носил новгородский боярин, живший в Неревском конце и упоминаемый в Новгородской летописи под 1118 г. после того, как его дом был разграблен во время внутригородского конфликта. Чрезвычайная редкость таких имен делает надежным установление родственной связи между летописным Ноздрцом и Ноздрькой, которая могла быть женой или дочерью первого. Для слова «понести» следует предполагать значение «разнести дурную славу», «опозорить», «заявить о чем-то, порочащем человека». Теперь общий смысл документа достаточно ясен: его авторы Жирочко и Тешко поручают некоему Вдовиноу предъявить человеку по прозвищу Шильце обвинение в том, что он «пошибает» чужих свиней. Основанием для этого послужили слухи, распространенные некоей Ноздрькой и порочащие весь Людин конец, Шильце, несомненно, житель Людина конца. В авторах грамоты естественно видеть представителей администрации Людина конца, коль скоро они беспокоятся о его чести, а в их адресате Вдовине – администратора более низкого ранга, например уличанского старосту. Наиболее сложный вопрос состоит в том, что означает глагол «пошибать», который, очевидно, связан с какими-то насильственными действиями. Академик А.А. Зализняк обнаружил, что термин «пошибать скотину» в пермских говорах означает «напускать на скотину порчу» заговором и колдовством. В северных говорах «пошибка скота» означает его падеж. Сам факт, что эпи-

зоотия до сих пор называется термином «пошибка», т.е. наведенная кем-то порча, свидетельствует о том, что народное сознание в случае падежа скота немедленно ищет виновника. Именно так произошло с Шильцем, обвиненным в том, что напустил порчу на чужих свиней.

Вне зависимости от вины Шильца очевидно, что в какой-то момент в первой четверти XII в. в Новгороде свирепствовала эпизоотия, вызвавшая падеж коней и свиней. Нет ли в других письменных источниках рассказа об этом событии? Обратившись к Новгородской летописи, в записях 1115 г. мы находим следующее сообщение о масштабной эпизоотии: «А Новгороде измьроша коня вся у Мстислава и у дружины его». Речь идет о дружине новгородского князя Мстислава, сына Владимира Мономаха, и о гибели всех коней на княжеском Городище (оно находилось по отношению к Людину концу как раз на «оном полу», т.е. на другой стороне). Тогда же свирепствовала и другая эпизоотия – падеж свиней в Неревском конце Новгорода.

Незурядность этих событий и посрамление Ноздрькой «всего конца Людина» не могли не привести к ответным действиям опозоренных людинцев, которые разграбили двор Ноздрьчи, что также нашло отражение в летописи. Косвенное подтверждение этого события мы обнаруживаем в сообщении 1118 г., где говорится, что Владимир Мономах вместе с сыном его Мстиславом (он к этому времени уже находился в Киеве, а на его место в Новгород прибыл внук Мономаха Всеволод) вызвал к себе в Киев всех новгородских бояр и заставил их клясться на честном кресте. Потом заключил в «поруб», т.е. в тюрьму, тех из них (в том числе сотского Ставра), которые грабили Даньслава и Ноздрьчу. Остальных же отпустил домой. Таким образом Владимир Мономах наказал бояр Людина конца и сотского Ставра за разграбление усадеб Неревского конца. Расправа Владимира Мономаха над группой нов-

городских бояр во главе со Ставром нашла отражение в циклах былин о Ставре Годиновиче.

В итоге получается, что грамота под № 954 отражает первопричину описанных в летописи 1115 и 1118 гг. и, казалось бы, не связанных между собой событий. Однако она связала воедино не только фрагменты летописного рассказа, но и летопись с ее отражением в былинах. Так благодаря берестяным письмам соединились вместе два летописных известия, будто бы независимых друг от друга, и былина о сотском Ставре. Здесь уместно вспомнить слова Альберта Эйнштейна, который однажды написал: «Как прекрасно, когда открывается единство целого комплекса явлений, которые при непосредственном восприятии кажутся совершенно независимыми друг от друга».

Повторяющиеся процессы

Известно, что понятие «демократия» возникло во времена античности, когда большую часть населения составляли рабы. Это явление всегда избирательно. В частности, в Новгороде демократия существовала прежде всего для бояр. Пять концов соперничали друг с другом, и на каждом вечевом собрании раз в год обсуждался вопрос, кому быть посадником, т.е. главой государства в следующем году и нужно ли его менять. В Новгородской республике не было крепостного права, существовало некое балансирование власти между различными районами города.

Что потом получилось с такой демократией? В середине XIV в. была реформа Онцифора Лукинича, новгородского посадника, который добился того, чтобы все концы Новгорода были представлены в посадничестве, т.е. пять концов, пять районов, и был еще один степенной посадник, т.е. всего их было шесть. Потом постепенно это число увеличивалось. В начале XV в. их стало уже 12, потом 24, 36 и т.д. В конце концов подобная демократия превратилась в олигархию, т.к.





каждая боярская семья имела своего представителя в посадничестве. Тогда же перестали употреблять термин «посадник», а вместо него стали говорить снова «боярин».

В середине XV в. опять произошло изменение. В летописях и в литературе появились новые течения, мысли о том, что людьми правят бояре несправедливо. Правды и суда нет, все низы новгородского общества оказались недовольны самоуправством бояр, т.е. олигархией, как бы мы сказали сегодня. Когда Иван III пошел завоевывать Новгород, он добивался только одного: возвращения Двинских земель под власть Москвы. Он вез с собой целую тетрадь, хранящуюся сейчас в архивах, в ней были

перечислены документы, согласно которым Москва могла претендовать на Двинские земли и на северные – Новгорода. С этим Иван III приехал тогда в Новгород, но у новгородцев не было сил противостоять князю. Все войско, состоявшее из простых людей, отказалось сесть на коней и воевать, город пал в руки московского государя.

Можно сказать, что то же самое могло бы теоретически произойти и сейчас: за нашу олигархию никто воевать не захочет. Однако в данном случае речь идет не совсем о параллельной истории, хотя некоторые процессы и ситуации повторяются спустя многие сотни лет. И изучать, заимствовать какой-то опыт новгородской истории, во

всяком случае делать из нее выводы, может быть крайне полезным.

Истоки грамоты

В 2000 г. при раскопках в Новгороде было сделано сенсационное открытие: в слое конца X – первой четверти XI вв. была обнаружена своеобразная книга, написанная на трех липовых навощенных табличках – церах – размером 19 x 15 см. Две внешние дощечки служили обложками и были украшены скупым орнаментом. Внутренние стороны этих дощечек и обе стороны третьей, которая находилась между крайними табличками, имели заполненное воском углубление. Всего, таким образом, в книге были четыре написанные страницы. Лучшее сохранилась первая дощечка. Большие куски текста на других осыпались и дошли до нас в виде сотен восковых кусочков с отдельными буквами или группами букв. Однако некоторые значительные фрагменты второй, третьей и четвертой страниц сохранились на своих местах.

Хорошая сохранность первой страницы кодекса позволила установить, что она содержит начало 75-го псалма Асафа (по православной нумерации Псалтири), а фрагменты текстов последующих страниц прояснили содержание остальных записей. Вторая страница содержала окончание 75-го псалма и начало 76-го, третья – продолжение 76-го, четвертая – окончание 76-го, после чего следует пустое место, а за ним – четвертый-шестой стихи 67-го псалма Давида.

Когда это окончание было прочитано, возникло недоумение: почему текст 67-го псалма не имеет общеизвестного начала: «Да воскреснет Бог и расточатся враги Его»? Выяснилось, что это начало существовало, но было стерто, чтобы освободить место для окончания 76-го псалма. Иными словами, восковой кодекс оказался палимпсестом. На нем был написан один текст, стертый для написания другого. «Новгородская Псалтирь» служила школьным пособием для обучения гра-

моте. Учитель записывал тексты псалмов, ученики их списывали, а затем учитель стирал усвоенный учениками текст и на стертом месте писал строки следующих псалмов. Перед нами одна из тех книг, которую читали первые принявшие крещение новгородцы. Одна из первых книг, по которой многие из них могли учиться чтению и письму. Ведь именно Псалтирь на протяжении столетий была первой и самой обиходной книгой, из которой наши предки брали уроки грамотности.

Если древнейшая славянская книга, повествующая о начале широкой грамотности новгородцев, относится ко времени Ярослава Мудрого, то дальнейшее развитие просветительского процесса демонстрируют статистика и хронология берестяных текстов. Из 30 найденных в Новгороде грамот XI столетия пять древнейших написаны во второй его трети. Это невольно заставляет вспомнить летописный текст 1130 г.: «(Ярослав) прииде к Новгороду, и събра от старост и от попов детей 300 учити книгам». Если до этого письменность в Новгороде использовала письмо на церках, то кому-то из 300 учеников пришла в голову гениальная мысль: проще снять с березы кору и тем же писалом писать на ней тексты, не тратясь на изготовление навощенных дощечек.

Самое важное заключается здесь в новом знании о том, что люди на территории нашей страны владели грамотой и в XI–XIII вв. Причем это были очень широкие слои населения – ремесленники, купцы, не говоря уже о боярах. Самое интересное, что среди найденных документов довольно много женских писем, а грамотность прекрасной половины человечества всегда во всем мире была высоким показателем культурного развития общества. И это не только в одном взятом городе, речь идет даже не об одной республике.

В то время новгородские бояре были «привязаны» к своему месту жительства. Каждого из них могли избрать на высшие должности в Новгороде, поэтому они стремились жить



ЛИТЕРАТУРНАЯ ПРЕМИЯ ДЛЯ АРХЕОЛОГА

В 2010 г. литературная премия Александра Солженицына была присуждена археологу и историку В.Л. Янину. Он написал более 700 научных и научно-популярных работ и статей и более 25 книг, чего уже достаточно для получения такой премии, которую Янин считает для себя одной из самых дорогих и почетных. Однако заслуги его перед отечеством гораздо более велики: это он развенчал миф, что древние русичи были поголовно неграмотны, и доказал, что жители российских земель изучали азбуку с детства. Многие знают об одной из главных находок новгородской экспедиции академика, сделанной в 2000 г., – небольшой книжечке, с помощью которой дети учились грамоте. Это Янин стал одним из главных первооткрывателей быта России еще домонгольского периода. Как сказала Н.Д. Солженицына, вспоминая одну из наиболее знаменитых монографий почетного гражданина Великого Новгорода: «Янин всем нам послал бересту, открыв для нас жизнь русского Средневековья, о котором мы знали только, что тогда, как и сейчас, на Руси были засыпанные снегом равнины и что печенеги снимали нам головы. Янин же рассказал всем, как жили наши предки, какой у них был быт, как они воспитывали детей, торговали друг с другом». В.Л. Янин перевернул давно сложившиеся и во многом неправильные представления прежних историков. Как говорит сам академик, когда он держит в руках очередную находку, то будто слышит голос человека, жившего 400, 500 лет назад, и он обязан на этот голос ответить.





ИСТОРИК И ПРЕЗИДЕНТ

В 2004 г. раскопки, ведущиеся в Новгороде, посетил президент Российской Федерации В.В. Путин. В рамках посещения нескольких объектов культуры президент хотел принять непосредственное участие в делах археологической экспедиции В.Л. Янина, доказавшего в свое время, что в Киевской Руси было два политических центра – Киев и Новгород. Но, к сожалению, из-за дождей раскоп превратился в настоящее болото, и беседа академика и тогдашнего главы государства состоялась под сводами церкви св. Троицы. Как сказал известный всему миру исследователь, проблем у археологии сейчас много, и в первую очередь это совершенно небрежное к ней отношение. Многие объекты брошены, другие расчищаются самостоятельными «черными» археологами. Например, в Новгороде, где раскопки ведутся с первой половины прошлого века, а это своеобразный мировой рекорд, была весьма неприятная история, когда археологов попросили уйти с места раскопок на территории Кремля, т.к. там нужно было строить котельную. Этот случай весьма показателен. В.В. Путин обещал тогда принять меры. Однако В.Л. Янин считает, что в Новгороде есть все, что нужно экспедиции для раскопок. Финансирование скромное, но все-таки есть. Это главное. Академик показал перенесенную на территорию храма небольшую экспозицию самых ценных находок «золотого прииска русской истории», в том числе и рукавицу из кожи, датируемую XIV в., на манжете которой сохранилась надпись: «Не проси, не искуси». Собственно, этим девизом и руководствовался историк во время официального визита президента страны.

в городе, а их владения находились достаточно далеко, например на Северной Двине или возле Белого моря. Чтобы поддерживать связь со своими вотчинами, им было необходимо посылать туда различные документы и получать оттуда письма крестьян, в том числе и их жалобы, например на старост. Кроме Новгорода, грамоты найдены еще в 11 древнерусских центрах: Старой Руссе, Торжке, Пскове, Смоленске, Звенигороде Галицком, Суздале и др. В Москве обнаружены уже три грамоты на бересте, две из них в 2007 г. во время раскопок в Кремле. Так что это действительно касается буквально всех регионов страны. Почему мы столь часто при этом говорим о Новгороде? В первую очередь потому, что именно там благодаря климатическим условиям сохраняется органика.

Книга В.Л. Янина «Я послал тебе бересту», настоящая гордость академика, стала объединяющим звеном подобных исследований людей всего мира, в том числе и для изучения истории, тех ее аспектов, которые нам еще предстоит узнать. Труд был опубликован в Японии, Венгрии, сейчас готовится к печати чешское издание, а в нашей стране книга держала несколько переизданий.

Связи с другими странами

Как говорится в книге академика Янина «Очерки истории средневекового Новгорода», этот город не был замкнут в рамках одной культурной традиции. В нем как в огромном горниле переплавлялись в разные эпохи элементы различных культур и традиций: западнославянской и южнорусской, скандинавской и угро-финской, византийской, восточной, западноевропейской. Косвенное воздействие этих культур и прямое участие их носителей прослеживается в памятниках архитектуры, живописи, прикладного искусства, общественной мысли Великого Новгорода и в материальной культуре, открытой археологами.

В живописи XII в. проявляются романские влияния, а в архитек-



туре XV в., когда в Новгород иногда привлекаются западные мастера, заметны элементы готики. Летопись рассказывает, что строителями дворца новгородского архиепископа, известного под названием Грановитая палата, в 1433 г. были немецкие мастера, работавшие вместе с новгородскими «стенщиками». Вход в главный новгородский собор святой Софии украшали и украшают до сих пор великолепные бронзовые врата, изготовленные в XII в. в Магдебурге и попавшие в Новгород, вероятно, в XIV в., когда русский мастер добавил к ним несколько новых рельефов и снабдил латинские надписи переводом на русский язык. С 20-х гг. XV в., когда очередная реформа преобразовала систему государственной власти, новгородцы осознают сходство новых институтов с венецианскими: на новгородских монетах появляется изображение патронессы города св. Софии, вручающей посаднику символы власти, что представляет собой несомненную реплику традиционного изображения на монетах Венеции, где св. Марк вручает символы власти дожу.

Новые поколения

Возникает вопрос: что мы можем сделать сегодня для того, чтобы наше духовное наследие, уходящее столь глубоко в минувшие тысячелетия, того же Новгорода и других славянских племен и стран, стало более заметной частью сознания? Так ли мы учим детей? Не акцентируем ли иногда слишком жестко некую разницу, когда надо подчеркивать общность различных стран и народов? На взгляд академика Янина, с преподаванием истории в школе дела обстоят не так, как бы ему хотелось. Но чем он может гордиться по праву – это нашими археологами и своей кафедрой. И объясняет, почему. В свое время профессор А.В. Арциховский, более 40 лет руководивший Новгородской археологической экспедицией, добился того, чтобы во всех вузах исторического профиля студенты по окончании первого курса проходили архе-



ологическую практику. В то время как распределение по кафедрам начинается с третьего курса, что, как считает Янин, очень хорошо, т.к. первые два курса студенты проходят общую подготовку, а на третьем уже сами могут выбирать, чем заниматься, на какую кафедру идти. Поскольку после первого курса практика пройдена, то те, кому это нужно, уже понимают на момент выбора кафедры, могут ли они обходиться без археологии, составляет ли она дело их жизни. Поэтому под крылом сегодняшнего руководителя экспедиции много энтузиастов, людей заинтересованных и проверенных делом. Из окончивших

с 1940 г. кафедру (на 2010 г. – 757 человек) около половины выпускников защитили кандидатские диссертации, а каждый седьмой – докторскую. Это очень высокий показатель. ■

Подготовил Алексей Устинов

Редакция журнала «В мире науки» выражает благодарность коллективу программы «Очевидное – невероятное» за предоставленные материалы

Фотографии из архива Новгородской археологической экспедиции

ГОД ОКОЛО ЛУНЫ

В конце октября в Science были опубликованы шесть статей, содержащих результаты исследований Луны

Выход журнала в свет предварила специальная пресс-конференция, организованная NASA в режиме обмена телефонными звонками с одновременной аудиотрансляцией в Интернет. Главной темой конференции стал эксперимент LCROSS (Lunar Crater Observation and Sensing Satellite - «Лунный спутник для наблюдения и изучения кратера») по направленной бомбардировке Луны. Напомним, что 9 октября 2009 г. НАСА провело два последовательных управляемых столкновения с Луной рукотворных аппаратов: разгонного блока «Центавр» и космического аппарата LCROSS с набором научной аппаратуры. Задача последнего состояла в том, чтобы за те несколько минут, что прошли с момента падения «Центавра», наблюдать и передавать на Землю информацию о веществе, выброшенном с поверхности в результате удара. Затем через 45 с над местом столкновения прошел аппарат LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter – «Лунный разведывательный орбитер»), измеривший некоторые параметры поднявшегося над поверхностью Луны облака грунта.

Для детального анализа данных потребовался год. Исследовался прежде всего состав выброшенного в результате столкновения вещества, характеристики самого столкновения, что важно для понимания свойств лунного грунта. Кроме того, на пресс-конференции были представлены итоги работы некоторых приборов на борту аппарата LRO, который уже более года находится на орбите вокруг Луны.

Для российской науки этот результат важен: на борту LRO установлен российский нейтронный телескоп LEND, созданный в лаборатории Института космических исследований РАН и поставленный на американский аппарат в рамках согла-

шения между Роскосмосом и NASA. Задача LEND – предоставить исследователям информацию о распространении водорода в лунном грунте, что, согласно современному пониманию, соответствует наличию в грунте воды и водяного льда (см.: Закутняя О. Сага о нейтронах // ВМН, № 1, 2010). Поиск воды и разведка лунных ресурсов в целом были одной из задач проектов LRO и LCROSS.

Внимание исследователей сосредоточилось на относительно мало изученных полярных областях Луны. В частности, предстояло проверить гипотезу так называемых «холодных ловушек» – постоянно затененных областей кратеров в районе лунных полюсов. Температура поверхности здесь должна быть стабильной и очень низкой, что позволяет водяному льду и другим легучим элементам сохраняться в грунте в условиях вакуума. В районе именно такой «холодной ловушки» в кратере Кабеус были направлены «Центавр» и аппарат LCROSS. Следует отметить, что выбор был сделан на основе первых результатов картографирования нейтронного излучения Луны прибором LEND.

Год работы LRO на орбите показал, что район для направленной бомбардировки выбран удачно: Кабеус – одно из наиболее холодных и «влажных» мест Луны. Температура верхних слоев грунта (измерения радиометра Diviner на борту LRO) здесь довольно стабильна и составляет 38° К. Содержание воды в грунте кратера, по данным LEND, оценивается приблизительно в 4,0%, что хорошо согласуется с прямыми измерениями состава вещества, выброшенного с поверхности Луны в ходе эксперимента LCROSS. «Теперь мы знаем, что на Луне есть вода и ее много», – подвел итог руководитель эксперимента

И.Г. Митрофанов, заведующий лабораторией спектроскопии космического гамма-излучения ИКИ РАН.

Впрочем, Кабеус не стал исключением. Как показано на температурной карте южных полярных областей Луны, полученной по данным Diviner, на нашем спутнике существуют протяженные области с очень низкой температурой: менее 100° К и даже менее 50° К. По словам руководителя эксперимента Дэвида Пейджа (David Paige), профессора Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (США), данные сравнимы с температурными показателями на Плутоне и астероидах в поясе Койпера, наиболее холодных объектах Солнечной системы.

Если известна температура поверхности, то можно предположить, какие летучие вещества могут сохраниться на Луне при отсутствии атмосферы. Так, например, вода может остаться в лунном грунте при 100° К, ртуть – при 135 К. Более сложные соединения – диоксид серы, формальдегид, сероводород, углекислый газ – требуют температур менее 75° К.

Неожиданным оказался другой результат: и Diviner, и LEND показали, что наиболее холодные и влажные области Луны не всегда совпадают с районами постоянного затенения – гипотетическими «холодными ловушками». Так, на карте, построенной по данным LEND, видно, что отмеченный синим цветом район (с повышенным содержанием водорода) в Кабеусе простирается на 20 км за границы постоянной затененной области (по измерениям лазерного высотомера LOLA). Следовательно, водяной лед в верхнем слое реголита может существовать и в тех областях, которые довольно сильно нагреваются под солнечными лучами в течение лунного дня. Следовательно, процессы лунного «круговорота воды» гораздо сложнее, чем представлялось до запуска LRO.

Если LRO был нацелен на создание глобальной картины, то LCROSS представил в распоряжении исследователей точечные данные о составе грунта в кратере Кабеус. На

борту аппарата был смонтирован набор спектрометров и камер, работавших в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Приблизительно через 3,5 мин после удара «Центавра» LCROSS вошел в облако вещества, выброшенного в результате столкновения, и передал на Землю данные, по которым удалось восстановить и его состав, и особенности столкновения «Центавра» с поверхностью Луны.

Спектрометр, работавший в ближнем ИК-диапазоне, показал, что между ударом «Центавра» и вспышкой прошло больше времени, а яркость вспышки нарастала медленнее, чем ожидалось. По словам Питера Шульца (Peter Schultz), профессора геологии из Университета Брауна, члена научной группы проекта LCROSS, это может говорить либо о малой плотности грунта в месте столкновения, либо о достаточно высоком содержании водяного льда в нем.

По мере того как облако поднималось над поверхностью и попадало в лучи Солнца, спектрометры и камеры LCROSS регистрировали линии излучения содержащихся в нем веществ. По этим данным удалось оценить полную массу водяного пара и водяного льда, попавших в поле зрения. Она составила 155 кг – около 5,6% (с погрешностью 2,9%) полной массы выброшенного вещества. «Это больше, чем мы ожидали», – говорит руководитель проекта LCROSS и главный ученый эксперимента Энтони Колапрете (Anthony Colaprete) из Исследовательского центра Эймса NASA.

Кроме воды данные ИК-спектрометрии позволили обнаружить признаки других летучих

веществ: гидроксиды, диоксида серы, метана, метанола, а также натрия и серебра. По мере приближения к Луне LCROSS смог увидеть и кратер, образовавшийся в результате падения «Центавра»: его диаметр составил 25–30 м.

Примерно через 45 с после падения LCROSS над местом столкновения прошел LRO, на борту которого работал ультрафиолетовый спектрометр LAMP (Lunar Alpha Mapping Project), зарегистрировавший в облаке выброшенного вещества молекулярный водород и угарный газ, следы резонансного рассеяния солнечного света на атомарной ртути, кальции и магнии. Кроме того, удалось предположительно рассчитать массу этих веществ в облаке (при условии его расширения с температурой порядка 1000° К): 570 кг угарного газа, 140 кг молекулярного водорода, 160 кг кальция, 120 кг ртути, 40 кг магния. По оценкам исследователей, доля каждого из них в общей массе выброшенного грунта составляет около 1%.

Радиометр Diviner наблюдал за местом столкновения: по его данным, в результате удара грунт нагрелся до 950- К. По этой информации, в частности, восстанавливается содержание водяного льда в реголите Луны.

Если LRO и LCROSS предоставили в распоряжение исследовательского сообщества экспериментальные данные, то дело ближайшего будущего – интерпретировать эти данные в определенной модели (или моделях), которая смогла бы объяснить появление и сохранение воды и других летучих соединений на Луне. Сейчас активно разрабатываются две гипотезы: о кометном происхождении льда и о его образова-

нии из минералов в грунте в результате взаимодействия с протонами солнечного ветра. Исследователям еще предстоит выяснить, каков возраст лунного льда: если он превышает миллиард лет, то, возможно, его появление связано с извержениями вулканов на последних стадиях активной Луны. Впрочем, обе гипотезы должны объяснить, почему границы холодных областей и границы распространения водорода не совпадают с постоянно затененными районами полярных кратеров. На вопрос о том, каким должен быть следующий шаг, Энтони Колапрете ответил: «По моему мнению, следует лучше понять, что происходит с водой на малых масштабах».

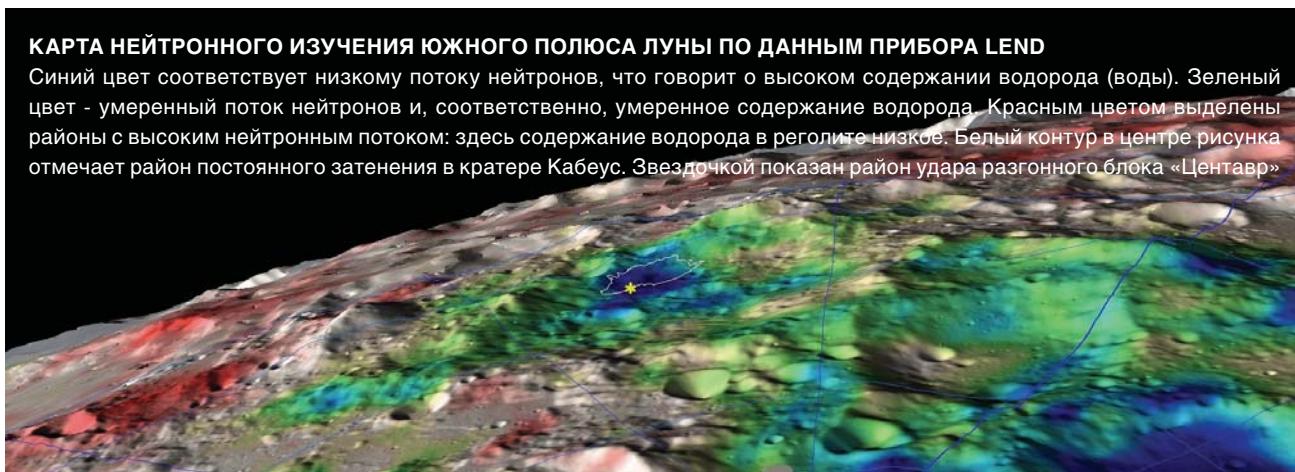
Уже сейчас можно сказать, что миссии LRO и LCROSS открыли для исследователей новую Луну – Луну полярных регионов, значительно отличающуюся от той, что была уже известна по исследованиям 1960–1970 гг. По словам Майкла Варго (Michael Wargo), главного специалиста по исследованию Луны Управления исследовательских проектов NASA, на средних широтах не были обнаружены в значимых количествах углерод, метан, угарный и углекислый газ, азот, аммоний. Все эти вещества исключительно важны с точки зрения дальнейшего освоения спутника Земли.

К настоящему времени LRO завершил свою номинальную миссию длительностью один год и начал работу по дополнительной программе исследований, которые должны продлиться около двух лет. Если главной целью номинальной миссии считалось изучение Луны для ее освоения, то сейчас наступило время исследования нашего спутника. ■

Ольга Закутняя

КАРТА НЕЙТРОННОГО ИЗУЧЕНИЯ ЮЖНОГО ПОЛЮСА ЛУНЫ ПО ДАННЫМ ПРИБОРА LEND

Синий цвет соответствует низкому потоку нейтронов, что говорит о высоком содержании водорода (воды). Зеленый цвет – умеренный поток нейтронов и, соответственно, умеренное содержание водорода. Красным цветом выделены районы с высоким нейтронным потоком: здесь содержание водорода в реголите низкое. Белый контур в центре рисунка отмечает район постоянного затенения в кратере Кабеус. Звездочкой показан район удара разгонного блока «Центавр»



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

III международный форум по нанотехнологиям Rusnanotech 2010, прошедший 1–3 ноября в Москве в ЦВК «Экспоцентр», собрал выдающихся ученых и представителей деловых кругов со всего мира для обсуждения перспективных инновационных направлений экономического и научно–технического развития

Открывая форум, заместитель председателя Правительства Российской Федерации С.Б. Иванов отметил, что он уже стал доброй традицией, которая оказалась востребованной всеми российскими и зарубежными участниками инновационного процесса: представителями науки, бизнеса, высокотехнологичных отраслей промышленности, федеральных и региональных властей. В России возрастает доля частных инвестиций в нанотехнологические проекты. По этому показателю наша страна вышла на четвертое место в мире, и мы обоснованно ожидаем дальнейшего роста частных инвестиций в эту сферу, заявил С.Б.Иванов. Он выразил уверенность, что проведение III международного форума по нанотехнологиям будет способствовать решению этой амбициозной задачи.

Участников Rusnanotech 2010 приветствовали вице–президент РАН, лауреат Нобелевской премии, академик Ж.И. Алферов, генеральный директор корпорации Microsoft Стив Балмер (Steve Ballmer), генеральный директор ГК «Роснанотех» А.Б. Чубайс и лауреат Нобелевской премии по физике 2010 г. Константин Новоселов.

«Чтобы претворять наши разработки в жизнь, надо общаться с инженерами и инвесторами. Графен мог быть открыт и в России. Но в Англии за шесть месяцев можно создать то же самое, на что в России в 1990–х гг. ушло бы 10–20 лет. И для экспериментатора, которому нужна аппаратура, средства для исследований, условия работы здесь и там были настолько различны, что даже вопроса не стояло, оставаться или нет», – подчеркнул нобелевский лауреат. По его

мнению, в России ничто не препятствует тому, чтобы страна вышла на международный уровень в науке. Для этого необходимо менять инфраструктуру и ежегодно вкладывать 2–3% ВВП в науку.

На форуме состоялось шесть научных конференций, несколько круглых столов были посвящены разработкам в наноптонике, нанодиагностике, наноэлектронике, катализе, химической промышленности и энергетике. На интерес к мероприятию со стороны финансистов и промышленников указывает прошедшая одновременно выставка в павильоне «Форум».

В заключительный день форума выступил президент России Д.А. Медведев. Необходимо организовать работу полноценной нанотехнологической от-

расли, и у РОСНАНО есть возможность приобретать профильные активы компаний, в том числе с иностранным участием, покупать технологии, принадлежащие зарубежным компаниям, заявил президент. А.Б. Чубайс отметил, что уже подписаны соглашения о сотрудничестве с Казанью, Дубной, Томском и Новосибирском и есть основания полагать, что к 2015 г. такая сеть будет давать реальную прибыль.

В заключение были объявлены лауреаты Международной премии в области нанотехнологий 2010 г. Ими стали доктора физико–математических наук Л.А. Фейгин и Д.И. Свєргун. Знака премии удостоена австрийская фирма Necus X–гау за разработку модульной платформы S3–Micro. ■

Сергей Федоров



МОЛОДЫЕ И ТАЛАНТЛИВЫЕ

10 декабря в Москве состоялась торжественная церемония вручения национальных стипендий «Для женщин в науке» L'Oreal – ЮНЕСКО 2010 г.

В четвертый раз десять молодых российских женщин-ученых получили национальные стипендии L'Oreal – ЮНЕСКО, призванные помочь талантливым и перспективным специалистам в различных областях знаний развивать свою карьеру в России и продолжать научную работу. В России проект осуществляется с 2007 г. при участии Российской академии наук, Комиссии Российской Федерации по делам ЮНЕСКО, Бюро ЮНЕСКО в Москве и представляет собой часть международного проекта L'Oreal – UNESCO For Women in Science.

Международная премия For Women in Science, учрежденная в 1998 г., чтобы поддержать тех, кто выбрал своей карьерой науку, стала первой научной наградой, присуждаемой женщинам.

В нашей стране национальный конкурс проводится с 2007 г. при поддержке Российской академии наук. В 2007 г. грантами были награждены пять человек, а с 2008 г. стипендия ежегодно вручается уже десяти ученым. По условиям конкурса, соискательницами стипендии могут стать женщины-ученые, кандидаты наук в возрасте до 35 лет, работающие в российских научных институтах и вузах по следующим дисциплинам: физика, химия, медицина и биология. Критерии выбора стипендиатов – научная значимость кандидата, практическая польза и осуществимость предложенного на рассмотрение жюри проекта, а также желание кандидата продолжать научную карьеру в России.

В 2010 г. на конкурс поступило 400 заявок из разных городов России. Выбор призеров осуществлялся авторитетным жюри под председательством профессора, проректора и заведующего кафедрой физики полимеров и кристаллов физического факультета Москов-



СТИПЕНДИАТЫ «ДЛЯ ЖЕНЩИН В НАУКЕ» L'OREAL – ЮНЕСКО 2010

1. Боченкова Анастасия Владимировна (Москва)
2. Крыжановская Наталья Владимировна (Санкт-Петербург)
3. Лебедева Наталья Александровна (Новосибирск)
4. Люкманова Екатерина Назымовна (Москва)
5. Максименко Оксана Геннадьевна (Москва)
6. Образцова Екатерина Александровна (Москва)
7. Ревеская Евгения Владимировна (Новосибирск)
8. Паруская Светлана Игоревна (Ростов-на-Дону)
9. Тамкович Светлана Николаевна (Новосибирск)
10. Хлесткина Елена Константиновна (Новосибирск)

ского государственного университета им. М.В.Ломоносова, академика, член Президиума Российской академии наук, члена Европейской академии, лауреата Государственной премии РФ А.Р. Хохлова. С 2008 г. в состав жюри входит профессор Санкт-Петербургского института макромолекулярных компонентов РАН Т.М. Бирштейн, удостоенная в 2007 г. международной премии программы «Для женщин в науке» в номинации «Европа» за выдающиеся научные исследования в области статистической физики полимеров. В состав жюри

также вошли академик РАН Е.М. Дианов, академик РАН М.П. Егоров, член-корреспондент РАН О.А. Донцова, доктор биологических наук М.С. Гельфанд, доктор биологических наук С.Г. Георгиева и генеральный секретарь «L'Oreal Россия» Жорж Шишманов.

В этом году на церемонии присутствовала Татьяна Лопатина, международный стипендиат программы For Women in Science 2011 г., которая будет награждена в марте 2011 г. в Париже наряду с 14 молодыми женщинами-учеными из разных стран. ■

Павел Мостинский

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

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

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



ОЧЕВИДНОЕ
НЕВЕРОЯТНОЕ

...О сколько нам открытий чудных
Готовит просвещения дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог изобретатель...

А. Пушкин

ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ
НА КАНАЛЕ «КУЛЬТУРА» ПО СУББОТАМ ПРОГРАММА С.П. КАПИЦЫ

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки

www.sclam.ru №1 2011

специалрб
ПРОСВЕЩЕННАЯ ОБЩЕСТВЕННОСТЬ
ПО-ПРЕЖНЕМУ ДОВЕРЯЕТ УЧЕНЫМ

МЕДИЦИНА
РАСШИФРОВКА ГЕНОМА ЧЕЛОВЕКА:
ОТЛОЖЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

НЕЙРОНАУКИ
ЛУЧ СВЕТА В НАШЕМ МОЗГЕ

ТЕХНОЛОГИИ
ОТ КОКОНА ШЕЛКОПРЯДА К МЕДИЦИНСКОМУ ЧУДУ

ЭКОЛОГИЯ
ФОСФОРНОЕ ОЗЕРО

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА
МОЖЕМ ЛИ МЫ ГОВОРИТЬ О ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ
ЦИВИЛИЗОВАННО?

**ПОТАЕННЫЕ МИРЫ
ТЕМНОЙ ЭНЕРГИИ**

Динамика невидимого космоса

ISSN 0098-0621 10012
9 770008 062001

Читайте в следующем выпуске журнала

ТЕМНЫЕ МИРЫ

«Теневой» космос, незаметно вплетающийся в структуру нашей Вселенной, может обладать собственной богатой внутренней жизнью

ДОКТОР УНИФИКАЦИЯ

Если кто-то и может объединить физику, то это Стивен Вайнберг

ОТЛОЖЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Проект «Геном человека» пока не привел к революции в медицине – вопреки ожиданиям мирового научного сообщества. Сегодня биологи размышляют над тем, что было сделано неправильно и что необходимо предпринять в будущем

ПОЛНАЯ ИЛЛЮМИНАЦИЯ

Исследователи используют свет, чтобы детально изучить функционирование нашей нервной системы. Их работа может помочь найти эффективные способы лечения психических расстройств

БОРЬБА С МАЛЯРИЕЙ

Перспективы защиты детей от одного из самых опасных паразитов стали более радужными в связи с появлением новой вакцины

НА НАУКУ УПОВАЕМ?

По результатам нашего специального интернет-опроса, доверие к ученым в обществе пока сохраняется



www.sciam.ru

- АНОНСЫ
- НОВОСТИ
- СТАТЬИ
- архив
- ПОДПИСКА