

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

№02 2008

НУЖНО ЛИ МИРУ НОВОЕ ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ?

Спасти
нейроны

Крылья
бобочки

Солнечный
ВИТАМИН

Когда
столкнутся
вселенные



WWW.SCIAM.RU

содержание

ФЕВРАЛЬ 2008

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:



- 16** **БИОЛОГИЯ**
«СОЛНЕЧНЫЙ» ВИТАМИН
Лус Тавера-Мендоса и Джон Уайт
Существует ли связь между дефицитом витамина D и развитием серьезных заболеваний?
- 24** **СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ**
ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ В НОВОМ МИРЕ
Чем грозит взрыв современной атомной бомбы? К каким последствиям он может привести? Кто может нанести удар и по кому? Намерение правительства США разработать боеголовки нового типа вызывает много возражений
- 36** **МЕДИЦИНА**
БОЛЕЗНЬ ЛУ ГЕРИГА: ЕСТЬ ЛИ СПАСЕНИЕ?
Патрик Абишер и Энн Като
Новые подходы к лечению недуга, считавшегося до недавнего времени неизлечимым
- 44** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ЯРКИЕ ДИСПЛЕИ
Митчелл Уолдроп
Возможно, в недалеком будущем экраны сотовых телефонов будут соперничать по яркости цветов с крыльями тропических бабочек
- 48** **ГУМАНИТАРНАЯ ПОМОЩЬ**
НАУКА ДЕЛАТЬ ДОБРО
Шери Финк
Компьютерные технологии, дистанционное зондирование и другие достижения века информации становятся инструментами, позволяющими гуманитарным организациям эффективно и организованно оказывать помощь пострадавшим
- 56** **БИОИНЖЕНЕРИЯ**
ВЫБОР МЕЖДУ ЖИЗНЬЮ И СМЕРТЬЮ
Анна Королева, Владимир Скулачев и Максим Скулачев
Борьба со старением - масштабная задача, над ее решением работают ученые всего мира. Подобные исследования проводятся и в лабораториях факультета биоинженерии МГУ им. М.В. Ломоносова
- 64** **АСТРОНОМИЯ**
НЕИЗВЕСТНЫЙ МЕРКУРИЙ
Леонид Ксанфомалити
Последние исследования российских ученых позволяют расширить наши представления о ближайшей к Солнцу планете без помощи космических аппаратов
- 74** **ЭВОЛЮЦИЯ**
ВУЛКАНЫ И ЛЮДИ
Нани Асланикашвили и Аслан Суладзе
Что заставило древних гоминидов перейти на прямохождение, кардинально изменив образ жизни? Возможно, причиной стала активная вулканическая деятельность

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. Юшквичюте

Корреспондент: Д.А. Мисюров

Над номером работали:

Н.А. Асланикашвили, А.Т. Королева, Л.В. Ксанфомалити, Д.А. Мисюров, Т.А. Митина, М.Л. Перлин, А.И. Прокопенко, И.И. Прошкина, Л.С. Раткин, Т.Н. Саранцева, И.Е. Сацевич, М. В. Скулачев, А.А. Сорокин, А.И. Суладзе, В.Г. Сурдин, П.П. Худoley, Б.А. Чернышев, Н.Н. Шафрановская

Научные консультанты:

заведующей кафедрой управления природными ресурсами факультета государственного управления МГУ, профессор Д.Н. Кавтарадзе, Е.Ю. Лихачева, академик РАН, профессор МГУ В.П. Скулачев, директор НИИ ФХБ им. Белозерского МГУ, декан факультета Биотехнологии и Биоинформатики МГУ, профессор Ю.В. Чудецкий

Арт-директор: Л.П. Рочева

Корректура: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор

ЗАО «В мире науки»: О.А. Василенко

Главный бухгалтер: Н.М. Воронина

Отдел распространения, подписка: М.К. Бирюкова

Л.В. Леонтьева

Адрес редакции и издателя:

105005, Москва, ул. Радио, д. 22, к. 409

Телефон: (495) 727-35-30, тел./факс: (495) 105-03-72

e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

В верстке использованы шрифты *Helios* и *Bookman*

Отпечатано:

ООО «Первый полиграфический комбинат»
143405, Московская обл., Красногорский р-н,
п/о «Красногорск-5», Ильинское ш., 4 км
тел. (495) 510-27-92, доб. 137

© В МИРЕ НАУКИ

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.

Свидетельство ПИ №ФС77-19285 от 30.12.2004

Тираж: 11 600 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

Editor in Chief: John Rennie

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

Chief news Editor: Philip M. Yam

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

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: Brian Napack

President and chief executive officer: Gretchen G. Teichgraber

Vice President and managing director, international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 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.

РАЗДЕЛЫ:

ОТ РЕДАКЦИИ ДИПЛОМАТИЯ ВМЕСТО БОМБ

3

50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

4

СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ

6

- Свет во тьме
- О пользе наказания
- Топливо или жизнь?
- Новый лик Меркурия
- *COROT* на орбите
- Эволюция в чашке Петри
- Элвин Тоффлер: на волне перемен
- Укрепить мосты

ПРОФИЛЬ ЗАБЫТЫЙ ВЗЛОМЩИК ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА

14

Эд Реджис

В 1960-е гг. Маршалл Ниренберг расшифровал генетический код. Почему же его заслугу приписывают Фрэнсису Крику?

НАУКА И ОБЩЕСТВО ФЕСТИВАЛЬНАЯ НАУКА

82

Дмитрий Мисюров

Вовлечь молодежь в научную деятельность — одна из наиболее актуальных проблем сегодняшнего дня

ЗНАНИЕ – СИЛА НАВИГАЦИЯ БУДУЩЕГО

84

Марк Фишетти

Скоро можно будет серьезно говорить о машине, способной двигаться без водителя

ОБЗОРЫ:

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

86

ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ

90

ФАКТ ИЛИ ФИКЦИЯ?

93

Ядовит ли шоколад для собак?

СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

94

Как реализуется переход кратковременной памяти в долговременную?

ДИПЛОМАТИЯ Вместо бомб

США нуждаются в новой военной стратегии, а не в боеголовках

В июле 2007 г. государственный секретарь, министры обороны и энергетики США опубликовали документ, в котором сказано, что стратегия страны состоит в сдерживании агрессии, и ядерное оружие играет в этом важнейшую роль. В заявлении содержался призыв заменить тысячи устаревающих боеголовок новыми, что, по их мнению, не будет нарушением Договора о нераспространении ядерного оружия, поскольку в результате не создается новый военный потенциал. Не все страны хотят с этим соглашаться (см. в этом номере: *Ядерное оружие в новом мире*). В документе также указывалось, что «такая модернизация даст союзникам уверенность в том, что ядерный потенциал США был и остается главным гарантом их безопасности, и устранил необходимость создавать свое ядерное оружие».

Такая позиция вряд ли сможет быть дальновидной. Фактически в документе содержится признание того, что «все предыдущие администрации, начиная с президента Трумэна, проводили политику США в области национальной безопасности, используя ту же аргументацию, что и сегодня».

В самом деле, в период после Второй мировой войны США располагали тысячами ядерных боеголовок, которые можно было задействовать за считанные минуты. Согласно первоначальной стратегии, такой потенциал должен был сдерживать другие страны от создания ядерных арсеналов, поскольку, если одна из них запустила бы свои ракеты, то США сделали бы то же самое, что могло привести к взаимному уничтожению. Независимо от того, была ли эта стратегия разумной или нет, она соответствовала ситуации, сложившейся тогда во всем мире, в котором две сверхдержавы накопили ядерных боеголовок достаточно, чтобы уничтожить всю планету.

Сегодня ядерным оружием обладают девять стран, и отношения, сложившиеся между противниками и союзниками, стали гораздо сложнее. Несмотря на то что Россию возмущает стремление США к созданию системы противоракетной обороны, Москва выступает союзником Вашингтона в борьбе с международным терроризмом. Китай нацелил на США часть своих боеголовок, но остается одной из немногих стран, заявивших о том, что применит ядерное оружие только в том случае, если удар будет нанесен по его территории. В сентябре 2007 г. Северная Корея заявила, что свер-

нет свою ядерную программу в ответ на отмену США экономических санкций и снятие обвинений в поддержке терроризма.

В соответствии с Московским Договором о сокращении стратегических наступательных вооружений от 2002 г. США и Россия должны сократить к 2012 г. свои арсеналы «находящихся на боевом дежурстве» боеголовок до 2200 единиц с каждой стороны. Но американские военные заявляют, что их стране следует заменить устаревшие боеголовки на новые. Критики данной программы подчеркивают, что она всего лишь гарантирует занятость персоналу военных лабораторий, и на первом этапе расходы составят около \$21 млрд. Эксперты расходятся во мнении относительно того, нужна ли вообще модернизация.

И демократы, и республиканцы в Конгрессе скептически относятся к такому проекту, отмечая, что без пересмотра военной стратегии финансирование данной программы безответственно. Безусловно, предстоят перемены. Возможно, США даже рассмотрят возможность того, чтобы возглавить движение за ликвидацию ядерного оружия в мире. Как подчеркивают эксперты по контролю над вооружениями, если США полагают, что им нужно ядерное оружие, другие страны тоже будут считать, что оно им необходимо.

Усилия по предотвращению распространения ядерного оружия часто приносят плоды. В 1980-е гг. ЮАР произвела шесть атомных бомб, однако впоследствии демонтировала их и присоединилась к Договору о нераспространении ядерного оружия. Даже ливийский руководитель Муамар Каддафи, отличающийся вздорным характером, объявил в 2003 г., что его страна прекратит осуществление своей ядерной программы. Значительное сокращение американского ядерного арсенала сохранило бы международный авторитет США, не подрывая ее обороноспособность. ■



ДЕЛЕНИЕ ЯДРА ■ ИСКУССТВО ПОЛЕТА ■ ХОЛОДНЫЙ ПАР

ФЕВРАЛЬ 1958

РАСЩЕПЛЯЯ АТОМЫ. «В январе 1939 г. мы опубликовали доклад о серии экспериментов, результаты которых вступают в противоречие со всем предыдущим опытом ядерной физики. В интерпретации данных мы были предельно осторожны, в частности, потому, что для завершения работы требовалось еще несколько недель. Однако эта осторожность никак не была связана с нашей неуверенностью в результатах. В самом деле, мы уже провели серьезную проверку наших заключений, поскольку идентифицировали продукт распада одного из наших «изотопов радия», как лантан, из чего следует, что его «родителем» должен был быть не радий, но барий. Итак, наша сверхкорректность главным образом коренилась в том, что мы, будучи химиками, не решились объявить о революционном открытии в физике. Тем не менее мы сообщили о «взрыве атома урана» — так мы назвали удивительный процесс, когда уран породил барий, далеко отстоящий от него в Периодической таблице». — Отто Хан.

(Хан получил Нобелевскую премию по химии 1944 г.)

ХАОС. По словам Джона Уорнера (John C. Warner), президента Технологического института Карнеги, то, в чем больше всего сейчас нуждаются университеты США — это «немного покоя и порядка». В статье, опубликованной в прошлом месяце, он утверждает: тот факт, что правительство бросило все силы на прикладные исследования, так дезорганизовало работу университетов, что многие ученые «живут в обстановке интеллектуального хаоса». Они отвлечены от преподавания и исследовательской работы и часто вынуждены тратить свою энергию на административную деятельность. Многие специалисты, добавляет Уорнер, одержимы желанием «провести семестр или год за границей, или в другой организации... или в подготовке проекта космической ракеты, или искусственного спутника!»

ФЕВРАЛЬ 1908

СПОРТИВНЫЙ НОМЕР. В новом номере *Scientific American* под этой прекрасной цветной обложкой (на илл.) представлена уникальная подборка соответствующих материалов, интересных не только для спортсменов, но и для широкого читателя.

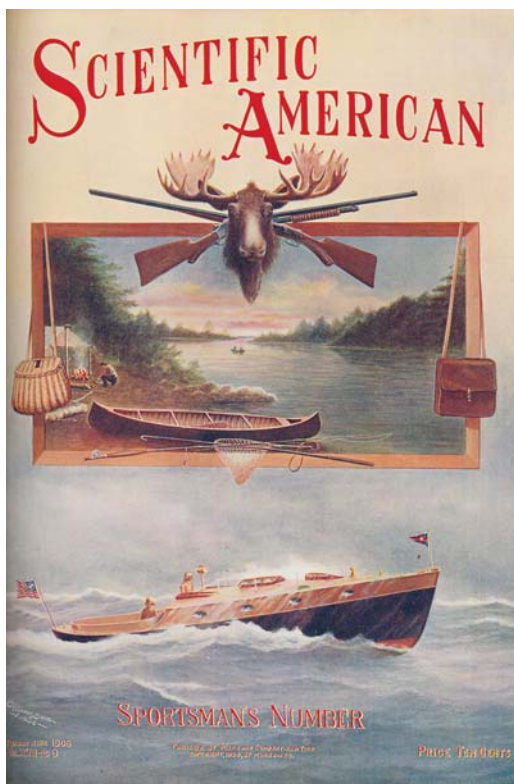
ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ КАК СПОРТ. «До настоящего времени человек изобретал летательные аппараты частично из исследовательского, частично из спортивного, частично из практического интереса. Однако не за горами та эпоха, когда человек сможет заниматься воздухоплаванием сугубо из любви к искусству. Полеты притягивают внимание и стремления людей с гораздо большей силой, чем другие подобные виды спорта, такие как гребля, велосипедные или автомобильные гонки. Ведь полет по воздуху вызывает ни с чем не сравнимые радость, эйфорию и чувство свободы». — Уилбер Райт.

(Полный текст статьи: www.SciAm.com/ontheweb)

ФЕВРАЛЬ 1858

ТРУДНЫЙ ПОДЪЕМ. Покорив пик Нункун (7135 м над уровнем моря) в Гималаях, миссис Фанни Баллок Уоркмэн (Fanny Bullock Workman) установила мировой рекорд в альпинизме среди женщин. Это восхождение завершило серию из пяти сезонов, проведенных доктором Уоркмэном и миссис Уоркмэн на этом горном массиве, во время которых они прошли более 2090 км по «крыше мира». Миссис Уоркмэн со всей ответственностью заявляет, что условия для альпинизма в Азии гораздо суровее, чем в Швейцарии или в Скалистых горах. Она смогла достичь выдающихся результатов еще и потому, что разбивала лагерь на таких высотах, на которых еще никогда не устраивали стоянки покорители горных вершин.

ПАР БЕЗ КИПЕНИЯ. Газета *Spy* (Вустер, Массачусетс) описывает еще одно из тех блестящих изобретений, которыми мистер Г. Пейн (H.M. Paine) имеет обыкновение поражать мир, напоподобие затмевающего солнце «парового света». Упомянутое новое изобретение представляет собой ни больше, ни меньше — паровую машину на холодном пару. Пейн нашел способ получать пар без парового котла, от воды, которая не закипает, в баке, который не раскаляется и который должен занять место громоздких и смертельно опасных паровых котлов. Модель машины была показана узкому кругу восхищенных друзей в Вустере, и *Spy* утверждает, что «результат ее работы невероятен (мы и не сомневаемся в этом!) для тех, кто лично не присутствовал при демонстрации». ■



СПОРТ: история, традиции, современность, 1908 г.

ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ ОЧЕРЕДНОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «НАУКА И ЖИЗНЬ»

ТЕМАТИКА СТАТЕЙ НОМЕРА, КАК ВСЕГДА, ШИРОКА И РАЗНООБРАЗНА

Дно Северного Ледовитого океана пересекают мощные подводные хребты, носящие имена российских исследователей – Ломоносова, Менделеева, Гаккеля. Если удастся доказать, что эти геологические структуры являются продолжением континентального шельфа, Россия сможет вновь поставить вопрос о пересмотре северной границы своей экономической зоны.

Ст. «Как поделить Северный Ледовитый океан?»

Инженер и патентовед Павел Николаевич Манташьян разработал теорию, объединяющую природные объекты и явления, отличающиеся в миллиарды раз. Спиральные галактики и вихри в атмосфере, тайфуны и молекулы воды, которые вращаются в магнитном поле Земли, подчиняются одним и тем же законам. Традиционное объяснение механизма образования циклонов сводится к воздействию силы Кориолиса на воздушные потоки. Гипотеза предполагает, что первопричина возникновения циклонов – появление момента количества движения у дипольной молекулы воды, движущейся в магнитном поле Земли.

Ст. «Вихри — от молекулы до галактики».

Летом 2006 г. в стране состоялась всеобщая сельскохозяйственная перепись. Мероприятие такого масштаба в новой России проводилось впервые. Судя по ее итогам, перед страной остро стоит вопрос продовольственной безопасности.

Ст. «Чем сыты будем? О некоторых итогах Всероссийской сельскохозяйственной переписи»

Белково-жировые комплексы – липиды разносят холестерин по организму. Если в кровотоке возникает избыток липопротеидов низкой плотности, то это вызывает отложение холестерина в стенках сосудов, ожирение и атеросклероз, что приводит к болезням, связанным с кровообращением. Липопротеиды высокой плотности, наоборот, замедляют рост бляшек и ведут к уменьшению процессов атеросклероза. То есть в нашем организме существует механизм регуляции обмена холестерина.

Ст. «Холестерин: наш друг или враг?»

В 1905 г. на историко-художественной выставке русских портретов в Таврическом дворце экспонировались пять полотен В.А. Тропинина, представлявших семейство Протасьевых. Кто они? И почему большой художник взялся выполнить их портреты?

Ст. «Черты давно поблекших лиц...»

Качество автомобильных моторных масел постоянно повышается, но одновременно растет их цена. Чтобы сэкономить средства владельцев автомобилей, в Центральном научно-исследовательском автомобильном и автомоторном институте (НАМИ) усовершенствовали масляный фильтр. Результат – значительное увеличение пробега между заменами масла.

Ст. «Долгоиграющий» масляный фильтр»



ПРИТЯЖЕНИЕ АРКТИКИ

ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

2
2008

● На авансцену грузового транспорта XXI века способен выйти отечественный дирижабль с атомным двигателем ● В процессе образования тайфуна вентилятором служит каждая молекула воды, что в сумме даёт вихрь гигантских размеров ● Итоги сельхозпереписи-2006 заставляют задуматься о продовольственной безопасности нашей страны ● Ещё раз о слонах: они, оказывается, панически боятся пчёл.



Одно из главных достояний России — великопленные хвойные леса. На территории нашей страны находится пятая часть всех лесов мира и половина мировых хвойных лесов.

В старые добрые времена считалось, что запах, издаваемый хвойными деревьями, успокаивает нервы и одновременно дает человеку силу, мужество и ясность мыслей. Современные научные данные, в общем-то, этому не противоречат.

Ст. «Целебный красный лес»

Аркадий и Борис Стругацкие. Они заглядывали в будущее и в нем искали ответы, которые, быть может, не дано найти никому. Но они умели так поставить вопрос, что задавали абсолютно точный вектор поиска. А это главное — для тех, кто шел с ними раньше, кто идет сегодня, для тех, кто пойдет завтра, чтобы шагнуть наконец в солнечный день Полдня.

В журнале «Наука и жизнь» впервые публикуются две главы из книги Анта Скаландиса о жизни и творчестве выдающихся писателей братьев Стругацких.

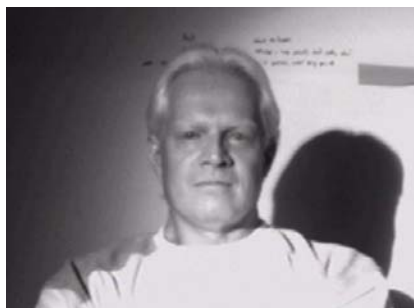
В этом номере — глава «Июньский дождь»

Электронная версия ISSN 1683-9528 представлена в сети Интернет, ежемесячно регистрируется более 60 000 обращений.
Адрес редакции: 101990, Москва, Центр, ул. Мясницкая, д. 24. Тел. (495) 624-1835, факс (495) 625-0590.
Служба распространения и связей с общественностью: Ю.А. Сигорская — (495) 621-9255. Рекламная служба: (495) 628-5965.
<http://www.nkj.ru>, e-mail: mail@nkj.ru.

Продолжается подписка на журнал «Наука и жизнь». Подписные индексы: 70601, 79179, 99349, 99469, 34174.

СВЕТ ВО ТЬМЕ

Новое поколение приборов ночного видения позволяет получать изображения небывалой четкости



ЛУЧШЕ ВИДЕТЬ В ТЕМНОТЕ. Тепловизионная камера воспринимает ИК-излучение человека (слева), а камера, созданная компанией *NoblePeak*, использует невидимое ночное свечение атмосферы, что позволяет получать гораздо более четкие изображения (справа)

В 1868 г. шведский физик Андерс Ангстрем обнаружил, что небо всегда испускает слабое свечение. Свет излучают молекулы, возбуждаемые Солнцем или космическими лучами в верхних слоях атмосферы. Ночью интенсивность свечения атмосферы сопоставима с тем, как если бы свет полной Луны был равномерно распределен по всему небу. Но поскольку основная часть энергии приходится на коротковолновую часть инфракрасной (ИК) области спектра, человеческий глаз его не воспринимает. Ученые создали камеру, которая позволяет видеть в темноте лучше, чем когда-либо раньше.

Для обычных цифровых отображающих устройств на основе кремния обнаружить это свечение, — задача непосильная. Но приборы с использованием германия, другого широко применяемого полупроводникового материала, делают это с легкостью. Беда в том, что выращенные стандартными методами производства полупроводниковых материалов монокристаллы германия имеют дефекты, которые могут снизить чувствительность изготавливаемых из них фотодетекторов.

Однако Конор Рефферти (Conor Refferty) и Клиффорд Кинг (Clifford King) из *Bell Laboratories* нашли способ справиться с проблемой. Дефекты в кристаллах германия, выращиваемых на кремнии, возникают из-за недостаточно близкого соответствия кристаллических решеток этих двух материалов. Однако это нарушение структуры идет только вверх по диагонали от поверхности кремния. Ученые обнаружили, что если проводить процесс на дне микроскопических колодцев, то дефекты, достигнув стенок колодца, «уйдут» в них, а растущий прямо вверх монокристалл германия будет лишен недостатков. «Они решили трудную техническую задачу», — сказал менеджер Национального научного фонда по программам Эррол Аткилик (Ergol Atklicic).

Первоначально Рефферти и Кинг предполагали использовать свое устройство в телекоммуникациях в коротковолновом ИК диапазоне. Однако в 2001 г., как раз когда они сделали свое открытие, телекоммуникационная отрасль рухнула, что побудило их переключиться на область получения изображений, и они основали компанию *NoblePeak Vision*.

Результатом их работы стал прибор ночного видения *TriWave*, чувствительный к видимому, ближнему коротковолновому ИК-излучениям. Компания рассчитывает выпустить свое устройство на рынок в 2008 г.

TriWave имеет ряд преимуществ перед существующими приборами ночного видения, к числу которых можно отнести отсутствие специальных средств подсветки объектов, т.к. новым устройствам для нормальной работы достаточно ночного свечения атмосферы. Кроме того, поскольку пиксели систем с усилителем изображения взаимосвязаны, они могут давать ореолы или совместно перегружаться при ярком свете. Приборы *TriWave* лишены подобных недостатков, т.к. пиксели в них не имеют между собой электронной связи. Тепловидение работает в темноте, но с его помощью невозможно получать изображения через стекло, распознавать номерные знаки автомобилей и полицейские жетоны, поскольку надписи на них по тепловым свойствам неотличимы от фона, на котором они сделаны. Кроме того, тепловое излучение лица человека маскирует детали, что не позволяет получать изображения, пригодные для идентификации людей.

Главный недостаток использования ночного свечения атмосферы состоит в том, что оно не проникает сквозь потолки и стены. Однако компания *NoblePeak* утверждает, что ее серийные ИК-облучатели дают достаточно света, чтобы приборы можно было применять для обнаружения любых скрытых действий в помещениях. «Поскольку расстояния невелики, большие облучатели не нужны», — отмечает Кинг.

Компания *NoblePeak* ориентируется в первую очередь на рынок камер видеонаблюдения, используемых службами безопасности портов, аэропортов, границ и электростанций. Кроме того, она планирует провести в конце 2008 г. полевые испытания очков ночного видения. Американские военные, по словам Кинга, уже

около 50 лет ищут способ использования коротковолнового ИК-излучения для ночного видения.

«Это может стать новаторским решением, которое позволит создать камеры, работающие круглые сутки, не требуя подсветки», — сказал Аркилик, отметив, что компания *Global Security Challenge*,

которая каждый год ищет новые предприятия, работающие в области обеспечения безопасности, недавно назвала *NoblePeak* самой перспективной в данной области новой компанией в Северной Америке.

Приборы с использованием свечения ночной атмосферы могут найти применение во многих об-

ластях, в том числе и в медицине. С их помощью врачи смогут увидеть кровотоки сквозь череп, а стоматологи — обнаруживать полости в зубах без рентгеновских снимков. «Мы надеемся открыть новое окно в электромагнитном спектре», — сказал Рефферти.

Чарлз Чой

ЧЕРЕЗ НАКАЗАНИЕ К гармонии

То, что люди в целом способны сосуществовать в относительном согласии, можно объяснить воздействием наказания, — таковы результаты исследования, недавно проведенного среди студентов. Участникам эксперимента предлагалось разделить деньги между собой и анонимным партнером. В одних случаях оппонент должен был согласиться на любую предложенную сумму, а в других он не опро-

тестовать предложение и наказать дающего, отобрав у того часть денег или всю сумму. Томографическое исследование мозга участников выявило, что при наличии угрозы наказания наиболее заметно активировались две области: латеральная орбито-фронтальная кора (которую раньше связывали с анализом угрожающих стимулов), дорсолатеральная префронтальная кора (участвующая в контроле над импульсив-

ным поведением). Группа из Цюрихского университета, выполнившая эту работу, планирует в дальнейшем исследовать пациентов, страдающих тревожностью и другими расстройствами личности, характеризующимися антисоциальным поведением. Цель исследования — определить, связаны их поступки с отсутствием контроля над своим импульсивным поведением, или же с недостаточным осознанием наказания.

Никхиль Сваминатан



www.sciam.ru

Оформить подписку можно по телефонам:
105-03-72 и 727-35-30

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки**

ЛУЧШИЕ МАТЕРИАЛЫ
ЖУРНАЛА «В МИРЕ НАУКИ»,
О КОСМОСЕ —
ТЕПЕРЬ НА CD-ДИСКАХ

SCIENTIFIC AMERICAN
в мире науки

КОСМОС

АЛЬМАНАХ

Потерянная планета
Загадочный Марс
Теория струн
План Вселенной

ЭКОНОМИМ ТОПЛИВО И СПАСАЕМ ЖИЗНИ

Можно ли снизить расход топлива без ущерба для безопасности водителей?

На протяжении многих лет между производителями автомобилей и американскими законодателями идет спор о том, можно ли обеспечить высокую безопасность водителям и пассажирам легковых и грузовых автомобилей, и при этом существенно снизить расход топлива. Автопроизводители утверждают, что принятые в 1975 г. стандарты ограничили расход топлива, что привело к уменьшению веса автомобилей, а это в свою очередь снизило их безопасность и увеличило смертность на дорогах. Согласно последним данным, каждый год дорожно-транспортные происшествия уносят на 2 тыс. жизней больше, чем в предыдущем. В настоящее время Конгресс США рассматривает законопроект, который еще более ограничит расход топлива автомобилями. Действующий закон был принят еще в 1980-х гг., согласно ему средняя норма составляет 10 л бензина на 100 км.

По мнению сторонников нового стандарта, безопасность не пострадает, т.к. за последние годы появились новые технологии изготовления двигателей и ходовой части транспортных средств.

По существующим нормам легковой автомобиль должен проехать 100 км, израсходовав 10 л топлива, а легкие грузовики — 12,5 л. Принятый Сенатом США в июне 2007 г. закон увеличивает эти значения для новых автомобилей на 40%. Однако данная инициатива была блокирована в августе 2007 г. Палатой представителей, и стандарты остались прежними. Ожидается, что закон будет направлен на доработку и пройдет через согласительные процедуры. Исходя из предложений Сената, Национальная администрация по безопасности дорожного движения (NHTSA) подготовит технический регламент, на основании которого автомобили должны быть

разделены на классы либо по размеру, либо по весу и для каждого из них должен быть подготовлен свой стандарт по расходу топлива. К 2020 г. на 100 км пути расход топлива не должен превышать 8 л. По мнению Тома Вензела (Tom Wenzel), специалиста из Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли, решение вопроса обеспечения безопасности во многом зависит от того, смогут ли законодатели полностью провести границу между легковым автомобилем и легкими грузовиками. Он считает, что увеличение нормы расхода топлива приводит к тому, что автомобильные компании начинают увеличивать размер и вес выпускаемых грузовиков и внедорожников. В свою очередь, эксплуатация таких машин ведет к еще большей смертности на дорогах.

Согласно мнению эксперта, целесообразнее было бы классифицировать автомобили не по весу, а по размеру. Это связано с тем, что размер имеет решающее значение при лобовых столкновениях, обеспечивая большую степень безопасности для пассажиров, и не следует вынуждать производителей уменьшать его в целях экономии топлива. Для достижения данных целей можно использовать новые легкие высокопрочные материалы, позволяющие создавать крупногабаритные, но легкие автомобили.

Другие эксперты отмечают, что вес машины не всегда является решающим фактором. По мнению Дэвида Грина (David Greene) из Ок-Риджской национальной лаборатории, внедрение всех передовых технологий в автомобилестроении в течение ближайших 10—15 лет позволит сократить расход топлива на 40—50% без уменьшения размеров автомобиля. Уже сегодня применяется электронная система контроля впрыска топлива и отвода выхлопных газов, однако до последнего времени она предназначалась в основном для увеличения мощности двигателя. Еще одним перспективным направлением



ФАТАЛЬНОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ: различие в размерах между внедорожниками и автомобилями, созданными на основе новых стандартов, привело к росту числа смертельных случаев при ДТП в США.

может стать использование электронной системы управления клапанами двигателя, что позволит полностью отказаться от механического распределительного вала. По прогнозам французской компании *Valeo*, занимающейся разработкой такого мотора, расход топлива за счет внедрения данной технологии уменьшится на 20%. Еще более впечатляющих

результатов можно добиться, поработав с трансмиссией, аэродинамикой кузова, шинами и кондиционером.

Согласно прогнозам Грина, стоимость автомобиля, соответствующего всем новым требованиям, увеличится на \$1—3 тыс. Однако данное подорожание компенсируется в течение пяти лет за счет снижения затрат на топливо — при усло-

вии, что оно будет стоить примерно \$0,7 за литр. Есть много способов сократить травматизм на дорогах, и рассматриваемый законопроект не решит все проблемы. Уже сегодня можно создать и внедрить более совершенную систему ремней безопасности и таким образом сохранить много жизней.

Марк Алперт

К РАЗГАДКЕ НЕБЕСНЫХ ТАЙН

Космический аппарат *Messenger* передал на Землю снимки Меркурия

Яркий серп планеты Меркурий увеличивался с каждым часом. Закрываясь от обжигающих лучей близкого Солнца белым керамическим щитом, аппарат США *Messenger* 14 января 2008 г. на короткое время приблизился к планете. После многомесячного путешествия в момент наибольшего сближения от поверхности его отделяли лишь 200 км. По заранее составленной программе были включены все приборы научного комплекса; затем полученные научные данные в течение суток по радиолинии передавались на Землю, а *Messenger* покидал Меркурий, к которому он вернется только осенью, а затем снова уйдет на орбиту вокруг Солнца. В ходе полета аппарат должен много раз сближаться с планетами; только так в марте 2011 г. он сможет стать первым в истории науки искусственным спутником Меркурия.

Эта ближайшая к Солнцу планета хранит много нерешенных научных проблем, но очень трудна для исследований как наземными, так и космическими средствами. Имея диаметр, составляющий всего одну треть земного, Меркурий обладает почти таким же, как у Земли, металлическим ядром. Силикатная кора планеты необычно тонка, а поверхность практи-

чески неотличима от лунных материковых районов, но лишена лавовых низин, образующих «моря» на Луне. Планета представляет собой одну из тех природных лабораторий, которые никак нельзя скопировать в физической лаборатории: атмосферы у нее фактически нет, и потоки солнечной плазмы беспрепятственно обрушиваются на поверхность, имплантируя в нее водород и гелий. Ничем не ослабленное солнечное излучение выбивает из поверхности планеты потоки заряженных частиц, как в фотоэлементе. Вместе с потоками солнечной плазмы они создают ионосферу Меркурия — в 20 раз уменьшенную копию земной. Вопреки теоретическим представлениям, утверждающим, что ядро планеты давно растеряло свои запасы

тепла и застыло, а поэтому магнитного поля быть не должно, оно все же было обнаружено. Возможно, его создает постоянно подогреваемый внешний слой ядра: особенности орбитального движения Меркурия таковы, что значительная приливная энергия постоянно рассеивается в недрах планеты.

Messenger — второй аппарат, посещающий Меркурий. Первым был *Mariner-10* (США, 1974—1975). Солнечная система устроена так, что движения небесных тел связаны резонансами. Из-за этого при всех трех сближениях *Mariner-10* видел одну и ту же сторону планеты. *Messenger* своими первыми снимками передал изображения сектора долгот планеты 210—270°W. Как и на снимках 1974 г., здесь почему-то нет «морей», которые так украшают нашу Луну. Новые результаты исследований готовятся к печати.

Леонид Ксанфомалити



COROT на орбите

Космический телескоп обнаружит еще больше планет, обращающихся вокруг далеких звезд

2007 г. ознаменовался успехами в поисках планет вокруг других звезд. В апреле астрономы Женевской обсерватории сообщили об открытии самой похожей на Землю экзопланеты среди обнаруженных вне Солнечной системы. Планета обращается вокруг красного карлика Глизе 581, она в 1,5 раза больше Земли по размеру и примерно в пять раз по массе, состоит из каменных пород и на ее поверхности может быть жидкая вода. Возможно, еще больше таких сообщений поступит, когда в полную силу заработает первая космическая обсерватория *COROT* (*CO*nvection *RO*tation and planetary *T*ransits — конвекция, вращение и прохождения планет), специально предназначенная для поиска экзопланет.

Поиск далеких планет обычно проводят наземные обсерватории. Женевские астрономы нашли ту, что напоминает Землю, наблюдая малые колебания в движении ее родительской звезды, вызванные обращением звезды и планеты вокруг их общего центра масс. Такие колебания проявляются в виде доплеровского смещения линий в спектре звезды. Ученые смогли вычислить массу экзопланеты по наблюдаемому движению звезды, но определить ее размер, поскольку она не проходит между Землей и звездой, было невозможно. Как объяснил Стефан Адри (Stephane Udry), плотность экзопланеты пришлось вычислять, исходя из модели ее внутреннего строения.

Даже если такая планета пройдет на фоне диска своей звезды, астрономы на Земле не смогут это заметить. При наблюдении сквозь

турбулентную атмосферу Земли используется адаптивная оптика для исправления искажений, но она же мешает точным измерениям ослабления яркости звезды, когда планета проходит перед ней. Даже у будущих гигантских телескопов диаметром до 42 м чувствительности для таких фотометрических измерений, скорее всего, не хватит. «Адаптивная оптика постоянно нарушает фотометрическую калибровку, поэтому с ней трудно заметить прохождение планеты перед звездой», — считает Адри.

Для решения данной задачи нужны космические обсерватории, такие как *COROT*. Кроме наблюдений за волнами на поверхности звезды, дающими информацию об ее внутреннем строении, обсерватория позволит наблюдать и за изменениями блеска звезды, которые могут указывать на прохождение экзопланет. *COROT* начал измерения в феврале 2007 г. После окончания калибровки его 27-сантиметровый телескоп будет фиксировать изменения яркости с точностью в 200—20000 раз более высокой, чем у наземных телескопов. За время работы *COROT* должен изучить 120 тыс. звезд. «Но нам необходимы наблюдения многих звезд, чтобы увеличить вероятность обнаружения планет», — говорит Пьер Барже (Pierre Barge) из Астрофизической лаборатории в Марселе (Франция), руководящий поиском экзопланет в проекте *COROT*.

Кроме выявления экзопланет, *COROT* также может определять их размеры, т.к. степень ослабления блеска звезды пропорциональна размеру планеты. А зная его, легко вычислить и плотность планеты, следовательно, понять, твердая она или газовая. Пока астрономы знают диаметры около 20 из 240 уже открытых экзопланет.

Другие космические обсерватории используют прохождения экзопла-

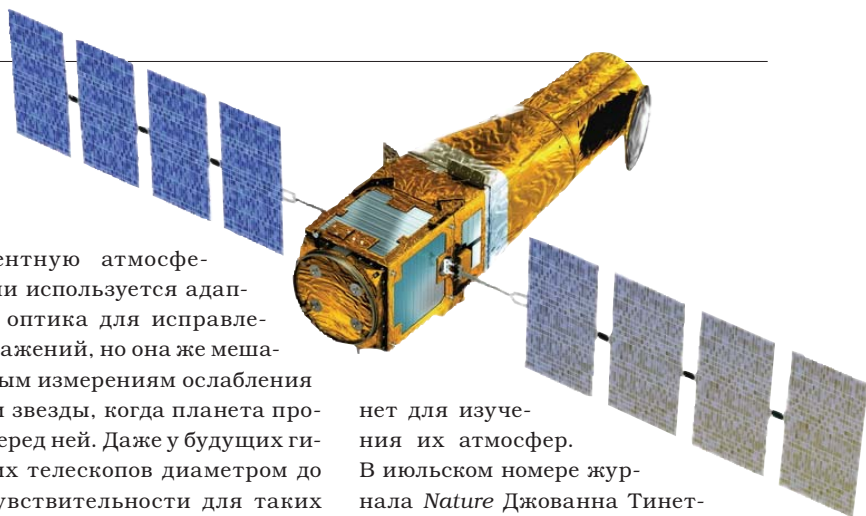
нет для изучения их атмосфер.

В июльском номере журнала *Nature* Джованна Тинетти (Giovanna Tinetti) из Европейского космического агентства и Лондонского университетского колледжа вместе с коллегами опубликовала статью об открытии воды на планете, обращающейся вокруг звезды, удаленной от нас на 64 световых года. Открытие сделано с помощью инфракрасного космического телескопа «Спитцер» (NASA). Когда планета проходит перед своей звездой, часть света пробивается сквозь атмосферу планеты, и в спектре появляются полосы поглощения водяного пара. Но данная планета — газовый гигант, на 15% массивнее Юпитера, поэтому жизни на ней нет.

К сожалению, ни одна из космических обсерваторий, даже «Хаббл», не может найти воду на планетах меньшей массы. «Они недостаточно чувствительны для маленьких твердых планет» — считает Тинетти. Она надеется, что такие открытия будут сделаны с помощью космического телескопа «Джеймс Уэбб», который запустят в 2013 г.

Космические телескопы не оставят своих земных собратьев без работы в области поиска экзопланет. С помощью наземных телескопов можно точно измерять доплеровское смещение, и они нужны для подтверждения открытий, сделанных с помощью космических телескопов. Благодаря *COROT* уже обнаружены некоторые кандидаты в экзопланеты, но исследователи не торопятся объявлять об этом. «Необходимо все проверить, — поясняет Барже. — Если все подтвердится, то ждите новостей из других миров».

Александр Хеллеманс



ЭВОЛЮЦИЯ В ЧАШКЕ ПЕТРИ

Исследователям удалось увидеть, как под воздействием инфекции образуются новые виды

В 30-х гг. прошлого века генетик Дж. Холдейн (J.B.S. Haldane) объяснил, почему ген серповидноклеточности, при котором развивается смертельно опасная анемия, регулярно встречается у представителей тропических регионов. Ученый предположил, что такая мутация служит неким компромиссом: несмотря на то что она может привести к смерти, одновременно она делает человека в десять раз менее восприимчивым к малярии. Недавно смелая идея Холдейна о том, что инфекционные заболевания способны стимулировать эволюцию, была проверена в лаборатории на высокоорганизованных существах.

Хосе Луис Мартинес (Jose Luis Martinez), микробиолог из Испанского национального центра биотехнологии, и Альфонсо Навас (Alfonso Navas), директор Национального музея естественных наук в Мадриде, взяли для эксперимента крошечных червей *Caenorhabditis elegans*, которые часто используются в качестве лабораторной модели. В 2001 г. исследователи решили пронаблюдать, как черви в течение нескольких минут гибнут от инфекционной бактерии *Pseudomonas aeruginosa*. Однако через неделю они обнаружили, что в одной из 152 чашек Петри шевелились выжившие особи. «Сначала мы решили, что произошла ошибка, — говорит Навас, — однако последующие эксперименты показали, что мутанты не только оказались устойчивы к этим бактериям, но даже и питались ими».

Несмотря на то что ранее экспериментаторы уже сообщали о спонтанных мутациях у вирусов и бактерий, такие быстрые изменения

редко идут на пользу сложно организованному животному. Большая часть мутаций и вовсе оказывается смертельной. Однако в случае *C. elegans* дело обстоит иначе: у Наваса по прошествии шести лет живут тысячи мутантов. Под микроскопом можно увидеть, что нормальные черви живо резвятся в зернистой массе бактерий *Escherichia coli* — они крутятся и вибрируют, словно наэлектризованные. Потомки же мутантов ведут себя совсем по-другому: они неторопливы и извиваются с осторожностью.

Различия в движениях червей показывают, что способность выжить в контакте с болезнетворными бактериями не дается просто так. У мутировавших особей ухудшено дыха-

ние (они потребляют на 30% меньше кислорода) и не столь безупречные навыки добывания пищи, как у их диких собратьев. Видимо, мутантные линии могут выжить вместе со смертельными бактериями, т.к. пользуются альтернативными дыхательными ферментами. «С точки зрения теории эволюции, — отмечает Мартинес, — данное явление представляет собой отбор того же рода, как серповидноклеточность, дающая невосприимчивость к малярии».

Изменившиеся черви еще не стали самостоятельным видом, признает Навас, однако они очень близки к этому. Исследователи обнаружили как минимум семь различий в белках между двумя группами — а такое условие уже считалось достаточным для выделения других нематод в отдельные виды. Все начинается с появления различий между популяциями, и эксперименты с червями позволяют увидеть, как образуются новые виды. «Возможность наблюдать образование видов в лаборатории, — замечает Навас, — уже не является научной фантастикой».

Луис Мигель Ариза



НОВЕНЬКИЕ НЕМАТОДЫ. В лаборатории микроскопический червь *C. elegans* почти стал новым видом, способным противостоят смертельно опасной бактерии

На волне перемен

Американский ученый предрек переход мировой экономики на принципиально новые основы

В декабре прошлого года Москву посетил известный американский философ Элвин Тоффлер. Основная цель его приезда — познакомиться с российским читателем с новой книгой «Революционное богатство: как оно будет создано, и как оно изменит нашу жизнь» (*Revolutionary Wealth: How it will be created and how it will change our lives*). Презентация состоялась в Государственной Думе в рамках круглого стола «Образование — для всех».

Элвин Тоффлер входит в число известных и влиятельных футурологов мира. Им были предсказаны многие технические достижения, такие как появление Интернета и цифровой техники, клонирование животных, а также влияние этих достижений на экономику и культуру. Наиболее известные книги, созданные Э. Тоффлером в соавторстве с его супругой Хайди Тоффлер, — «Футурошок», «Метаморфозы будущего», «Третья волна».

По словам Тоффлера, точность его прогнозов обусловлена не неким даром предвидения, но тщательным анализом имеющейся информации. В своей новой книге автор делает вывод о том, что за последние пятнадцать лет полностью трансформировалось традиционное понимание экономики.

Во-первых, изменилось представление о пространстве и времени, которое уплотнилось, стало более динамичным, что связано с ростом конкуренции. Но традиционные общественные институты, семья и образование существенно отстают от темпов роста производства, и в этом футуролог видит источник грядущего кризиса.

Во-вторых, пространство экономики тоже изменилось. Тоффлеры говорят о резком смещении вектора богатства и развития мировой цивилизации из Америки в сторону

Китая, Японии и Кореи. Кроме того, количество людей, сейчас ежегодно пересекающих границы из страны в страну, сопоставимо со всем населением планеты в XVII в. И это также меняет отношение к производству.

Третий «кит», на котором стоит теория Тоффлеров, — знание, информация стали основой экономики, и на информацию, в отличие от природных ресурсов, нельзя установить абсолютную монополию. «Теперь мы переживаем третью переменную в истории — появляется экономика, основанная на знании. Во время промышленного периода для создания богатства были востребованы материальные ресурсы, т.е. в основном нефть, металл и множество других компонентов. Но все они ограничены. Теперь же наступает новая стадия экономического развития, когда самым важным ресурсом становятся знания, которые нельзя использовать до конца. Сколько бы людей ни пользовались математикой и ее законами, она не может исчерпать себя. Более того, чем больше людей обращаются к знаниям, тем быстрее растет их объем. Но именно наука о знании еще недостаточно развита: никому пока не удалось ее количественно определить. Тем не менее от нее все больше зависит именно экономическое развитие».

И, наконец, четвертое: то самое «революционное богатство», которое и дало название книге, — неучтенный, бесплатный продукт, который каждый из людей производит, даже не замечая этого.

«Мы отмечаем быстрое развитие данного процесса, — считает Элвин Тоффлер. — Появляется все больше людей, которые производят новые ценности без денег. Лучший пример тому — программное обеспечение. Никому не заплатили за создание Линукса, Википедии и ряда других проектов. Они оказывают воздей-

ствие на денежную экономику, но не регулируются денежным обменом». В качестве подтверждения своей мысли Тоффлер сослался на исследование, проведенное американскими учеными: «Недавно в Нью-Йорке мы занялись изучением экономической роли матери в семье. Известно, что в ее обязанности входит масса различной работы: она покупает еду, готовит, ухаживает за детьми, возит их в школу. Она и повар, и врач, и водитель, и выполняет множество других функций. А если бы она платила за все, что делает бесплатно? Сколько это будет стоить? Семье такие услуги обошлись бы в \$143 тыс. в год. Но то, за что не платят, ценностью не считается». Поэтому, замечает исследователь, мы должны более внимательно изучить все то, что создает ценности помимо денежной экономики. «Экономисты не могут просчитать ценность подобных вещей и поэтому придерживаются той точки зрения, что не стоит придавать им особого значения. Но мы утверждаем, что это и есть самое важное».

Элвин Тоффлер признался, что его экономическая теория, включающая экономику денег и экономику ценностей без денег, имеет в виду и культурные, и социальные факторы. Без них, согласно Тоффлеру, не существует экономики будущего.

Новая экономика требует изменений во многих сферах. Тоффлер критикует американскую систему образования, направленную на подготовку специалистов для массового производства, инерционное, не соответствующее быстрым изменениям чиновничества. Все это может привести к тому, что другие страны, а не Америка, станут мировыми лидерами, используя американскую систему ценностей. Однако общий вектор человечества, по мнению Тоффлера, — постоянное развитие: «Мы переживаем интереснейший период в истории человечества и несемся вперед на фантастической скорости к новым переменам. Это создаст новый образ жизни, новое общество. И мы должны понимать, куда мы идем».

Павел Худолей

ремонт БЕЗ ЗАКЛЕПОК

Композитные материалы на основе углеродного волокна могут использоваться для ремонта старых мостов

До сих пор точно не известно, почему в августе 2007 г. один из мостов через Миссисипи в Миннеаполисе обрушился в реку. В катастрофе погибли 13 человек и около 100 получили травмы. Эта и целый ряд других менее масштабных аварий за последние годы вызвали беспокойство среди американских инженеров — специалистов по строительству мостов. Использование новых материалов может изменить установившуюся практику их реконструкции, сделав ее менее трудоемкой и дорогостоящей.

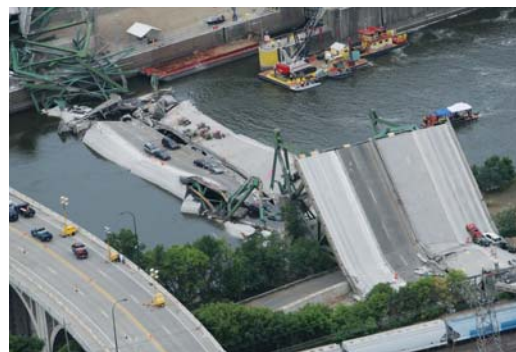
Согласно исследованию, проведенному в 2005 г. Американским обществом гражданских инженеров, более 160 тыс. мостов в стране (27,1%) либо имеют недостатки конструкции, либо функционально устарели. По различным оценкам, восстановление данных сооружений потребует ежегодных затрат почти \$10 млрд в течение ближайших 20 лет. Вышеупомянутый мост со сквозными фермами и множественными стальными прогонами был построен в Миннеаполисе в 1967 г. и неоднократно вызывал беспокойство властей штата. Вскоре после его разрушения министр транспорта США Мэри Петерс (Mary Peters) поручила проинспектировать все подобные объекты. Это один из самых старых типов моста, он довольно прост в проектировании и относительно дешев по сравнению с другими, но инженеры пока воздерживаются от окончательных заключений о подобных сооружениях, особенно склонных к внезапному разрушению.

Петерс отметила, что во время предыдущего осмотра моста уже высказывалось беспокойство по поводу напряжения на пластинах углового соединения, удерживающих стальные фермы. Она также призвала тщательно рассматривать при проектировании и строительстве мостов

все возможные дополнительные напряжения и нагрузки. Причины, вызывающие разрушения угловых соединений, были, в частности, рассмотрены в работе Роберта Драйвера (Robert G. Driver) и его коллег из университета Альберты в *Canadian Journal of Civil Engineering* в 2006 г. Трещины, развивающиеся в стальных фермах и пластинах угловых соединений из-за усталости металла и коррозии несмотря на свой малый размер (около 3 мм) могут вести к разрыву и последующему обрушению конструкции. Обычно опасные места укрепляются стальными пластинами, которые привариваются или прикрепляются болтами, однако данный метод не лишен недостатков: пластины добавляют мосту веса, для работы могут потребоваться дорогостоящие тяжелые машины, такие как подъемные краны.

Возможной альтернативой может служить применение нового полимера на основе углеродного волокна, который работает, по мнению Хамида Саадатманеша (Hamid Saadatmanesh), профессора гражданского строительства в университете Аризоны, как дополнительная связка. Саадатманеш разработал материал, названный «углеродная обертка» (*CarbonWrap*), приблизительно шесть лет назад и теперь продает его через *Carbon Wrap Solutions*. Полимер представляет собой сплетенные стеклянные и углеродные нити, помещенные в каучуковую матрицу. Прочность материала на разрыв (сила, требуемая, чтобы разорвать его), в 10 раз больше, чем у стали. Волокно достаточно дешево и может прикрепляться к фермам моста специальной эпоксидной смолой. Устранение маленькой трещины будет стоить около \$200, включая затраты на труд.

«Вам не нужно сверлить отверстия, которые могут со временем



ВСЕ ПАДАЮТ: обрушение моста I-35W в Миннеаполисе в августе прошлого года

ослабить конструкцию, — говорит Саадатманеш. — А время установки заплаты сокращается с восьми часов до получаса». В лабораторных испытаниях углеродная обертка выдерживала нагрузку, эквивалентную приблизительно 10 млн поездок 35-тонного грузовика. Этот материал устойчив к коррозии (может выдержать воздействие жидкости с уровнем pH=2,5 в течение двух лет), что особенно важно, поскольку между металлическими компонентами моста могут возникать гальванические токи. Сталь в такой кислой среде разрушилась бы за несколько часов.

Углеродная обертка пригодилась бы и для водопроводных труб, но пока рассматривается ее применение лишь для ремонта мостов. Дело в том, что инженеры консервативны по своей природе. «Чтобы принять что-то новое, необходимо время, — объясняет Таичиро Оказаки (Taichiro Okazaki), специалист по гражданскому строительству университета штата Миннесота, возглавивший группу исследователей по проверке аварии в Миннеаполисе. — Новые материалы должны быть очень надежны, и понадобится много лет, чтобы заслужить доверие». Инженеры, занимающиеся проблемами ремонта мостов, уже начали переговоры с компанией Саадатманеша, и Оказаки предлагает для начала использовать «углеродную обертку» на небольших, слабо загруженных транспортными мостами.

Дэвид Эппел

ЗАБЫТЫЙ ВЗЛОМЩИК ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА

В 1960-х гг. Маршалл Ниренберг расшифровал генетический код, т.е. идентифицировал комбинации нуклеотидов *A*, *T*, *G* и *C*, которые определяют синтез разных аминокислот. Почему же эту заслугу приписывают Фрэнсису Крику?

Летом 2006 г. Маршаллу Ниренбергу попала в руки только что вышедшая книга — биография одного знаменитого молекулярного биолога. Она называлась «Фрэнсис Крик: человек, который расшифровал генетический код».

«Такого же не может быть! — возмутился Ниренберг. — Это полная чепуха!» Ведь именно он в 1968 г. вместе с двумя другими биологами получил Нобелевскую премию в области физиологии и медицины «за расшифровку генетического кода и установление механизма белкового синтеза». Ни один из тех, кто разделил эту высокую награду с Ниренбергом, не носил фамилию «Крик». Их звали Роберт Холли и Хар Гобинд Корана.

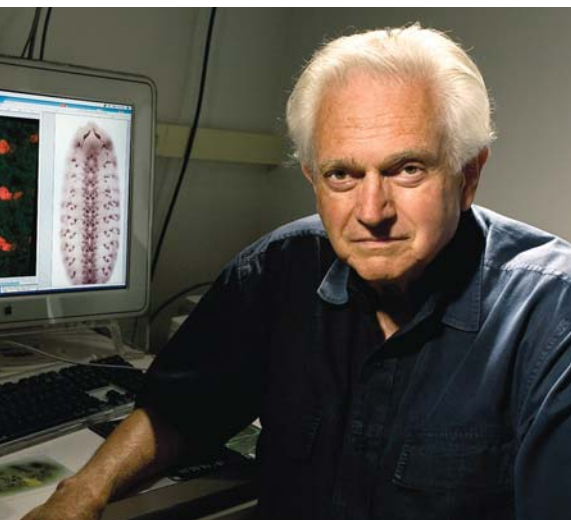
Случай с выходом книги стал еще одним подтверждением того, что слава — явление крайне переменчивое. За свою долгую жизнь Ниренберг неоднократно в этом убеждался. Расшифровка генетического кода — не менее важное для молекулярной биологии научное достижение, чем открытие двойной спирали ДНК, сделанное в 1953 г. Ф. Криком и Дж. Уотсоном. А между тем имена этих двух ученых у всех на слуху, а о Ниренберге почти никто и не помнит.

Сегодня, в свои 80 лет, Ниренберг возглавляет одну из лабораторий в системе Национальных институтов здравоохранения (*NIH*) США, где прошла вся его научная жизнь. Кабинет биолога ничем особым не

выделяется, кроме одного: на стенах висят заключенные в рамки копии страничек из лабораторных журналов с записями тех давних лет, когда он бился над проблемой генетического кода. Многие оригинальные документы и некоторые приборы, которые Ниренберг использовал в своих исследованиях, выставлены в Клиническом центре *NIH*. Экспозиция так и называется: «Расшифровка генетического кода».

«Многим представляется, что генетический код был расшифрован в 1950-х гг., — говорит ученый. — Однако в то время никто и не представлял, как именно осуществляется синтез белков». Ниренберг начал свою работу в *NIH* в 1957 г. после защиты диссертации. Тогда расшифровка «языка жизни» казалась ему непомерно сложной задачей — по крайней мере, вначале.

Рассмотрим все по порядку. Информация, заключенная в молекуле ДНК, записана с помощью четырех «букв» — нуклеотидов под названием тимин (*T*), аденин (*A*), гуанин (*G*) и цитозин (*C*). Последовательность этих четырех мономерных единиц, соединенных в разных комбинациях в длинной нуклеотидной цепи ДНК, заключает в себе те инструкции, по которым строится любой живой организм. Каждая трехбуквенная единица в данной последовательности (триплет, кодон) соответствует определенной аминокислоте. Например, триплет *GCA* кодирует аланин, одну из 20 аминокислот, из которых состоят белковые молекулы. Аминокислоты соединяются друг с другом с помощью особых механизмов белкового синтеза. Таким образом, расшифровка генетического кода сводится к установлению



МАРШАЛЛ НИРЕНБЕРГ

■ **РАЗГАДКА ТАЙНЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА:** эту работу Джеймс Уотсон назвал расшифровкой «Розеттского камня жизни».

■ **ПРЕДАННЫЙ НАУКЕ:** расшифровав генетический код, Ниренберг заложил основы молекулярной биологии, но никогда не думал о славе: «Фрэнсис Крик говорил, что я веду себя глупо, все время оставаясь в тени.»

■ **О СМЕНЕ НАУЧНЫХ ИНТЕРЕСОВ:** «Я занялся нейробиологией, потому что есть только две биологические системы — хранилища информации: гены и мозг человека.»

точного соответствия между кодами и аминокислотами.

В 1955 г. Крик попытался решить данную задачу — но не экспериментальным путем, а способом, применяющимся дешифровальщиками закодированных тестов. Это ни к чему не привело, и он отказался от своей затеи. (Сегодня многие связывают расшифровку генетического кода с именем Крика, помня о его попытках сделать это теоретическим путем. Свою роль сыграло и то, что в 1966 г. он, основываясь на чужих экспериментальных данных, составил одну из первых таблиц по сопоставлению кодонов и аминокислот.)

Ниренберг начал работу над декодированием нуклеотидных последовательностей примерно в 1960 г., но вначале ему пришлось разрешить одну проблему. «Передо мной встал вопрос: переводится ли информация, заключенная в ДНК, с языка нуклеотидов непосредственно на язык аминокислот?» Было известно, что ДНК находится в ядре клетки, а белки синтезируются в цитоплазме. Следовательно, ядро покидает либо сама ДНК, либо молекула-посредник (как мы теперь знаем, таким посредником служит матричная РНК — мРНК). «Итак, я должен был установить, существует ли РНК-посредник, и мне пришла в голову мысль использовать бесклеточную *E.coli*-систему синтеза белков. Добавив в нее ДНК или РНК, я смог увидеть, в каком случае образуются белки».

Бесклеточная система — один из необычных инструментов экспериментальной биологии. Она состоит из клеток, лишенных наружной мембраны, т.е. представляет собой свободную цитоплазму, в которой плавают интактные клеточные органеллы и другие структуры. В конце 1960 г. Ниренберг и его сотрудник Генрих Маттей (Heinrich Matthaei) обнаружили, что при добавлении в бесклеточную систему РНК в ней появляются белки, добавление же ДНК ни к чему подобному не приводит.

Следовательно, РНК была той самой молекулой, которая инициировала синтез белков. Далее Ниренберг предположил, что если в систему

ввести РНК, состоящую из однотипных триплетов, и если при этом в ней синтезируется одна специфическая аминокислота, то можно будет подобрать ключ к генетическому коду. В одной из лабораторий *NIH* были синтезированы полинуклеотидные цепочки, состоящие только из остатков аденина (AAAAA..., *poly A*); только из остатков тимина (TTTTT..., *poly T*), и т.д.

Ниренберг получил от коллег препарат *poly U* (*U* в молекуле РНК занимает место *T*) и наметил план действий в эксперименте, который должен был провести Маттей. И вот в один из майских вечеров 1961 г. сотрудник Ниренберга добавил в бесклеточную систему *E.coli* немного *poly U*, и это стало историческим событием: в системе появилась аминокислота фенилаланин. Один кодон был расшифрован, *UUU* стал первым словом в химическом словаре жизни.

О своем результате Ниренберг сообщил в августе 1961 г. на Биохимическом конгрессе в Москве. Вскоре у него появился соперник — нобелевский лауреат Северо Очоа (Severo Ochoa) из Медицинской школы Нью-Йоркского университета. В 1964 г. на заседании Американского химического общества были заслушаны доклады обоих ученых. К этому времени каждый из них установил нуклеотидный состав, но не последовательность, многих кодонов. Очоа выступал первым. «Когда пришла моя очередь, — вспоминает Ниренберг, — я сообщил о своих результатах, а затем рассказал, как без особого труда определить нуклеотидную последовательность кодонов». Вскоре Очоа отказался от дальнейших исследований.

К 1966 г. Ниренберг вместе с Р. Холли и Х. Кораной установили состав и последовательность всех 64 триплетов. За эту работу в 1968 г. они получили Нобелевскую премию.

Почему же Ниренберг стал забытым «отцом» генетического кода? «По-видимому, дело во мне самом, — отвечает ученый. — Я человек не публичный. Погруженность в работу не оставляла времени на саморекламу. Крик говорил мне, что я веду себя глупо,

все время оставаясь в тени». Вдобавок к этому, открытие Уотсона и Крика легко продемонстрировать наглядно: достаточно нарисовать молекулярную винтовую лестницу — и любой даже несведущий человек все поймет. А рассказывая о генетическом коде, приходится употреблять труднозапоминаемые химические термины, говорить о сложных молекулярных процессах.

Ниренберг занялся более важными вещами, чем самореклама, — его заинтересовало функционирование головного мозга. В частности, он хотел выяснить, каким образом аксоны и дендриты отыскивают друг друга в процессе эмбрионального развития, и как между ними образуются соединения.

За время работы над данной проблемой Ниренберг с коллегами получили тысячи линий нервных клеток, в том числе таких, которые представляли собой гибриды нейронов и мышечных клеток. При электрической стимуляции нервной клетки был зарегистрирован ответ мышечной клетки, опосредуемый синаптической передачей. По существу, это было повторение на клеточном уровне опыта Луиджи Гальвани, поставленного на препарированной лягушке в XVIII в. В ходе экспериментов на плодовой мушке были идентифицированы четыре новых гена (от *NK-1* до *NK-4*), регулирующих дифференцировку эмбриональных нервных клеток — нейробластов.

Ниренберг — автор более 70 статей по нейробиологии, опубликованных за последние 20 лет. Однако они никогда не превзойдут по своей значимости его более ранние исследования. «Расшифровка генетического кода была захватывающим занятием», — считает ученый. Слава преходяща, а это открытие сохранит свою значимость до тех пор, пока существует жизнь. ■

Эд Реджис (Ed Regis) — автор семи книг, в том числе книги «Что такое жизнь?» (*What Is Life?*), которая выйдет зимой 2008 г.

Перевод: Н.Н. Шафрановская



Лус Тавера-Мендоса и Джон Уайт

«СОЛНЕЧНЫЙ» ВИТАМИН

Существует ли связь между дефицитом витамина D и развитием серьезных заболеваний?



До наступления эры антибиотиков в начале XX в. «солнечная терапия» оставалась единственным эффективным способом лечения туберкулеза. Однако никто не знал, почему больные, проведя несколько месяцев на горных курортах, часто выздоравливали. Аналогичный метод в 1822 г. использовал врач из Варшавы для лечения другой распространенной болезни — рахита, развивающегося преимущественно в раннем детстве. Заболевание характеризуется нарушением процесса образования костной ткани и проявляется искривлением позвоночника, костей ног, деформацией грудной клетки. Резкое повышение заболе-

ваемости рахитом в Европе наблюдалось в XVIII—XIX вв. и было связано с развитием промышленности и массовым переселением сельских жителей в города. Тогда-то упомянутый выше польский врач обратил внимание на то, что среди деревенских детей рахит почти не встречается, а болезнь поддается лечению, если увеличить время пребывания на солнце.

В 1824 г. немецкие ученые обнаружили, что масло, полученное из печени трески, приостанавливает патологический процесс. Однако данный метод лечения не получил

тогда широкого распространения — отчасти потому, что было не известно, какие именно компоненты рыбьего жира обладают целебными свойствами. В начале XX в. исследователи обнаружили, что если крысам с искусственно вызванным рахитом скармливать шкуру животных, подвергнувшуюся длительному воздействию солнечных лучей, то наблюдается такой же эффект, как при введении в их рацион рыбьего жира. В 1922 г. лечебное вещество было идентифицировано и названо витамином D. После этого «витальные амины» (витамины) стали предметом многочисленных исследований, а изучение механизма образования витамина D изменило представление о нем как о веществе, которое человек получает только с пищей.

Наличие четкой связи между дефицитом витамина D и развитием рахита побудило ученых к детальному изучению механизма его

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

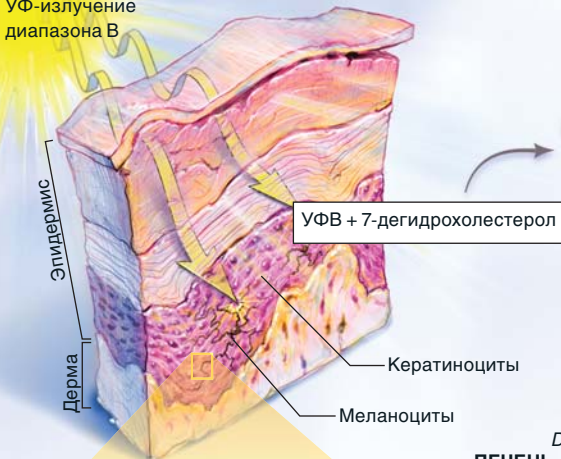
- Долгое время считалось, что роль витамина D в организме человека ограничивается его влиянием на процесс образования костной ткани. Однако выяснилось, что он участвует в регуляции работы иммунной системы и тем самым повышает устойчивость к различным заболеваниям.
- Витамин D синтезируется в клетках кожи под действием солнечного света, а также попадает в наш организм с некоторыми пищевыми продуктами. Измерение его концентрации в крови показывает, что у многих этого витамина недостаточно для поддержания здоровья на должном уровне.
- Установлена четкая связь между уровнем витамина D в крови и частотой таких болезней, как рак, аутоиммунные и инфекционные заболевания и другие серьезные патологические состояния.

ОБРАЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ФОРМЫ ВИТАМИНА D

Термин «витамин D» относится к двум немного различающимся веществам — витамину D_3 , который синтезируется в коже человека, и витамину D_2 , получаемому с пищей. Оба они подвергаются в организме ряду ферментативных превращений с образованием активной формы — $1,25D$

ВИТАМИН D, СИНТЕЗИРУЕМЫЙ В КОЖЕ

УФ-излучение диапазона В



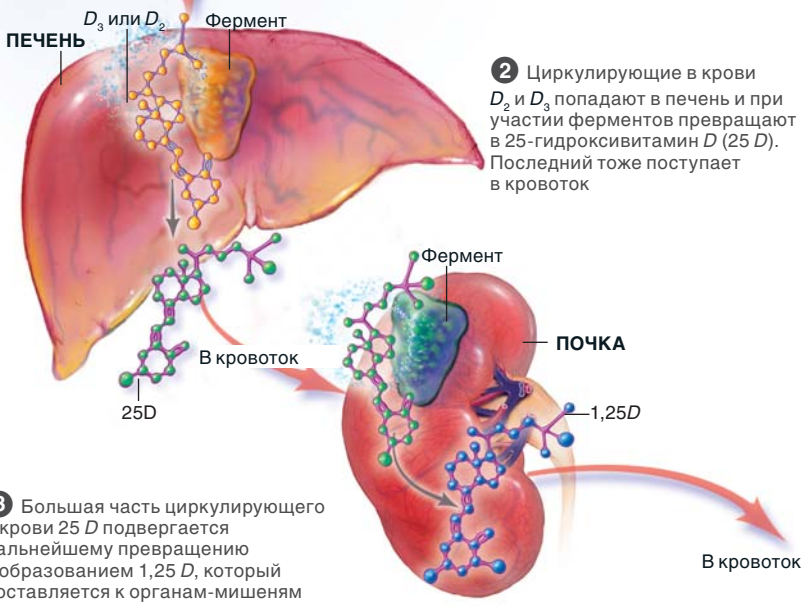
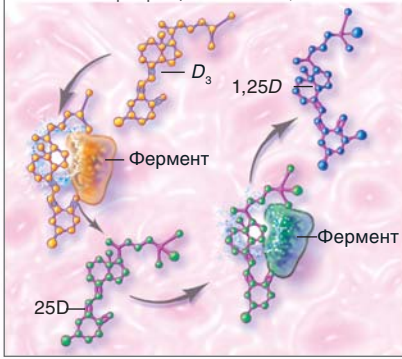
ВИТАМИН D, ПОЛУЧАЕМЫЙ С ПИЩЕЙ



1 Витамин D_3 синтезируется в клетках кожи — кератиноцитах в ходе превращения 7-дегидрохолестерола (продукта расщепления холестерина) под действием УФ-излучения диапазона В и тепла (слева). Витамин D_2 , присутствующий в некоторых пищевых продуктах, — это производное одного из растительных стеролов. Независимо от источника, и D_3 , и D_2 поступают в кровоток.

ЛОКАЛЬНАЯ АКТИВАЦИЯ

Кожа — единственный орган, способный вырабатывать витамин D_3 и все ферменты, необходимые для его превращения в $25D$, а затем в $1,25D$. Соответствующие ферменты присутствуют также в клетках иммунной системы и некоторых других органов. В них происходит локальное превращение $25D$ в $1,25D$



2 Циркулирующие в крови D_2 и D_3 попадают в печень и при участии ферментов превращают в 25-гидроксивитамин D ($25D$). Последний тоже поступает в кровоток

3 Большая часть циркулирующего в крови $25D$ подвергается дальнейшему превращению с образованием $1,25D$, который поставляется к органам-мишеням

действия. Оказалось, что он влияет на обмен веществ, особенно фосфора и кальция. Дефицит витамина D приводит к нарушению всасывания кальция в кишечнике и снижению его аккумуляции в костях. Кроме того, появились свидетельства того, что «солнечный витамин» обладает противораковым действием и служит регулятором иммунного ответа. При этом многие ценные качества проявляются особенно сильно, когда его уровень в крови существенно превышает тот, что характерен для большинства популяций. Все эти

факты вместе с эпидемиологическими данными подкрепляют представление о том, что дефицит витамина D приводит к развитию различных серьезных заболеваний.

Вездесущие переключатели

Человек может получать витамин D с отдельными продуктами (например, жирной рыбой), а также с некоторыми пищевыми добавками. Однако наш организм способен и сам его вырабатывать в ходе химических реакций, протекающих в коже под действием ультрафиолетового

света диапазона В (УФВ). Если мы изо дня в день будем достаточно долго находиться на солнце, то не будет нужды получать витамин D с пищей. Правда, солнечных дней в умеренных широтах не так много, и дефицит витамина неизбежен.

Термин «витамин D» обычно относится к двум сходным веществам, каждое из которых имеет свой источник. Витамин D_3 , известный также под названием «холекальциферол», образуется под действием УФВ-света в клетках кожи (кератиноцитах) из 7-дегидрохолестерола,

продукта расщепления холестерина. Витамин D_2 , или эргокальциферол, является производным одного из растительных стеролов; его молекулярная структура немного отличается от структуры D_3 . Однако обе эти формы биологической активностью не обладают. Каждая из них должна пройти ряд ферментативных превращений в ходе процесса, называемого гидроксированием, с присоединением воды и образованием 25-гидроксивитамина $D(25 D)$.

Такое превращение происходит в основном в печени, но его могут осуществлять и различные типы клеток кожи. $25 D$ преобладает в популяции этих циркулирующих в организме молекул. По мере надобности он претерпевает дальнейшую трансформацию — еще раз гидроксилируется и превращается в 1,25-дигидровитамин $D(1,25 D)$. Фермент 1-альфа-гидроксилаза, катализирующий данный процесс, был впервые обнаружен в почках, и за образование большей части циркулирующего в организме 1,25 D отвечают процессы, протекающие в этом органе.

Недавно исследователи обнаружили, что упомянутый фермент вырабатывают и многие другие системы и ткани организма — клетки иммунной системы, кожи и т.д., так что в них тоже происходит трансформация $25 D$. Процесс образования биологически активного 1,25 D под действием УФ-света в коже происходит от самого начала до конца. И все же основная масса 1,25 D вырабатывается из $25 D$, циркулирующего в организме, другими тканями, о чем еще совсем недавно ученые и не догадывались. Становится ясно, почему способность к локальному образованию активной формы витамина D для собственных нужд так важна для некоторых типов клеток.

1,25 D участвует в переключении генов в рабочее состояние и обратно практически во всех тканях человека. Он связывается с белком (рецептором витамина $D(VDR)$), который вместе со своим «компаньоном» (рецептором ретиноида-х (RXR)) присоединяется к участку клеточной

ДНК, примыкающему к целевому гену, и запускает его транскрипцию. Процесс заканчивается появлением в клетках специфического белка.

Заставив клетку синтезировать новый белок, 1,25 D изменяет ее функцию. Способность активировать гены в самых разных клетках лежит в основе многосторонности физиологического действия витамина D . Поскольку последний, вырабатываясь в одной ткани, циркулирует по всему телу и влияет на функционирование многих органов, он в какой-то степени уподобляется гормонам. Фактически VDR относится к семейству белков, называемых ядерными рецепторами, которые опосредуют действие таких мощных стероидных гормонов, как эстроген и тестостерон.

Предположительно 1,25 D регулирует работу не менее 1 тыс. генов, прежде всего участвующих в метаболизме кальция. За последние 20 лет обнаружено множество других генов, «управляемых» витамином D , в том числе играющих ключевую роль в системах защиты клеток от различных воздействий.

Надежный защитник

В 1980-х гг. стали появляться свидетельства того, что витамин D предотвращает раковую трансформацию клеток. На это указывают многочисленные эпидемиологические данные: чем меньше человек получает солнечного света, тем выше для него становится вероятность заболеть.

В опытах на мышах, страдающих раком головы и шеи, показано, что вещество $EB1089$, синтетический аналог 1,25 D , снижает скорость опухолевого роста на 80%. Аналогичные результаты получены на экспериментальных животных, у которых был рак предстательной и молочных желез. Идентифицированы гены, активируемые $EB1089$. Отличительной особенностью опухолевых клеток является их безудержное деление, и $EB1089$ подавляет данный процесс, изменяя активность целого ряда генов. Один из них, ген $GADD45a$, широко из-

вестен тем, что он опосредует остановку деления клеток с поврежденной ДНК и тем самым уменьшает вероятность их превращения в раковые. Кроме того, $EB1089$ активирует гены, отвечающие за дифференцировку раковых клеток, — переход их в более зрелое состояние с ограниченной склонностью к пролиферации. Благодаря всем этим свойствам $EB1089$ можно считать кандидатом на роль нового противоопухолевого средства. ▶

ИСТОЧНИКИ ВИТАМИНА D

Витамины D_3 и D_2 исходно содержатся в некоторых пищевых продуктах или же добавляются в них. С пищей наш организм получает гораздо меньше витамина D , чем его образуется при УФ-облучении

Рыбий жир (1 ст. ложка): 1360 МЕ D_3

Блюда из тунца, сардин, скумбрии, лосося (по 100 г): 200—360 МЕ D_3

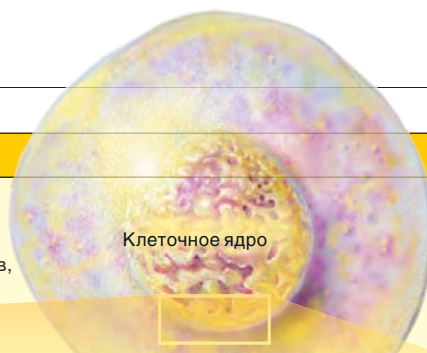
Шиитакэ (грибы): свежие — 100 г 100 МЕ D_2 сушеные — 100 г 1600 МЕ D_2

Яичный желток: 20 МЕ D_3 или D_2

Витаминизированные продукты: апельсиновый сок или хлопья из злаков (одна порция): 60—100 МЕ D_3 или D_2

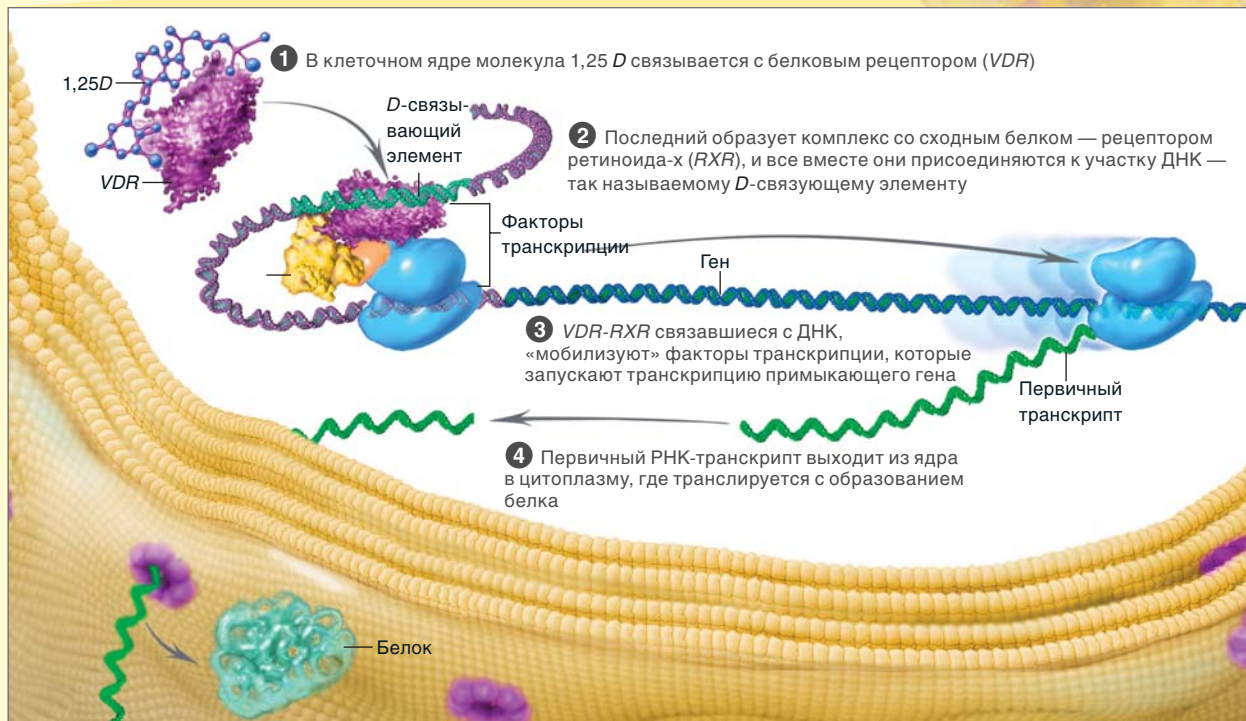
Пребывание на солнце без верхней одежды, (15—20 мин, летний день, светлая кожа): 10 000 МЕ D_3





ВЕЗДЕСУЩИЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ГЕНОВ

Биологически активная форма витамина *D* — 1,25 *D* — активирует множество генов, т.е. запускает синтез кодируемых ими белков. Это могут быть белки как местного, так и системного действия. По-видимому, 1,25 *D* участвует в регуляции работы свыше 10 генов, локализованных в ДНК по крайней мере дюжины разных типов клеток



ОРГАНЫ И ТКАНИ, НА КОТОРЫЕ ВЛИЯЕТ ВИТАМИН D

Белок *VDR* (см. выше) присутствует в клетках многих органов и тканей, а также элементах иммунной системы, с которыми он разносится по всему организму. Таким образом, активная форма витамина *D* влияет на функционирование генов в клетках, несущих *VDR*. Ниже перечислены некоторые из мишеней 1,25 *D*

Печень	Костная ткань
Нервные клетки	Головной мозг
Поджелудочная железа	Молочные железы
Паращитовидная железа	Жировая ткань
Предстательная железа	Кишечник
Кожа	Клетки иммунной системы
	Почки

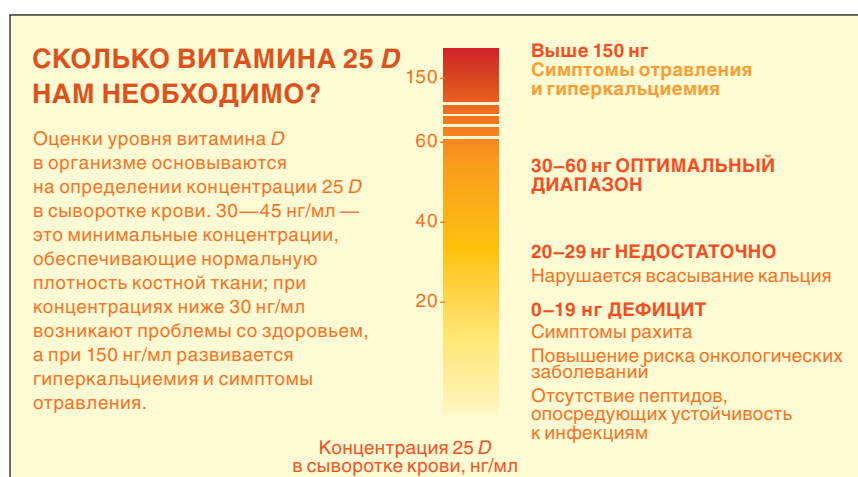
Исследователи нашей лаборатории в Мак-Гиллском университете занялась изучением противоопухолевого действия витамина *D* еще в 2004 г., после того как мы случайно обнаружили, что 1,25 *D* управляет совершенно не известной ранее системой физиологической защиты. За последние годы учеными, которые занимаются сканированием участков генома человека, опосредующих действие витамина *D*, обнаружено множество генов, работа которых регулируется данным витамином. Участки, названные *VDRE* (от *vitamin D response elements*), примыкают к генам, активируемым белковым комплексом *VDR-RXR*. В сотрудничестве с исследователями из Монреальского университета мы разработали специальную компьютерную программу для сканирования генома с целью выявления *VDRE*-элементов и их локализации.

Эта работа не только помогла лучше понять некоторые аспекты противоракового действия витамина *D*, но и позволила выявить *VDRE*, которые примыкают к двум генам, кодирующим пептиды кателицидин и дефензин-бета-2, обладающие противомикробной активностью. Эти низкомолекулярные вещества — природные антибиотики широкого спектра действия — активны в отношении многих бактерий, вирусов и грибов. Опыты на культурах клеток человека показали, что 1,25 *D* слабо влияет на выработку пептида дефензин-бета-2. Однако когда мы использовали культуры клеток иммунной системы и кератиноцитов, эффект был совершенно иным. Затем нами было показано, что иммунные клетки, инкубированные с 1,25 *D*, при контакте с патогенами высвобождают вещества (прежде всего кателицидин), уничтожающие бактерии.

Наши исследования продолжили коллеги из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе Филип Лиу (Philip Liu) и Роберт Молдин (Robert Modlin). В прошлом году они обнаружили, что иммунные клетки человека в присутствии компонентов клеточной стенки бактерий инициируют выработку белков VDR и фермента, превращающего циркулирующий в организме 25 D в биологически активный 1,25 D, что приводит к синтезу кателицидина, активного в отношении целого ряда бактерий, и особенно *Mycobacterium tuberculosis*. Таким образом, впервые получены данные, объясняющие механизм действия солнечного света на больных туберкулезом: последний запускает массовый синтез витамина D — материала, необходимого для выработки иммунными клетками природного антибиотика, уничтожающего туберкулезные палочки.

Наши знания о физиологическом действии витамина D продолжали пополняться. Так, способность 1,25 D блокировать пролиферацию раковых клеток связана с необходимостью уничтожения клеток кожи, ДНК которых повреждается при избыточном УФ-облучении. Такие клетки могут со временем трансформироваться в раковые. Возможно, противомикробная активность витамина D служит адаптацией, позволяющей компенсировать его супрессорную роль в отношении некоторых других иммунных ответов. Многие по своему опыту знают, что слишком долгое пребывание на солнце вызывает ожог, проявляющийся образованием волдырей и воспалением. Небольшое воспаление — это составная часть иммунного ответа на ранение и инфекцию, однако бурная воспалительная реакция бывает опасна.

В данном контексте уже не вызывают удивления многочисленные свидетельства того, что 1,25 D оказывает противовоспалительное действие, влияя на взаимодействие между иммунными клетками. Известно, что разные компоненты иммунной системы общаются друг с дру-



гом, секретирова особые вещества — цитокины, запускающие определенный тип иммунного ответа. Витамин D, как показано, предотвращает слишком сильное воспаление, блокируя общение иммунных клеток посредством цитокинов.

Первые свидетельства влияния витамина D на воспаление были получены в опытах на животных в 1990-х гг. Обнаружилось, что мыши, получавшие 1,25 D, не давали бурной воспалительной реакции на ранения и химический ожог динитробензолом, в отличие от грызунов, страдающих дефицитом витамина D. Обнаружение иммуносупрессорной активности у витамина D открыло новые возможности терапевтического применения данного вещества и его аналогов для контроля аутоиммунных заболеваний, предположительно связанных с гиперпродукцией цитокинов. Среди таких болезней — диабет, рассеянный склероз, хроническое воспале-

ние слизистой желудочно-кишечного тракта.

Стало окончательно ясно, что способностью к использованию циркулирующего в организме 1,25 D и превращению 25 D в активную форму обладают самые разные клетки, в том числе и иммунные. Следовательно, противовоспалительное действие 1,25 D не ограничивается клетками кожи и проявляется не только при солнечных ожогах.

Масштабный дефицит?

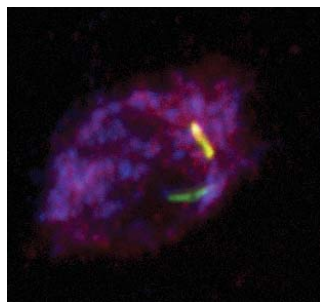
Как только выяснилось, что роль 1,25 D вовсе не сводится к регуляции уровня кальция, многочисленные эпидемиологические данные о корреляции дефицита витамина D с риском развития рака, аутоиммунных и инфекционных заболеваний предстали в новом свете. Обнаружилось, что физиологическая роль витамина D проявляется в полной мере, только когда уровень в крови 25 D превышает величину, ▶

ОБ АВТОРАХ

Лус Тавера-Мендоса (Luz Tavera-Mendoza) и **Джон Уайт** (John White) работают в Мак-Гиллском университете и занимаются исследованиями механизма действия витамина D. Они прояснили некоторые аспекты влияния последнего на частоту возникновения определенных форм рака, а также обнаружили, что витамин D регулирует работу некоторых генов, опосредующих восприимчивость к инфекциям. Сейчас Тавера-Мендоса проходит стажировку в Гарвардской медицинской школе, где занимается выяснением связи между дефицитом витамина D и развитием рака молочной железы. Оба автора принимают в зимние месяцы витаминизированные добавки: Уайт — 4000 МЕ D₃ в сутки, Тавера-Мендоса — 1000 МЕ.

Хронический дефицит витамина D приводит к повышению риска развития целого ряда серьезных заболеваний. Ниже перечислены некоторые эпидемиологические данные:

- При концентрации 25 D в сыворотке крови ниже 20 нг/мл на 30–50% повышается риск развития рака таких органов, как молочная железа, предстательная железа, толстая кишка
- Среди женщин, живущих в высоких широтах (Норвегии, Исландии и т.д.), рак яичников встречается в пять раз чаще, чем у жительниц экваториальных стран
- Риск развития той или иной формы рака у жительниц штата Небраска старше 55 лет, получавших ежедневно 1100 МЕ витамина D₃ в течение трех лет, был на 70% ниже, чем у тех, кто получал плацебо
- Для пациентов с концентрацией 25 D в сыворотке крови выше 40 нг/мл вероятность развития рассеянного склероза на 62% меньше, чем для тех, у кого она не превышает 25 нг/мл
- Жители Финляндии, которые в первый год жизни получали ежедневно 2000 МЕ витамина D₃, заболели диабетом I типа на 80% реже, чем те, которые этот курс витаминотерапии не проходили



Иммунные клетки, инкубированные с 1,25 D, при контактировании с возбудителем туберкулеза (желто-зеленый цвет) начинают вырабатывать противомикробный пептид кателицидин (красный цвет)

характерную для многих популяций. Все, кто занимался изучением влияния витамина D на здоровье человека, пришли к единодушному мнению, что у большинства жителей регионов, расположенных в средних широтах, содержание в организме этого витамина далеко от оптимального.

УФ-свет диапазона В проникает через атмосферу Земли в достаточном большом количестве круглый год только в экваториальной зоне, жители средних широт получают его в основном летом. Соответственно концентрация циркулирующего в организме 25 D у этих людей в среднем уменьшается с повышением широты, хотя не у всех в одинаковой степени: одни получают больше витамина D, чем обычно, с пищей, другие живут в высокогорных районах. Участие витамина D в регуляции активности специфических генов определяет и широтную зависимость вероятности таких серьезных аутоиммунных заболеваний, как рассеянный склероз.

В основе этого хронического, постепенно прогрессирующего заболевания лежит разрушающее действие иммунных клеток на защитную миелиновую оболочку нервных волокон центральной нервной системы. Болезнь встречается среди жителей далеких от экватора регионов Северной Америки, Европы и Австралии намного чаще, чем среди жителей тропиков. Она обостряется к весне, поскольку уровень циркулирующего в организме 25 D падает особенно сильно в предшествующие зимние месяцы, и отступает осенью, после интенсивного образования D₃ летом.

Аналогичная картина наблюдается у больных диабетом с аутоиммунной составляющей и у лиц, страдающих болезнью Крона (хроническое воспаление слизистой аутоиммунного происхождения), а также при некоторых онкологических заболеваниях. Так, частота встречаемости рака мочевого пузыря, молочной железы, толстой кишки и яичников среди жителей северных регионов США вдвое выше, чем южных.

Проведены также исследования по выявлению корреляции между

частотой ряда заболеваний и концентрацией 25 D в сыворотке крови. Ученые из Гарвардской школы здравоохранения проанализировали взятые из архивов образцы крови 7 млн служащих Армии США, а также просмотрели их медицинские карты, с тем чтобы выявить заболевших рассеянным склерозом в период с 1992 по 2004 г. Показано, что среди лиц с концентрацией 25 D в момент взятия крови выше 40 нг/мл заболевших на 62% меньше, чем среди тех, у кого данная величина была ниже 25 нг/мл.

Определение концентрации 25 D в крови — обычный метод оценки содержания витамина D в организме. Согласно общепринятым стандартам, основанным на данных о количестве этого витамина, которое необходимо для нормального развития костей, 30–45 нг/мл — это минимальные допустимые величины. При уровне 21–29 нг/мл часто отмечается истончение костной ткани, а некоторые симптомы рахита появляются уже при 20 нг/мл; при этом возрастает риск развития рака толстой кишки.

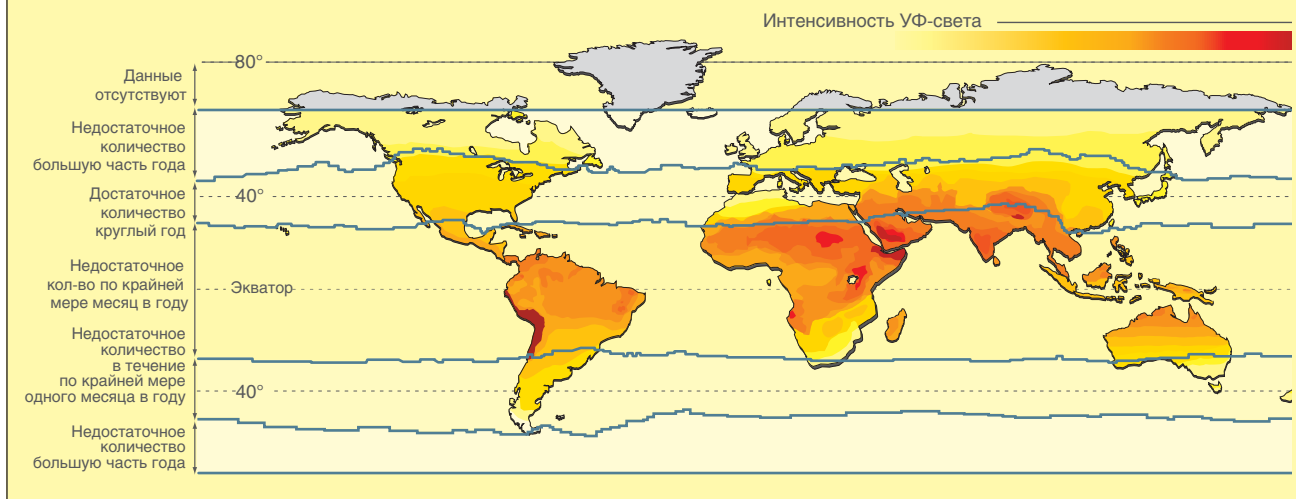
К сожалению, низкие концентрации витамина D в крови — обычное явление, часто встречающееся зимой. Так, обследование, проведенное в феврале и марте 2005 г. 420 здоровых женщин в странах Северной Европы, расположенных на разных широтах — Дании (Копенгаген, 55°), Финляндии (Хельсинки, 60°), Ирландии (Корк, 52°) и Польше (Варшава, 52°), — показали, что у 92% девочек-подростков уровень 25 D был менее 20 нг/мл, а у 37% из них наблюдался острый дефицит: содержание витамина не превышало 10 нг/мл.

На уровень витамина D влияют и другие факторы, а не только место проживания. Так, в коже белых людей это вещество синтезируется в шесть раз быстрее, чем у чернокожих, поскольку у последних содержится больше меланина, препятствующего проникновению УФ-излучения в кожу. В результате у афроамериканцев уровень 25 D вдвое ниже, чем у живущих рядом с ними белых.

ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА

Единственным источником витамина *D* для большинства людей являются клетки кожи, в которых этот витамин образуется при облучении УФ-светом диапазона *B*, поэтому его концентрация в организме человека зависит от места проживания и времени года.

Зимой в северных регионах интенсивность УФВ-излучения так мала, что витамин *D* в коже совсем не синтезируется. Те, кто живут в районе экватора, получают много солнечного света круглый год, соответственно и витамин *D* присутствует в их организме в достаточном количестве



Снижению уровня витамина *D* способствует также опасение, что УФ-облучение приводит к повреждению ДНК клеток кожи. Применение солнцезащитных кремов может снизить скорость синтеза витамина *D* на 98%. А между тем наиболее интенсивно его образование происходит в слегка порозовевшей от загара коже. Для большинства жителей Северной Америки с белой и смугловатой кожей для этого достаточно побыть летом на солнце в течение 15 мин в период от 10 до 15 часов.

Жителям умеренных широт имеет смысл принимать соответствующие пищевые добавки. Минимальная суточная доза для детей, рекомендованная Американской академией педиатрии, составляет 200 международных единиц (МЕ), однако многие считают эту величину ниже оптимальной даже для профилактики рахита. Минимальная рекомендуемая доза для взрослых жителей Северной Америки и Европы — от 200 до 600 МЕ в зависимости от возраста. Правда, исследователи из Гарвардской школы здравоохранения и других медицинских учреждений, сопоставив в 2006 г. количество получаемого витамина *D*

и уровень 25 *D* в сыворотке крови, пришли к выводу, что этого совершенно недостаточно. По их мнению, более половины взрослого населения США должно получать ежедневно по крайней мере 1000 МЕ витамина *D*₃ — только в этом случае концентрация 25 *D* в крови достигнет нижней границы приемлемого диапазона в 30 нг/мл. Никакого эмпирического правила оценки концентрации 25 *D* в крови при приеме витаминизированных добавок не существует. Много зависит от степени его дефицита и от особенностей организма пациента. Так, обследование беременных женщин показало, что при суточной дозе *D*₃ 6400 МЕ уровень 25 *D* вначале резко повышается, пока не достигнет величины 40 нг/мл, а затем рост прекращается. Обнаружено также, что *D*₂ менее эффективен, чем *D*₃, в том, что касается повышения уровня 25 *D* и его поддержания в крови с течением времени.

Нельзя исключить и токсичности витамина *D* при передозировке содержащих его добавок, хотя это случается, лишь когда его суточная доза превышает 40000 МЕ при длительном приеме. Следует отметить,

что никаких токсических эффектов при образовании витамина *D* естественным путем, т.е. под действием солнечного света, не наблюдается. Заметим, что если женщина с белой кожей находится на солнце в бикини в течение 15—20 мин., то в ее организме синтезируется примерно 10000 МЕ витамина *D*. Более длительная экспозиция ничего к этой величине не добавляет, поскольку УФ-излучение диапазона *B* разрушает витамин *D*, что и приводит к установлению равновесия.

Последствия дефицита витамина *D* многообразны и могут проявляться спустя долгое время в форме повышения частоты переломов, восприимчивости к инфекциям, развитию аутоиммунных заболеваний и даже некоторых форм рака. Проведенные исследования показывают, что невнимание к проблемам дефицита витамина *D* угрожает здоровью нации. Это побуждает медицинское сообщество выработать четкие рекомендации относительно «солнечной терапии» и оптимизации доз витаминсодержащих добавок. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ядерное оружие В НОВОМ мире

Ряд стран наращивает свои ядерные арсеналы, что заставляет США совершенствовать боеголовки



В настоящее время вопросы, связанные с распространением ядерного вооружения, приобретают особое значение. Во-первых, это касается ряда стран, которые скоро могут овладеть оружием массового уничтожения. Для них быть может раньше других необходимо осознать ту меру ответственности, которая появляется в связи с новым качественным шагом в развитии современных вооружений. Во-вторых, государства, давно владеющие подобным арсеналом и первыми столкнувшиеся с данными вопросами, уже сформулировали свое отношение к этим проблемам. Однако им необходимо новое осознание той ответственности, с которой связано владение ядерным оружием. Эти вопросы были рассмотрены в недавнем заявлении, подписанном влиятельными политиками Соединенных Штатов, внесшими свой вклад в формирование ядерной политики и соответствующих договоров. Это бывшие государственные секретари США

Джордж Шульц и Генри Киссинджер, экс-министр обороны Пери и Сэм Нанн — в прошлом председатель сенатского Комитета по вооруженным силам. Озабоченность проблемой также была выражена в заявлении премьер-министра Великобритании Гордона Брауна. Наконец, недавно было опубликовано заявление, подписанное рядом крупных деятелей, в том числе русским генералом, профессором, главным научным сотрудником Института мировой экономики и международных отношений РАН Владимиром Дворкиным и специалистом по ядерному вооружению Павлом Подвигом. Документы отражают озабоченность мировой общественности состоянием политики в отношении оружия массового уничтожения в современном мире и, в конечном итоге, призывают к созданию мира свободно от ядерного оружия.

Главный редактор журнала «В мире науки» С.П. Капица

Предисловие

Взрыв атомной бомбы вызывает чудовищные жертвы и разрушения. Но человечество забывчиво. Более 60 лет назад США сбросили две таких бомбы на Японию, более 15 лет минуло с момента окончания холодной войны между Соединенными Штатами и бывшим Советским Союзом, однако сейчас кажется, что решимость государств избежать ядерной войны ослабевает.

Вероятность обмена ракетными ударами между США и Россией очень мала, но она все же существует. Возрастает угроза возникновения новых ядерных конфронтаций. Согласно последним данным разведки Китай перенацеливает все больше своих ракет на США. Продолжает расширять свою программу обогащения урана Иран, заявляя при этом, что ее цель — только производство электроэнергии. Индия совершенствует возможность запуска ракет с ядерными боеголовками с поверхности земли, моря и с воздуха; Пакистан старается не отставать. И хотя в сентябре прошлого года Северная Корея заявила о намерении свернуть свою ядерную программу, участники международных переговоров пока в этом не убедились. Кроме того, эта страна про-



Испытание: Грибовидное облако от взрыва атомной бомбы в пустыне Невада 4 июня 1953 г.

должает испытывать ракеты дальнего радиуса действия.

В связи с новыми угрозами возникает ряд вопросов: кто может нанести удар и по кому? Каков будет причиненный ущерб? И как должны реагировать Соединенные Штаты в случае, если это произойдет? Ответы изложены в предлагаемой статье.

Рассматриваются следующие проблемы.

1. В настоящее время девять стран имеют в своих арсеналах баллистические ракеты с ядерными бое-

головками. К этому клубу стремится присоединиться Иран. Ракеты некоторых стран могут поражать цели в любой точке Земли, но более вероятно угроза региональных конфликтов.

2. Современное ядерное оружие вызовет гораздо большие разрушения и жертвы, чем бомба, сброшенная на Хиросиму. Моделирование ракетного ядерного удара по Манхэттену (центр Нью-Йорка) боеголовкой мощностью в одну мегатонну, выполненное для *Scientific American*, показало, что в результате взрыва, сплошных пожаров и воздействия радиации погибнут миллионы людей. Так же пострадают и другие большие города.

3. США приступили к выполнению рассчитанной на 25 лет программы по замене тысяч боеголовок W76 на более современные RRV (*Reliable Replacement Warhead*). По мнению военных специалистов и сторонников программы, ее реализация позволит увеличить надежность американского ядерного арсенала. Критики считают, что разработка RRV не только приведет к затратам миллиардов долларов, но и заставит включиться в новую ядерную гонку другие страны. ■

ядерная УГРОЗА

Марк Фишетти

Девять стран способны в одночасье умертвить массу людей с помощью ракет с ядерными боеголовками. Десятая, Иран, может приступить к производству оружейного урана. США, Россия и Китай баллистическими ракетами большой дальности могут поразить практически любую страну, а при использовании подводных лодок это могут сделать также Франция и Англия. Результат взрыва даже одной боеголовки многократно превзойдет кошмар Хиросимы и Нагасаки.

ДАЛЬНОСТЬ ПОЛЕТА РАКЕТ



CHINA NEWS PHOTO/REUTERS/CORBIS (submarine launch); ALFRED T. KAMAJIAN (maps); ANN SANDERSON (data display)



ГЛОБАЛЬНОЕ ПОРАЖЕНИЕ

Баллистические ракеты, запущенные из США, России и Китая, могут достичь практически любой точки Земли, двигаясь по различным траекториям, в том числе над Северным полюсом

	Китай	13000
	Россия	11000
	США	9600

Дальность полета ракет, км



ЯДЕРНЫЕ АРСЕНАЛЫ

	Россия*	15000 на складах
		5800 на боевом дежурстве
	США*	9900 на складах
		5700 на боевом дежурстве
	Франция	350 на складах
	Китай	200 на складах
	Англия	200 на складах
	Израиль	200 на складах
	Пакистан	60 на складах
	Индия	50 на складах
	Северная Корея	< 10 на складах
	Иран	в разработке

*Московский договор о сокращении стратегических наступательных вооружений ограничивает к 2012 г. число готовых к запуску боеголовок у России и США до 2200 единиц.



ОБЫЧНЫЕ ВООРУЖЕНИЯ

Восемнадцать стран обладают баллистическими ракетами, но не имеют ядерного оружия. Дальность их полета до 800 км, за исключением Саудовской Аравии (2600 км)

	Афганистан		Греция		Словакия		Туркменистан
	Армения		Ирак		Южная Корея		Украина
	Бахрейн		Казахстан		Сирия		ОАЭ
	Беларусь		Ливия		Тайвань		
	Египет		Саудовская Аравия		Турция		

РАЗРУШЕНИЕ НЬЮ-ЙОРКА

Ударная волна от взрыва водородной бомбы (боеголовки) мощностью в одну мегатонну на высоте 900 м над центром Манхэттена (вверху) разрушит постройки в радиусе 5 км; световое излучение вызовет сплошные пожары по всему Нью-Йорку и ожоги третьей степени

у людей. Большая часть ионизирующей радиации распространится в атмосфере, а радиоактивные осадки будут незначительны. Взрыв такой же бомбы на поверхности Земли (внизу) вызовет несколько меньшие (60-90%) разрушения и пожары, однако

ВЗРЫВ В ВОЗДУХЕ: ПОРАЖАЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

СИЛА УДАРНОЙ ВОЛНЫ

0,63 кг/см²: сильные разрушения зданий со стальным каркасом

0,35 кг/см²: сильные разрушения зданий с деревянными перекрытиями



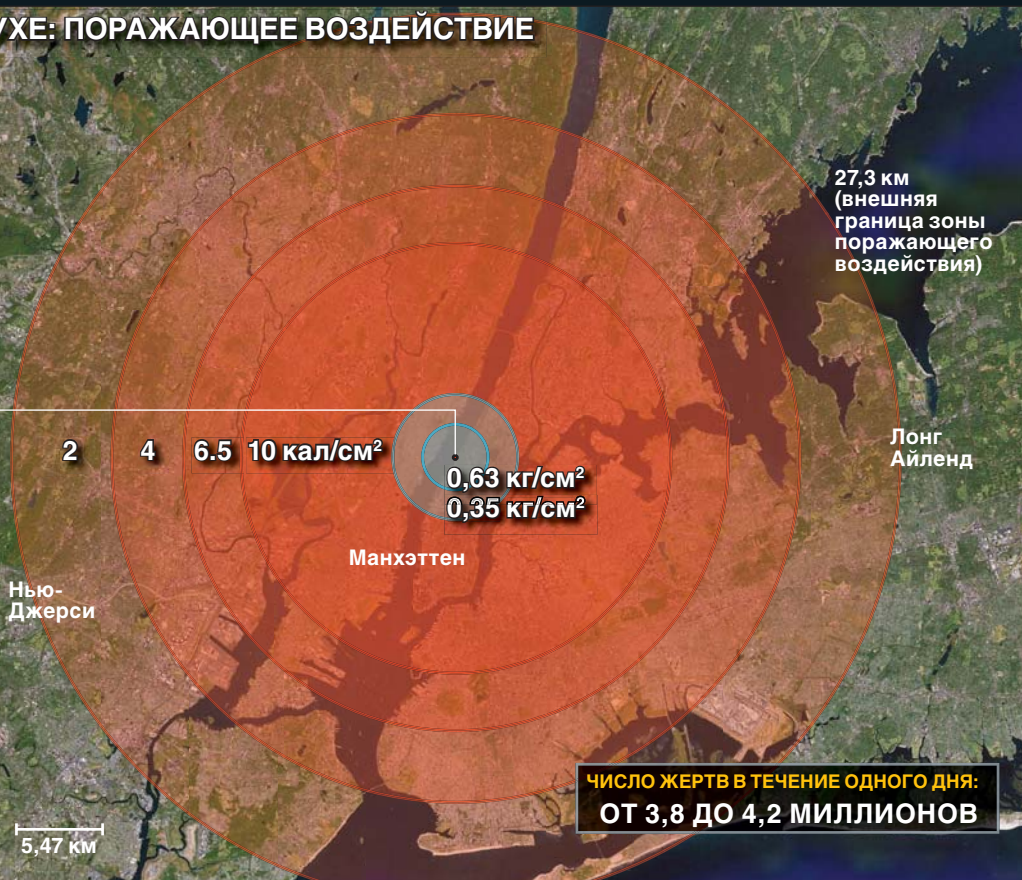
ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛОвого ИЗЛУЧЕНИЯ

10 калорий на квадратный сантиметр (кал/см²): сплошные пожары

6.5 ожоги третьей степени

4 ожоги второй степени

2 ожоги первой степени



ЧИСЛО ЖЕРТВ В ТЕЧЕНИЕ ОДНОГО ДНЯ: ОТ 3,8 ДО 4,2 МИЛЛИОНОВ

НАЗЕМНЫЙ ВЗРЫВ: РАДИАЦИОННОЕ ПОРАЖЕНИЕ

Жители Нью-Йорка, пережившие взрыв и пожары, а также жители пригородов, расположенных вдоль ветрового шлейфа, подвергнутся опасному воздействию радиации и последующих радиоактивных осадков. Показанная на карте зона выпадения радиоактивных осадков соответствует типичным погодным условиям.

48-ЧАСОВАЯ ДОЗА (рад)

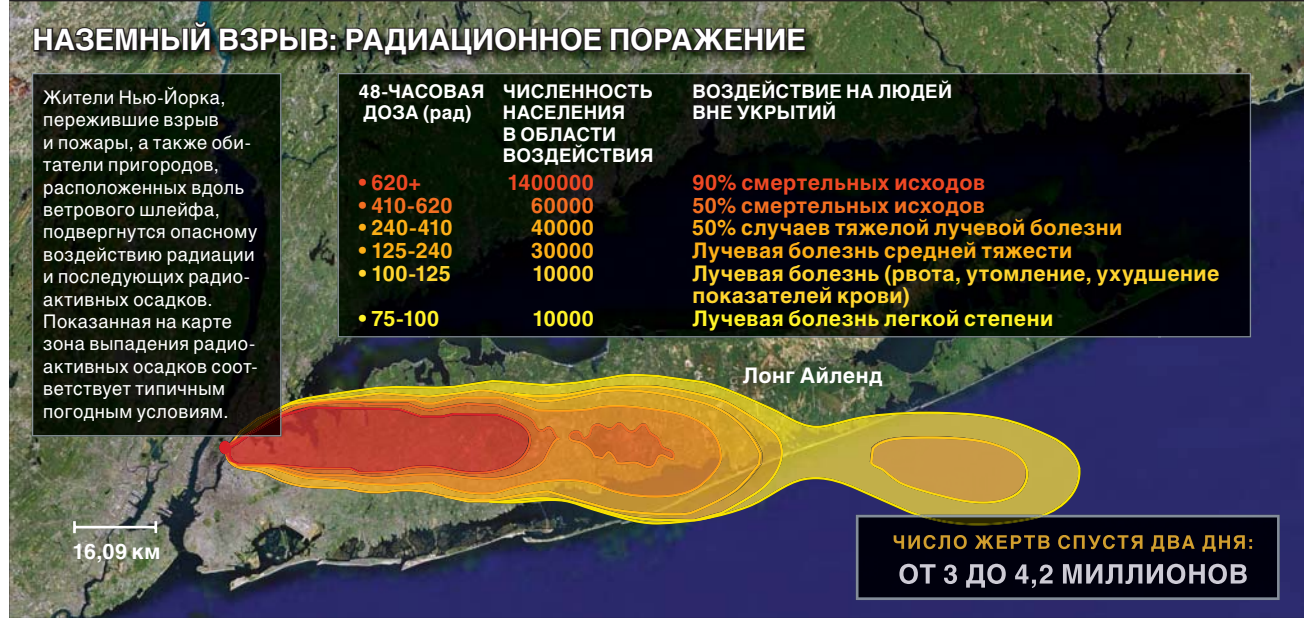
- 620+
- 410-620
- 240-410
- 125-240
- 100-125
- 75-100

ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ

- 1400000
- 60000
- 40000
- 30000
- 10000
- 10000

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛЮДЕЙ ВНЕ УКРЫТИЙ

- 90% смертельных исходов
- 50% смертельных исходов
- 50% случаев тяжелой лучевой болезни
- Лучевая болезнь средней тяжести
- Лучевая болезнь (рвота, утомление, ухудшение показателей крови)
- Лучевая болезнь легкой степени



ЧИСЛО ЖЕРТВ СПУСТЯ ДВА ДНЯ: ОТ 3 ДО 4,2 МИЛЛИОНОВ

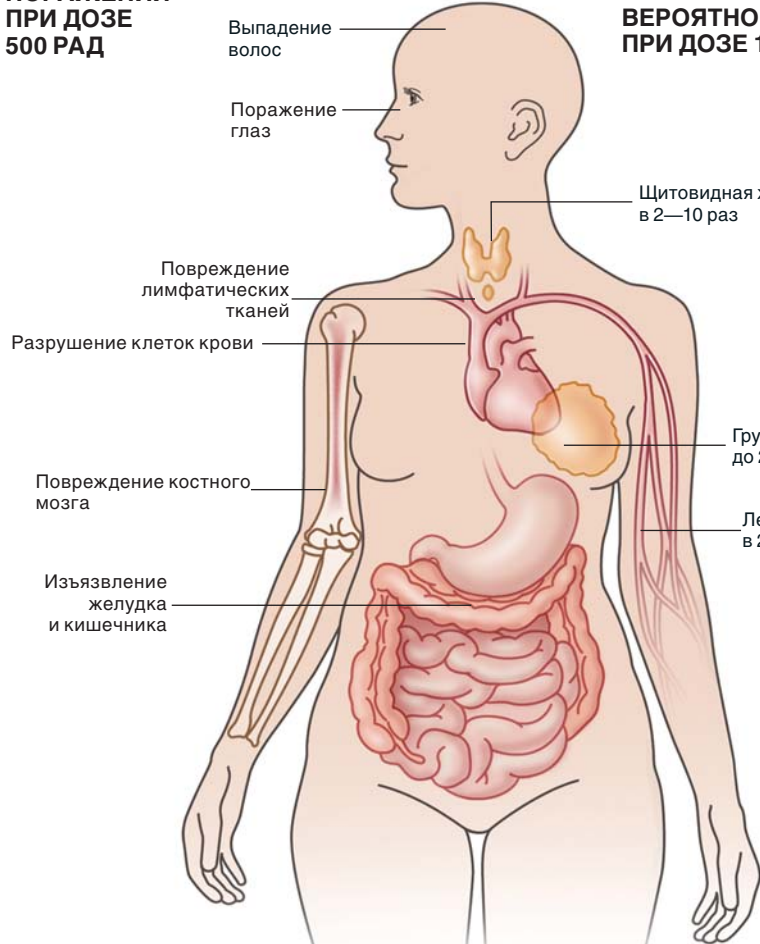
ЖЕРТВЫ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА МОЩНОСТЬЮ В ОДНУ МЕГАТОННУ



ЗАБОЛЕВАНИЯ ВЫЖИВШИХ

Наряду с миллионами погибших в первые мгновения после ядерного взрыва, еще миллионы будут искалечены и обожжены. Кроме того, у выживших будут наблюдаться серьезные последствия из-за радиоактивного облучения

ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ДОЗЕ 500 РАД



УВЕЛИЧЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ РАКА ПРИ ДОЗЕ 100 РАД

«Разбегающиеся люди были неузнаваемы; с их рук и подбородков свисала кожа; их красные лица обезображены так, что нельзя было понять, где были глаза и рты» — слова выжившего в Хиросиме

(цит. по книге Ричарда Родеса (Richard Rhodes) The Making of the Atomic Bomb)

«Меня десять раз госпитализировали с лучевой болезнью, трижды к моей постели для прощания вызывали мою семью. Признаюсь, мне надоело умирать» — выживший в Хиросиме Санао Цубои

(цит. по статье Торкил Крайтон (Torcuil Crichton) Hiroshima: The Legacy в британской газете Sunday Herald от 31 июля 2005 г)

© 2007 BLUESKY, INFOTERRA LTD., THE GEOINFORMATION GROUP, GOOGLE EARTH (London map), © 2007 DIGITAL GLOBE, TERRAMETRICS, GOOGLE EARTH (Delhi and Beijing maps); TAMI TOLPA (human body); SOURCES (MEDICAL); UNITED STATES ACTION; AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS; OTHER REPORTS

Дэвид Биелло

НУЖНЫ ЛИ НОВЫЕ боеголовки



Намерение правительства США разработать в течение 20 лет ядерные боеголовки нового типа вызывает много возражений

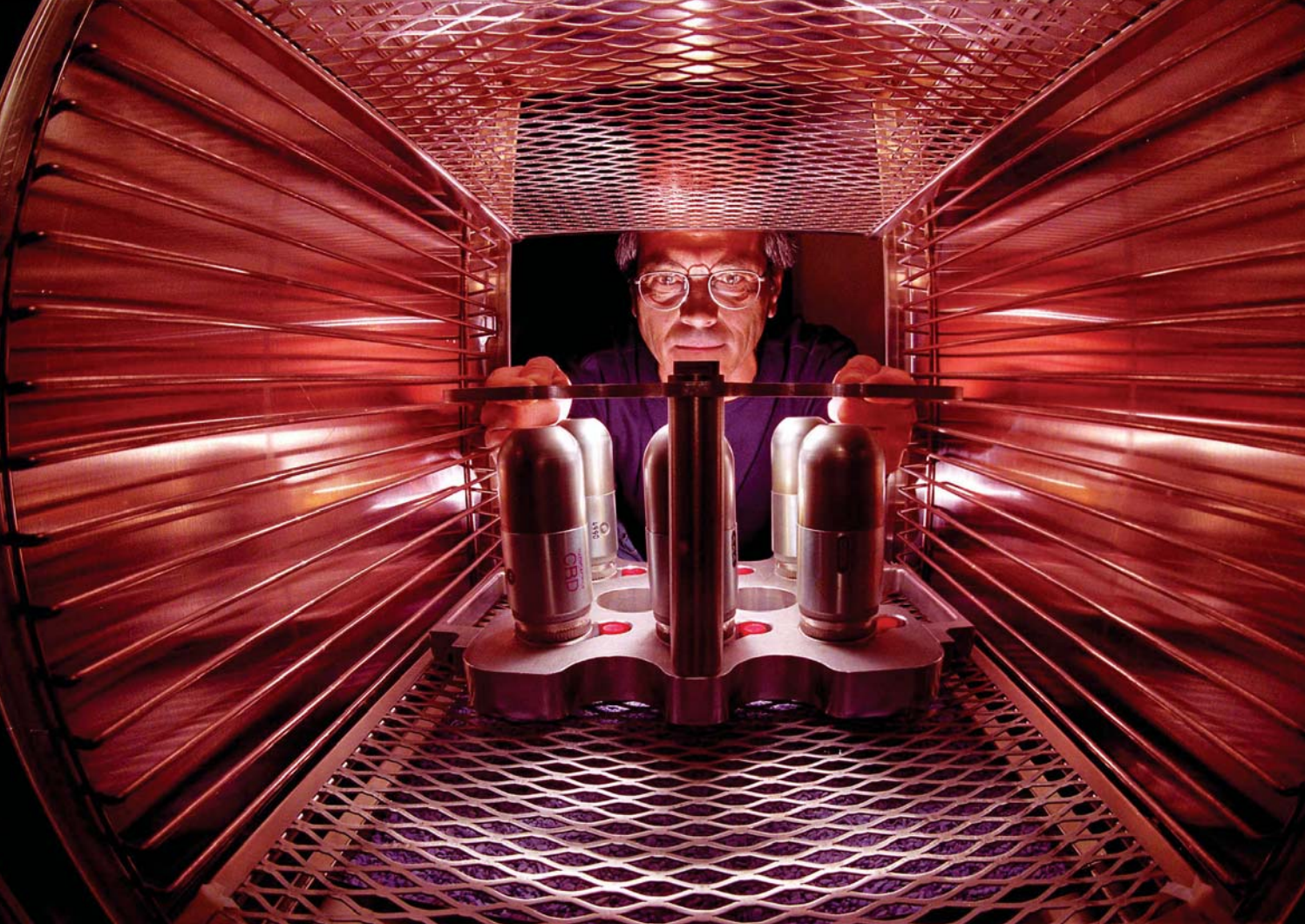
В настоящее время сотни американских ядерных боеголовок готовы нанести удары по целям в России так и в других странах. Несмотря на распад Советского Союза в 1991 г. и последовавшее прекращение проводимой во время холодной войны политики накопления вооружений, гарантировавших в случае войны взаимное уничтожение, США хранят на складах около 10 тыс. единиц ядерного оружия. При этом Россия, Китай, Франция, Индия, Израиль, Пакистан и Англия теперь стали скорее союзниками или, по крайней мере, не враждебно настроенными по отношению друг к другу конкурентами. У всех этих стран, за исключением России, относительно небольшие ядерные арсеналы. Северная Корея

и Иран, отношения которых с США характеризуются значительной напряженностью, пока не способны нанести массированный ядерный удар. Наибольшую опасность может представлять «грязная бомба», т.е. обычная бомба, начиненная радиоактивным материалом, или небольшое ядерное взрывное устройство. Ясно, что огромные ядерные арсеналы не могут служить надежной защитой от ядерного же оружия, которое может быть использовано террористами или негосударственными группировками.

В соответствии с обязательствами по Московскому договору о сокращении стратегических наступательных вооружений, США намерены сократить количество боеготовых ядерных боеголовок и бомб до 1700—2200 единиц. В то же время Министерство энергетики (МЭ) и Министерство обороны (МО), обеспокоенные тем, что в результате многолетнего хранения боеголовки могут частично утратить свою эффективность, предлагают провести их частичную за-

мену. Первыми в списке на замену стоят боеголовки W76, составляющие около трети общего количества этих устройств. Тридцатилетний гарантированный срок хранения наиболее старых из них заканчивается в 2008 г. При взрыве боеголовки W76, предназначенной для уничтожения таких целей как порты, военные базы и заводы, выделяется энергия, эквивалентная 100 тыс. тонн тринитротолуола (100 килотонн).

Три года назад МЭ и МО инициировали программу RRW (*Reliable Replacement Warhead* — надежная замещающая боеголовка). В марте прошлого года Ливерморская Национальная лаборатория им. Лоуренса в рамках инициативного проекта RRW выиграла конкурс по конструированию в течение 20 лет «замещающей боеголовки». Поскольку боеголовка RRW1, предназначенная для замены W76, должна обладать такой же мощностью, то ее принятие на вооружение не приведет к обострению стратегической ситуации в мире после холодной войны. Однако



многие наблюдатели выражают сомнение в необходимости ее создания. В настоящее время для W76 проводится программа продления гарантийного срока жизни, в результате которой будут переоснащены до 2 тыс. боеголовок. Кроме того, опасения, связанные с надежностью стареющих плутониевых компонентов в этих боеголовках, оказались безосновательными (вставка на стр. 32).

Тем не менее Национальная администрация по ядерной безопасности (НАЯБ) — подразделение МЭ, ответственное за ядерные вооружения, — предложила ряд мероприятий, направленных, в частности, на уменьшение риска возврата к проведению испытательных взрывов и на создание оружия, в котором сокращено использование токсичных материалов. Хотя финансирование программы RRW еще не утверждено, а некоторые части программы были подвергнуты сомнению или урезаны Конгрессом, к концу 2007 г. должны были быть готовы смета расходов и план производства. По мере старения складированных боеголовок пе-

ред правительством встают вопросы: каково предназначение американского ядерного арсенала, каков должен быть его состав и какое количество этого оружия необходимо?

То же старье?

Один из доводов правительства в пользу нового оружия состоит в том, что оно не требует новых испытаний: президент Билл Клинтон кодифицировал мораторий 1992 г. на запрет ядерных испытаний. Официальные представители НАЯБ утверждают, что RRW1 базируется на конструкции ранее испытанного оружия, хотя и включает в себя ряд новых компонентов. Согласно мнению Джона Харви (John Harvey), директора отдела планирования политики в НАЯБ, «форма и функционирование его те же, что и у существующего оружия».

Действительно, новая ливерморская боеголовка создана на базе старой, прошедшей более тысячи успешных испытаний до введения моратория. Брюс Гудвин (Bruce Goodwin), заместитель директора

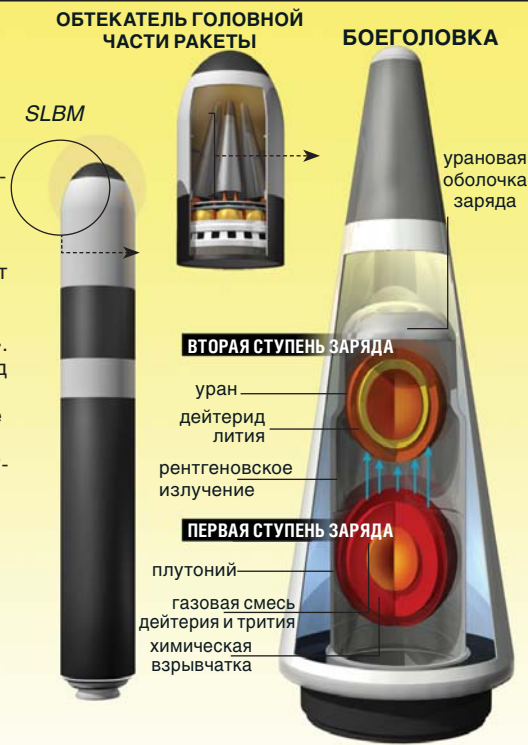
В рамках программы по продлению срока службы вооружений, созданных 30 лет назад, в Национальной лаборатории в г. Сандиа, техник проверяет импульсные нейтронные трубки для боеголовок W76



Подводная лодка класса «Огайо» несет баллистические ракеты с боеголовками W76

ДВОЙНОЙ УДАР

Современные боеголовки – это заряды термоядерного синтеза. В них заряд деления окружен специальными веществами, в которых при определенных условиях инициируется реакция ядерного синтеза. На начальной стадии взрыв обычной взрывчатки в первой ступени заряда сжимает плутоний, облучаемый нейтронами от специального запускающего «генератора». Происходит ядерный распад плутония с выделением энергии. Эта энергия в виде рентгеновского излучения направляется на вторую ступень заряда, содержащие элементы, способные к термоядерному синтезу. Реакция происходит между изотопами водорода (дейтерием и тритием) в заряде из дейтерида лития. В результате этой самоподдерживающейся реакции возникает термоядерный огненный шар



рой ступенью заряда, но оно никогда не использовалось в оружии. Как утверждают представители НАЯБ и Ливермора, результаты этих предварительных испытаний и компьютерного моделирования показали, что RRW1 не нуждается в дополнительных испытательных взрывах.

По словам Дж. Стивена Роттлера (J. Stephen Rottler), вице-президента по разработке вооружений и реализации продукции Национальной лаборатории в г. Сандия, усовершенствования, внесенные в конструкцию RRW1, должны повысить запас надежности данного оружия по сравнению с W76. Этой организации будет поручено внедрение RRW1 в ракетные системы вооружений. («Запас надежности» в данном случае характеризует вероятность взрыва с мощностью, меньшей номинальной; чем больше «запас надежности» устройства, тем вероятнее, что его мощность после длительного хранения останется такой же, как сразу после изготовления.)

Новая боеголовка будет больших габаритов и массы, и поэтому, по словам Роттлера и Гудвина, вероятность ее отказа будет меньше. Однако критики отмечают, что «запас надежности» может быть повышен и для существующего оружия за счет изменения состава и размещения так называемого бустерного газа — смеси трития и дейтерия, окружающей запал и усиливающей мощность взрыва. Они также утверждают, что ни одно ядерное устройство не было принято в США на вооружение без проведения испытательных взрывов. «Найдется ли где-нибудь командир, способный положиться на какое-либо оружие без его всесторонних испытаний? До сих пор такого не наблюдалось», — говорит Ханс Кристенсен (Hans Kristensen), директор ядерного информационного проекта в Федерации американских ученых (ФАУ), созданной разработчиками первой атомной бомбы в 1945 г. «Без испытаний вы не можете быть уверены, что не совершили ошибку. Существующее вооружение хорошо тем, что было испытано», — добавляет физик из Принстонского

Ливерморской лаборатории по оборонным и ядерным технологиям, замечает, что ключевой компонент оружия, плутониевый запал, «был четырежды успешно испытан, что для подобного устройства вполне достаточно, чтобы быть уверенным в его надежности».

Новая боеголовка будет работать практически так же, как любая другая водородная бомба. Делящийся запал, или первая ступень заряда, взрываясь, образует поток излучения в направлении окружающих его химических соединений, или второй ступени заряда. Это излучение запускает реакцию синтеза между изотопами водорода дейтерием и тритием, образующимися в облученном материале. В результате происходит термоядерный взрыв.

До сих пор было испытано всего несколько типов первых ступеней заряда. Одним из серии таких устройств, разработанных в Ливерморе в ходе программы ядерных испытаний 1980-х гг., является SKUA9. Целью испытаний была проверка совместимости SKUA9 со вто-

ЯДЕРНАЯ АРИФМЕТИКА

15 КИЛОТОНН

Эквивалент 15 тыс. тонн ТНТ. Мощность взрыва бомбы, сброшенной на Хиросиму в 1945 г.

50 МЕГАТОНН

Рекордная мощность взрыва, эквивалентная 50 млн тонн ТНТ. Мощность советской «Царь-бомбы», испытанной в 1961 г.

ОТ 1 ДО 475 КИЛОТОНН

Диапазон мощности ядерного оружия в арсенале США

университета Франк фон Хиппель (Frank von Hippel).

Создание лучшей бомбы

Кроме обеспечения достаточно-го запаса надежности, конструкторы RRW1 работают над еще одним усовершенствованием: исключением возможности самопроизвольного взрыва. Среди новых характеристик RRW1 будут как применение обычной взрывчатки с малой чувствительностью к внешним воздействиям, так и повышающие безопасность новые технологии. Во времена холодной войны усилия военных были направлены на повышение мощности взрыва путем объединения нескольких боеголовок в одном блоке с одновременным уменьшением его веса, что позволяло увеличить радиус зоны поражения. В настоящее время, по словам конструкторов, это направление стало не актуальным.

Другим способом повышения безопасности при хранении оружия на складах является использование в качестве обычной взрывчатки триаминотринитробензола (ТАТБ), который не может детонировать от удара или нагрева. «Мы спровоцировали удар взрывчатки по бетонному блоку, и взрыва не произошло — утверждает Гудвин из Ливермора. — Это соединение настолько безопасно, что на него можно вылить горящий бензин. А под пламенем паяльной лампы оно просто плавится». Однако клиенты в вооруженных силах считают, что в таких мерах безопасности нет необходимости. Так, в начале 1990-х гг. Военно-Морские силы отклонили предложение о замене обычной взрывчатки в боеголовках своих «Трайденгов» в связи с уверенностью, что соблюдаемые меры безопасности достаточны.

Дополнительная система безопасности, предусмотренная в RRW1 и отсутствующая в W76, — это «система разрешения действия» (*Permissive Action Link, PAL*), компьютерная система, требующая авторизации при приведении оружия в действие. Однако по словам Харви, эффективность оружия после внедрения по-

добных переделок невозможно проверить без ядерных испытаний.

Таким образом, вопрос о необходимости введения таких устройств, как PAL, остается открытым. Критики считают, что поскольку W76 находятся на подводных лодках или хранятся на хорошо оборудованных складах, то в таких мерах нет большой необходимости. По словам Кристенсена, программы продления срока службы для других типов ядерного оружия, таких как авиационная бомба B61, предусматривающие введение дополнительных мер безопасности, например усовершенствованную систему шифрования, были проведены без изменения их конструкции. «Существуют типы вооружений, разработанные еще в 1960-х и 70-х гг., в которых не предусматривались подобные системы безопасности, — говорит он. — Теперь их устанавливают без переделки самого оружия. Очевидно, что можно достичь чрезвычайно высокого уровня безопасности современных устройств без создания новых конструкций».

После террористической атаки 11 сентября 2001 г. США потратили

СКОЛЬКО ЭТО СТОИТ

\$6,5 МЛРД

Заявка НАЯД на финансовый 2008 г. на содержание складированного оружия

\$21 МЛРД

Стоимость обновления существующего комплекса вооружений — Джордж Аллен, директор Отдела усовершенствований НАЯД

\$5,8 ТРЛН

Приблизительная стоимость программы ядерных вооружений США — Стивен Шварц, Институт Брукинса

ДОВЕРЯЙ, НО ПРОВЕРЯЙ

В США сомнения в надежности устаревающего оружия привели к появлению программы надежной замены боеголовок (*Reliable Replacement Warhead, RRW*). Предполагалось, что деградация старых плутониевых зарядов приведет к тому, что они не смогут инициировать термоядерный взрыв. Однако подкритические испытания, компьютерное моделирование и другие исследования показали, что плутониевые запалы, установленные в боеголовках W76, прослужат по крайней мере еще сто лет. Поэтому рекомендуется проводить рутинные мероприятия, такие как замена внешних цепей и устройств, в рамках программы поддержки боеготовности.

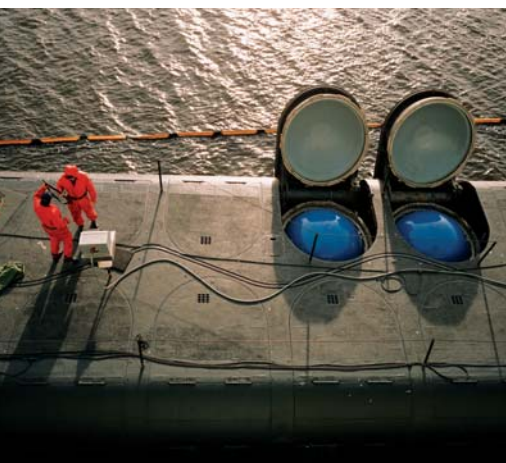
Ряд ученых, наиболее известный из них — Ричард Морз (Richard Morse), бывший руководитель группы по конструированию бомб, — считают, что сама по себе конструкция W76 имеет изъяны. Тонкая урановая оболочка, окружающая заряд, не сможет удерживать давление взрыва достаточно долго, чтобы его энергия смогла начать реакцию синтеза во второй водородной ступени.

Однако многие специалисты отрицают этот так называемый эффект Морза, ссылаясь на ряд успешных испытаний этого оружия в 1980-х гг.

Сама по себе программа продления срока службы может вызвать проблемы надежности. Замена устаревающих частей вызывает внутренние изменения в оружии. Дж. Стивен Роттлер, вице-президент по производству и реализации оружия Национальной лаборатории в г. Сандия, говорит: «Я под дулом пистолета не использовал бы запал, сделанный в 1980-х гг. Поэтому придется или отказаться от этого оружия, или испытать его. Однако и то и другое неприемлемо».

миллионы долларов на повышение безопасности хранилищ ядерного оружия, но при этом остается открытым вопрос о несанкционированном приведении в действие такого оружия. «Я не знаю никого, кто бы подвергал сомнению безопасность ядерного оружия США», — заявляет Айвен Эрлих (Ivan Oerlich), вице-президент ФАУ по программам стратегической безопасности. С этим согласен комитет экспертов, собранный для оценки программы *RRW*, отметивший в своем докладе, что такие системы, как *PAL*, не снизят необходимость обычных мер обеспечения безопасности, таких как ограждения, ворота, охранники и пистолеты. По мнению комитета, ужесточение безопасности необходимо в исключительных случаях, например при транспортиров-

С ЗЕМЛИ, С ВОЗДУХА ИЛИ МОРЯ.
Запуск оружия возмездия может быть произведен из наземных шахт (не показано), с подводных лодок (вверху), или с самолета (внизу)



ке оружия из одних мест хранения к другим, чтобы исключить угрозу хищения.

«Зеленая» ядерная боеголовка

В *RRW1* не будут использованы некоторые токсические вещества, такие как бериллий, хрупкий канцерогенный металл, который отражает нейтроны, испускаемые при взрыве и иницилирующие термоядерную цепную реакцию. «Благодаря снижению требований к весу устройств мы можем использовать более тяжелые, но менее вредные материалы», — говорит Гудвин. — Мы сможем исключить все этапы производства, на которых образуются 96% радиологически опасных отходов, подлежащих захоронению, и заменить их процессами, в которых не используется бериллий и образуются нетоксичные и полностью рекуперированные отходы». Из соображений секретности Гудвин не назвал заменяющее вещество и механизм его действия. Кроме того, следует иметь в виду, что в любом ядерном оружии используется плутоний, который при неправильном обращении с ним может быть смертельно опасным.

Переход на новые боеголовки потребует реконструкции всех заводов, связанных с производством ядерных вооружений, таких как *Pantex* в Амарилло, штат Техас, завод в Канзас-Сити, штат Миссури, и *Y-12* в Ок-Ридже, штат Теннесси. По словам Гудвина, все они уже стали «антиквариатом», некоторые из них построены еще в 1940-х гг. В апреле 2007 г. администрация Буша объявила план постройки комплекса, в котором будут производиться все компоненты новых боеголовок. По предполагаемой дате его завершения он назван «Комплексом 2030».

Даже если сроки ввода «Комплекса 2030» будут сокращены, осуществление программы *RRW* потребует перестройки существующей инфраструктуры, в том числе удвоения объема сборочных работ на заводе *Pantex*, а также значительного роста производства плутониевых запалов на площадке *TA-55* в Лос-Аламосе, где в июле впервые за 18 лет на-

чалось производство новых первых ступеней.

Кроме сомнений в необходимости создания новых ядерных боеголовок, беспокойство критиков вызывает объем инвестиций в создаваемую инфраструктуру в дополнение к стоимости уже запланированных вложений в усовершенствование *W76* и других типов вооружений. При этом никто не знает, во что обойдутся и *RRW1*, и «Комплекс 2030». Детальная смета стоимости программы *RRW* должна была быть готова к концу 2007 г., после того как инженеры завершат свои расчеты. Пока же нельзя определить, позволит ли программа *RRW* сократить расходы, или станет дополнительным финансовым бременем к тем \$6,5 млрд, которые необходимы для содержания хранилищ в 2008 г.

По словам Роттлера из Сандии, замена *W76* может начаться в 2012 г., если хватит средств, выделенных Конгрессом. НАЯД запросило \$88 млрд на опытно-конструкторские работы по проекту *RRW1*. Откуда же возьмутся эти деньги? «Из программы по увеличению срока службы *W80*, другого типа ядерного оружия», — отвечает Роберт Нельсон (Robert Nelson) из «Союза обеспокоенных ученых», независимой научной и адвокатской организации. — У нас вызывает беспокойство долговременная надежность хранилищ, однако реализация программы *RRW* сократит расходы именно на поддержание надежности».

Конечная цена

Как сторонники, так и оппоненты программ *RRW* и «Комплекс 2030» уверены, что в случае одобрения их Конгрессом потребуются еще миллиарды на переоснащение производственной инфраструктуры. И члены Подкомитета Палаты представителей по финансированию развития энергетики и водных ресурсов от обеих партий скептически отнеслись к этой программе и стратегии ее проведения в том виде, в каком они были представлены в июльском докладе МО и МЭ. В письменном заявлении председателя сессии

этого комитета Пита Висклоски, члена Палаты представителей от Индианы, говорится: «Хотя много времени и сил было потрачено на определение лучшей конструкции новой боеголовки, не было уделено должного внимания вопросу о том, нуждаются ли сейчас Соединенные Штаты в ее создании. Без обдуманной оборонной стратегии, определяющей будущие действия, возникающие угрозы и величину запасов, необходимых для обеспечения стратегических целей США, Конгресс не сможет взять на себя ответственность утвердить требуемое финансирование». При этом в Ливерморе считают, что RRW не смогут храниться на складах дольше, чем существующие типы боеголовок, а это через несколько десятилетий приведет к необходимости разработки RRW для RRW.

Планируемая замена W76 на RRW1 — только начало. Вероятным кандидатом на замену боеголовки RRW2 являются боеголовки W78, установленные на межконтинентальных баллистических ракетах наземного базирования. НАЯД уже начал изучать возможности создания замещающих боеголовок для ракет «воздух-земля». Ни Министерство обороны, ни НАЯД не могут сказать, сколько RRW может быть действительно необходимо.

Надежное сдерживание

Программа создания «замещающего вооружения» может оказать сильнейшее воздействие на ситуацию с ядерным оружием в мире. Англия, Франция, Россия и Китай уже выполняют или планируют свои программы модернизации, однако создание в Соединенных Штатах RRW1 может стать сигналом для других стран. «Если США, сильнейшая страна в мире, приходит к выводу, что она не может защитить свои жизненные интересы без опоры на обновленное ядерное вооружение, то для других стран это послужит явным признаком того, что ядерное оружие так же важно, и даже необходимо, для обеспечения их безопасности», — заявил в марте на конференции Американ-



В арсеналах США находятся девять типов бомб и боеголовок, включая эти авиационные бомбы B83, и все нуждаются в постоянном уходе

ского физического общества Сидни Дрелл (Sidney Drell), эксперт по контролю над вооружениями, физик из Стэнфордского центра линейных ускорителей (SLAC).

По этим причинам бывшие государственные секретари Генри Киссинджер и Джордж Шульц, бывший министр обороны Уильям Перри (William Perry), а также экс-сенатор от штата Джорджия Сэм Нанн (бывший председатель Сенатского комитета по вооружениям) выступили за уничтожение ядерного оружия. В редакционной статье в *Wall Street Journal* они написали: «Мы провозглашаем своей целью мир, свободный от ядерного оружия, и энергично работаем для достижения этой цели».

В общем аспекте в основе программы RRW лежит более фундаментальная цель: сохранить для США возможность создания и применения ядерного оружия, если в отдаленном будущем снова возникнет такая необходимость. «Мы хотим, чтобы ученые и инженеры не теряли квалификации, — говорит Харви. — Люди, занимавшиеся этим в годы холодной войны, скоро уже уйдут на пенсию. Нам нужно обучить молодежь именно сейчас, чтобы старое поколение могло за ними присматривать». Физик Боб Сайвиак (Bob Civiak), бывший аналитик по вопросам бюджета

и политики в Отделе по менеджменту и бюджету США добавляет: «Поддерживать в состоянии готовности имеющееся у нас ядерное оружие способны производственные предприятия. Из-за этого наши лаборатории оказываются не у дел, и именно поэтому мы проводим программу RRW».

Действительно разумным доводом в пользу программы RRW является, таким образом, обновление кадров ученых, инженеров и техников — и сохранение тем самым способности создавать новое ядерное оружие. А вот его необходимость еще остается предметом споров. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Pit Lifetime. Mitre Corporation, 2006. Available as a PDF at www.fas.org/irp/agency/dod/jason/pit.pdf
- The Reliable Replacement Warhead Program: Background and Current Development. Congressional Research Service Report for Congress, 2007. Available at www.fas.org/sgp/crs/nuke/RL32929.pdf
- United States Nuclear Weapons Program: The Role of the Reliable Replacement Warhead. AAAS Center for Science, Technology and Security Policy, 2007. Available at <http://cstsp.aaas.org/content.html?contentid=899>

Патрик Абишер и Энн Като

БОЛЕЗНЬ ЛУ ГЕРИГА: есть ли спасение?

Найдены новые подходы к лечению страшной болезни, считавшейся до недавнего времени неизлечимой

Официальное название заболевания — боковой амиотрофический склероз (БАС), однако в США оно больше известно под названием «болезнь Лу Герига». Это прогрессирующее нейродегенеративное расстройство было диагностировано в 1939 г. у легендарного американского бейсболиста с таким именем, полевого игрока команды «Нью-Йорк Янкиз», прожившего после появления первых симптомов всего два года. БАС начинается с повреждения нервных клеток, идущих от головного и спинного мозга к мышцам всех органов и тканей. Когда так называемые двигательные нейроны погибают, головной мозг оказывается не в состоянии управлять работой мышц, и наступает полный паралич.

Патогенез бокового амиотрофического склероза, впервые описанного в 1869 г. французским врачом Жаном-Марином Шарко, до конца не установлен. Раньше думали, что заболевание встречается крайне редко, позже мнение изменилось: в США ежегодно диагностируется примерно 5 тыс. новых случаев БАС, а всего в стране этим недугом страдают 30 тыс. человек. Обычно он развивается в возрасте от 40 до 70 лет. Среди знаменитостей, страдавших БАС, — английский актер Дейвид Нивен, советский композитор Дмитрий Шостакович, китайский лидер Мао Цзэдун. Ученые обнаружили необычайно много боль-

ных среди итальянских футболистов, ветеранов войны в Персидском заливе и жителей острова Гуам в Тихом океане. Причина этого странного явления пока не известна.

В прощальной речи на стадионе «Янки» в Нью-Йорке Гериг назвал свою болезнь «простым невезением», что, конечно, далеко от истины. Большинство больных умирает в течение трех-пяти лет после того как им поставлен диагноз. (Одно из немногих исключений — знаменитый физик-теоретик Стивен Хокинг; который болен уже более 40 лет и до сих пор успешно работает в области космологии и теории гравитации.) До недавнего времени у врачей и ученых не было никаких идей относительно способов борьбы с БАС, и только в последние годы стало ясно, почему у заболевших разрушаются двигательные нейроны. Появилась надежда, что в ближайшем будущем удастся разработать методы терапии, которые

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Боковой амиотрофический склероз (БАС) — заболевание, при котором происходит дегенерация двигательных нейронов. В течение трех-пяти лет после появления первых симптомов наступает полный паралич, и больной умирает. В США самой известной жертвой БАС стал легендарный игрок бейсбольной команды «Нью-Йорк Янкиз» Лу Гериг.
- Долгое время происхождение болезни оставалось тайной, к разгадке которой исследователи не могли даже подступиться. Однако в последнее время благодаря опытам на животных удалось найти способы замедления патологического процесса, основанные на защите аксонов двигательных нейронов.
- В настоящее время идет подготовка к проведению клинических испытаний данных подходов на больных БАС.



Значительного прогресса в поисках методов лечения БАС удалось достичь после того как было обнаружено, что дегенерация двигательных нейронов начинается с нервных окончаний аксона — основного отростка нервной клетки, и далее процесс распространяется на всю клетку вплоть до ее тела

смогут замедлять прогрессирующее заболевание, а возможно, и предупредить его.

Болезнь, сокращающая все на своем пути

Представление о том, что такое боковой амиотрофический склероз, дает само название болезни. «Амиотрофический» состоит из трех греческих слов. «А» — отрицание, «мио» — относящийся к мышцам, «трофика» — питание. Таким образом, мышцы у больных БАС испытывают дефицит питательных веществ, а потому атрофируются. Слово «боковой» указывает на область спинного мозга, в которой располагаются погибшие участки нервных клеток. С дегенерацией данной области происходит ее уплотнение («склероз» как раз и означает «затвердевание»). Возможно, самой ужасной особенностью заболевания является то, что больной не утрачивает умственных способностей и осознает все, что с ним происходит.

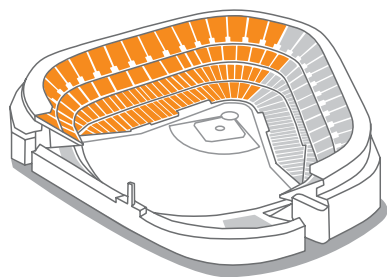
Наиболее распространена спорадическая форма БАС. Кажется, что болезнь может настичь кого угодно и в любое время. Наследственная форма встречается лишь у 5—10% больных. Ранние проявления заболевания у разных пациентов могут быть неодинаковы, но обычно все начинается со слабости в руках и ногах, речевых расстройств, мышечных судорог, ограниченности движений. Как только затрагиваются дыхательные мышцы, больного помещают в стационар и переводят на искусственную вентиляцию легких.

При БАС поражаются только двигательные нейроны, а чувствительность, слух, вкусовые ощущения и обоняние сохраняются. Однако мотонейроны, ответственные за произвольные движения глаз и мочеиспускание, по неизвестным причинам долгое время остаются интактными. Хокинг, например, до сих пор контролирует сокращение глазных мышц; одно время он использовал для коммуникации брови, поднимая или опуская их в определенных ситуациях. Он может также шевелить двумя пальцами правой руки и использует их для управления синтезатором речи. Администрация по контролю над пищевыми продуктами и лекарственными средствами США (FDA) одобрила применение лишь одного препарата для лечения БАС. Это рилузол, вещество, продлевающее жизнь на несколько месяцев; скорее всего его действие состоит в подавлении образования вредных химических соединений, повреждающих двигательные нейроны.

Что же нам известно о происхождении заболевания? Существует множество гипотез, в их числе — инфекции, влияние наследственных факторов, нарушение работы иммунной системы и химического равновесия в организме, действие токсичных веществ, недостаточное питание. Что именно запускает патологический процесс, остается загадкой. Некоторый прогресс наметился в 1993 г., когда группа генетиков и клиницистов обнаружила ген, ассоциированный с одной из форм наследственного БАС. Он кодирует фермент супероксид-дисмутазу (SOD1), защищающий клетки от свободных радикалов (высоко реакционноспособных веществ, образующихся, в частности, в ходе нормальных метаболических процессов).

СОВСЕМ НЕ РЕДКОСТЬ

Когда-то боковой амиотрофический склероз считался крайне редким заболеванием, но потом выяснилось, что в одних только США число больных приближается к 30 тыс.



Затем было идентифицировано более 100 мутаций в гене фермента, приводящих к развитию БАС. Не понятно только, почему изменения в структуре этого вездесущего белка приводят к специфическим повреждениям единственного типа клеток нервной системы. В последнее время появился целый ряд свидетельств в пользу того, что мутации в гене *SOD1* обуславливают появление у кодируемого им фермента деструктивных свойств.

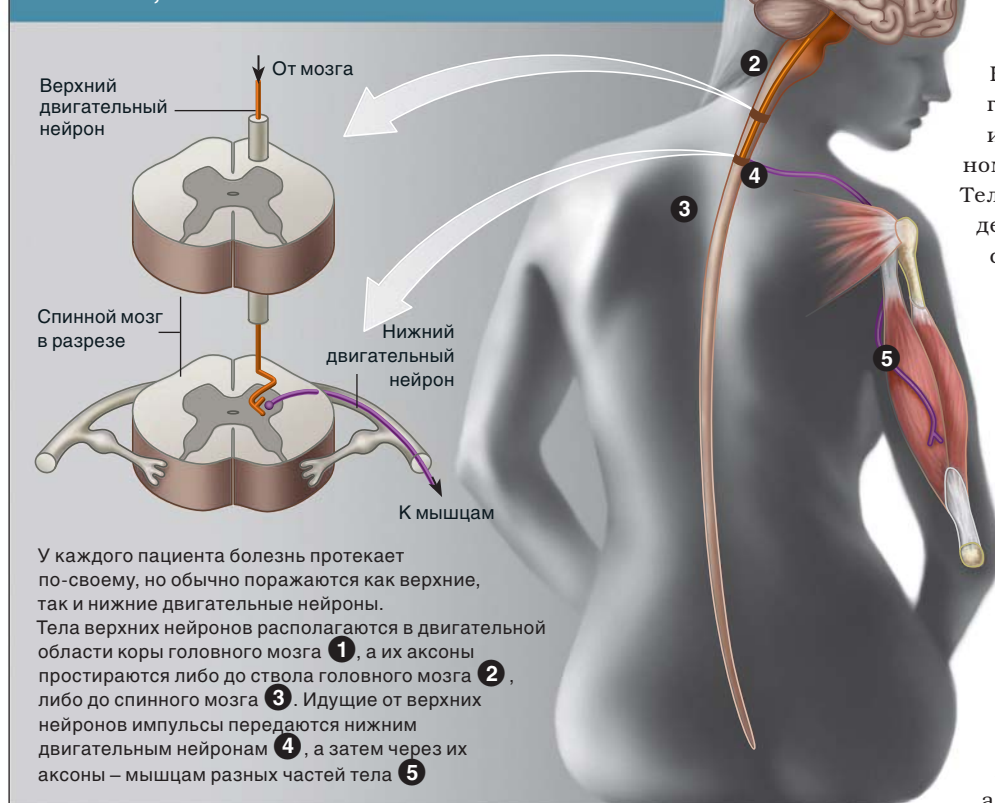
Встраивание мутантного *SOD1*-гена в геном разных лабораторных животных позволило получить линии грызунов, у которых наблюдались симптомы, сходные с таковыми при БАС. Ученые смогли проследить весь ход патологического процесса, что привело к появлению огромного числа публикаций, посвященных исследованию патогенеза данного заболевания. После идентификации других генов, тоже опосредующих гибель двигательных нейронов, в качестве моделей

стали применяться самые разные экспериментальные животные, что дало возможность проверить множество гипотез, выдвинутых за все годы изучения природы БАС.

Становится все более очевидно, что дегенерация двигательных нейронов протекает по особому механизму, отличному от такового у других нейронов. У этих нервных клеток необычайно длинный аксон — основной отросток, отходящий от тела мультиполярного нейрона; у людей высокого роста он достигает длины в один метр (рис. внизу). На самом конце аксон разветвляется, и каждая «веточка» присоединяется к мышечной клетке. Структура, обеспечивающая функциональную связь нервных клеток между собой и с другими клетками (в нашем случае — мышечными), называется синапсом. Связь устанавливается с помощью высвобождаемых в синаптическую щель веществ — нейромедиаторов.

Долгое время считалось, что разные составляющие двигательных нейронов отмирают одновременно и одинаковым способом. Выяснилось, однако, что гибель каждой из них происходит по своему, отличному от других, механизму. Тело нейрона (структура, содержащая ядро) подвергается саморазрушению (апоптозу). Оно распадается на части, которые обволакиваются мембранами и удаляются из организма. Аксон разрушается другим способом, а синапс — третьим. По имеющимся данным, в случае БАС отмирание нервных клеток начинается в области синапсов, поэтому все усилия ученых направлены сейчас на поиски средств, которые могли бы защитить от разрушения именно эти структуры, а не только тела клеток.

МИШЕНИ, КОТОРЫЕ ПОРАЖАЮТСЯ ПРИ БАС



Механизмы разрушения

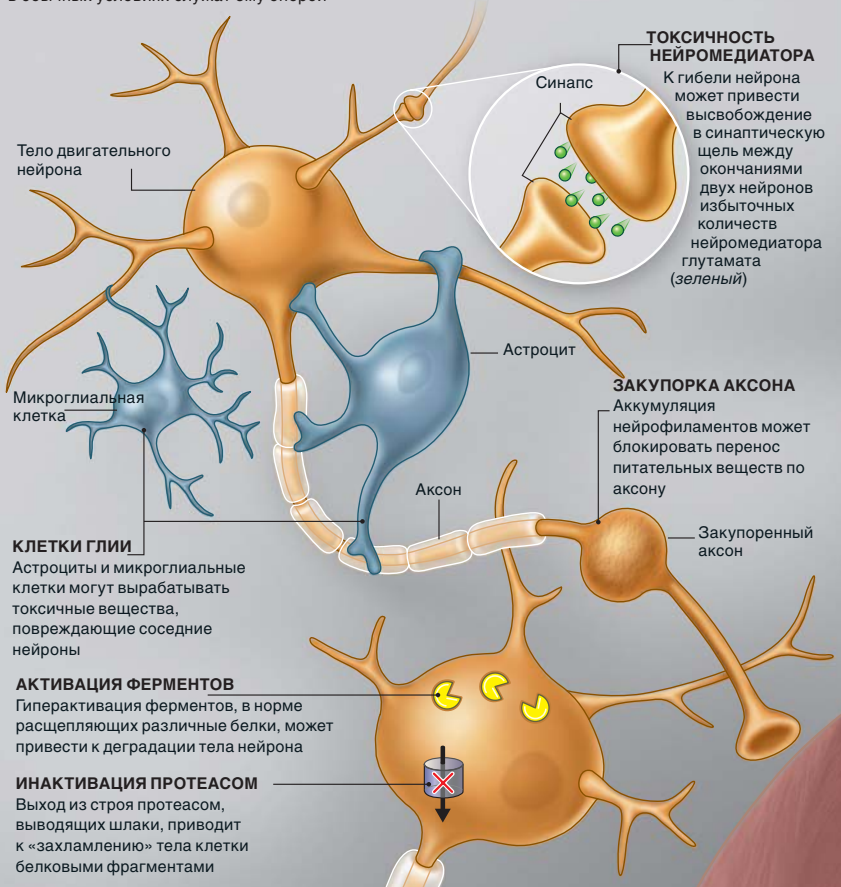
Одни двигательные нейроны повреждаются при БАС в большей степени, чем другие. Почему это происходит, становится понятно только сейчас. Недавно Пико Карони (Pico Caroni) вместе с коллегами из Института Фридриха Мишера в Швейцарии занялись составлением карты распространения нервного импульса по двигательному нейрону к мышцам у мышей. Для этого они получили генетически модифицированных грызунов, у которых аксоны отдельных двигательных нейронов несли флуоресцентные метки. Нейроны, соединяющиеся с мышцами конечностей, подразделяются на три типа. Первые иннервируют быстро сокращающиеся и быстро утомляющиеся (FF) мышечные волокна, ответственные за энергичные движения рук и ног. Вторые контролируют работу быстро сокращающихся и устойчивых (FR) волокон, образующих меньшие по размерам мышцы конечностей, а третьи — медленно сокращающихся (S) волокон, которые постоянно находятся в тонусе и обеспечивают, например, вертикальное положение головы.

В ходе исследований Карони обнаружил, что нейроны, контролирующие FF-волокна, при БАС подвергаются дегенерации в первую очередь. FR-нейроны перестают функционировать позднее, а нейроны S остаются интактными почти до конца. Такая картина полностью соответствует последовательности возникновения симптомов у больных БАС, что свидетельствует о сходстве патогенеза у человека и животных.

Джошуа Сейнс (Joshua Sanes) и Джефф Лихтман (Jeff Lichtman) из Гарвардского университета использовали аналогичный подход, исследуя аксоны с флуоресцентной меткой у живых мышей, несущих мутантный ген *SOD1*, с помощью замедленной фотосъемки. Таким способом можно было отличить дегенерирующие двигательные нейроны от тех, в которых наблюдаются признаки регенерации. Сейнс и Лихтман пришли к выводу, что двигательные нейроны одного типа мож-

ИЗОЩРЕННЫЙ УБИЙЦА

Механизмы дегенерации двигательных нейронов у больных боковым амиотрофическим склерозом весьма многообразны. Каждый участок нейрона (тело, аксон и т.д.) «умирает» по-своему. Свой вклад в патологический процесс вносят и окружающие нейрон глиальные клетки, которые в обычных условиях служат ему опорой



но подразделить на две группы: одни при БАС фрагментируются настолько, что их связь с мышцами полностью утрачивается, другие пытаются образовать новые ответвления. Выяснив, почему нейронам второй группы удается компенсировать дефект и в результате выжить, можно будет попытаться найти новые способы борьбы с БАС.

Как показали опыты на животных, для того чтобы увеличить продолжительность жизни больных, необходимо обеспечить защиту от повреждений как аксонов, так и тел двигательных нейронов. Эти наблюдения подтверждают идею, что в основе гибели разных частей данных клеток лежат разные молекулярные процессы. В аксоне в большом ▶

ОБ АВТОРАХ

Патрик Абишер (Patrick Aebischer) и **Энн Като** (Ann Kato) работают совместно с 1993 г. Они исследуют причины развития бокового амиотрофического склероза. Последние семь лет Абишер возглавлял Федеральный технологический университет в Лозанне; он является также заведующим лабораторией в Институте мозговой деятельности при этом университете. Като в течение 30 лет работает на медицинском факультете Женевского университета. Оба автора занимаются поисками способов замедления патологических процессов при БАС, проводя эксперименты на генетически модифицированных мышах.

Достигнут большой прогресс в исследовании механизмов дегенерации двигательных нейронов больных боковым амиотрофическим склерозом

количестве представлены так называемые нейрофиламенты — белковые образования, отвечающие за сохранность его структуры. По неизвестным причинам, чем больше их в аксоне, тем больше его диаметр и степень повреждения при БАС. Исследователи из Квебекского университета показали, что при аномально высоком содержании нейрофиламентов в аксоне блокируется транспорт питательных и других веществ от тела нейрона к синапсу. Нарушение транспортных процессов, по-видимому, приводит к гибели тела двигательного нейрона. Мутациями в гене, кодирующем белки нейрофиламентов, обуславливается примерно 1% всех случаев заболевания БАС. В теле двигательных нейронов должно вырабатываться огромное количество энергии, которая обеспечивала бы функционирование чрезвычайно длинного ак-

сона и синаптических окончаний. Образующиеся здесь митохондрии («энергетические фабрики» клеток) транспортируются вниз по аксону, а такие важные вещества, как факторы роста, поступают от периферической части нейрона к его телу. Поломка в любом звене транспортной системы может привести к сбою в работе двигательного нейрона.

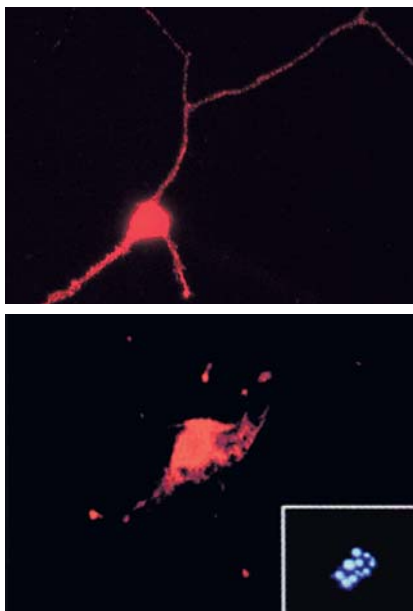
До недавнего времени считалось, что повреждения в двигательных нейронах у больных БАС возникают исключительно в результате внутренних процессов. Однако, согласно последним данным, участие в этом могут принимать прилегающие к ним глиальные клетки, которые в норме поддерживают структуру нейронов и питают их. Например, БАС не развивается у мышей с определенной мутацией в *SOD1*-гене, если мутантный фермент образуется только

в двигательных нейронах или только в соседних глиальных клетках. Более того, исследователи из Калифорнийского университета в Сан-Диего показали, что интактные глиальные клетки способствуют восстановлению поврежденных двигательных нейронов, и наоборот — если глиальные клетки поражены, они вызывают дегенерацию здоровых двигательных нейронов. Таким образом, очевидно, что в развитии БАС участвуют оба типа клеток.

Что там, за горизонтом?

Есть ли надежда, что когда-нибудь будут найдены эффективные способы лечения больных боковым амиотрофическим склерозом? В настоящее время уже идентифицирован ряд веществ, способных защищать от повреждений аксоны двигательных нейронов. Среди них — белок под названием цилиарный нейронный фактор, который поддерживает в жизнеспособном состоянии как двигательные, так и сенсорные нейроны. Далее, показано, что глиальные клетки вырабатывают нейротропное вещество, предотвращающее саморазрушение тел нейронов, но не влияющее на жизнеспособность аксонов.

В поисках молекул, защищающих аксоны, группа исследователей под руководством Джеффри Милбранта (Jeffrey Milbrandt) из Университета Вашингтона в Сент-Луисе решила использовать мутантных мышей *WldS* (от *slow Wallerian degeneration*, валлеровское перерождение), которые обладают врожденной способностью к защите аксонов, обусловленной слиянием двух разных генов. Эти гены совместно кодируют химерный белок, один из фрагментов которого необходим для эффективной работы клеточной системы выведения шлаков и функционирования фермента, который ускоряет синтез никотинамидадениндинуклеотида (НАД), участвующего во многих метаболических процессах в клетке. У мышей *WldS* аксоны поврежденных нервных клеток выходят из строя гораздо медленнее, чем у обычных животных.



В норме двигательные нейроны (вверху справа) имеют длинные отростки (аксоны) и четко очерченные тела. У поврежденных нейронов (внизу справа) контуры тел размыты, а отростки фрагментированы. ДНК таких нервных клеток находится в конденсированном состоянии (вставка). Большинство больных БАС умирают в течение пяти лет после начала болезни, но знаменитый физик-теоретик Стивен Хокинг (справа) живет уже более 40 лет

РАЗЛИЧНЫЕ НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Нейрофизиологи надеются, что исследование патогенеза БАС и поиски способов его лечения помогут справиться с другими неврологическими заболеваниями. Ниже перечислены основные из них

БАС

Возраст, в котором начинается заболевание:

обычно 40—60 лет

Время жизни:

обычно от трех до пяти лет

Генетическая обусловленность:

10% случаев

Поражаемые нейроны:

двигательные

Число больных в США: 30 тыс.

БОЛЕЗНЬ ХАНТИНГТОНА

Возраст, в котором начинается заболевание:

обычно около 40 лет

Время жизни: примерно 14 лет

Генетическая обусловленность:

100%

Поражаемые нейроны:

в полосатом теле (в глубине каждого полушария)

Число больных в США: 30 тыс.

БОЛЕЗНЬ ПАРКИНСОНА

Возраст, в котором начинается заболевание:

обычно между 40 и 70 годами

Время жизни: примерно 10—20 лет

Генетическая обусловленность:

примерно 10% случаев

Поражаемые нейроны:

черная субстанция (часть среднего мозга)

Число больных в США: 1 млн

БОЛЕЗНЬ АЛЬЦГЕЙМЕРА

Возраст, в котором начинается заболевание:

обычно между 60 и 70 годами

Время жизни: от 5 до 20 лет

Генетическая обусловленность:

5—10%

Поражаемые нейроны:

кора головного мозга и гиппокамп

Число больных в США: 5 млн

ПРОНИКНУТЬ В БОЛЬНОЙ МОЗГ

Не дожидаясь, пока будут найдены эффективные способы лечения БАС, исследователи и инженеры занимаются разработкой электронных устройств, способных регистрировать сигналы, которые посылает мозг парализованного больного. Такие устройства позволяют пациентам общаться с окружающими и управлять вспомогательными приспособлениями. Одни из так называемых интерфейсов мозг-компьютер (*brain-computer interface, BCI*) предполагают хирургическую имплантацию электродов, которые улавливают сигналы, исходящие от небольших групп нейронов в двигательной области коры головного мозга. Другие используют электроды, фиксируемые на черепе, которые регистрируют волны электрической активности от миллионов нервных клеток. Нейрофизиологи Джонатан Вулпо (Jonathan Wolpaw), Тереза Вон (Theresa Vaughan) и Эрик Селлерз (Eric Sellers) из Центра Уодсуорта при Департаменте здравоохранения штата Нью-Йорк в Олбани создали *BCI* специально для страдающих БАС, который

улавливает сигналы, возникающие в тот момент, когда больной сосредоточивает внимание на каком-либо объекте. Пациенту предъявляют таблицу из 72 букв, чисел, знаков пунктуации и других символов на экране компьютера. Как только высвечивается тот символ, на который направлено внимание больного, его мозг посылает специфические сигналы, а компьютер обрабатывает их и определяет, что именно он хочет «сказать»

Ингрид Уикелгрэн, штатный редактор Scientific American



Интерфейс мозг-компьютер в действии

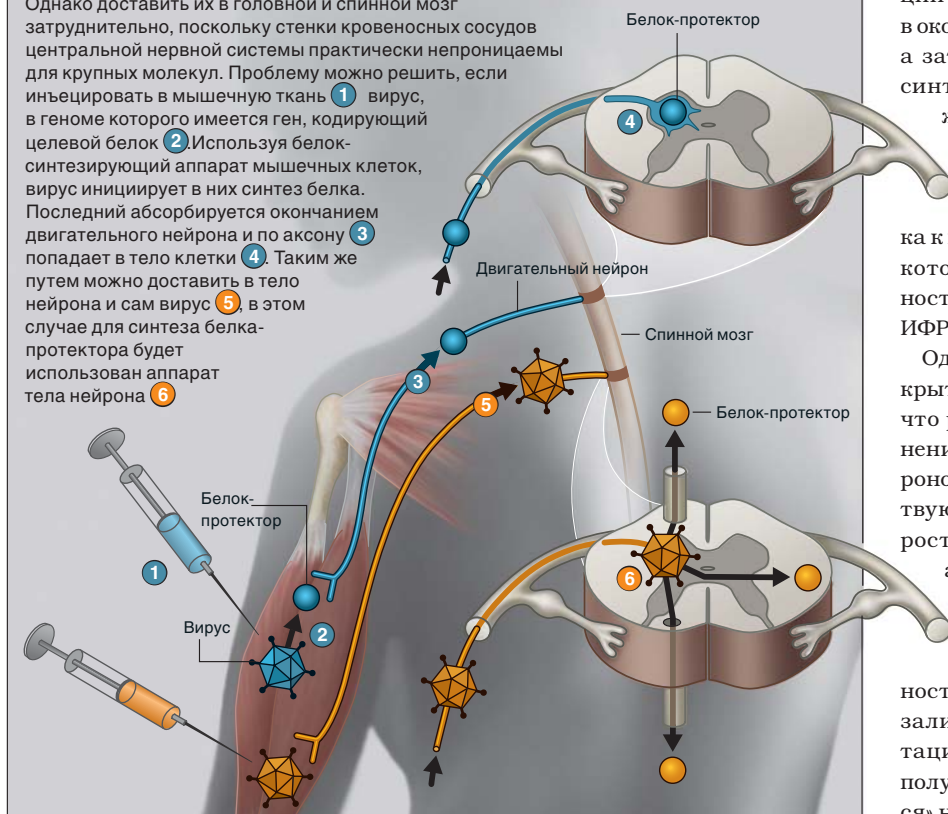
Исследуя поведение нейронов грызунов в культуре, Милбрант показал, что валлерова мутация приводит к повышению активности фермента, участвующего в синтезе НАД; концентрация последнего увеличивается и защита аксона становится более эффективной. В ходе дальнейших экспериментов ученый продемонстрировал, что при повышении уровня НАД происходит ускорение биохимических реакций, по видимому связанных с продолжительностью жизни круглых червей и плодовых мушек (см.: Синклер Д. и Гайренте Л. Секрет генов долголетия // *ВМН*, № 6, 2006). Более того, на эти процессы влияют такие низкомолекулярные вещества, как резвератрол, содержащийся в кожице красного винограда, и эти же вещества замедляют разрушение поврежденных нейронов. Сегодня несколько фармацевтических компаний занимаются поисками соединений,

которые могли бы останавливать развитие БАС и других нейродегенеративных заболеваний, ускоряя образование НАД.

Интересные данные получены группой исследователей под руководством Питера Кармелита (Peter Carmeliet) из Католического университета в Левене (Бельгия). Занимаясь проблемами, никак не связанными с БАС, они создали трансгенных мышечей, не способных вырабатывать фактор роста сосудистого эндотелия (ФРСЭ), белка, который участвует в регуляции роста кровеносных сосудов. Неожиданно у зверьков началась дегенерация двигательных нейронов. Кармелит решил посмотреть, можно ли замедлить данный процесс, снабжая нервные клетки ФРСЭ. Однако введение белковых препаратов в головной или спинной мозг не дает желаемого результата вследствие малой проницаемости стенок кровеносных

ВИРУСЫ-ПОМОЩНИКИ

Двигательные нейроны, подвергаясь атаке при боковом амиотрофическом склерозе, можно защитить с помощью специфических белков. Однако доставить их в головной и спинной мозг затруднительно, поскольку стенки кровеносных сосудов центральной нервной системы практически непроницаемы для крупных молекул. Проблему можно решить, если инъектировать в мышечную ткань **1** вирус, в геноме которого имеется ген, кодирующий целевой белок **2**. Используя белок-синтезирующий аппарат мышечных клеток, вирус инициирует в них синтез белка. Последний абсорбируется окончанием двигательного нейрона и по аксону **3** попадает в тело клетки **4**. Таким же путем можно доставить в тело нейрона и сам вирус **5**, в этом случае для синтеза белка-протектора будет использован аппарат тела нейрона **6**.



ний Солка в Сан-Диего сконструировал вирус, вырабатывающий ИФР-1, и инъектировал его мышам с симптомами БАС. От места инъекции в мышцах вирус переместился в окончания двигательных нейронов, а затем в тела клеток, где начался синтез ИФР-1. Продолжительность жизни животных увеличилась на 30% по сравнению с теми, кому вирус не вводили. В настоящее время идет подготовка к клиническим испытаниям, цель которых — проверить эффективность упомянутого метода доставки ИФР-1 на людях, больных БАС.

Одно из самых удивительных открытий последних лет состоит в том, что регулярные физические упражнения стимулируют рост новых нейронов, облегчают обучение, способствуют повышению уровня факторов роста в клетках нервной системы, а кроме того, защищают нейроны от посттравматических нарушений (последнее показано в опытах на животных). В частности, Гейдж и его сотрудники показали, что если мыши, несущие мутацию в *SOD1*-гене и больные БАС, получают возможность «упражняться» на вращающемся колесе, то про-

сосудов ЦНС. За решение проблемы взялись исследователи из Британской фармацевтической компании *Oxford Biomedica*, которые использовали для доставки целевого белка вырабатывающий его вирус. Вирусный препарат инъектировали в различные мышцы мышечной, страдающих дефицитом ФРСЭ, откуда вирус проникал в нервные окончания двигательных нейронов, а затем — в тела клеток в спинном мозге (рис. вверху). Здесь он немедленно начинал синтезировать ФРСЭ в количествах, достаточных для того, чтобы прогрессирование БАС замедлилось.

Аналогичный результат получил и Кармелит, используя другой метод доставки ФРСЭ в спинномозговую жидкость крыс, больных БАС. Более того — он показал, что у людей, страдающих БАС, уровень ФРСЭ в крови существенно ниже, чем в норме. Сейчас Кармелит вместе со швед-

Внедрение в медицинскую практику новых подходов к лечению больных боковым амиотрофическим склерозом потребует от клиницистов и нейрофизиологов больших усилий

ской фармацевтической компанией *NeuroNova* готовится к проведению клинических испытаний препарата на основе ФРСЭ.

Еще один белок с протективными свойствами, на который возлагаются большие надежды, — инсулиноподобный фактор роста 1 (ИФР-1). Многообещающие результаты в отношении него получены как в опытах с использованием двигательных нейронов в культуре, так и в экспериментах на модельных животных. Фред Гейдж (Fred Gage) из Института биологических исследова-

должительность их жизни увеличивается на 120—150 дней. Возможно, такие занятия способствуют выработке ИФР-1, который повышает двигательную активность животных и даже восстанавливает поврежденные нейроны. Было решено попробовать совместить физические упражнения с введением в организм ИФР-1. Оказалось, что синергическое действие обоих факторов увеличивает продолжительность жизни грызунов примерно на 200 дней.

Новые возможности лечения БАС появились и в связи с успехами,

ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ

Исследователи рассматривают несколько стратегий борьбы с боковым амиотрофическим склерозом, которые могли бы замедлить прогрессирование болезни

НЕЙРОТРОПНЫЕ ФАКТОРЫ

По имеющимся данным, белками-протекторами могут служить такие вещества, как фактор роста сосудистого эндотелия и инсулиноподобный фактор роста. Однако таким крупным молекулам трудно попасть из кровотока в центральную нервную систему, поэтому клиницисты рассматривают другой способ их доставки — с помощью вирусов, инъекцируемых в мышечную ткань.

НЕБОЛЬШИЕ МОЛЕКУЛЫ

В кожце красного винограда содержится вещество под названием ресвератрол. Он и сходные с ним соединения могут предотвращать дегенерацию нейронов, ускоряя синтез никотинамидадениндинуклеотида (НАД), который участвует во многих клеточных метаболических процессах. Ресвератрол без труда проходит через стенки кровеносных сосудов и попадает в ЦНС

СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ

Трансплантированные стволовые клетки могут служить биологическим насосом, обеспечивающим поврежденные нейроны факторами роста. Как показали опыты на грызунах, стволовые клетки мигрируют к тем областям, где находятся поврежденные нейроны

РНК-ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

Синтетические фрагменты РНК связываются с комплементарными матричными РНК и блокируют синтез кодируемых ими токсичных белков в нейронах и глиальных клетках

ФИЗИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ

Как показывают опыты на животных, больных БАС, у тех из них, кто имеет возможность «упражняться» на вращающемся колесе, прогрессирование заболевания замедляется. Особенно четко выражен этот эффект, если сопровождать упражнения введением инсулиноподобного фактора роста

достигнутыми в последнее время в изучении стволовых клеток. Надежды возлагались на то, что в процессе дифференцировки они дадут начало новым нейронам, которые заменят поврежденные нервные клетки. Но последние исследования натолкнули на мысль, что пересаженные стволовые клетки могут играть роль насоса, снабжающего поврежденные нейроны факторами роста. Эксперименты на грызунах показали, что эти клетки на самом деле перемещаются от места введения к пораженным нейронам в ответ на сигналы, посылаемые последними. К дегенерации двигательных нейронов причастно также их окружение, поэтому лучше использовать трансплантанты, способные давать начало клеткам разного типа, а не только двигательным нейронам.

Новые перспективы открываются и в связи с обнаружением такого важного явления, как РНК-интерференция. В его основе лежит связывание коротких сегментов РНК со специфическими матричными РНК (мРНК), вследствие чего прекращается синтез кодируемых ими белков. Один из авторов статьи (Абишер) и сотрудники фирмы *Oxford Biomedica* использовали это явление для блокирования синтеза токсичного белка, введя в клетки-мишени *SOD1*-мышей вирус, кодирующий соответствующую РНК*i*. После данной процедуры прогрессирование БАС у животных замедлилось.

Результаты экспериментов подтолкнули исследователей к проведению клинических испытаний нового метода на больных наследственной формой БАС, несущих мутантный *SOD1*-ген. На начальных этапах предполагается введение синтетической РНК*i* непосредственно в спинномозговую жидкость пациентов. РНК сконструирована таким образом, чтобы ее связывание с молекулами мРНК произошло до того, как начнется синтез токсичного *SOD1*-белка в нейронах и глиальных клетках. Если испытания пройдут успешно, можно будет апробировать данный метод на больных с другими нейродегенеративными заболеваниями наследственной природы.

Клиническое использование любого из описанных выше подходов к лечению БАС сопряжено с большими трудностями. Прежде чем решиться на введение в организм человека факторов роста или РНК*i* с помощью вируса, необходимо убедиться в полной безопасности этой процедуры. Нужно оценить, насколько масштабным должно быть инъектирование, чтобы добиться успеха. Лучше всего вводить одновременно и факторы роста, и РНК*i*. Между тем некоммерческая организация *ALS Association* уже проводит клинические испытания комбинации препаратов, увеличивающих продолжительность жизни животных: целекоксиба (противовоспалительного средства, предотвращающее разрушение нервных клеток, обусловленное гиперактивностью глиальных клеток) и креатина.

Конечно, оптимальным выходом было бы предупреждение, а не лечение болезни. Путь к достижению этой цели мог бы включать, помимо всего прочего, физические упражнения и диету. Может быть, изменение образа жизни и кулинарных пристрастий поможет хотя бы снизить риск развития такого ужасного заболевания, как боковой амиотрофической склероз. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Unraveling the Mechanisms Involved in Motor Neuron Degeneration in ALS. Lucie Bruijn et al. in *Annual Review of Neuroscience*, Vol. 27, pages 723–749; July 2004.
- Lentiviral-Mediated Silencing of SOD1 through RNA Interference Retards Disease Onset and Progression in a Mouse Model of ALS. Cedric Raoul et al. in *Nature Medicine*, Vol. 11, No. 4, pages 423–428; April 2005.
- Silencing Mutant SOD1 Using RNAi Protects against Neurodegeneration and Extends Survival in an ALS Model. G. Scott Ralph et al. in *Nature Medicine*, Vol. 11, No. 4, pages 429–433; April 2005.
- Axon Degeneration Mechanisms: Commonality amid Diversity Michael Coleman in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 6, No. 11, pages 889–898; November 2005.

ЯРКИЕ дисплеи

Митчелл Уолдроп

Новая технология, использующая тот же принцип, который позволяет нам любоваться сочными и яркими цветами крыльев бабочек, может сделать экраны сотовых телефонов хорошо видимыми даже под прямыми солнечными лучами

Когда вы в следующий раз будете покупать сотовый телефон, внимательно взгляните в дисплей. У компании *Qualcomm* серьезные намерения: при помощи этого маленького красочного прямоугольника она стремится придать новый смысл выражению «эффект бабочки». Правда, интерферометрический модулятор (*IMOD*), недавно представленный ею, не имеет ничего общего с тем влиянием, которое теоретики могут оказывать взмахи невесомых крыльев на погоду. В устройстве используется система искусственных микроструктур, позволяющая получать такие же переливающиеся цвета, как на крыльях тропических бабочек. И *Qualcomm* уверена, что ее подход имеет ряд преимуществ перед доминирующей сегодня ЖК-технологией.

Важнее всего то, что *IMOD*-дисплей экономнее расходует энергию аккумулятора, просто отражая падающий на него свет, как отражают его бумага или крылья бабочки.

Сотовые телефоны сегодня используют и для обмена текстовыми сообщениями, и для навигации в Интернете, и для игр, просмотра видео и прослушивания музыки.

«Итак, ЖК-дисплей потребляет около 50% энергии аккумулятора, тогда как *IMOD*-дисплей — всего 6%», — говорит вице-президент *Qualcomm* по развитию бизнеса Джеймс Кати (*James Cathey*). А это значит, что телефон будет работать без подзарядки намного дольше, даже при использовании дополнительной подсветки в условиях плохого освещения. «По нашей оценке, при обычном режиме использования телефон с *IMOD*-дисплеем позволит смотреть видео в три раза дольше», — отметил он.

Благодаря особенностям применяемых технологий, *IMOD*-дисплей при ярком дневном свете не чернеет, как большинство ЖК-дисплеев, а, напротив, становится ярче. «Пользуясь телефоном для просмотра видео, картинок или для чтения текста, хочется получать одно и то

же качество изображения в любых условиях», — говорит Кати.

Кроме того, ячейки *IMOD*-дисплея включаются и выключаются примерно за 10 мкс, т.е. почти в 1000 раз быстрее элементов ЖК-дисплея, а значит, они гораздо лучше подходят для видео. Компания *Qualcomm* провела тест на надежность, подвергая ячейки *IMOD*-дисплея испытаниям, в ходе которых выполнялось не менее 12 млрд циклов включения-выключения, что соответствует примерно семи годам непрерывной работы. Отказов при этом не было.

Разумеется, ЖК-дисплеям есть несколько альтернатив — от дисплеев на органических светодиодах (ОСД, или *organic light-emitting diodes, OLED*) до электрофоретической «электронной бумаги» (*e-paper*) — и все они характеризуются тем или иным сочетанием энергоэкономичности, хорошей читабельности на дневном свету, быстродействия и др., нередко демонстрируя почти такие же возможности, как у *IMOD*-дисплеев, но ни одна из них не сочетается в себе все эти качества одновременно. Именно поэтому компания *Qualcomm* оптимистично смотрит в будущее.

Дорога длиной в десятилетия

Идея, которая легла в основу технологии *IMOD*, впервые пришла в голову студенту Массачусетского технологического института (*MIT*) Марку Майлзу (*Mark Miles*) в 1984 г., когда он подрабатывал летом в компа-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Дисплеи на основе интерферометрического модулятора (*IMOD*), используя такое физическое явление, как интерференция света, могут демонстрировать яркие цвета и при этом потреблять очень мало энергии из небольшого запаса ее в аккумуляторах таких мобильных устройств, как сотовые телефоны. Эти дисплеи дают хорошо видимые изображения даже на ярком дневном свете.
- Элементарная ячейка *IMOD*-дисплея — крошечное устройство из двух зеркальных поверхностей с промежутком между ними. Величина этого промежутка определяет цвет отражаемого ячейкой света.
- Компания *Qualcomm*, крупный производитель беспроводных электронных устройств, надеется, что ее технология сможет проникнуть на рынок мобильной электроники, где сегодня преобладают ЖК-дисплеи.





нии *Hughes Aircraft* в Лос-Анджелесе.

«Мне попала на глаза статья, где обсуждалось, как можно использовать решетки субмикроскопических антенн для прямого преобразования солнечного света в электроэнергию, — вспоминает он. — Я был восхищен». Майлз был знаком с антеннами, применявшимися в радиолокации, телевидении и радиовещании, и знал, что радиоволны имеют ту же природу, что волны видимого света: и те, и другие являются электромагнитными волнами, распространяющимися в пространстве со скоростью около 300 тыс км/с. Вся разница в том, что у радиоволн расстояния между соседними гребнями измеряются сантиметрами, метрами или даже километрами, а световые волны примерно в миллион раз короче. У них расстояния между гребнями лежат в диапазоне от ~700 нм (красный цвет) до ~400 нм (фиолетовый свет). Все остальные цвета радуги укладываются в эти пределы.

Майлз никогда не сопоставлял эти две концепции, и он не знал, что с помощью микроскопических устройств можно управлять световыми волнами. «Однажды меня осенило, — вспоминает он. — Если научиться как-то управлять

характеристиками этих микроструктур, изменяя по мере надобности их поглотительные и отражательные свойства, можно будет создать фантастический дисплей». Это должна быть просто плоская панель, гораздо более компактная, чем электронно-лучевые трубки (ЭЛТ), стандартные для телевидения того времени.

Майлз не имел ни малейшего представления о том, как создать такой дисплей. Закончив обучение, он работал программистом в области компьютерных принтеров, а в свободное время исследовал заинтересовавшую его проблему и обсуждал ее со специалистами *MIT*.

От одного из профессоров он узнал об оптическом устройстве, способном делать как раз то, что ему было нужно. Интерферометр, или эталон Фабри-Перо, представляет собой резонатор, образованный двумя параллельными зеркалами, отражающими поверхности. Свет, проходя в резонатор через верхнюю полупрозрачную поверхность, отражается от нижней, потом опять от верхней и так до бесконечности, причем при каждом отражении от верхней поверхности малая часть светового потока выходит из резонатора наружу. Благодаря явлению, которое называется интерференцией, в процессе этих отражений большинство длин волн гасится, но волны, длина которых точно укладывается целое число раз в расстояние между отражающими поверхностями, усиливаются (*врезка на стр. 46*). В итоге эталон в целом работает как зеркало, отражающее свет только одной длины волны, т.е. одного цвета, который легко выбрать, изменив расстояние между отражающими поверхностями.

Эталон Фабри-Перо был идеален для целей Майлза во всех отношениях, кроме одного. Это бесценный лабораторный прибор для измерения световых волн и управления ими, но для создания дисплея с высоким разрешением Майлзу необходимо

было уменьшить его до микроскопических размеров и расположить миллионы таких эталонов на поверхности дисплея группами, образующими элементы изображения (пиксели). Оказалось, что природа уже решила эту задачу: переливающиеся краски крыльев тропических бабочек обусловлены наноструктурами, работающими как микроскопические эталоны Фабри-Перо. Но как создать такие микроскопические структуры? И как, кстати, их включать и выключать?

Эти вопросы ставили Майлза в тупик, пока он не узнал о микроэлектромеханических системах (МЭМС) — микроскопических устройствах на основе кремния. Их идея, возникшая еще в 1970-х гг., состоит в формировании микроскопических механических структур на поверхности кремниевой пластины теми же способами, которые используются при изготовлении микропроцессоров. Специалисты по МЭМС уже умели создавать разнообразные виды устройств, пружин, консолей, каналов и др.; некоторые из них даже вышли на рынок.

«МЭМС открыли мне новый путь», — говорит Майлз. Не имея опыта изготовления таких устройств, Майлз продолжал днем составлять программы, а вечерами занимался в *MIT* на дополнительном курсе по МЭМС. Окончив его, он добился разрешения пользоваться институтским оборудованием для изготовления микроэлектромеханических систем. В итоге ему удалось создать первый вариант *IMOD*. В сущности, это был микроско- ▶

ОБ АВТОРЕ

Митчелл Уолдроп (Mitchell Waldrop) — внештатный автор журнала *Scientific American*, живущий в Вашингтоне. Он был старшим автором в журнале *Science* и писал книги по истории информатики, об искусственном интеллекте и сложности. Его последняя статья «Контейнер набитый серверами» опубликована в ноябрьском номере журнала «В мире науки» за 2007 г.

пический эталон Фабри-Перо, в котором параллельными отражающими поверхностями служили тонкие слои, созданные методами изготовления МЭМС. Расстояние между этими поверхностями можно было задавать в процессе изготовления так, чтобы отражался свет нужной длины волны, т.е. нужного цвета. В таком состоянии эталон соответство-

вал элементу изображения (пикселю) во включенном состоянии.

Поскольку нижний отражающий слой был гибким, этот элемент изображения было легко выключать: нужно было только приложить очень небольшое напряжение между отражающими поверхностями. Под действием электростатического притяжения нижний слой выпучивался вверх, в результате чего расстояние

между отражающими поверхностями уменьшалось, и длина волны отражаемого света смещалась в невидимую ультрафиолетовую область спектра — элемент становился черным. Более того, он оставался черным, больше не потребляя энергии, до тех пор пока не приходило время перевести его обратно в отражающее, цветное состояние. Для этого достаточно было подать еще один импульс напряжения.

Первые *IMOD*-устройства были грубыми и уродливыми, но Майлз продолжал настойчиво работать и в итоге нашел путь к созданию продукта, который можно было бы вывести на рынок. К середине 1990-х гг. он ушел с работы и совместно со своим однокурсником по MIT Эриком Ларсоном (Erik J. Larson) основал в Кембридже компанию Iridigm. Совершенствование технологии шло медленно. Однако через несколько лет, в 2004 г., один из первых инвесторов, компания *Qualcomm*, решила, что пришло время приобрести Iridigm целиком.

Трудный рынок

Конкуренция на рынке дисплеев для карманных устройств очень остра, отмечает Крис Чиннок (Chris Chinnock), управляющий директор компании *Insight Media*, которая специализируется на новостях и анализе событий в отрасли, производящей дисплеи. «Здесь царствует ЖК-технология», — говорит он. Имея десятилетия форы в своем развитии и в создании производственной инфраструктуры, она последовательно завоевывает все сегменты рынка плоских экранов, от карманных устройств до компьютерных мониторов и настенных телевизоров. «Поэтому сталкиваться с ней лоб в лоб — почти самоубийство», — предупреждает Чиннок. Кроме того, существуют и все другие альтернативы ЖК-технологии — *OLED*, электронная бумага и прочие, не говоря уже о разных вариантах самой ЖК-технологии.

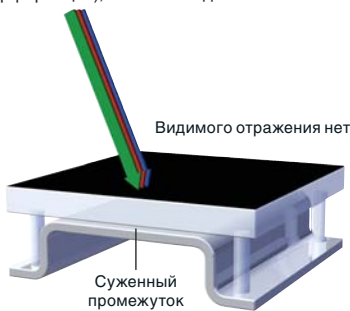
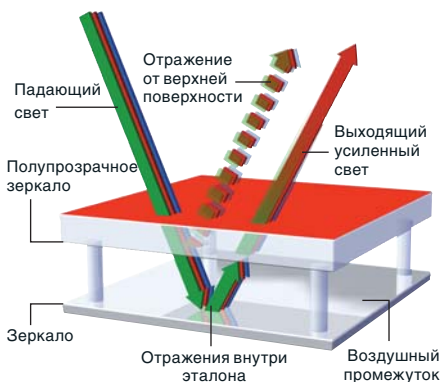
Однако рынок огромен. «Ведущий изготовитель сотовых телефонов *Nokia* производит 350 млн аппаратов в год — почти по миллиону

КАК РАБОТАЕТ IMOD

В дисплее на основе интерферометрического модулятора (*IMOD*) для получения определенных цветов используется интерференция световых волн. Каждая элементарная ячейка или дает один цвет (*вверху*), или становится черной (*в середине*). Матрица из множества элементарных ячеек образует пиксели — элементы изображения (*внизу*). Сегодня *Qualcomm* производит только двухцветные дисплеи, состоящие из одноцветных ячеек, но утверждает, что находится на пути к выпуску полноцветных дисплеев, таких как показаны внизу

ОКРАШЕННАЯ ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЯЧЕЙКА

Элементарная ячейка *IMOD* состоит из двух параллельных зеркальных поверхностей. Падающий на нее свет частично отражается, а частично проходит через полупрозрачное верхнее зеркало в промежуток, где он многократно отражается от обеих поверхностей. Однако при каждом отражении от верхней поверхности небольшая часть света выходит наружу. Многие из падающих световых волн (*в данном примере - зеленые и синие*) оказываются немного не в фазе как с отражающимися от верхней поверхности наружу так и с выходящими изнутри волнами света, и взаимно гасятся в результате деструктивной интерференции. Часть выходящих волн (*здесь — красные*) оказываются в фазе и усиливаются (конструктивная интерференция), и глаз их видит

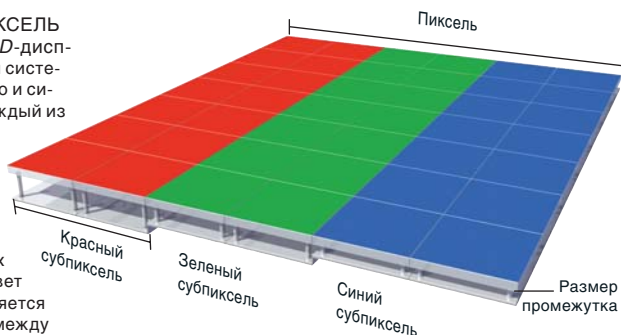


ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЯЧЕЙКА В ЧЕРНОМ СОСТОЯНИИ

При подаче напряжения, вызывающего уменьшение промежутка в результате взаимного электростатического притяжения зеркал, ячейка становится черной, так как при этом длина волны отражаемого света смещается в невидимую ультрафиолетовую область спектра. Другой импульс напряжения возвращает ячейку в исходное, окрашенное состояние

ПОЛНОЦВЕТНЫЙ ПИКСЕЛЬ

Пиксель цветного *IMOD*-дисплея представляет собой систему из красного, зеленого и синего «субпикселей», каждый из которых содержит два ряда элементарных ячеек, по 7 ячеек в каждом. Цвет и яркость пикселя зависят от числа и цветов активированных элементарных ячеек. Цвет каждой ячейки определяется размером промежутка между отражающими поверхностями





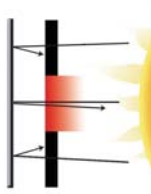
в день», — говорит Чиннок. Годовое производство во всем мире исчисляется миллиардами. И это не считая цифровых музыкальных плееров, компактных персональных компьютеров (ПК), GPS-приемников и прочих карманных устройств. «Поэтому значительные объемы продаж можно иметь и не владея заметной долей рынка», — заключает Чиннок.

Задача компании *Qualcomm* состояла в том, чтобы наладить производство *IMOD*-дисплеев. Одно дело — заставить дисплей работать в лаборатории, и совсем другое — создать надежный потребительский продукт, отмечает Кати. Он спрашивает, например: «Можете вы приспособить его для массового производства?». Ответить на этот вопрос можно утвердительно: элементарная ячейка *IMOD*-дисплея гораздо проще, чем у жидкокристаллического, при этом ее можно производить на существующем оборудовании для производства плоских дисплеев. Это очень важное преимущество, говорит Кати, поскольку на строительстве совершенно новых производственных мощностей потребовались бы миллиарды. Затем нужно поработать над обеспечением достаточного выхода продукции: какая часть изделий, сходящих со сборочной линии, будет работоспособной? Далее — контроль качества: «Дисплей у вас перед глазами, — говорит Кати. — Если в нем есть неработающие пиксели или области неоднородности, люди заметят их». И очень важен вопрос себестоимости, добавляет он: «На этом рынке нам необходимо предлагать конкурентоспособные цены».

И наконец, вопрос цвета. В любом цветном дисплее, включая ЖК-дисплеи, каждый пиксель состоит из трех секций — по одной для каждого из трех первичных цветов. И каждая из этих трех секций должна состоять из нескольких элементарных ячеек, включаемых и выключаемых независимо, чтобы можно было менять цвета и яркость. И в данном случае, отмечает Кати, для получения хорошего качества изображения поперечный размер элементарной ячейки должен быть меньше 100 мкм.

КОНКУРИРУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология *IMOD* выходит на жесткий многомиллиардный рынок мобильных дисплеев, где уже присутствуют несколько других технологий. Сегодня на нем доминирует ЖК-технология (*LCD*), но ниши для себя находит и технология органических светодиодов (*OLED*)

ТЕХНОЛОГИЯ	ПРЕИМУЩЕСТВА	НЕДОСТАТКИ
<p>ЖК (LCD) Оптически активный материал модулирует свет искусственного источника задней подсветки.</p> 	<p>Дешевизна, широкая доступность, техническая простота</p>	<p>Большое потребление энергии, плохая видимость на ярком свету, малая стойкость к высоким и низким температурам, ограниченный угол зрения, значительная толщина дисплея</p>
<p>OLED Органические вещества излучают свет под действием электрического тока.</p> 	<p>Должна стать недорогой после создания производственных мощностей, высокое электрическое быстродействие</p>	<p>Большое потребление энергии, плохая видимость на ярком свету, малая долговечность, подверженность загрязнениям водой и кислородом, техническая сложность</p>
<p>IMOD Отражающие материалы модулируют свет и отражают его от зеркалоподобной поверхности.</p> 	<p>Дешевизна, малое потребление энергии, постоянная готовность, высокое быстродействие, хорошая читаемость на ярком свету, большой угол зрения, техническая простота</p>	<p>Новизна, непривычность, еще нет полноцветных дисплеев</p>

При таком положении дел стратегия компании состояла в том, чтобы начать с малого и расти, набираясь опыта и устраняя недостатки производства по мере их выявления. Первые изделия *Qualcomm* были только двухцветными: черные символы на цветном (например, золотом) фоне. Однако на подходе уже и полноцветные дисплеи. «Мы пока не достигли такого высокого разрешения, какое обеспечивают другие технологии, но мы сможем конкурировать с ними и, возможно, даже превзойдем их», — говорит Кати.

Первое лицензионное соглашение, о котором было объявлено, *Qualcomm* заключила в мае 2007 г. с корейской компанией *Ubixon*, которая будет выпускать головные *Bluetooth*-гарнитуры с *IMOD*-дисплеями, предоставляющие пользователям беспроводное соединение с сотовыми телефонами и цифровыми музыкальными плеерами. На двухцветных *IMOD*-экранах будут отображаться текстовые сообщения и названия музыкальных произведений.

Несомненно, *Qualcomm* рассчитывает, что технология *IMOD* быстро станет модной. Хотя Кати не может обсуждать детали исследования, он говорит, что компания изучает возможности использования технологии *IMOD* и в других областях. Как отметил Кати, «*IMOD* — очень мощное фотоническое устройство, и оно может быть встроено в приспособления, связанные с управлением светом». И все же, он уверен, что ярче всего эта технология проявит себя в различных дисплеях — от сотовых телефонов и видеокамер до электронных книг, компьютерных мониторов, настенных телевизоров и др. «Мы дорастем и до этого, только давайте нам время!» ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Описание интерферометра Фабри-Перо см.: hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/fabry.html
- Web-сайт Qualcomm's IMOD: www.qualcomm.com/technology/imod/



В Чаде спасающийся от конфликта в провинции Дарфур (Судан) беженец стоит у спутниковой антенны, используемой работниками организации по оказанию гуманитарной помощи

Шери Финк

НАУКА ДЕЛАТЬ ДОБРО

Гуманитарная помощь становится более эффективной и организованной

Весной 1999 г. сотни тысяч этнических албанцев под натиском сербских войск бежали из Косово. Постоянный поток больных и раненых устремился на импровизированный пункт медицинской помощи, находившейся в нейтральной зоне между Косово и Македонией. В то время мне, только что окончившей медицинский колледж, было поручено заниматься сортировкой людей. Я видела там тысячи мужчин, женщин и детей,

которые пересекали границу пешком или прибывали на грузовиках, автомобилях, на телегах, запряженных лошадьми, или на руках других беженцев. Их было столько, что сотрудники ООН, занимавшиеся устройством вновь прибывших, не успевали их регистрировать. В царившем хаосе многие теряли друг друга. Оказавшись в лагерях беженцев, отчаявшиеся родители повсюду развешивали объявления с описанием своих потерявшихся детей.

Вскоре появился способ помочь этим людям: сотрудники европейской штаб-квартиры компании *Microsoft* в Париже, узнав о трагедии, предложили ООН свои услуги. Через несколько недель после прибытия в нейтральную зону между Косово и Македонией я как-то зашла в одну из палаток и застала там группу сотрудников *Microsoft*, фотографирующих беженцев для удостоверения личности, которое они делали с помощью компьютера. Они регистрировали беженцев, чтобы облегчить им получение продовольствия и пристанища, и чтобы благодаря созданному банку данных помочь им найти близких.

Немного странно было наблюдать, как достижения века информации позволяют оказывать помощь людям, лишенным всего, даже самого необходимого. Почему компьютеры казались столь чужеродными в лагере беженцев? Может быть, дело в том, что современная техника олицетворяет прогресс человечества, а вынужденная миграция отражает его регресс? В конечном счете, точность компьютерных данных казалась несовместимой с тем беспорядком, что творился в работе по оказанию помощи пострадавшим.

Спасая жизни и облегчая страдания людей, сотрудники гуманитарных организаций сегодня все чаще используют не только информационные технологии, но и дистанционное зондирование, методы судебно-медицинской идентификации и количественные методы, применяемые обычно эпидемиологами (они прослеживают причины вспышек болезней и разрабатывают стратегии медицинских структур, чтобы ограничить число жертв). Работники гуманитарных организаций также стали более системно подходить к планированию и оказанию содействия пострадавшим. Сегодня задача сотрудников этих организаций и политических стратегов — гарантировать, что эти передовые методы окажут реальную помощь людям, действительно в ней нуждающимся.

Вид сверху

Летом 1931 г. после продолжавшихся несколько недель дождей над Китаем пронесся тайфун. В условиях сильнейшего наводнения китайским властям было трудно установить местонахождение уцелевших жителей. Чарльз А. и Энн Морроу Линдберги (Charles A. and Ann Moggow Lindbergh), ранее прибывшие в Наньцзин на отдых, провели воздушную разведку на самолете *Lockheed Sirius*, обнаружив не только миллионы пострадавших, но и тысячи квадратных километров затопленных районов. Их работа помогла правительству Китая организовать мероприятия по ликвидации последствий наводнения, а пострадавшие

районы получили международную гуманитарную помощь.

Сегодня «воздушная разведка» использует спутниковые и информационные технологии, позволяющие создать более полную картину стихийных бедствий. Изображения, полученные со спутников, могут быть обработаны с применением информационных технологий такими инструментами, как географические информационные системы (GIS), которые позволяют объединять данные из различных источников с цифровыми картами. В таких системах в условиях гуманитарных кризисов сведения о местонахождении пострадавших, состоянии их здоровья и т.д. могут фиксироваться на картах или изображениях, полученные со спутников. (*Географические информационные системы — программно-аппаратный комплекс, ориентированный на сбор, управление, манипулирование, математический анализ и визуализацию географически координированных данных. — Прим. ред.*)

В результате разрушительного землетрясения и цунами, произошедших в Южной Азии в декабре 2004 г., в 12 странах погибли более четверти миллиона человек. Сразу после случившегося в наиболее сильно пострадавшей индонезийской провинции Ачех воцарился хаос. Как сообщалось, из-за конфликта, возникшего между правительственными войсками и повстанцами, было закрыт доступ к информации, которая могла бы помочь работникам гуманитарных организаций быстро определять местонахождение уцелевших жителей в первые

дни после бедствия. Вскоре помощь пришла, но она была плохо организована: в одних районах скапливалось слишком много сотрудников гуманитарных организаций, в других их не хватало. Месяц спустя я оказалась здесь в качестве руководителя группы медицинских работников от Международного комитета по спасению (*International Rescue Committee, IRC*) и мне удалось организовать оказание помощи, отчасти благодаря использованию техники. В столице этой индонезийской провинции Банда-Ачехе я обратилась в Гуманитарный информационный центр (НИС), созданный Управлением ООН по координации гуманитарной помощи, и получила карты GIS, где были отображены зоны бедствия. К ним прилагались различные электронные таблицы, в которых содержались сведения о количестве лиц, лишившихся крова, раненых, погибших и пропавших без вести людей; информация о районах действий различных гуманитарных организаций; о расположении госпиталей, больниц и аптек; сведения о возможных вспышках наиболее распространенных болезней в каждом районе. Совокупность этих данных служила мне хорошим ориентиром, когда я ездила по северному побережью провинции Ачех, координируя кампанию вакцинации, целью которой было прекратить распространение небольшой эпидемии кори. Будучи медицинским работником, я прежде всего интересуюсь проблемами, возникающими в результате крупных кризисов, однако сотрудники гуманитарных организаций, предоставляющие населению продовольствие, воду, организующие ▶

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Хаос, являющийся следствием гуманитарного кризиса, часто осложняет усилия сотрудников благотворительных организаций, стремящихся обеспечить продовольствием, укрытием и медицинской помощью тех, кто больше всех в них нуждается.
- Продуманное использование компьютерных технологий и технологий связи, анализа ДНК и методов исследований, применяемых в общественных науках, может помочь сотрудникам множества гуманитарных организаций, прибывающим на место событий, обнаруживать местонахождение людей, нуждающихся в помощи, избегая дублирования усилий, и оценивать результаты своей работы.
- В разгар кризисов сотрудники гуманитарных организаций стараются, чтобы помощь оказывалась всем, вне зависимости от их достатка.

Наука и техника меняют практику оказания гуманитарной помощи



1859 Сражение при Сольферино: тысячи раненых солдат лежат на поле боя, и оказание им помощи не организовано. Ставший свидетелем этой трагедии швейцарский предприниматель Жан Анри Дюнан (Jean Henri Dunant) написал книгу, способствовавшую созданию «Красного Креста» четыре года спустя.

1931 Оценка стихийного бедствия с воздуха: Чарльз А. и Энн Морроу Линдберги (Charles A. and Anne Morrow Lindbergh) проводят воздушную разведку в связи с наводнением в Китае, которое сейчас считают самым смертоносным стихийным бедствием в истории человечества, не вызванным голодом.

1945 Создание ООН: новая организация разворачивает свою деятельность, чтобы стать одним из центров по оказанию помощи. Различные ведомства ООН возглавляют кампании по оказанию гуманитарной помощи, объединяющие местные и международные неправительственные организации, частных лиц, государственные ведомства, компании и армию

1980-е Инструменты, с помощью которых ведется работа по оказанию помощи: появляется оборудование, специально предназначенное для оказания гуманитарной помощи. В секторе здравоохранения сотрудники организации «Врачи без границ» создают первые стандартизованные наборы лекарств и руководства для лечения беженцев

1990-е Количественные оценки: использование эпидемиологических методов и компьютерных систем для выяснения состояния здоровья беженцев приводит к признанию приоритета таких мер, как, например, вакцинация от кори, срочное родовспоможение и оказание медицинской помощи жертвам сексуального насилия

водоснабжение и канализацию, обеспечивающие пристанище и занимающиеся обнаружением и ликвидацией мин, также используют GIS.

Постепенно была создана информационная инфраструктура гуманитарных операций. Сегодня во время стихийных бедствий космические агентства бесплатно предоставляют снимки со спутников, а некоторые некоммерческие организации предлагают сотрудникам гуманитарных организаций карты и другие данные, связанные с кризисными ситуациями. В условиях широкомасштабных кризисов в дополнение к деятельности НИС находящийся в Интернете *Relief Web* собирает карты и сообщения от десятков международных гуманитарных организаций. В 2004 г. группа гуманитарных агентств и агентств по развитию во главе с Межведомственным постоянным комитетом создала Гуманитарную службу ран-

него оповещения (*HEWS*) — Интернет-сайт, где появляется постоянно обновляющаяся информация о происходящих или прогнозируемых катастрофах.

Способствуя правосудию

Дистанционное зондирование, GIS и тестирование по ДНК, наряду с использованием систематических методов исследований, применяемых в эпидемиологии и общественных науках, облегчили документирование потерь среди беженцев и мирного населения в районах бедствий и конфликтов. Данные методы исследований становятся мощными инструментами для определения масштабов трагедий.

В 1999 г., во время войны в Косово, мы сотрудничали с членами организации «Врачи за права человека» и проводили совместные исследования положения албанских беженцев, чтобы классифицировать действия,

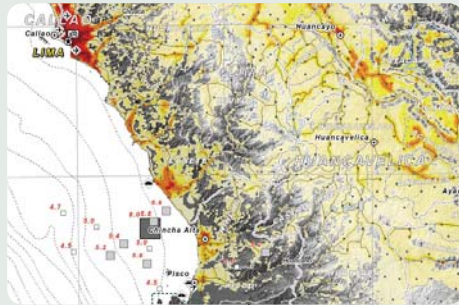
совершенные в отношении этих людей. Выяснилось, что в данном случае, поскольку большинству беженцев пришлось покинуть свои дома, были нарушены права человека. Полученные нами результаты, опубликованные в *American Journal of Public Health*, способствовали предъявлению обвинений прежнему президенту Югославии Слободану Милошевичу.

Так же могут быть получены доказательства военных преступлений. В 1990-е гг. в Боснии и Герцеговине американские военные захватили сделанные со спутников и самолетов фотографии, на которых были запечатлены сотни массовых захоронений. Несмотря на присутствие миротворцев, обнародование этих фотографий не содействовало немедленному прекращению массовых убийств, хотя эти снимки привели участников расследований туда, где были совершены эти убийства. Затем ученые из Международной комиссии по проблеме пропавших без вести людей (*ICMP*), работавшие в Боснии, создали компьютерную систему, способную сравнивать пробы ДНК, полученные на основе останков тысяч людей, с ДНК их оставшихся в живых родственников.

До настоящего времени с помощью данной системы было идентифицировано больше 12 тыс. погиб-

ОБ АВТОРЕ

Шери Финк (Sheri Fink) работала в организациях по оказанию гуманитарной помощи в США, на Балканах, на Северном Кавказе, в Центральной и Юго-Восточной Азии, на юге Африки и на Ближнем Востоке. Она — старший научный сотрудник Гарвардской гуманитарной инициативы и научный сотрудник Центра здоровья и защиты прав человека им. Франсуа-Ксавье Бану при факультете здравоохранения Гарвардского университета. Ее сообщения о проблемах здравоохранения в мире появляются в журналах и газетах, а также в программе *BBC/PRI* «Мир». Она является стипендиатом *Kaiser Media* в области здравоохранения за 2007 г.



1994 **Призыв к осознанию ситуации:** представители организаций по оказанию помощи собираются в Руанде и Демократической Республике Конго. Усилия по оказанию помощи часто малоэффективны из-за плохой координации и подготовленности некоторых сотрудников. Уровень смертности среди беженцев был самым высоким за десятилетия, что показало необходимость более квалифицированной помощи населению

1997–1998 **Стандарты:** программа «Сфера» (*Sphere Project*) устанавливает минимальные стандарты для услуг, оказываемых гуманитарными организациями в пяти областях (водоснабжение и канализация, питание, продовольственная помощь, обеспечение укрытиями) и медицинская помощь); как реакция на события в Руанде.

2000 **Наблюдение со спутников:** Космические агентства согласны предоставлять странам, пострадавшим от стихии, бесплатный доступ к данным со спутников на основе положений Международной хартии «Космос и стихийные бедствия». В ходе оказания помощи будет шире использоваться Система глобального позиционирования (*GPS*) и географические информационные системы (*GIS*)

2005 **Реформы:** Управление ООН по координации гуманитарной помощи возглавляет усилия с целью повышения эффективности помощи на местах, включая создание Центрального фонда реагирования в чрезвычайных ситуациях, чтобы при необходимости быстро предоставлять наличные средства

2007 **Определение эффективности:** гуманитарные организации прилагают усилия в оценке успешности действий по оказанию помощи, а также для более эффективного распределения ресурсов и управления операциями на местах. Создана гуманитарная служба контроля для отслеживания болезней, недоедания и гибели людей

ших. Эти доказательства помогли заставить руководство боснийских сербов признать военные преступления, совершенные их войсками в отношении боснийских мусульман в городе Сребреница. Судебные эксперты из США использовали систему сравнения ДНК для аналогичных целей после террористического акта во Всемирном торговом центре, и *ICMP* позволила также идентифицировать на территории Таиланда более 900 жертв цунами в Индийском океане.

Эпидемиология быстрого реагирования

Стремление документально фиксировать и последствия стихийных бедствий или локальных конфликтов, и эффективность работы по оказанию помощи населению привело к созданию эпидемиологии чрезвычайных ситуаций. На протяжении многих лет органы здравоохранения сомневались в том, что эпидемиологические исследования, в ходе которых проводится обследование отдельных семей, можно и даже нужно проводить в разгар чрезвычайной ситуации. «Проведение подобных исследований во время стихийных бедствий может показаться не столь важным, когда так много людей нуждается в помощи», — заявила в 1975 г. редакционная коллегия

International Journal of Epidemiology, которая затем призвала своих коллег работать в этом направлении. Сейчас эпидемиологи изучают состояние здоровья людей во время стихийных бедствий и катастроф, используя упрощенные методы наблюдения за болезнями и выборочные обследования населения, известные как кластерные выборки, которые часто применяют в международной практике вакцинации.

Добиться правильного соотношения между оценкой ситуации и действиями — задача трудная: времени, квалифицированного персонала и средств часто не хватает. Эпидемиология чрезвычайных ситуаций уже доказала свою ценность, продемонстрировав, что даже небольшое количество инфекционных заболеваний ведет к огромному числу смертей среди лишившихся крова людей. В частности, корь — довольно редкая болезнь в районах, где население хорошо питается и проведена вакцинация, часто становится главной причиной смерти детей младшего возраста в лагерях беженцев. За четырехмесячный период только в одном суданском лагере в 1985 г. от кори погибло около 2 тыс. детей. Такие выводы убедили сотрудников гуманитарных организаций, насколько важно предотвращать развитие болезни. Теперь, как правило, вак-

цинацию начинают проводить сразу же после того как сотрудникам, прибывшим на место событий, удастся ее организовать.

Выводы эпидемиологов предоставляют важные базовые данные для *GIS*. Они также привели к разработке более эффективных методов быстрой вакцинации большого числа детей от кори. Для лечения болезней беженцев добровольцы из ор-

ASAP ВМЕСТО SOS

Поскольку доступ к Интернету распространяется даже на самые бедные районы, отдаленные деревни, оказавшиеся под угрозой, вскоре смогут заранее получать предупреждения о готовящихся нападениях, что позволит провести эвакуацию или даст возможность быстрее обратиться с призывом о помощи. Несколько примеров иллюстрируют потенциал этой технологии. Программа организации «Международная амнистия» *Eyes on Darfur* («Следя за ситуацией в Дарфуре») уже предусматривает мониторинг деревень в Судане, которым грозит нападение. Кроме того, американский Мемориальный музей холокоста помог создать программу «Кризис в Судане» — совокупность полученных со спутников изображений с высоким разрешением, с которыми можно ознакомиться через *Google Earth*, что позволяет любому, кто имеет выход в Интернет, масштабировать картинку и получить представление о ситуации, в результате которой в сельской местности до настоящего момента было разрушено более 1600 небольших деревушек.

ТЕХНИКА УКАЗЫВАЕТ ПУТЬ К СПАСЕНИЮ



ЦУНАМИ СЛЕДУЕТ ЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ

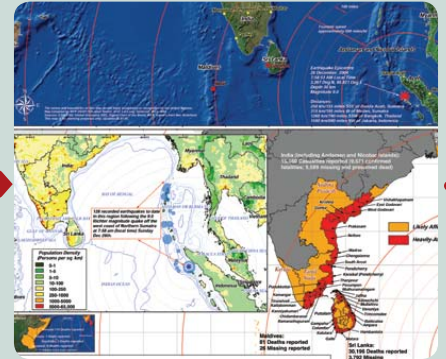
26 декабря 2004 г. у побережья Суматры, Индонезия, произошло сильное землетрясение, вызвавшее разрушительное цунами, в результате которого погибли люди в более чем двенадцати странах

На фото: Американский военнослужащий оценивает ущерб, нанесенный району вблизи побережья провинции Ачех



ИЗОБРАЖЕНИЯ СО СПУТНИКОВ ПОКАЗЫВАЮТ НАНЕСЕННЫЙ УЩЕРБ

В столице индонезийской провинции Ачех, Банда-Ачехе, в результате цунами были буквально смыты некоторые районы города. Фотографии со спутников, сделанные до и после этого стихийного бедствия, документально фиксируют масштабы разрушений



GIS ПОМОГАЕТ НАМЕТИТЬ ПРИОРИТЕТЫ

Сотрудники гуманитарных организаций вводят такие данные, как, например, местонахождение разрушенной больницы или места вспышек болезней, в GIS, способные создавать карты, наглядно представляющие ситуацию в определенных участках зоны бедствия. Сотрудники ООН и представители частного сектора помогают распространять полученные через GIS данные в Гуманитарных информационных центрах и в Интернете

ганизации «Врачи без границ» разработали специальное руководство для оказания помощи и стандартизованные наборы лекарств и оборудования. Начиная с 1990 г., Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) начала распространять аптечки, в которых содержались средства от диареи и антибиотики. В последнее время к ним был добавлен тест для быстрой диагностики малярии, который столь же прост в употреблении, как тест на беременность, проводящийся в домашних условиях. Это позволяет медицинским работникам диагностировать без использования микроскопа наиболее смертоносные формы малярии всего за несколько минут.

Недавняя работа в Демократической Республике Конго дает представление о том, как официальные методы исследований могут применяться в чрезвычайных условиях региональных конфликтов и могут помочь сформировать программу действий не только работникам

гуманитарных организаций, но и политическим стратегам. За прошедшее десятилетие исследователи из IRC уже не раз занимались изучением того, как военные действия, в которых участвуют войска конголезского правительства и повстанческие группировки, а также войска других стран, влияют на показатели здоровья мирного населения.

Для проведения точных исследований в трудных и иногда небезопасных условиях, исследователи часто использовали GIS и Систему глобального позиционирования (GPS) для установления местонахождения репрезентативных выборок семей. После точного выделения выборок они посещали хижинны и дома, собирая информацию о недавно умерших. Сотрудники гуманитарных организаций подсчитали примерный уровень смертности и сравнили его с основными статистическими данными об Африке к югу от Сахары, собранными ООН. Эти шокирующие и неожиданные

результаты показывают, как военные действия подрывают здоровье мирного населения. Как отмечается в статье, написанной учеными из IRC, Австралийского национального университета и Института Бернета и появившейся в издании *Lancet* в январе 2006г., в период с 1998 по 2004 г. умерло примерно на 3,9 млн человек больше по сравнению с тем, чего можно было бы ожидать, если бы страна не находилась в состоянии конфликта. Тем не менее в результате прямого насилия произошло меньше 10% смертей. Малярия, диарея, респираторные инфекции, корь и недоедание, которые можно было бы предотвратить и вылечить, увеличили число погибших в районах, где в результате конфликта люди не могли зарабатывать себе на жизнь, где были дезорганизованы транспорт и медицинское обслуживание.

Результаты позволили на многое открыть глаза сотрудникам гуманитарных организаций: их усилий



ВАКЦИНАЦИЯ ПРЕДОТВРАЩАЕТ БОЛЕЗНИ

Поскольку эпидемиологические исследования, сделанные во время предыдущих операций по оказанию помощи, показали, что корь представляют одну из наиболее серьезных угроз для детей, сотрудники гуманитарных организаций используют базы данных, чтобы отслеживать распространение этой болезни. Затем они разъезжают на места, чтобы провести вакцинацию как можно большего числа детей в районах, пострадавших от цунами



ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ ДНК ЖЕРТВ

Международная комиссия по проблеме пропавших без вести людей (*ICMP*) оказывает содействие в идентификации более чем 900 неостребованных трупов, обнаруженных в Таиланде. *ICMP* использует базу данных для идентификации на основе ДНК, первоначально разработанную для сравнения останков тысяч жертв массовых убийств, похороненных в братских могилах в бывшей Югославии, с ДНК их оставшихся в живых родственников



ОЦЕНИВ ПОСЛЕДСТВИЯ

Широкимасштабные исследования условий и продуктов питания в провинции Асех показывают, что распространение острых заболеваний, таких как диарея и корь, в первые месяцы после цунами уменьшается, и это свидетельствует о том, что усилия по оказанию помощи, возможно, эффективны. Исследователи-социологи также изучают пострадавшее население, чтобы выявить районы, где необходимо добиться большей эффективности усилия по оказанию помощи.

по оказанию помощи явно было недостаточно для того, чтобы предотвратить широкое распространение смерти и страданий. Научно обоснованные свидетельства колоссальных гуманитарных потребностей в Демократической Республике Конго привлекли внимание средств массовой информации, что помогло убедить политических стратегов в США и других странах увеличить финансирование помощи этой стране. Тем не менее доказательства не всегда ведут к действиям, их не всегда даже признают. Помощь Демократической Республике Конго в расчете на душу населения по-прежнему гораздо меньше той, что оказывается другим регионам, где существуют кризисные ситуации, включая Дар-фур и северные районы Уганды.

Туман неопределенности

Научно-технические достижения значительно облегчили работу сотрудников гуманитарных организаций, однако многому еще предстоит

научиться в применении этих новых методов, которые часто пробуксовывают в условиях быстро развивающихся кризисов. Усилия компании *Microsoft* по регистрации примерно одного миллиона беженцев, покинувших Косово в 1999 г., были основаны на благих намерениях и стали первыми усилиями такого рода в чрезвычайной ситуации. Однако эта программа только начала осуществляться, когда лишившиеся крова люди смогли вернуться домой. Лишь небольшая часть населения Косово к июню, когда сербские войска отступили, а югославское правительство, согласившееся на мирный план, разрешило беженцам вернуться на родину, получила удостоверения личности. Обстоятельства часто принижают усилия сотрудников гуманитарных организаций, поскольку, хорошо это или плохо, но политические, дипломатические и военные факторы часто влияют на благосостояние беженцев больше, чем наша деятельность,

в чем вскоре убедилась группа сотрудников *Microsoft*, занимавшаяся регистрацией беженцев из Косово.

В условиях эскалации кризисов регистрация беженцев все еще от-

ОПРОС ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ ПОД ОГНЕМ КРИТИКИ

Исследования, проводящиеся в разгар войны или в районе стихийного бедствия, могут дать картину кризисов, которую невозможно получить другими способами, хотя предоставление такой информации нравится не всем. Когда исследователи, используя статистический метод (так называемую кластерную выборку), чтобы провести два исследования смертности в репрезентативных семьях в Ираке, обнаружили уровень смертности, значительно превышающий тот, что указывался в официальных статистических данных, президент Буш и другие политики сразу же опровергли результаты этих исследований. Эпидемиологические методы исследования в чрезвычайной ситуации и сами ученые стали объектом самого пристального внимания и критики.

СТАНДАРТЫ ЗАБОТЫ

Когда после геноцида в Руанде в 1994 г. произошли массовые перемещения людей, покидавших свои дома, больше всего беженцев погибло от холеры и дизентерии, болезней, которые вполне можно предотвращать и которые поддаются лечению. Примерно 80 тыс. руандийцев умерло в лагерях для беженцев и перемещенных лиц. Еще около 20 тыс. человек погибло в районах, куда не смогли добраться сотрудники гуманитарных организаций. Уровень смертности среди беженцев был наиболее высоким за десятилетия, несмотря на присутствие в Руанде представителей «Красного Креста», ООН, вооруженных сил, организаций гражданской обороны и по меньшей мере 200 неправительственных организаций.

Эта трагедия преподала работникам гуманитарных организаций важный урок. Им надо было эффективнее применять свои знания и инструменты помощи, улучшая координацию своих действий и повышая уровень подготовки своих сотрудников. Десятки организаций по оказанию помощи сознательно согласились с тем, что люди, которым они служат, имеют на нее право, и обязались соблюдать Гуманитарную хартию и минимальные стандарты (справа) действий в условиях стихийных бедствий и катастроф, созданные на основе программы, известной под названием *Sphere Project*.

Сейчас сотрудники гуманитарных организаций, имеющие дело с нуждающимися в помощи населением, могут обратиться к экспертному руководству, из которого они, например, могут узнать, сколько воды они должны предоставлять в день, сколько выгребных ям для туалетов должны вырыть (и насколько далеко эти ямы должны быть расположены от источников воды), в каком количестве калорий, витаминов и минералов нуждаются взрослые и дети



Руандиец получает помощь в одном из лагерей беженцев

ВОДА

Минимум 15 л в день на человека для питья, приготовления пищи и личной гигиены

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ

Разъяснять тем, кто получает помощь, необходимость мытья рук перед прикосновением с пищей

По меньшей мере один туалет на каждые 20 человек

ПИТАНИЕ

По меньшей мере 2100 килокалорий на человека, при том, что 10—20% энергии будет получено из протеина и 17% из жиров, плюс витаминные и минеральные добавки. Для детей младше шести месяцев питание только грудным молоком

МЕДИЦИНСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Вакцинация от кори, пока 90% детей (в возрасте от девяти месяцев до 15 лет) не будут привиты от кори. Антимоскитные сетки для предотвращения малярии. Создание системы мониторинга болезней

стает. Участвующим в ней многочисленным ведомствам предстоит принять единый формат для хранения информации, несмотря на явные выгоды идентификации с помощью компьютеров. Техника тоже может подводить. Набор инструментов или компьютер могут просто перестать работать из-за жары или пыли. Гуманитарная помощь не является крупным рынком для поставщиков оборудования; следовательно, работники гуманитарных организаций часто довольствуются, скажем, переносными устройствами для очистки воды или географическими базами данных, которые были впервые разработаны для других целей и, возможно, не подходят для решения конкретных задач. Напротив, по-прежнему существуют длительные проволочки в разработке и использовании действительно необходимых технологий, таких

как эффективные средства лечения малярии и более удобные укрытия на случай чрезвычайных ситуаций. И технический специалист, разрабатывающий *GIS*, может столкнуться с трудностями в составлении точной картины подлинных потребностей беженцев, если работники гуманитарных организаций не будут делиться своими оценками: ведь неверные данные могут привести к составлению внушительно выглядящих, однако, в конечном счете, не пригодных к употреблению карт.

Должностные лица гуманитарных организаций, которые не используют оборудование связи так, как это было задумано, могут лишь усугубить хаос. После цунами 2004 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в сотрудничестве с властями провинции Ачех создала систему текстовых сообщений, которая должна была позволить меди-

цинским работникам быстро информировать соответствующие инстанции о болезнях, способных привести к эпидемиям. Используя спутниковую связь и сотовые телефоны, члены нашей медицинской команды *IRC*, работавшие в одном из отдаленных районов провинции Ачех, добросовестно посылали текстовое сообщение всякий раз, когда мы обнаруживали ребенка, больного корью. К сожалению, медицинский работник, который должен был принимать эти сообщения, не фиксировал их, или, возможно, система мобильной связи их не доставила. В течение нескольких недель очаги кори в нашем районе не были зарегистрированы в официальной медицинской статистике.

Техникой можно злоупотреблять, или же она может оставаться недоступной для тех, кто больше всего в ней нуждается. Некоторые акти-

висты-правозащитники предупредили, что электронные банки данных о беженцах могут быть присвоены репрессивными правительствами либо вооруженными формированиями, стремящимися выследить своих противников. В бедных странах преимуществами новых технологий пользуются прежде всего люди обеспеченные. Цунами в Индийском океане повлияло на огромный район, однако попытка широкомасштабной идентификации с использованием методов судебно-медицинской экспертизы была принята только в прибрежном районе в Пхукете (Таиланд) и вокруг него. Хотя более половины пропавших без вести были тайцами, группы из более чем двадцати стран, занимавшиеся идентификацией жертв стихийного бедствия, прежде всего стремились идентифицировать отдыхавших там белых. Я посетила оснащенную самым современным оборудованием для судебно-медицинской экспертизы палатку, и обнаружила совсем рядом, под деревом, тайских ученых, работавших над идентификацией местных жертв стихии.

Слишком часто сотрудники международных организаций отесняют в сторону местные структуры по оказанию помощи. Создание отдельных баз данных для тайцев и для иностранцев в конечном счете замедлило процесс идентификации в целом. В связи с использованием новой техники возникает необходимость в новых этических установках. Очень важно предоставлять технику в распоряжение пострадавших общин.

Контроль ситуации

Учитывая все вышеизложенные достижения, гуманитарные операции должны были стать сейчас более эффективными, чем когда-либо раньше. Но так ли это? Не существует единой системы, которая определяла бы эффективность помощи. Сотрудники гуманитарных организаций по исторически сложившейся традиции небрежно относятся к мониторингу и оценке своих программ; часто они слишком заняты

оказанием помощи пострадавшим. И когда полувоенное формирование или другая внешняя сила намеренно срывают оказание помощи, трудно дать оценку тому, насколько эффективной она была. Тем не менее инвесторы начинают требовать доказательств полезности предоставляемого ими финансирования, и ООН начала реформировать методы финансирования международной помощи, подбора персонала и координации усилий. Гуманитарные организации сотрудничают сейчас с научными институтами и исследователями в разработке методов оценки своей работы. Эти организации и их доноры также создают гуманитарную службу контроля, цель которой — предоставлять информацию о питании, состоянии здоровья и смертности людей в кризисных ситуациях, чтобы на основе этих данных совершенствовать программы помощи.

Гуманитарная помощь, несмотря на окружающий ее ореол героизма, не является средством профилактики или лечения. Независимо от того, насколько прочна ее научная основа, внешняя помощь всегда означает чей-то провал. В случае катаклизмов в результате действий человека — это неспособность стран предотвратить конфликты или защитить свое население от военных преступлений и преступлений против человечества. Стихийные бедствия свидетельствуют о неспособности общин защитить своих членов от потенциальных опасностей за счет лучшей подготовки и прогнозирования. Основной целью должны быть стремление и способность мирового сообщества предвосхищать бедствия и защищать мирное население.

Однако, к сожалению, потребность в гуманитарной помощи, вероятно, будет появляться все чаще и чаще. Примерно миллиард человек в развивающихся странах мира живет в трущобах, часто — в плохо построенных жилищах, расположенных в районах, где они могут пострадать от стихийных бедствий. Войны, как это ни печально, не прекращают-

ся. В условиях стихийных бедствий и сложных чрезвычайных ситуаций наука и техника позволяют сохранить гораздо больше человеческих жизней, чем когда-либо ранее. Международная общественность, частный сектор, правительства и вооруженные силы проявляют готовность оказывать помощь. Есть все необходимые элементы. Нужно лишь выйти за пределы потребностей заинтересованных кругов, чтобы научно достоверная информация использовалась максимально эффективно, а ресурсы направлялись туда, где они более всего необходимы.

Некоторые сотрудники международных организаций, давно занимающиеся оказанием гуманитарной помощи, обеспокоены тем, что достижения техники и растущий профессионализм лишат гуманитарную деятельность романтического ореола. Однако когда Жан Анри Дюнан (Jean Henry Dunant) опубликовал в 1862 г. книгу «Память о Сольферино», в которой изложил свою точку зрения на создававшуюся тогда гуманитарную организацию «Красный Крест», он призвал работать в ней людей, которые «полны энтузиазма, преданы делу и высоко квалифицированы». Поскольку от помощи так часто зависит жизнь или смерть тех, кто оказался в трагических обстоятельствах, она должна оказываться с максимальными компетентностью и гуманизмом. ■

Перевод: Т.Н. Саранцева

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Военный госпиталь: Правдивая история хирургии и выживания. Шери Финк (Sheri Fink), Public Affairs, 2003.
- Пол Каррион (Paul Curriion), консультант, специализирующийся в области управления информацией для гуманитарных операций, ведет блог о том, как информационные технологии могут содействовать гуманитарной помощи: www.humanitarian.info
- Доступ к центру всеобъемлющей информации о гуманитарных чрезвычайных ситуациях и катаклизмах можно получить на Relief-Web по адресу: www.reliefweb.int



Владимир Скулачев, Анна Королева и Максим Скулачев

ВЫБОР МЕЖДУ ЖИЗНЬЮ И СМЕРТЬЮ

Борьба со старением — задача масштабная и не под силу какой-то одной научной группе. По сложности она сопоставима с проектом С.П. Королева по запуску первого спутника или «всемирным проектом» по расшифровке генома человека. Над решением этой задачи в мире бьются сотни лабораторий, включая Национальный институт старения США. К настоящему моменту существует более 300 научных теорий старения.

С 2005 г. в России в стенах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова проводится междисциплинарный инновационный проект, который может не только составить достойную конкуренцию зарубежным геронтологам, но и имеет реальные шансы на создание

первого действенного геропротектора — лекарства против старости. Научный руководитель проекта — академик РАН В.П. Скулачев. Инвестором выступила Русско-азиатская инвестиционная компания (РАИнКо).

Для осуществления этого проекта инвестор и руководство МГУ в лице ректора В.А. Садовниченко и деканов биомедицинских факультетов приняли решение пойти по пути, достаточно распространенному на Западе, но все еще необычному для России — создать «приуниверситетскую» биотехнологическую компанию. Так была создана «Митотехнология», уже три года ведущая проект «Практическое использование ионов Скулачева».

От редакции

Старость — не радость

Многие изобретения, без которых человечество не представляет себе жизни сегодня, были созданы и внедрены в практику в XX в. (электричество, автомобиль, самолет, телевидение, компьютеры, полет в космос). Столь же кардинальные шаги были сделаны и в биологии, которая превратилась из описательной науки в экспериментальную и инженерную область — появилась возможность направленного изменения свойств живых существ. Были сделаны многие открытия, например

установлен механизм наследственности и расшифрован генетический код, создана генная инженерия, «прочтен» геном человека, разработаны методы клеточной инженерии, клонирования и многое другое. Благодаря этим достижениям биологии удалось вооружить медицину средствами против многих опасных болезней.

Однако есть одна важнейшая область, в которой прошлому веку похвастаться, в сущности, нечем. Это борьба со старением. В отличие от любого другого заболевания (допустим, что старость — это тоже ▶

болезнь) старению подвержено все человечество. По достижении определенного возраста каждый человек начинает медленно «угасать»: ослабевают мышцы, падает иммунитет, увеличивается вероятность возникновения онкологических, сердечно-сосудистых, нейродегенеративных заболеваний, ослабевают зрение, память, уменьшается выносливость. Что это, если не признаки какого-то системного заболевания? В конце концов, один из этих симптомов старения прогрессирует настолько, что организм уже больше не может сопротивляться недугу и умирает.

В отличие от любого другого заболевания, старению подвержено все человечество

Начиная с 1970 гг., в мире происходит «фармакологический бум». Созданием новых лекарств занимаются транснациональные корпорации, вкладывающие огромные средства в разработку лекарств и биомедицинских технологий. Чем опаснее заболевание, чем больший процент людей ему подвержен, тем больший рынок будет иметь лекарство и тем охотнее компании идут на его разработку. Почему же фармакологические гиганты до сих пор обходили вниманием самый распространенный и опасный недуг — старость?

Очевидно, потому что разработка нового препарата может занять 5, 10, 15 лет и сопряжена с большими рисками — например пре-

красные результаты на животных совершенно не гарантируют, что препарат не окажется бесполезным для людей, или не будет обладать нежелательными побочными эффектами, делающими его применение невозможным. Поэтому, принимая решение об инвестировании средств в разработку нового лекарства, компания должна быть уверена в том, что предлагаемый подход к борьбе с заболеванием имеет шансы на успех.

Причины болезни

Существует множество теорий старения. Наиболее распространенной

и убедительной из них считается свободно-радикальная гипотеза Д. Хармана, предположившего, что ведущую роль в ослаблении жизненных функций с возрастом играет окисление биополимеров активными формами кислорода (АФК). В соответствии с этой гипотезой было установлено, что при старении возрастает уровень окисленности ДНК, белков и липидов. Подобная ситуация может быть следствием увеличения в старости продукции АФК или ослаблении антиоксидантной защиты, либо просто длительности повреждающего воздействия АФК, пропорционального возрасту организма.

Одним из крупнейших открытий последних десятилетий стало обна-

ружение «программ смерти». Было установлено, что гибель клетки происходит, как правило, в результате выполнения одной из таких программ (апоптоза или некроза, а также их комбинации), заложенных в ее геноме.

Гипотеза Д. Хармана вместе с этим открытием послужила основанием для заключения, что, по крайней мере, одноклеточные организмы предполагают механизм самоликвидации. Было показано, что аналогичные «программы смерти» существуют у бактерий и одноклеточных эукариот, таких как, например, дрожжи. Существует множество примеров, доказывающих, что запрограммированная смерть особи процесс, названный «феноптозом» (*процесс был так назван академиком В.П. Скулачевым, слово придумано и введено в обиход академиком, лингвистом М.Л. Гаспаровым. — Прим. ред.*), присущ также и высшим организмам — животным и растениям, хотя его молекулярные механизмы еще только предстоит выяснить. Биологический смысл феноптоза достаточно очевиден по аналогии с апоптозом — очищение популяции от нежелательных особей с целью защиты всей популяции, в случае если они несут для нее угрозу. Другой функцией феноптоза могло бы быть ускорение смены поколений.

Концепция феноптоза заставляет по-другому взглянуть на проблему старения. Что, если это тот способ, которым природа заставляет нас уходить, освобождая место молодым? Что, если это медленное угасание, также как и программа апоптоза, заложено в виде генетической программы в нашем геноме, и его основным биологическим смыслом является ускорение эволюции? Эти вопросы позволили нам сформулировать теорию запрограммированного старения как инструмента эволюции.

Чем глубже биологи проникают в механизм функционирования живых систем, тем больше они убеждаются, что природа старается держать под строжайшим контролем все процессы, идущие в ор-

ОБ АВТОРАХ

Владимир Петрович Скулачев, Научный руководитель проекта, один из основателей науки биоэнергетика. Академик РАН, член президиума *Academia Europea*, профессор МГУ, директор НИИ ФХБ им. А.Н. Белозерского МГУ, декан факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ, лауреат Государственной премии СССР.

Максим Владимирович Скулачев — кандидат биологических наук, молекулярный биолог, ведущий научный сотрудник биологического факультета МГУ, заместитель руководителя проекта «Практическое использование ионов Скулачева».

Анна Тахмасибовна Королева — специалист по информационной поддержке проекта «Практическое использование ионов Скулачева».

ганизме, особенно связанные с его развитием, с наследственностью. В этой связи представляется особенно невероятным, что природа отдала такой важнейший этап, как старение и смерть организма, на откуп случайным обстоятельствам и не запрограммировала в геноме управление этим процессом.

Подход к лечению болезни

Теория старения как медленного фенотоза дает нам шанс. Если существует программа, медленно, но верно ведущая нас к смерти, то, возможно, в нее можно вмешаться, перенастроить ее, замедлить, сломать. К сожалению, на данном этапе развития биоинженерия еще не вполне созрела для создания новых биологических систем, биохимических путей и т.п. Но ломать всегда проще, чем строить. Сейчас наука располагает мощнейшим арсеналом средств, позволяющих останавливать реализацию самых разных генетических программ. Почему бы не добавить в их список и программу старения?

Речь не идет об изменении генома — сегодня человек еще не готов к вмешательству в собственные гены. Биология не в силах предсказать все последствия такого шага, т.к. он может быть необратим для организма. Остается фармакологический подход — разработка вещества, способного не столько изменить саму программу старения, сколько помешать ее реализации, действуя на определенную мишень — какой-то элемент, процесс в клетке или организме, принципиально важный для работы вредоносной программы. Где искать эту мишень?

Здесь необходимо вернуться к гипотезе Д. Хармана. Безусловно, активные формы кислорода (АФК) — подходящие кандидаты на роль «самурайского меча», используемого организмом, решившим совершить биохимическое самоубийство. Даже если они и не являются прямой причиной старения, то, безусловно, принимают непосредственное участие в этом процессе. В клетке существует множество различных АФК, которые выполня-

ют самые разные (и не всегда вредные) функции. Где же искать те, что участвуют в процессах старения? В клетке существует целый набор ферментов, превращающих O_2 в первичную форму АФК — супероксид ($O_2^{\cdot-}$) или в его производное — перекись водорода. Однако все они по мощности значительно уступают дыхательной цепи внутренней мембраны митохондрий. За день митохондрии взрослого человека поглощают около 400 л O_2 , превращая его в воду путем четырехэлектронного восстановления. Однако, если хотя бы 0,1% этого количества O_2 будет восстановлено химически более простым, одноэлектронным образом, то получится 0,4 л $O_2^{\cdot-}$, что намного превышает возможности всех прочих механизмов генерации АФК, вместе взятых. Фактически мы носим в своих митохондриях потен-

циальный генератор сильнейшего яда, который легко может убить наши клетки и нас самих вместе с ними. Такая катастрофа произойдет даже не из-за прямого токсического действия АФК, а вследствие запуска процессов апоптоза или некроза, мощными индукторами которых служат АФК.

Следовательно, митохондриальные АФК являются привлекательным кандидатом на роль «мишени», поразив которую, можно было бы «уничтожить» биохимический механизм самоубийства.

Поиск инструмента

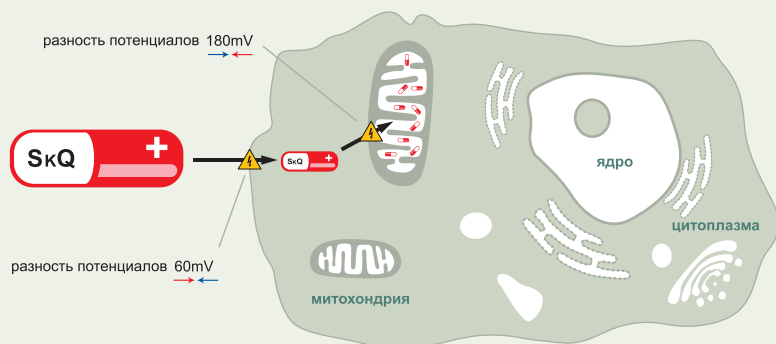
Фармакологический способ борьбы с АФК давно известен — это антиоксиданты. По поводу лечения ими старения существует весьма обширная и неоднозначная литература — от заявления



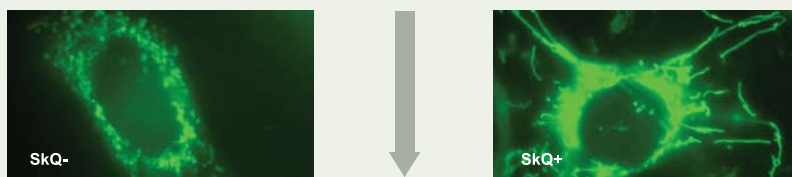
По достижении определенного возраста каждый человек начинает медленно «угасать» — ослабевают мышцы, падает иммунитет, увеличивается вероятность возникновения онкологических, сердечно-сосудистых, нейродегенеративных заболеваний

**МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ
МИТОХОНДРИАЛЬНО-АДРЕСОВАННЫХ АНТИОКСИДАНТОВ**

Митохондриально-направленный антиоксидант SkQ проникает сквозь биологические мембраны и тысячекратно накапливается в митохондриях



SkQ защищает митохондрии от АФК
(на фото – митохондрии образуют протяженные тяжи вместо отдельных гранул)



SkQ снижает количество АФК, производимое живой клеткой
(на фото – флуоресцентное окрашивание клеток на АФК)



SkQ защищает клетки от гибели в условиях окислительного стресса
(на фото - гибель клеток после обработки перекисью водорода)



SkQ улучшает состояние всего организма, замедляет развитие признаков старения
(на фото - старческое поседение шерсти мышей)



американского биохимика Б. Эймса и его коллег, что такое лекарство от старости уже найдено, до выводов Д. Хоуэса о полной бесплодности этого подхода и, стало быть, ошибочности свободно-радикальной гипотезы Д. Хармана. Но, по нашему мнению, в работах по лечению старости антиоксидантами есть несколько упущений. Во-первых, должны использоваться антиоксиданты, адресованные именно в митохондрии. Во-вторых, они должны быть безопасными, так как, взаимодействуя с АФК, молекулы антиоксиданта сами становятся радикалами; соответственно, в клетке должен существовать надежный способ немедленной их нейтрализации, желательно с восстановлением антиоксиданта в его изначальном виде. В третьих, все антиоксиданты обладают прооксидантным эффектом при повышении дозы, ограничивающим возможность их применения, т.е. они должны обладать высокой эффективностью в как можно более низких дозах. Наконец, традиционные антиоксиданты, даже если они могут оказаться в митохондриальной мембране наряду с другими мембранами клетки, представляют собой природные вещества, избыток которых может быть расщеплен клеточными ферментами, коль скоро их присутствие становится нежелательным. Фактически организм располагает системами защиты не только от кислорода, но и от антиоксидантов. А все дело в том, что АФК выполняет целый ряд биологических функций, без которых полноценная жизнь невозможна (они, например, непосредственно участвуют в борьбе с бактериями и вирусами).

Следовательно, антиоксидант должен убирать не АФК, а только их избыток, образующийся внутри митохондрий по мере старения организма; ему не следует инактивироваться ферментами организма, стремящегося во что бы то не стало завершить свой онтогенез включением программы старения.

К сожалению, ни один из известных к концу XX в. антиоксидантов

не отвечает всем этим требованиям. Реальный кандидат появился только в начале этого века.

Ионы Скулачева

На рубеже 1960—1970-х гг. мы (группа ученых из МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с группой доктора физико-математических наук Е.А. Либермана из Академии Наук СССР) обнаружили, что некоторые соединения — липофильные катионы (например, фосфония), способны адресно проникать в митохондрии живой клетки.

В 1974 г. такие соединения были названы американским биохимиком Д. Грином «ионами Скулачева».

В начале 70-х гг. нами (В.П. Скулачевым, доктором химических наук Л.С. Ягужинским, академиком С.Е. Севериным. — Прим. ред.) было высказано предположение, что проникающие катионы могут использоваться митохондрией как «молекулы-электровозы» для накопления в митохондриях незаряженных веществ, присоединенных к этим катионам.

В конце 1990-х гг. британский биохимик М.П. Мерфи использовал этот подход, попытавшись создать митохондриально-адресованный антиоксидант. Он присоединил к липофильному иону трифенилалкилфосфония витамин E. К сожалению, это вещество, равно как и его несколько более удачный вариант, в котором вместо витамина E использован убихинон, до сих пор не нашло применения на практике, видимо, из-за сильного прооксидантного действия и недостаточной эффективности в низких дозах. Перспективность всего подхода оказалась под сомнением.

Однако в 2003 г. мы начали разработку нового митохондриально-адресованного антиоксиданта. Чтобы принципиально повысить его эффективность, был использован пластохинон, вещество из самого насыщенного кислородом места в живой природе — хлоропластов растений. Было сконструировано и синтезировано вещество SkQ1,



эффективность которого оказалась в сотни раз выше, чем у предыдущих аналогов.

Метод разработки технологий и препаратов

Поставив целью борьбу со старением, мы понимали, что такая задача не под силу одной научной группе. Как можно в современном мире быстро найти ресурсы (финансовые, интеллектуальные, людские) на осуществление подобного проекта? Логика подсказывала единственный ответ — если рассматривать старость как болезнь, то речь идет о создании нового лекарственного препарата. Для решения такой фундаментальной задачи на базе Московского государственного университета был организован междисциплинарный инновационный проект, объединивший команду ученых (биологов и медиков, химиков, физиков, математиков).

Основной технологический подход — это направленное воздействие на митохондрии клеток живого организма с целью регулирования количества АФК, производимых этими митохондриями — своеобразная инженерия митохондрий, или «митоинженерия». Ее осуществле-

ние возможно, например, при помощи адресной доставки высокоэффективных антиоксидантов в митохондрии живой клетки. Технология, позволяющая осуществлять эту доставку, получила название «митотехнологии».

Поскольку митохондрии содержатся и продуцируют АФК практически во всех клетках организма, сфера применения митотехнологии крайне широка. Тот же подход может быть применен для борьбы с другими заболеваниями, для которых показана негативная роль АФК (особенно если известен вклад именно митохондриальных АФК). Следовательно, если митотехнология окажется действительно эффективной, то на ее базе возможна разработка целого семейства лекарственных препаратов, содержащих в качестве действующего начала различные (или одинаковые, но в разной дозировке и лекарственной форме) митохондриально-адресованные антиоксиданты. В этом состоит главная стратегия исследований (рис. вверху). Наряду с максимально детальной разработкой технологической платформы (митотехнологии) по мере получения подтверждения ее работоспособности идет парал-



тельная разработка нескольких лекарственных препаратов. Последний метод разработки препаратов приведен на рис. сверху.

Все начинается с создания структуры и синтеза нового соединения (группами химического синтеза). Будучи синтезированным, новое вещество передается другим группам на исследование свойств, сначала физико-химических и, если они отвечают требованиям (например, стабильность вещества, его гидрофобность, анти- и прооксидантные свойства в химических реакциях),

то начинаются испытания на биологических системах *in vitro*.

На модельной системе (искусственных плоских липидных мембранах) оценивается проникающая способность соединений. На тех же мембранах, но со встроенными пептидными ионными каналами

щать некроз и апоптоз, индуцированные АФК.

Некоторые эксперименты с *SkQ* могут быть проведены на изолированных органах и тканях животных. Так, в рамках офтальмологического направления был выполнен большой объем работ по искусственному культивированию заднего сектора глаза, большое количество опытов по кардиологии проведено на модели изолированного перфузионного сердца.

В случае удовлетворительных результатов *in vitro* и *ex vivo*, *SkQ* поступает в распоряжение научных групп, ведущих исследования на целых организмах.

SkQ представляет собой новый класс биологически активных соединений. В связи с этим изучение их свойств должно включать в себя опыты на самых разных организмах — от одноклеточных до человека. Сегодня ведутся исследования, в частности, на бактериях, одноклеточных грибах (в том числе дрожжах), мицелиальных грибах, высших растениях, беспозвоночных — нематодах

Чем глубже биологи проникают в механизм функционирования живых систем, тем больше они убеждаются, что природа старается держать под строжайшим контролем все процессы, идущие в организме, особенно связанные с его развитием и наследственностью

грамцидина можно показать защитное действие веществ на мембранные белки. Большое количество опытов ведется на изолированных митохондриях, что дает возможность измерять антиоксидантные свойства веществ, искать побочные эффекты.

Наконец, проводятся исследования биологической активности веществ на разнообразных культурах клеток. В первую очередь изучается способность *SkQ* защищать клетки в стрессовых условиях, предотвра-

(*Caenorhabditis elegans*), коловратках, рачках, насекомых (дрозофилах), рыбах (*Nothobranchius furzeri*), грызунах — мышах и крысах различных линий, слепушонках, кроликах. Поскольку препараты проекта планируется применять и в ветеринарии, идут клинические испытания на собаках, кошках и лошадях — пациентах ветеринарных клиник. Такой широкий спектр исследований необходим для выяснения максимально большого числа аспектов

ПАТЕНТОВАНИЕ

На данный момент компания «Митотехнология» подала более 10 заявок на международные патенты на разрабатываемые технологии и способы их применения в разных областях медицины и биотехнологии. Ключевым звеном в защите ИС компании является т.н. «зонтичный» патент, защищающий суть базовой технологии проекта — митохондриально-адресованные биологически-активные вещества, в частности — митохондриальные антиоксиданты типа *SkQ*. Патент на эту технологию уже получен в России, подана заявка на национальный патент США

биологического действия разрабатываемых веществ.

После получения первых результатов стало понятно, что различные варианты *SkQ* могут быть эффективны при лечении некоторых заболеваний, в том числе старческих. Такое заключение было сделано на основе анализа данных по действию вещества на различные организмы.

С этого момента стало возможным проведение прицельных исследований, направленных на разработку препаратов против конкретных болезней, что включает в себя стадию испытаний действия вещества на модельных животных.

Особняком стоит группа так называемых «опытов на дожитие» — экспериментов, в которых животные получали препарат в низких дозах в течение всей жизни. Здесь основным параметром, который интересовал исследователей, была продолжительность жизни подопытных животных. Первый такой опыт на мышах стартовал еще в конце 2004 г. и осенью 2007 г. был завершен. Результаты оказались крайне обнадеживающими — удалось существенно увеличить среднюю продолжительность жизни животных, замедлить развитие нескольких признаков старения, в том числе отсрочить появление старческих нарушений репродуктивной функции.

В случае успеха часть экспериментов, проводимых на животных, оформляется как официальные доклинические испытания. Разрабатываются и производятся опытные партии лекарственных форм, их эффективность и безопасность также исследуются в соответствующих учреждениях. Результаты готовятся к рассмотрению Министерством здравоохранения и социального развития РФ для получения разрешения на начало клинических исследований.

Основные результаты

В 2005 г. была доказана действенность митотехнологии как способа борьбы с митохондриальными

АФК, удалось получить первые подтверждения возможности реализации этого подхода на практике, хотя большая часть экспериментов велась *in vitro*. Положительная биологическая активность *SkQ* была продемонстрирована на нескольких системах.

В 2006 г. были организованы несколько новых лабораторий в МГУ и на современном оборудовании, начались масштабные эксперименты на животных, что сразу начало давать впечатляющие результаты. К исследованиям присоединились несколько западных исследовательских центров — компания Лонгевика, базирующаяся в медицинском институте Р.В. Джонсона в Нью-Джерси, Стокгольмский университет. К концу 2007 г. получены результаты, свидетельствующие о том, что *SkQ* способен задерживать развитие 14 признаков старения (например, старческие болезни глаз, старческое ослабление памяти, развитие сердечно-сосудистых заболеваний, старение репродуктивной системы, подверженность онкологическим заболеваниям и т.д.) в том числе и увеличивать продолжительность жизни самых разных животных (причем в зависимости от конкретного вида вещество может снижать раннюю смертность и увеличивать среднюю продолжительность жизни, продлевать максимальный возраст подопытных животных).

Эксперименты идут полным ходом. В них участвуют более 290 ученых в составе 40 групп, работающих более чем в 20 исследовательских центрах России, США и Швеции.

Исследования будут продолжаться и дальше с основной целью — разработка препарата, замедляющего старение. При этом будут идти работы и по созданию препаратов против конкретных старческих болезней. Так, по офтальмологическому направлению в нескольких ведущих глазных институтах России в 2008 г. начнутся клинические испытания глазных капель от увеита, некоторых ретинопатий,

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Количество ученых, участвующих в исследованиях, близится к 300. Из-за резкого увеличения потока данных, поступающих от групп, был предложен способ оптимизации сбора и анализа поступающей информации. Одной из рекомендаций было внедрение в рамках проекта единой компьютерной информационной системы управления. В 2006—2007 гг. система была разработана программистами. Начиная со второго квартала 2007 г. все ключевые организационные работы ведутся в информационной системе — АСУ «Мито»

глаукомы. Проект начинает официальные доклинические исследования в США с целью получения разрешения *FDA* на проведение клинических испытаний. Наконец, некоторые изменения произойдут в организационной структуре — на базе проекта будет создан Учебно-научный центр митоинженерии МГУ.

Подробнее основные результаты будут изложены в отдельной статье, которая будет опубликована в одном из следующих номеров журнала. ■

www.skq-project.ru

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Скулачев В.П. (2005) Вестник РАН, 75, 831—843.
- Скулачев В.П. (2007) Биохимия, 72, 1700—1714.
- 3. Atamna, H., Robinson, C., Ingersoll, R., Elliott, H., Ames, B.N. (2001) FASEB J., 15, 196-2204.
- Harman, D. (1956) J. Gerontol., 11, 298—300.
- 5. Howes, R.M. (2006) Ann. N.Y. Acad. Sci., 1067, 22—26.
- Liberman, E.A., Topali, V.P., Tsofina, L.M., Jasaitis, A.A., and Skulachev, V.P. (1969) Nature, 222, 1076—1078.
- Longo V.D., Mitteldorf J., Skulachev V.P., (2005), Nat. Rev. Genet., 6, 866—72.



Обсерватория Пик Терскол в Приэльбрусье

Леонид Ксанфомалити

НЕИЗВЕСТНЫЙ МЕРКУРИЙ

Последние исследования российских ученых позволяют расширить наши представления о ближайшей к Солнцу планете без помощи космических аппаратов

14 января 2008 г. космический аппарат США *Messenger* прошел на небольшом расстоянии от планеты Меркурий. Ученые долго ждали этого события; по существу, с 1975 г., когда у планеты побывал другой аппарат, *Mariner-10*.

Меркурий принадлежит к группе из четырех планет земного типа, расположенных близко к Солнцу. Он находится на самом коротком расстоянии от светила и недалеко от Земли. Увидеть планету непросто: она никогда не уходит от Солнца на угол больше чем на 28° , а обычно меньше. Это удаление называется элонгацией. Но и в наибольшей элонгации ($18\text{--}28^\circ$) Меркурий можно наблюдать только на фоне светлого сумеречного неба в течение короткого времени на восходе (рис. справа) или после захода Солнца. Минимальное расстояние до Меркурия всего 80 млн км, но наблюдать его в это время не удастся не только из-за яркого света Солнца, но и потому, что к Земле в этот период

обращена его ночная сторона. «Счастлив астроном, Меркурий увидевший», — значится в средневековых астрономических наставлениях. Тем не менее заметить планету нетрудно, если только помнить короткие календарные периоды ее видимости, знать, где ее искать, и учитывать, что видна она очень недолго, теоретически не более 1,5 ч, а практически намного меньше. Условия видимости повторяются несколько раз в год. С помощью телескопа Меркурий можно увидеть только в дневное время, причем распознать какие-либо детали на нем практически не удается. Угол, под которым планета видна в квадратуре (половина диска), составляет в среднем 7,3 угл. с. «Хорошим» в наземных обсерваториях считается телескоп с разрешением около одной угловой секунды (т.е. его способность разделить точки изображения, разделенные углом в 1 с). Поэтому на фотографических изображениях Меркурий всегда остается небольшим мутным пятнышком. Делу могли бы помочь автоматические орбитальные телескопы, например «Хаббл» (*HST*), но, по мнению администрации телескопа, если возникнет ошибка в движении инструмента, мощное излучение Солнца может попасть на уникальные приборы и их испортить. Кстати, то же касается наземных астрономических инструментов для работы с Меркурием.

Некоторые наиболее искусные астрономы прошлого пытались использовать удивительные свойства человеческого зрения для составления карт этой планеты. В первой половине прошлого века их рисовали французские астрономы Б. Лио (1897—1952) и А. Дольфюс (рис. на стр. 66). По их наблюдениям, каждые 116 суток, когда Меркурий сближался с Землей, он был обращен к ней одной и той же стороной. Впервые с таким утверждением выступил итальянский астроном Д. Скиапарелли (1835—1910), больше известный в связи с марсианскими «каналами». Он провел первые наблюдения Меркурия в 1881 г. и повторил их через год. Никаких изменений во внешнем виде планеты ученый не

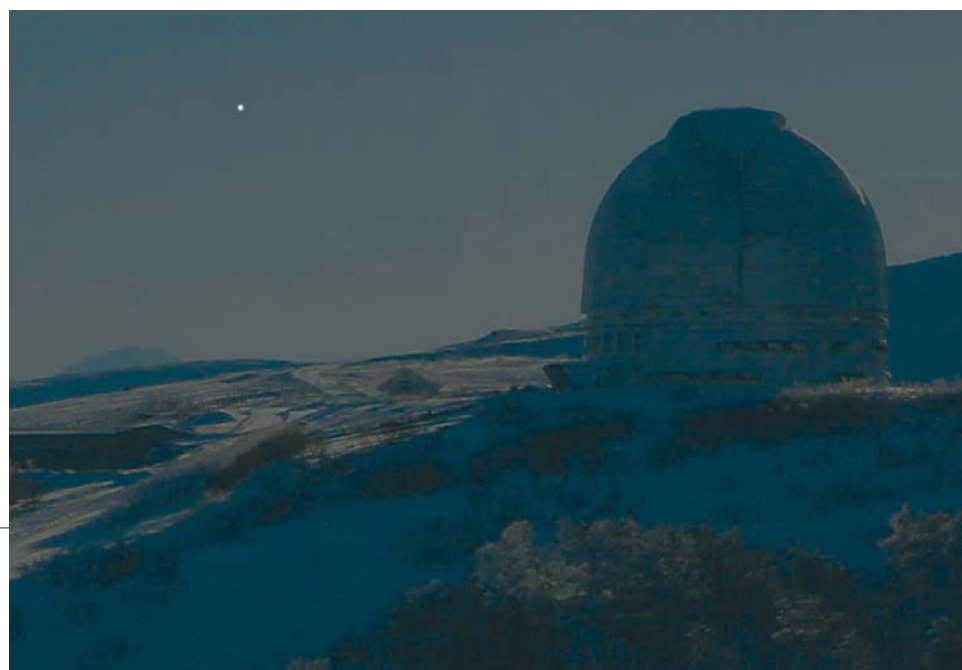
заметил. Скиапарелли продолжал наблюдения, и в 1889 г. окончательно решил, что планета всегда ориентирована одной стороной к Солнцу. (В 1890 г. исследователь пришел к аналогичному выводу и в отношении Венеры, что тоже неверно.) Был сделан вывод, что Меркурий вращается синхронно, т.е. что противоположной стороной планета всегда обращена к Солнцу. Иными словами, считалось, что период вращения планеты совпадает с периодом ее обращения вокруг Солнца, в результате чего на одном полушарии Меркурия вечный зной, а на другом — постоянный космический холод. Это было ошибкой, но обнаружилась она только с появлением межпланетной радиолокации. Вращение планеты оказалось необычным: благодаря резонансу вращения и обращения 3 оборота вокруг оси Меркурий завершает точно за 2 своих «года», т.е. за 176 земных суток (период обращения планеты вокруг Солнца, ее «год», составляет 88 суток). Солнце поочередно освещает оба полушария планеты, а из-за того, что полярная ось планеты практически нормальна к плоскости ее орбиты, над глубокими долинами вблизи полюсов Солнце не восходит никогда.

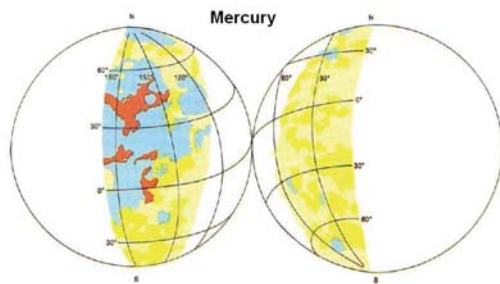
С началом космических исследований надежды на значительный прогресс в изучении Меркурия стали возлагать на посылку к нему космического аппарата. Из астрономических наблюдений давно были найдены основные характери-

ки орбиты Меркурия: она наклонена к плоскости эклиптики (орбите Земли) на 7° и сильно вытянута: при среднем расстоянии от Солнца в 0,39 а.е., в перигелии Меркурий приближается к нему до 0,31 а.е. и удаляется в афелии до 0,47 а.е. Орбитальная скорость планеты в среднем составляет 48 км/с, а максимально (в перигелии) достигает 54 км/с, что почти вдвое превышает орбитальную скорость Земли. Поэтому прямой перелет космического аппарата к Меркурию с выходом на орбиту его спутника невозможен. Приходится использовать мощное средство небесной механики, так называемые «гравитационные маневры», — многократное последовательное сближение аппарата с планетами. Такой аппарат, *Mariner-10* (США), был запущен в 1973 г. и в 1974—1975 гг. несколько раз кратковременно сближался с Меркурием в пролетном режиме.

Наземные спектрофотометрические измерения показывают, что по своим свойствам поверхностные породы многих областей Меркурия напоминают материковые (горные) породы Луны, хотя и несколько светлее их. Свойства Меркурия «по умолчанию» относили к свойствам Луны. До начала космических исследований даже диаметр планеты был известен неточно, а оценка его

На восходе Солнца, когда астрономы уже закончили работу и закрыли купол телескопа, Меркурий поднялся невысоко над горизонтом (САО РАН, ноябрь 2006 г.)





Изображения 46% поверхности Меркурия передал в 1974—1975 гг. аппарат США *Mariner-10*, который трижды сближался с планетой



Поверхность Меркурия в секторе долгот 70—185°W по рисунку французского астронома А. Дольфюса (наблюдения 6.10.1950)

массы и средней плотности была затруднена из-за отсутствия спутников. Атмосферы у Меркурия практически нет; она крайне разрежена, в миллиарды раз менее плотная, чем у Земли, причем с необычным газовым составом.

В отличие от Марса и Венеры, к которым было направлено много исследовательских миссий, *Mariner-10* до 2008 г. оставался единственным космическим аппаратом, который побывал у Меркурия. Значительная часть основных данных о физике планеты, как и ее изображения, были получены при сближениях *Mariner-10* с Меркурием. В отличие от других планет земной группы, последний обладает гигантским железо-никелевым ядром. Скрывающая его внешняя силикатная сферическая оболочка по составу действительно похожа на породы поверхности Луны, причем имеет толщину всего 700—800 км. Одним из главных результатов *Mariner-10*, наряду с получением снимков почти половины планеты, было открытие значительного магнитного поля у Меркурия, возможно, дипольного, что стало научной сенсацией. Парадокс этого открытия заключается в том, что для возбуждения поля нужно, чтобы у планеты было жидкое ядро, а возможность его существования как раз оспаривается теорией: запасы тепла у столь маленькой планеты (с диаметром 4880 км и массой 5,5% земной) не могли сохраниться дольше четверти ее возраста, 1—1,5 млрд лет. Кроме того, медленное вращение планеты и наблюдаемое положение полярной оси плохо согласуются с теоретически-

ми представлениями о необходимых для возбуждения поля условиях. Происхождение магнитного поля Меркурия пока не находит однозначного объяснения.

Орбитальные особенности миссии *Mariner-10* оказались неожиданностью для Джузеппе Коломбо, автора проекта полета *Mariner-10*. (Ныне имя Джузеппе Коломбо носит проект Европейского космического агентства «БегиКоломбо», предназначенный для вывода одноименного аппарата на орбиту спутника Меркурия с запуском в 2011—2012 гг.) После первого сближения *Mariner-10* с планетой (24 марта 1974 г.) и сообщения в прессе об успехе, Д. Коломбо спросили, что произойдет с аппаратом дальше. Чтобы рассчитать дальнейшие события, была запущена программа расчета движения аппарата. Однако результаты расчета сначала были восприняты как ошибочные. Они показали, что аппарат будет возвращаться к пла-

участков поверхности планеты, почти 60% которой в 1974—1975 гг. остались неизвестными.

В начале XXI в. исследования Меркурия активизировались. Запущенный в 2004 г. новый аппарат США *Messenger* после нескольких гравитационных маневров, включая первое сближение с ним в январе 2008 г., должен в марте 2011 г. выйти на орбиту первого спутника Меркурия. Среди главных научных задач — исследование неизвестной стороны планеты. Необходимость в новых данных для обеспечения обеих миссий, как *Messenger*, так и «БегиКоломбо», очевидна, но дело не только в этом. К началу XXI в. Меркурий остается одной из наименее исследованных планет. Актуальность ее изучения определяется несколькими причинами. Существует, например, космогонический парадокс расположения орбиты Меркурия в зоне, где известные модели аккреции (образование планет путем накопления и слипания частиц и глыб протопланетного материала, называемых планетезималиями) не могут объяснить возникновение планетного тела из-за слишком высоких орбитальных скоростей исходного материала. Если относительные скорости частиц слишком велики, то при столкновении в космос разбрасывается больше материала, чем накапливается у формирующейся планеты. Именно такова ор-

«Счастлив астроном, Меркурий увидевший», — значит в средневековых астрономических наставлениях

бите Меркурия. Тем не менее модели планеты, основанные на наблюдаемом составе ее поверхности, прежде всего на содержании FeO, все же утверждают, что Меркурий образовался из планетезималей, возникших именно в районе современной орбиты планеты. Это необычная «железная» планета, с отношением содержания железа к кремнию [Fe/Si] в 5 раз больше земного. Она имеет наиболее высокую в Солнечной системе среднюю плотность (5,43 г/см³),

нете с периодом в два меркурианских года и находить ее в абсолютно той же позиции относительно Солнца и аппарата, с теми же тенями от тех же самых гор. Авторы не сразу поняли, что все происходящее стало проявлением резонансов, которыми пронизана вся Солнечная система. А в движении аппарата это привело к тому, что другую сторону планеты сфотографировать так и не удалось. На *рис. вверху слева* показано положение исследованных и снятых аппаратом *Mariner-10*

практически равную средней земной ($5,52 \text{ г/см}^3$), а так называемая «освобожденная» (разгруженная от давления) плотность Меркурия ($5,30 \text{ г/см}^3$) намного превосходит «освобожденную» земную ($4,10 \text{ г/см}^3$). Отношение радиусов ядра и поверхности (около 0,8) наибольшее среди планет группы Земли. Так называемый безразмерный момент инерции, низкая величина которого характеризует отличие внутреннего строения от однородного шара, среди них наименьший — 0,324. Реголит (грунт) Меркурия, лишенного атмосферы, подвергается постоянному воздействию космических факторов и значительному термическому циклированию. Солнечная радиация на Меркурии в среднем в 6,7 раз выше, чем на Земле. Только там действует уникальный механизм прямого взаимодействия солнечного ветра с поверхностью безатмосферной планеты, расположенной так близко к Солнцу. При различии в размерах Земли и Меркурия в три раза, магнитосфера последнего меньше земной примерно в 18 раз. Ионосфера фактически отсутствует, что приводит к необычному взаимодействию магнитосферы с потоками фотоэлектронов, эмиттируемых дневной стороной планеты, и с исходящими от поверхности потоками атомов *Na*, *K* и даже *Ca*.

Рельеф Меркурия

Несмотря на то что снимки поверхности Меркурия напоминают «материковые» области Луны, «морей» лунного типа (лавовых), которые так привычны на диске нашего спутника, на данной стороне планеты не оказалось. Луна и Меркурий показаны в одинаковом масштабе на рис *вверху*, где малоконтрастные детали последнего контрастируют с пятнистой поверхностью Луны.

Поверхность рассматриваемой планеты имеет особенности, присущие только Меркурию. Выделяются несколько характерных типов рельефа. Наиболее древний, насыщенный, — равнина, покрытая бесчисленным количеством перекрывающихся мете-



Луна (слева) и Меркурий в одинаковом масштабе. Поверхности этих двух небесных тел похожи. Изображение Меркурия построено обработкой мозаики из сотен снимков, сделанных видиконной камерой аппарата *Mariner-10* в 1974—1975 гг. Сторона Луны, обращенная к Земле, покрыта многочисленными лунными «морями» — равнинами застывшей лавы, извергавшейся во время формирования поверхности Луны (около 3,9 млрд лет назад). Несмотря на сходство поверхности этих тел, на поверхности Меркурия подобных «морей» *Mariner-10* не обнаружил

оритных кратеров, где удар каждого следующего метеоритного тела приходился на участок, уже многократно изрытый кратерами. Такая поверхность показана на *рис. на стр. 68*, где размер еще различимых деталей составляет 300 м. Солнце светит слева и находится довольно низко над горизонтом. Вся поверхность покрыта сплошной сетью кратеров и кажется не отличимой от материковых районов Луны. Почти все они образовались от падения крупных метеоритных тел в период формирования планеты, около 4 млрд лет назад. Сначала выпадали протопланетные тела (планетезимали) и метеориты самых различных размеров, а потом все более мелкие фрагменты, следами которых покрыто все дно кратера справа. Вместе с тем крупные метеоритные тела порой врезались в поверхность даже на поздней стадии. Так образовался хорошо сохранившийся кратер диаметром 25 км правее и ниже центра снимка. Следов более поздних мелких кратеров его вал не имеет.

Другая отметка последовательности событий видна в левом ниж-

нем углу снимка, где расположен большой шестидесятикилометровый кратер с сильно разрушенным валом. На его дне заметны следы излияния лавы, образовавшей огромный поток, который двигался слева и затвердел, пройдя больше половины диаметра кратера. Извержение происходило уже после выпадения основного объема метеоритного вещества. Вместе с тем редкие и сравнительно мелкие тела выпадали на поверхность лавового натека и после его образования. С большей или меньшей плотностью ударные образования покрывают значительную часть известной ныне поверхности Меркурия. События, оставившие на ней след, в основном происходили $3,9 \times 10^9$ лет назад. Точно так же выглядит поверхность Луны, возраст образцов которой установлен непосредственно.

Кинетическая энергия сталкивавшихся с поверхностью Меркурия протопланетных тел была очень велика. Каждый их удар сопровождался мощным взрывом, энергия которого была заметно выше, чем у обычной взрывчатки с той же массой,



Вся поверхность Меркурия покрыта сплошной сетью кратеров, возникших при падении крупных метеоритных тел в период формирования планеты, около 3,9 млрд лет назад. На поздней стадии образовался хорошо сохранившийся кратер диаметром 25 км правее и ниже центра снимка

что и у метеорита. Интересно, что у лунных кратеров значительно большие диаметры, чем у подобных на Меркурии, образованные такими же по массе метеороидами. Поскольку ускорение свободного падения на Меркурии ($3,72 \text{ м/с}^2$) выше, чем на Луне ($1,62 \text{ м/с}^2$), выброшенный при ударах метеоритов материал выпадал не так далеко от центра, как на Луне: при одинаковой энергии взрыва площадь, которую покрывает выброс на Меркурии, в 5 раз меньше, чем на Луне.

Бескратерные равнины или обширные промежутки между кратерами характерны только для Меркурия. Тем не менее, сходство внешнего вида и реголита Луны и Меркурия поразительно. Некоторые меркурианские кратеры имеют систему «лучей», простирающихся на большое расстояние. На Луне, где много таких кратеров, их протяженность гораздо больше из-за меньшего ускорения свободного падения. Например, лучи кратера Тихо уходят за край видимого диска Луны. Известно, что яркость лучей заметно усиливается к полнолунию, а затем ослабевает, что объясняется высокой пористостью материала: Солнце освещает внутренность мелких пор материала лучей, только когда поднимается высоко над горизонтом.

Высота гор на Меркурии, вычисленная по длине теней, оказалась меньше, чем на Луне, что вероятно, тоже связано с различием в ускорениях свободного падения. Горы Меркурия достигают 2—4 км, а наибольшая высота лунных Скалистых гор составляет 5,8 км.

Необычная деталь рельефа на Меркурии — эскарп (уступ высотой 2—3 км, разделяющий два в общем ничем не отличающихся района). Протяженность таких обрывов — от сотен до полутысячи километров. Таков эскарп Дискавери. Эскарпы образовались, когда происходило сжатие Меркурия, повлекшее за собой сдвиги и наплзание отдельных участков его коры. Подобного явления на Луне не наблюдалось.

Поверхность Меркурия, как и лунная поверхность, лишена ярких цветовых оттенков. Несмотря на сходство рельефа и реголита Луны и Меркурия, поверхность последнего отличается большим своеобразием. Вся видимая сторона Луны покрыта огромными низинами — «морями» (рис. на стр 67). А на исследованной *Mariner-10* стороне Меркурия морей (т.е. есть равнин или «бассейнов») нет совсем. В этом смысле он скорее напоминает обратную сторону Луны. Здесь единственное образование, которое отдаленно на-

поминает большое лунное кратерное море — бассейн *Caloris Planitia* («Море Зноя», или «Море Жары»), часть которого находилась во время миссии *Mariner-10* на самом терминаторе (на границе день-ночь). Мозаика из снимков *Caloris Planitia* показана на рис. стр. 71.

Наземными средствами

Выяснилось, что *Caloris Planitia* — не самый большой бассейн на Меркурии. Гигантское образование такого рода находится на «неизвестной» стороне планеты. За 30 лет, прошедшие после посещения *Mariner-10*, астрономия продвинулась настолько, что поверхность Меркурия удастся исследовать в наземных астрономических наблюдениях. Важнейшую роль в этом сыграли два новшества: приемники излучения ПЭС (приборы с зарядовой связью) и компьютерные средства обработки информации. К тому же ученые теперь смело берутся за проблемы, которые совсем недавно казались такими же безнадежными, как картирование Меркурия наземными средствами.

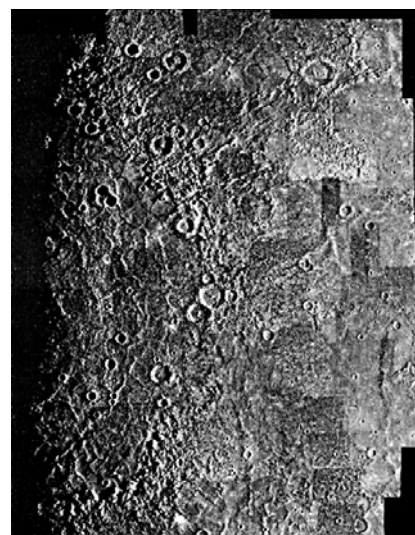
Отложим немного описание неизвестной стороны планеты, чтобы рассказать, как все это удалось сделать. Наземные наблюдения Меркурия «классическими» методами, по сравнению с изучением других тел Солнечной системы, подвержены многим другим ограничениям. Поскольку наблюдения выполняются в астрономические сумерки или даже на фоне дневного неба, для улучшения отношения сигнал-шум часто используется ближний инфракрасный диапазон, т.к. яркость чистого неба падает с увеличением длины волны λ , как λ^{-4} . Время наблюдений в сумерки редко превышает 20—30 мин, причем планета находится невысоко над горизонтом, когда значительная воздушная масса на луче зрения еще больше осложняет задачу. Более или менее продуктивное изучение Меркурия возможно только в горных обсерваториях низких широт. Но на пределе технических возможностей получить изображения планеты с доста-

точным разрешением наземными техническими и аналитическими средствами все же возможно. Что же касается улучшения качества изображений, ключевой идеей стало использование очень коротких, миллисекундных экспозиций. Одним из первых обширные серии наблюдений Меркурия с ПЗС-приемниками в 1995—2002 гг. выполнил Й. Варелл (J. Warell) в обсерватории на о. Ла Пальма (Канарские острова) на полуметровом солнечном телескопе. Экспозиции были от 25 до 300 мс. Варелл использовал единичные наиболее удачные электронные снимки без их дальнейшего совмещения. Естественно, они уступают изображениям, полученным при совместной обработке больших массивов электронных фотографий.

Уже упоминавшееся разрешение телескопа определяется отношением длины волны к его диаметру — теоретический дифракционный предел, который на длине волны зеленого, например, света, 550 нм, для полуметрового телескопа должен составлять около 0,1 угловой секунды. Но типичное реальное разрешение оказывается в 9—15 раз хуже дифракционного предела. Оно определяется, главным образом, беспокойством земной атмосферы и зависит от места наблюдения, времени суток, плотности аэрозольной составляющей (тумана, облаков) и, конечно, зенитного расстояния объекта. Идея метода коротких экспозиций заключается в том, что прибор использует мгновенные прояснения атмосферы, когда изображение четкое и не успевает размыться. Но все не так просто. Атмосферу можно представить себе как множество случайно образовавшихся слабо преломляющих линз неправильной формы, которые возникают и исчезают, искажая фронт проходящей световой волны. Когда астрономы получали снимки небесных тел на фотопластинках, за время экспозиции этот небесный сценарий изменялся десятки раз, а каждая точка беспокойного изображения успевала засветить тысячи зерен фотоэмульсии,

размывая снимок. Характерное время, за которое мгновенные оптические свойства атмосферы изменяются, редко бывает меньше 15—20 мс. Если экспозицию сделать короткой, скажем, 3 миллисекунды, среди фотографий попадутся и «хорошие», хотя их будет немного. Уменьшение экспозиции не устраняет искажения, вызываемые нерегулярностями воздушных линз, но существенно уменьшает размытие изображений и позволяет приблизиться к дифракционному пределу. Накопив значительное количество снимков, можно затем выбрать из них изображения с наименьшими искажениями, пригодные для дальнейшей обработки. Это очень трудоемкая операция, особенно если учесть, что сам размер изображения Меркурия обычно составляет всего от 0,2 до 0,5 мм.

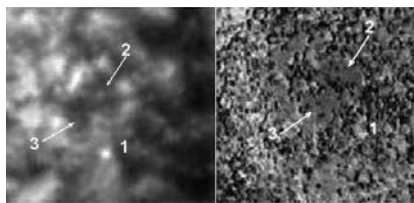
Несмотря на всю убедительность основной идеи метода коротких экспозиций, реализовать ее с фотоэмульсиями было невозможно: в реальных условиях наблюдений невысокая фоточувствительность эмульсий требовала минимальных экспозиций в сотни миллисекунд, а то и секунду. Короткие экспозиции стали возможными только с появлением новых детекторов изображений — ПЗС, квантовая эффективность которых достигает 80% и более. Интересно отметить, что сравнительно небольшие телескопы (диаметром 1—2 м) обладают определенными преимуществами при коротких экспозициях, т.к. охватывают меньше атмосферных «линз», но собирают еще достаточно света. Тем не менее, число фотонов, приходящееся на единственный пиксель (элемент изображения) при использовании ПЗС с высоким разрешением, всегда ограничено и подвержено значительным флуктуациям. Поэтому хороший результат можно получить лишь при последующей совместной обработке многих сотен и даже тысяч электронных снимков. А доступное время наблюдений Меркурия настолько ограничено, что экспериментальный материал необходимого объема возможно получить только на достаточно большом инструменте, когда суммарное



Mariner-10 нашел только одно образование на Меркурии, которое отдаленно напоминает большое лунное кратерное море — бассейн *Caloris Planitia*. На снимке видна половина бассейна, находившаяся во время миссии *Mariner-10* на освещенной стороне

время экспозиций составляет лишь малую часть всего наблюдательного времени. При очень благоприятных атмосферных условиях до 25% изображений получаются сравнительно четкими.

Результаты наблюдений критично зависят от состояния атмосферы, но характеризовать их можно только после завершения обработки. Начало описываемой работе положила большая удача в наших пробных наблюдениях. 3 ноября 2001 г., в Абастуманской астрофизической обсерватории республики Грузия (41°45' с.ш., 42°50' в.д.) с помощью новой ПЗС-камеры, установленной на телескопе диаметром 1,25 м, проводились наблюдения Меркурия в утренней элонгации планеты. Положение планеты в принципе позволяло наблюдать сектор, сфотографированный *Mariner-10* в 1974 г. Всю ночь шел сильный дождь, но на рассвете облака разошлись, и при полном безветрии удалось получить серию изображений в ближнем инфракрасном диапазоне, от 700 до 950 нм. После обработки всего полученного массива снимков методами корреляционного совмещения (*stacking*) было создано разрешенное изображение планеты, обладавшее



Сравнение фрагмента изображения, синтезированного по наземным наблюдениям Меркурия, с фотокартой *Mariner-10*

сходством деталей с фотомозаикой *Mariner-10*. Более того, очертания небольших образований размерами 150—200 км повторялись на полученном изображении. После подробного анализа результатов сомнений уже не оставалось: благодаря коротким экспозициям и необычному кратковременному проявлению атмосферы удалось получить комбинированные снимки такой четкости, которая соответствует дифракционному пределу инструмента (рис. *вверху*). В дальнейшем такие благоприятные атмосферные условия встречались нечасто; как правило, требовалось собрать 5—10 тыс. удачных изображений для дальнейшего синтеза изображений.

Корреляционное совмещение

Обработка исходных миллисекундных электронных фотографий планеты весьма трудоемка и отнимает много времени. Она выполняется с помощью специальных компьютерных программ методом корреляционного совмещения и, наряду с операциями «нечеткой маски» и некоторыми математическими приемами, требует выбрать так называемый пилот-файл, что обычно приходится делать вручную. Пилот-файл, или образец, — это наиболее удачный, по мнению обработчика, снимок, который в значительной мере

ОБ АВТОРЕ

Леонид Васильевич Ксанфомалити — доктор физ.-мат. наук, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией отдела физики планет Института космических исследований РАН, Москва

определяет результат достигаемого совмещения. Перебор пилот-файлов многократно увеличивает трудоемкость обработки, т.к. результат становится виден только на заключительных шагах обработки. Пилот-файл должен представлять собой наименее искаженное изображение среди исходного наблюдательного материала. Далее программы обработки анализируют содержание образца, находят в нем какие-то детали и ищут повторение этих почти незаметных подробностей в тысячах других электронных снимков. Если, исходя из опыта, форму и положение пилот-файла еще можно оценить, то оценка реальности едва различимых деталей находится где-то между изображением и воображением. В ходе настоящей работы было создано несколько программ автоматической обработки. К сожалению, эффективность автоматической программы значительно уступает корреляционному совмещению с ручным отбором.

Каждая точка изображения описывается известной математической функцией распределения интенсивности, которая в центральной части плавно убывает от центра. Обычно «точка» представляется шириной этой функции на уровне 0,7 или 0,5 максимума. Если удалось получить много тысяч исходных электронных снимков, при их обработке можно воспользоваться известными свойствами статистики случайных величин и выбрать «точку» на уровне, например, 0,9 максимума. Тогда разрешение значительно улучшится. Есть и другие приемы, но самым надежным все же остается ручной отбор.

После первой части обработки, несмотря на все приемы, изображение остается как бы размытым. Астрономы давно нашли способ улучшения изображений методом «нечеткой маски». Для этого во времена фотоэмульсий с полученного изображения делали слегка расфокусированный негатив. Затем сквозь него переснимали исходный снимок. Крупные, размытые детали таким образом уходили, а тонкую

структуру мелких деталей можно было выделять вплоть до уровня шума. Сегодня эта функция встроена во многие цифровые фотокамеры. «Нечеткая маска» (в виде математической модели) работает и в наших программах обработки, но средство это обоюдоострое. Результат зависит от выбора размера элементов. Если он мал, все низкие пространственные частоты будут потеряны, а изображение станет равномерным серым; например снимок Луны на рис. на стр. 67 станет «слепым». И наоборот, если размер нечеткой маски велик, исчезнут все мелкие детали.

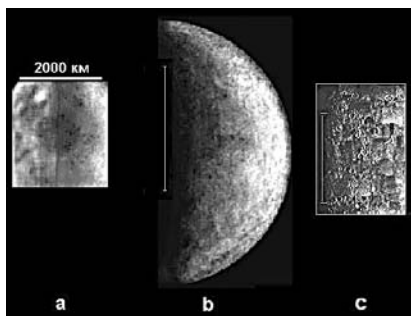
Постоянной проблемой синтеза изображений неизвестной части Меркурия остается доказательство реальности обнаруженных деталей рельефа. Съемкой *Mariner-10* были охвачены примерно меридиональные сегменты, 120—190°з.д. и 0—50°з.д. Для этих долгот подтверждение реальности деталей новых снимков можно получить сравнением полученных изображений с фотокартой. Но в остальных случаях доказательством реальности может быть только повторяемость деталей в независимо проведенных наблюдениях. В области долгот 210—350°з.д. поверхность Меркурия была неизвестна, поэтому единственным критерием реальности деталей оставалось их наличие на нескольких изображениях, синтезированных из независимых исходных групп электронных снимков.

В области долгот 210—350°з.д.

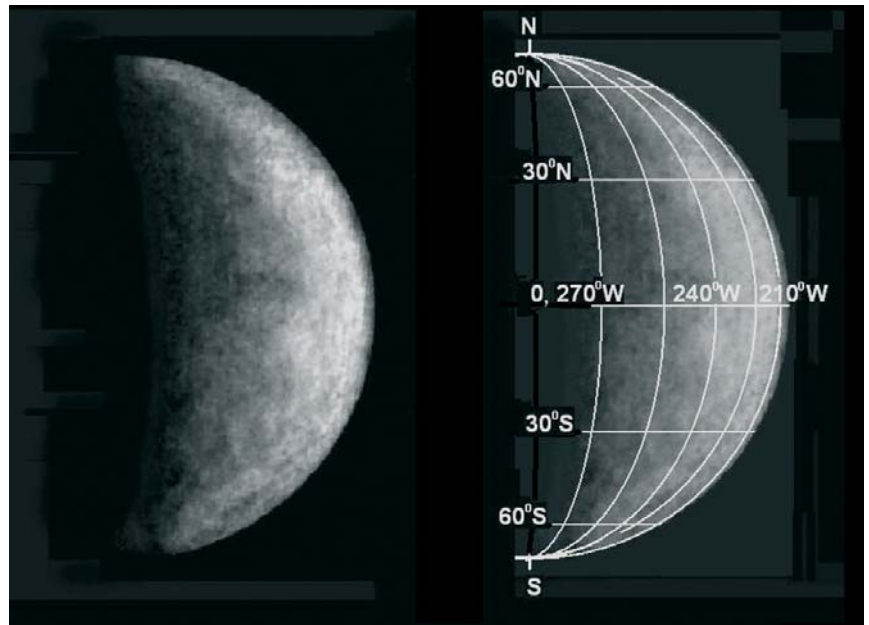
Наблюдения Меркурия выполнялись в различных обсерваториях, но всегда методом коротких экспозиций. Изображение (рис. *вверху справа*) построено обработкой результатов наблюдений в вечерней элонгации, проведенных 1—2 мая 2002 г. в обсерватории Скинакас Ираклионского университета (о. Крит, Греция, 24°54' с.ш., 35°13' в.д.). Наблюдения выполнялись в ближнем ИК-диапазоне, 690—940 нм с помощью телескопа с диаметром 1.29 м и ПЗС-камеры с размером пикселя 7,4x7,4 мкм. Диск планеты 1—2.05.2002 был виден под углом 7,75 с

дуги, с линейным размером 0,37 мм в фокальной плоскости телескопа и соответствовал на ПЗС-матрице всего 50 строк. 2 мая фаза Меркурия была 97°. Использовались короткие экспозиции, в основном 1 мс.

На рисунке, выше центра, на терминаторе, выделяется крупное темное пятно. Это крупнейший бассейн на Меркурии. В ходе обработки наблюдений автор использовал для этого образования рабочее название — «Бассейн Скинакас» (по имени обсерватории, где был получен исходный материал), отнюдь не претендуя на его узаконивание. (Как известно, всем объектам на поверхности Меркурия Международный астрономический союз присваивает имена писателей, композиторов, художников и т.д.). Тем не менее, название «Бассейн Скинакас» (или «Море Скинакас», или «Бассейн S»), стало упоминаться на ряде конференций и в некоторых статьях. Бассейн S — наиболее крупное образование в области долгот 210—290°з.д. — имеет структуру, более напоминающую некоторые крупнейшие образования на обратной стороне Луны. Бассейн представляет собой, по-видимому, очень старое (возможно, древнейшее) образование на Меркурии, с сильно разрушенными валами, фактически создаваемыми границами других, менее крупных бассейнов. Бассейн Скинакас имеет, по-видимому, структуру, сходную с поверхностью известной по съемке *Mariner-10* области *Caloris*



Изображение Бассейна Скинакас из статьи 2003 г. (а). Диаметр внутренней части бассейна около 25° (1060 км). Сравнение размеров Бассейна Скинакас и равнины *Caloris Planitia* (b и c). Бары показаны в одинаковом масштабе



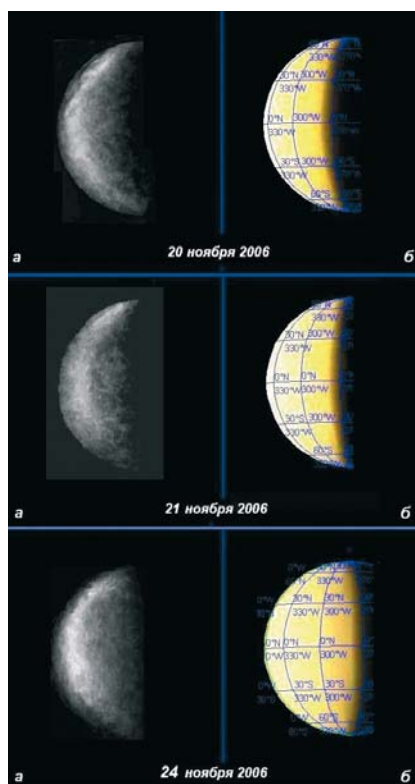
Поверхность Меркурия в секторе долгот 210—285° з.д. Изображение получено методом корреляционного совмещения нескольких тысяч исходных электронных снимков, полученных в наземных наблюдениях, без участия космического аппарата

Planitia, имеющей, вероятнее всего, ударное происхождение. На рис. внизу приведен вид Бассейна Скинакас из работы 2003 г. Полного вида бассейна тогда не существовало, поэтому правая (восточная) часть рисунка создана на основе первых публикаций наших наблюдений 2002 г., а левая (западная) была взята из аналогичных публикаций (*Dantowitz, et al., 2000; Baumgardner, et al., 2000, Astron J., 2000*), где она однажды была представлена фрагментарно. Диаметр внутренней части Бассейна Скинакас около 25° (1060 км). Диаметр различного внешнего вала вдвое больший. Центр находится примерно у 8°с.ш., 275°з.д. Внутренний вал Бассейна Скинакас обладает более или менее правильной формой. На рисунке сравниваются размеры Бассейна Скинакас и равнины *Caloris Planitia*, также имеющей двойной вал. Бары показаны в одинаковом масштабе. По диаметру Бассейн Скинакас в 1,5 раза больше, чем *Caloris Planitia*. Как уже отмечалось, операция «нечеткой маски», требует компромиссного выбора. Поэтому реальный тон района бассейна темнее, чем на

рисунке. По его периферии расположены вторичные образования; некоторые из них рассматриваются ниже.

В последующие годы предпринимались новые серии наблюдений; снова использовались телескопы Абастуманской обсерватории и обсерватории Скинакас. Наиболее совершенные изображения удалось получить лишь через 4 года, на основе наблюдений в ноябре 2006 г. в обсерватории CAO РАН (Нижний Архыз, Карачаево-Черкессия, 43°39'11"с.ш., 41°26'29"в.д.), и снова благодаря удачным метеоусловиям. Преимуществом обсерватории CAO в отношении наблюдений Меркурия является ее большая высота (2100 м) и сравнительно низкая широта. В числе главных задач новых наблюдений было получение общего вида Бассейна Скинакас, который в это время находился на освещенной стороне планеты. Достигнутый за прошедшие годы прогресс в обработке позволял надеяться на повышение разрешения изображений.

Методом коротких экспозиций в период 20—24 ноября 2006 г. удалось получить более 20 тыс. элект-



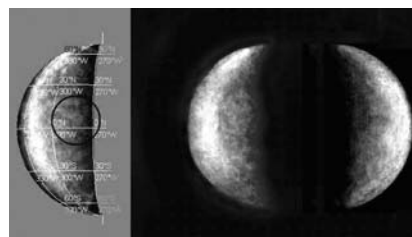
Изображения (а), синтезированные на основе наблюдений 20, 21 и 24 ноября 2006 г. и (б) соответствующие фаза и положение планеты. Угол фазы составлял 103–80° соответственно. 21 ноября 2006 г. условия освещения Бассейна Скинакас были наиболее благоприятными

ронных снимков планеты в утренней элонгации, при «хорошем небе», как говорят астрономы. Угол фазы Меркурия изменялся в пределах от 103° до 80°, область наблюдаемых планетоцентрических долгот была 260—350° з.д. Наблюдения выполнялись с ПЗС камерой на телескопе «Цейсс-1000» в ближнем инфракрасном диапазоне. Диск планеты был виден под углом от 6 до 7 с дуги. Путем обработки большого массива снимков, полученных с миллисекундными экспозициями, удалось получить достаточно четкое синтезированное изображение сектора поверхности Меркурия 260—350° з.д. Кроме Бассейна Скинакас, на синтезированных изображениях выделяется также ряд крупных ударных кратеров разного возраста, и менее крупные образования. Предельное полученное разрешение не хуже формального дифракционно-

го разрешения инструмента, около 80—100 км на поверхности Меркурия. Как и в случае наблюдений 2001 г., хорошие изображения появились при резком изменении метеоусловий (прекращение снежной пурги).

Предварительные результаты обработки наблюдений показаны на рис. *вверху слева*. Здесь можно видеть, как менялось положение и освещенность Бассейна Скинакас за пять дней. Левые части (а) представляют фазы планеты в указанные даты, справа (б) фазы показаны на глобусе планеты. Наиболее благоприятные метеоусловия наблюдений были 20 и 21 ноября 2006 г. Тогда же наиболее выгодным было и освещение: Солнце стояло низко над горизонтом бассейна, а тени подчеркивали его рельеф. Весь бассейн выделяется на среднем снимке (21 ноября 2006). Помимо бассейна, во всех показанных фазах примерно вдоль меридиана 310° з.д. вытянуты уже упоминавшиеся наиболее светлые кратеры. Самый яркий из них находится в северной части планеты, примерно у 65° с.ш., 330° з.д.

Первым сюрпризом оказалось крупное темное кратерное «море» настоящего лунного типа, обнаруженное на лимбе, южнее экватора. Вдоль лимба, от северного полюса до темного моря, тянется ряд светлых кратеров. На снимках вид Меркурия изменяется каждые сутки, что объясняется его быстрым орбитальным движением. Но не только. Как хорошо известно из лунных наблюдений, вид безатмосферного небесного тела при прохождении квадратуры быстро изменяется из-за так называемого эффекта оппозиции. Было интересно проследить, как трансформируется вид исследуемой планеты в этой выгодной фазе. Фазы Меркурия гораздо сложнее, чем у Луны, потому что его положение, в отличие от последней, не фиксировано и наблюдениям в любой фазе доступны, в принципе, все стороны планеты. В среднем поверхность Меркурия за сутки смещается относительно земного наблюдателя на 5°. Но и это его свойство не



Неизвестное полушарие Меркурия. На черном поле — результат обработки нескольких тысяч исходных электронных снимков, *слева* — полученных в CAO 21.11.2006; *справа* — другая сторона того же полушария Меркурия по наблюдениям в обсерватории Скинакас 2.02.2002. На сером поле изображение в фазе 98° (21.11.2006) с нанесенной координатной сеткой. Кружком показано положение Бассейна Скинакас

остается постоянным: из-за большого эксцентриситета орбиты, в некоторых ее частях, обращение обгоняет вращение планеты и суточное движение поверхности относительно Солнца останавливается и даже возвращается назад. В это время с терминатора Меркурия можно было бы наблюдать странную последовательность: восход и вскоре закат на востоке, снова восход, а затем все повторяется в обратном порядке на западе.

Все подробности лучше видны на комбинированном рис. *вверху*, где для синтеза левой половины изображения в обработку были включены около 7800 исходных электронных снимков. На сером поле слева показана координатная сетка, а Бассейн Скинакас выделен кружком. В правой половине воспроизведен рисунок со с. 71, что позволяет сравнить повторяющиеся восточные контуры бассейна. Поле бассейна охвачено валом более или менее правильной формы. В меридиональном направлении его протяженность равна 1300 км. Интересно, что по размерам, внутренняя часть бассейна в 1.5 раза превышает крупнейшее лунное Море Дождей, а внешняя имеет масштабы лунного Океана Бурь. В отличие от Бассейна Скинакас и *Caloris Planitia*, поверхность Моря Дождей представляет собой лавовое поле, формирование которого относится к древней эпохе глобальных лавовых излияний на Луне. Диаметр вне-

шнего вала Бассейна Скинакас — около 0,5 диаметра всей планеты — делает его одним из крупнейших кратерных морей на планетах группы Земли. Нерегулярная форма внешнего вала, сравнительно правильная с восточной стороны, на севере нарушена объектом, с центром, находящимся у 30°с.ш., 280°з.д., а на юге — обширной менее темной областью, которая расположена между 255 и 280°з.д. и доходит до 30°ю.ш.

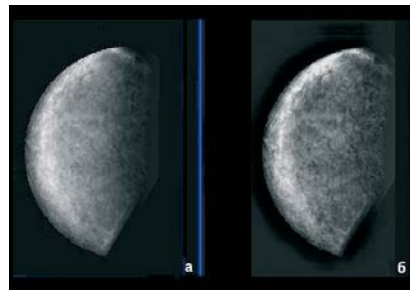
Меридиан, по которому проходит терминатор на обеих половинах рисунка один и тот же, примерно 270°з.д. Здесь на широте 45—50°ю.ш., находится центр еще одного темного бассейна диаметром около 700 км, повторяющегося в обеих половинах рисунка. Яркий кратер у 65°с.ш., 330°з.д. имеет диаметр 90—100 км; с севера и юга к нему примыкают линейные структуры протяженностью 400—500 км. Такой вид выбросов из ударного кратера, возможно, связан с касательной траекторией ударника. Ограниченное разрешение снимка не позволяет достоверно судить о его деталях; возможно, сам кратер находится на протяженной светлой области.

Как уже отмечалось, выделение подробностей изображений при обработке исходных снимков идет в ущерб низким пространственным частотам. Иными словами, оттенки очень темных или светлых протяженных областей на рисунке приглушены, что позволяет выделить другие детали, например, ударные кратеры средних и крупных размеров. Среди них наиболее заметен пятиугольный 750-километровый кратер с центром у 32°ю.ш., 260°з.д. и примыкающий к нему с севера 650-километровый кратер (рис. справа сверху). Таких кратеров найдено много.

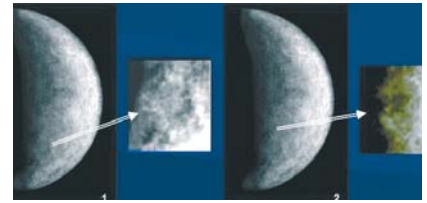
В заключение приводится наиболее удачное изображение сектора 270—350°з.д., полученное методами, которые рассматривались выше, с кропотливым отбором снимков, полученных в моменты наилучшего прояснения (рис. справа). Разрешение составляет 60—70 км на точку. Низкие

пространственные частоты здесь подавлены. Изображения а и б отличаются только уровнем контрастности. Наряду с «классическими» ударными кратерами, выбросами и лучами на снимке присутствуют элементы, ранее на других планетах не встречавшиеся. Прежде всего, это четыре или пять серых полос, шириной по 250 и протяженностью до 2000 км. Полосы неким образом связаны с крупными кратерами, но природа их пока неясна. Сам снимок вполне сравним со снимками с космических аппаратов, но стоит несравнимо дешевле. Астрономы-звездники уже всерьез считают метод спеклов (он же метод коротких экспозиций) серьезным конкурентом весьма затратным космическим исследованиям.

В области долгот 210—350°з.д. поверхность Меркурия была неизвестна. Уже упоминалось, что критерием реальности деталей оставалось их наличие на нескольких независимых изображениях. Приведенные выше новые изображения поверхности планеты покрывают почти всю часть поверхности планеты, оставшейся не заснятой камерой *Mariner-10*, а исследованный сектор 260—350°з.д. обладает более интересным рельефом по сравнению с ранее картированными сравнительно гладкими районами. Если природа возникновения Бассейна Скинакас была подобна лунной, то остается непонятным, почему его границы так резко отличаются от четких очертаний лунных лавовых морей. Относительные скорости



Наилучшие изображения, синтезированные методом корреляционного совмещения по наблюдениям 21.11.2006 г. Угол фазы Меркурия 98°. Низкие пространственные частоты подавлены. Разрешение около 70 км



Крупные ударные кратеры на поверхности Меркурия в секторе долгот 210—285°з.д.

импакторов на орбите Меркурия были почти в 1,6 раз выше, чем на орбите Земли/Луны, а энергия соударений была выше в 2,5 раза. Поэтому можно было ожидать, что Бассейн Скинакас и другие крупные темные образования будут иметь столь же резкие очертания, как и лунные бассейны, а бассейн *Caloris Planitia* является исключением. Но почему-то таких границ нет.

Полученные изображения, как и снимки, сделанные камерами космических аппаратов, указывают на особенности событий на поверхности Меркурия в период максимума ее метеоритной бомбардировки. В какой-то мере эти особенности могут быть связаны с составом и, возможно, строением коры этого небесного тела. Вместе с тем, снимки Меркурия возвращают ученых к давнему и нерешенному вопросу: почему протяженные детали рельефа, такие как лунные «моря» или океаны Земли, распределены по поверхности планетных тел асимметрично и собираются на одной стороне? Как известно, такая же необъясненная асимметрия наблюдается и на других планетах земной группы. Она присутствует и на многих спутниках планет-гигантов, а не только на Луне. По-видимому, то же можно наблюдать и на поверхности Меркурия. Протяженные детали рельефа, такие как Бассейн Скинакас и другие темные бассейны, на планете распределены явно асимметрично и сосредоточены они главным образом в области долгот 250—330°з.д. Происхождение асимметрии лунного рельефа имеет некоторые особенности, но к рельефу Меркурия и других планет земной группы они не относятся. Что же стоит за этой асимметрией? ■

Нани Асланикашвили и Аслан Суладзе



ВУЛКАНЫ И ЛЮДИ

Вулканическая деятельность и связанные с ней экстремальные условия, возможно, заставили африканских гоминидов спуститься с деревьев и перейти на прямохождение. Кроме того, это могло стать одним из факторов, повлиявших на появление человека разумного

Одной из ключевых нерешенных проблем теории эволюции стало объяснение причин перехода африканских гоминидов на прямохождение (см.: Леонард У. Пища для размышления // *ВМН*, № 4, 2003; Асланикашвили Н. и Суладзе А. Мигранты из Африки // *ВМН*, № 11, 2005; Вонг К. Дитя Люси // *ВМН*, № 4, 2007). Многие исследователи склонны считать, что наши предки начали ходить на двух ногах на миллионы лет раньше, чем взялись за орудия труда. Но зачем дриопитекам, спустившимся с деревьев, понадобилось выбрать столь странный способ передвижения — прямохождение, в то время как их ближайшие сородичи и по сей день не меняют своих привычек? Таким образом, следует полагать, что возникли некие причины, обстоятельства, вынудившие их к столь радикальному изменению образа жизни.

Континентальный вулканизм и гоминиды

Предпринятая авторами попытка реконструкции среды обитания гоминидов наглядно показывает, что абсолютное большинство известных на сегодняшний день их захоронений — в Африке, Китае, Индонезии, Западной Европе, а также в Грузии, на родине (мнение авторов. — Прим. ред.) первых евразийцев (см. карту на с. 82), — расположены на территориях, покрытых продуктами плиоцен-плейстоценового вулканизма.

Примером наиболее масштабного проявления континентального вулканизма стала система рифтов — крупных сбросов и грабенов (разломов в земной коре) Восточной Африки, Красного моря и Аденского залива, которая возникла в результате раскалывания крупных континентальных блоков. С Восточно-Африканской рифтовой системой связывают образование таких озер, как Танганьика, Рудольф, Ньяса и др., на берегах которых обнаружено большое количество антропологических захоронений.

В Грузии останки гоминидов были найдены в отложениях, связанных с плиоценовыми и плейстоценовыми лавами (андезито-дациты, долеритовые базальты), центры извержений которых приурочены к сейсмически активным меридиональным разломам. Периодически возобновлявшиеся вулкано-сейсмические процессы негативно влияли на условия обитания живых организмов и предков человека на сопредельных территориях, на что указывает антропологический материал, обнаруженный в слоях вулканического пепла.

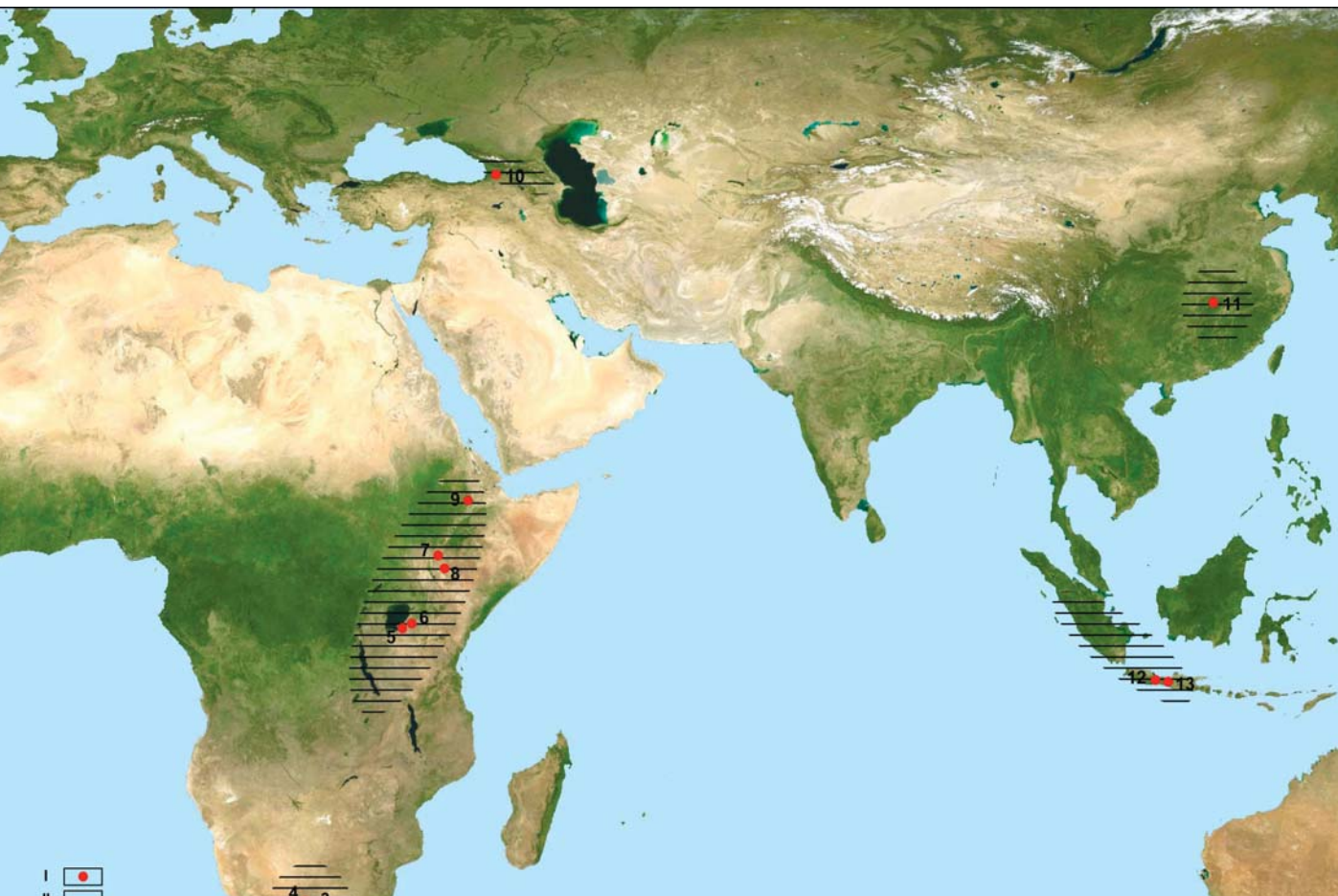
Опираясь на палеофлористические и палеофаунистические данные, исследователи пришли к выводу, что по завершении вулканизма ситуация существенно менялась. Когда прекращалось перемещение магматических расплавов и летучих компонентов из глубин Земли

к поверхности, меняющее состав атмосферы и гидросферы и отражающееся на климате и почвенно-гидрогеологических условиях, создавались благоприятные предпосылки для возникновения и развития богатейших экосистем. Тем самым, на упомянутых территориях и, возможно, во многих еще не известных нам местах жизнь зарождалась после прекращения вулканической деятельности.

Последствия извержения вулканов

Процессы почвообразования на молодых вулканических продуктах, таких как пеплы, лавы, шлак и т.д., во многом зависят от их состава и зональных условий. Систематическое омоложение вулканических почв за счет вулканических пеплов способствует формированию специфических биогеоценозов. Об этом свидетельствуют собранные сравнительные данные о влиянии на растительность отложений, образовавшихся в результате взрывов вулканов Шивелуч (1964 г.) и Сент-Хеленс (1980 г.), и о различиях в поселении растений на пирокластических потоках.

Следует отметить два принципиальных момента: полное или частичное уничтожение растительности под влиянием пеплопада при извержении вулканов, с одной стороны, и процесс запыления ассимиляционного аппарата и привнесения новых минеральных частиц в начале новой фазы почвообразования после погребения почв под пеплами, с другой. Данные о зарастании пепловых отложений вулканов Аляски, Филиппин, Индонезии, Японии, Мексики, Малых Антильских, Алеутских и Гавайских островов, и др., а также сведения о динамике индигенизации (укоренения) растительности на лавовых потоках позволяют установить сроки первичной сукцессии (заселения) на лавах. Начальная стадия может длиться десятки лет, образование примитивной почвы — 10 лет, а дифференциация растительного и формирование маломощного ▶



Карта размещения антропологических памятников по разным континентам
 1 — Стеркфонтейн; 2 — Кромдрей;
 3 — Сварткрант; 4 — Макапансгат;
 5 — Летоли; 6 — Олдувай; 7 — Омо;
 8 — Кооби-Фора; 9 — Хадар;
 10 — Дманиси; 11 — Чжоукоудзянь;
 12, 13 — Ява.
 П — территории, покрытые продуктами плиоцен-плейстоценового вулканизма



почвенного покрова могут занимать до 1000 лет (см.: Холлоуэй М. *Заглядывая внутрь Земли* // *ВМН*, № 5, 2003; Биелло Д. *Смертоносные вулканы прошлого* // *ВМН*, № 12, 2005; Биндеман И. *Тайная жизнь супервулканов* // *ВМН*, № 10, 2006). Проведенные исследования подтверждают утверждение авторов статьи о том, что после прекращения вулканизма в этих регионах создавались благоприятные условия для развития новых, богатейших экосистем.

Спуститься на землю

Геологическая летопись свидетельствует о том, что на протяжении всей истории развития жизни на Земле периодически происходили события, приводящие к резким, скачкообразным изменениям биоты. Изменения климата, состава атмосферы, почвенно-гидрологических условий, гибель старых и появление но-

вых биоценозов, изменения характера растительности и ряд других факторов, связанных с вулканизмом и его последствиями, должны были отразиться на быте и поведении как животного мира в целом, так и, в частности, гоминидов, существовавших в экстремальных условиях.

Если исходить из того, что пеплопады во время извержений периодически уничтожали растительность, в первую очередь деревья, то это могло стать одной из причин, вынудивших древожителей спуститься на землю и в дальнейшем подыскивать себе более безопасную экологическую нишу.

Такой вывод косвенно подтверждается результатами исследований профессора Н.А. Тих, наблюдавшей поведение приматов в Сухумском питомнике. При опасности наши ближайшие «родственники», включая вожака, быстро убегают,

стараясь взобраться как можно выше на дерево. При этом любопытство, свойственное этим животным, целиком уступает место инстинктивному страху. Более того, обезьяны, особенно молодые особи, впадают в панику не только во время грозы, но и обычного снега. Можно представить себе, какой панический ужас испытывали предки человека, когда происходили извержения вулканов, сопровождавшиеся выбросом огненной лавы, грохотом, гулом, всполохами пламени, сменявшимися крошечной тьмой.

Таким образом, можно сделать вывод, что условия, заставившие гоминидов сменить образ жизни, были экстремальными и вызывали у них паническое чувство страха. Об этом свидетельствуют и обнаруженные в Летоли (Танзания) на вулканическом пепле (возраст которого составляет 3,5 млн лет) следы. По мнению исследователей, они были оставлены гоминидами при бегстве (см.: Асланикашвили Н. и Суладзе А. *Мигранты из Африки* // ВМН, № 11, 2005).

Страх и стресс

Следовательно, движущей силой эволюционного процесса на определенных этапах развития жизни на Земле, по представлениям авторов, являлись экстремальные обстоятельства, приводившие к резким геологическим, ландшафтно-климатическим и иным изменениям — нарушению процессов равновесия организма со средой.

Согласно теории диссипативных структур, разработанной лауреатом Нобелевской премии И.Р. Пригожиным, большинство систем во Вселенной являются открытыми, т.е. они обмениваются энергией и веществом (или информацией) с окружающей средой. К числу открытых систем относятся как биологические, так и социальные. Все они содержат подсистемы, которые постоянно меняются. В какой-то момент отдельная флуктуация (колебание, изменчивость) или их комбинация может стать ►



ОБ АВТОРАХ

Нани Асланикашвили — доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Кавказского института минерального сырья (Тбилиси). Занимается изучением проблем вулканизма и биогенеза, формирования залежей углеводородов и углей в вулканогенно-осадочных образованиях и реконструкции палеоклиматов.

Аслан Суладзе — доктор геолого-минералогических наук, зав. отделом того же института. Сфера научных интересов — геология и геохимия осадочных пород, палеоэкология и экосистемный анализ нижнеплиоценовых бассейнов седиментации Черноморско-Каспийской области.

ВЗРЫВЫ ВУЛКАНОВ



Чтобы представить себе, как происходили извержения вулканов, обратимся к свидетельству Плиния Младшего.

«Море втянулось в себя; земля, сотрясаясь, как бы отталкивала его прочь. Край берега выдвигался вперед: великое множество морских животных осталось лежать на дне, ставшем сушей. В огромной и черной грозовой туче вспыхивали и перебегали огненные зигзаги, и она раскололась длинными полосами пламени, похожими на молнии, но только необычайной величины.

...Стал падать пепел, пока еще редкий; оглянувшись, я увидел, как на нас надвигается густой мрак, который, подобно реке, разливался вслед за нами по земле. Наступила темнота, но не такая, как в безлунную или облачную ночь, а какая бывает в закрытом помещении, когда гасят лампаду...

Над Везувием появилась совершенно необычайная, страшная туча, которая подобно исполинской пинии распол-

злась на все небо. Вскоре земля задрожала от непрерывных колебаний... В то же время зловещая туча опустилась, окутывая все черным мраком, который не могло осветить вспыхивавшее там и сям пламя, и пепельный дождь увеличивал страх и горе людей... Когда дождь приостановился и выступило свинцового цвета солнце, вся земля кругом была покрыта белым пеплом, подобно снегу. Чуть-чуть посветлело; нам показалось, однако, что это не рассвет, а приближающийся огонь. Огонь остановился вдали, вновь наступила темнота, пепел посыпался частым сплошным дождем. Мы все время вставали и стряхивали его, иначе нас покрыло бы им и раздавило под его тяжестью...»

Описание катастрофы той страшной ночи, полностью уничтожившей римские города (Помпеи, Геркуланум, Стабия) и унесшей тысячи жизней, побудило Карла Брюллова к созданию одной из величайших картин XIX в. «Последний день Помпеи»

настолько сильной, что существовавшая прежде организация не выдерживает и разрушается. В этот переломный момент (точка бифуркации) принципиально невозможно предсказать, в каком направлении будет происходить дальнейшее развитие: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности.

Мы считаем, что такими точками бифуркации и становились периоды вулканической активности, меняющие облик Земли и привычный уклад жизни ее обитателей, что порождало у гоминидов страх, приводящий к стрессу.

Но к каким последствиям мог приводить стресс, вызванный страхом перед неизвестными (и непонятными) явлениями, и, как он мог отразиться на поведении гоминидов?

Канадский физиолог и основоположник теории стресса Ганс Селье характеризует подобное состояние следующим образом: «Стресс —

природные катаклизмы и угроза быть убитым более сильным противником.

Е.И. Мулярова в журнале *GEO Focus* так описывала типичные обстоятельства, в которых оказывались древние люди: «Кроманьонец, столкнувшись на узкой тропе с пещерным медведем, конечно, испугался. Его мышцы напряглись, руки плотно сжали дубину. Дыхание стало шумным и частым, повысилось давление, кровь стала лучше снабжать мышцы кислородом и питательными веществами. Он приготовился биться или бежать — в зависимости от обстоятельств...». Можно предположить, что физиологические изменения, происходившие в ответ на неожиданно возникшую угрозу, были направлены на повышение сопротивляемости организма в ответ на внешние раздражители, а, следовательно, и на выживание и выработку навыков, позволявших приспосабливаться к изменениям окружающей среды.

Мышление и разум

Возникает и другой вопрос: какого рода мотивация могла доминировать в поведении гоминидов в процессе их адаптации к новым условиям жизни?

Согласно Гансу Селье, если поведение — целеориентированная активность животного организма, служащая для осуществления контакта с окружающим миром, то в его основе лежат прежде всего потребности живых существ, над которыми надстраиваются исполнительные действия, служащие их удовлетворению (см.: Анохин К. и Катаева Т. *Игры разума* // *ВМН*, № 6, 2006; Ваал де Ф. *Зверский бизнес и альтруизм* // *ВМН*, № 7, 2007). Если животные способны ориентироваться только на внешние, непосредственно воспринимаемые аспекты окружающего мира, то для человеческой деятельности характерно то, что она может основываться на символических формах представления предметных взаимоотношений.

Можно ли установить, в какой момент и при каких обстоятельствах действия гоминидов стали соответствовать человеческому уровню представлений о предметных взаимоотношениях? Орудийная деятельность несомненно стала важным фактором в формировании

Известно около 800 крупных наземных вулканов, 20—30 из которых извергаются ежегодно. В районах современной вулканической активности проживает 400 млн человек

это неспецифический ответ организма на предъявленное ему требование». Другими словами, стресс — это психологическое состояние и физиологические изменения, происходящие в организме, когда человек сталкивается с опасностью или чрезмерной нагрузкой, вызывающей как негативные, так и позитивные эмоции (см.: Сапольски Р. *Как приручить стресс* // *ВМН*, № 12, 2003; Костикова Д., Леонова А. *На грани стресса* // *ВМН*, № 10, 2004; Минкел Д. *По вине стресса?* // *ВМН*, № 4, 2005).

Современного человека стресс, образно выражаясь, подстерегает на каждом углу, причин же, заставлявших наших предков испытывать страх, было в основном две:





Гоминиды, в страхе спасавшиеся бегством

человека разумного, однако вряд ли его следует считать решающим. Согласно мнению доктора биологических наук, профессора, заведующей Лабораторией этологического основ интеграции сообществ животных из Института систематики и экологии животных СО РАН Ж.И. Резниковой, вопреки бытующим представлениям о том, что использование орудий животными часто рассматривается как показатель их незаурядных умственных способностей, данные экспериментов, проведенных в последние годы, ставят под сомнение состоятельность таких выводов. Применение различных предметов свойственно многим животным, в том числе и птицам, строящим гнезда. Любопытное зрелище можно наблюдать и когда крольчиха перед тем как принести потомство приступает к обустройству мягкого ложа и с этой целью вырывает клоки своей же шерсти. Таких примеров множество.

Когда же речь идет о человеке, то всегда подразумевается нали-

чие у него сознания и мышления, т.е. обобщенного опосредованного отражения действительности, которое, собственно, и отличает нас от других живых существ. Но присуще ли оно животным? Специалисты дают на этот вопрос положительный ответ. Проблема лишь в том, в какой степени оно обобщенное и у кого и в какой мере опосредованное. Не здесь ли кроется разгадка истории становления и формирования человеческого сообщества? По теории профессора психологии А.Р. Лурия, акт мышления возник только тогда, когда у субъекта появился мотив, делающий задачу актуальной, а решение ее необходимым, и когда у субъекта не было готового решения. На наш взгляд, именно этот важнейший рубеж в предыстории человечества был обусловлен рядом обстоятельств, в том числе природными, ландшафтно-климатическими условиями. А популяции гоминидов, сумевшие переступить этот рубеж, постепенно начали подниматься на новую

ступень развития, когда действия индивида уже можно соотнести с категорией Разума.

Кроме того, нельзя не учитывать результаты последних исследований, проведенных методами молекулярной биологии, согласно которым критическим событием стало появление мутации генов *HARI F* и *HAR 1 R*, предположительно отвечающих за эволюцию мозга человека. По мнению профессора С.П. Капицы, есть основания считать, что такое внезапное точечное изменение в геноме наших далеких предков 7—5 млн. лет тому назад могло привести к скачку в эволюции сознания (известные на сегодняшний день самые древние и примитивные формы гоминидов, датированные 6—7 млн. лет, были обнаружены на севере Республики Чад в толще осадков поствулканического этапа), что и стало причиной социального саморазвития культуры и численного роста человечества. Таким образом, после длительной эпохи антропогенеза появились речь и язык, человек овладел огнем и технологией изготовления и применения каменных орудий. Поэтому, говоря о различных этапах становления человека разумного, следует учитывать всю совокупность факторов как внутреннего характера (генетического, биологического и т.д.), так и внешнего (изменения климата, почвенно-гидрологических, ландшафтных условий, природные катастрофы, вулканическая деятельность и пр.).

Вулканы и обезьяны

Как отмечалось ранее, вулканические поля оказывают средообразующее и стабилизирующее воздействие и участвуют в процессе видообразования и флорогенеза. При этом невозможно предугадать, сколько может длиться период покоя, благополучного существования популяций, т.к. это зависит от изменений биосферы и экосистемы, находящихся в поле влияния конкретных очагов вулканической активности, и от того, как долго

условия остаются экстремальными. Ведь самые различные экосистемы оказываются совершенно беззащитными перед лицом природных катаклизмов. Чтобы найти этому дополнительные подтверждения, авторами статьи была изучена география расселения диких приматов по континентам и размещение очагов действующего вулканизма. Оказалось, что территории, на которых проживают дикие приматы, в частности шимпанзе, расположены вне зоны действия современных вулканических очагов и, тем самым, они полностью защищены от влияния вулкано-сейсмических процессов.

Аргументом в пользу этого может служить факт отсутствия приматов на островах Зондского архипелага



Территории, на которых проживают современные приматы, находятся вне зоны влияния современных вулканических очагов

за исключением о-ва Калимантан (Борнео), где в настоящее время обитают почти все представители данного семейства. Ранее на островах, в частности на Яве, обитало множество обезьян, но теперь их там нет.

На основании этого факта некоторыми учеными была выдвинута довольно экзотическая гипотеза, согласно которой люди каменного века, жившие на острове, держали ради забавы в качестве «живых кукол» у себя в пещерах детенышей обезьян, что и позволило, по их мнению, выжить орангутанам.

При этом не учитывается то, что остров Калимантан — единственный среди островов Зондского архипелага, не связанный с вулканизмом. В отличие от соседних Явы и Суматры, он представляет собой образование континентального генезиса с гранитоидной корой в основании, в то время как остальные, все без исключения острова Зондского архипелага, имеют вулканическое происхождение и отличаются огромным числом действующих вулканов, активность которых особенно высока

на протяжении плиоцен-четвертичного интервала времени. Следовательно, Калимантан, не будучи островом вулканического происхождения, был и остается единственным оазисом благополучного местообитания диких приматов, не подверженным процессам вулкано-сейсмической активности.

Вероятнее всего, у гоминидов, спасшихся бегством от опасности и оказавшихся на новых биотопах, при отсутствии готовых интуитивных решений в новой среде начинает интенсивно развиваться рассудочная деятельность. В определенной мере и любопытство, подчас оказывающееся сильнее страха, сыграло свою роль. Скорее всего, этот момент и является первым шагом на пути становления *Homo sapiens*.

Таким образом, можно выделить по крайней мере три ключевых момента в истории формирования человека разумного: переход на прямохождение — результат экстремальных условий, вызывающих сильнейший страх и стресс; необходимость адаптации к новым условиям — уйти или выстоять;

борьба за выживание и развитие интеллекта. А суть всего происходящего сводится к периодическому нарушению равновесия в природной среде и стремлению к установлению новых равновесий. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Капица С.П. Мировой демографический кризис и Россия // Материалы Международного форума «Проекты будущего: междисциплинарный подход» 16-19 октября 2006, Звенигород.
- Лурия А.Р. Эволюционное введение в психологию. М.: Изд-во Московского университета, 1978.
- Манько Ю.И., Сидельников А.Н. Влияние вулканизма на растительность. Владивосток: Наука, 1989.
- Мулярова Е. И. Что такое стресс? // GEO Focus, № 3, 2006.
- Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986.
- Селье Г. Стресс без дистресса. М.: Прогресс, 1982.
- Тих Н.А. Предыстория общества. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1970.
- Плиний Младший. Письма (пер. С.П. Кондратьева) / Хрестоматия по античной литературе: В 2 т. Т. 2. Римская литература. М.: Просвещение, 1965.

фестивальная наука

Как привлечь молодежь в науку? Как привить интерес к исследовательскому поиску, научить творчески мыслить и получать новые знания? Эти и другие вопросы волнуют сегодня научную общественность не только в России, но и за ее пределами. По мнению Д.Н. Кавтарадзе и Е.Ю. Лихачевой, проведение российских и европейских Фестивалей науки позволит решить многие наболевшие проблемы, в том числе и вопрос вовлечения молодых людей в научную деятельность



В России первый Фестиваль науки был проведен Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова с 27 по 29 октября 2006 г. Во время мероприятия работали выставки-презентации — «Занимательные технологии», «Мобильные роботы», «Собрание книг», «Научные фотографии», прошли публичные лекции и презентации ведущих ученых МГУ.

Осенью 2007 г. в Фундаментальной библиотеке МГУ прошел Второй Фестиваль науки, в котором приняли участие более 25 высших учебных заведений, музеев и научных организаций Москвы. В программу вошли выставки и лекции и презентации, конкурсы и викторины и т.д. Инициатива была поддержана правительством Москвы и лично мэром Ю.М. Лужковым.

Европейские традиции

В Европе Фестивали науки появились более 175 лет — с тех пор как в 1831 г. была создана Британская ассоциация продвижения науки. В 2006 г. было принято решение организовать европейскую программу «Карусель фестивалей», а в следующем году российский Фестиваль науки стал полноправным участником европейского проекта WONDERS (*Welcome to Observations, News and*

Demonstrations of European Research and Science), основная цель которого — привлечь как можно больше молодежи, воспитать интерес к исследовательскому поиску, популяризировать фундаментальные знания, наладить диалог между наукой и обществом.

Гетеборг, апрель 2007

В рамках программы WONDERS в апреле 2007 г. ученые Московского университета провели презентацию «Время и жизнь: 7200 секунд обо всем» на Европейском Фестивале науки в шведском городе Гетеборг.

Площадки Фестиваля были сосредоточены по всему городу. Каждый желающий мог попробовать свои силы в разгадывании гигантских головоломок, набрасывании лассо, послушать пение хрустальных бокалов, наполненных водой, или посетить лекцию о числах Фибоначчи.

Организаторы Фестиваля представили Московскому университету сцену для выступления в шатре, установленном на одной из центральных городских площадей. В течение двух часов публика смогла принять участие в различных познавательных акциях: «прогуляться» по Стреле времени от момента образования Солнечной системы и Земли до современности и обратно, попробовать определить время при помощи специального Зонтика Набокова и Большой Медведицы. Посетители, интересующиеся естествознанием, получили представление о феномене биоразнообразия и временной шкале эволюции.

Лиссабон, ноябрь 2007

В ноябре в Лиссабоне (Португалия) состоялась Европейская Неделя науки, в рамках которой прошел финал проекта WONDERS.

Фестивали или Недели науки получили заслуженное признание в Европе, о чем свидетельствует растущее число участников и количество посетителей. На торжественном закрытии присутствовали министр науки и мэр Лиссабона. Базой для проведения Фестиваля стал Пави-



льон знания, — интерактивный музей науки и технологий, создатели которого стремятся сделать науку доступной каждому.

Посетители могли поучаствовать в интерактивных экспериментах, посмотреть 45-минутные научные представления или проверить свои знания в демонстрационных научных семинарах и презентациях.

Итоги и перспективы

24 ноября были подведены итоги финала и состоялось награждение его победителей. Приз за наибольший охват аудитории получили студенты из Эстонии с презентацией «Вниз вместе с гравитацией». Премия за научное взаимодействие в области последних достижений был вручен группе португальских ученых с презентацией «Сделанные вручную голограммы».

Приз за инновационные идеи в области научного взаимодействия увезли норвежцы, представившие презентацию «Код мармеладного человечка: создание молекул ДНК из мармеладных человечков». Самой интересной и захватывающей презентацией стала «Супернаука — открывая науку в историях о супергероях».

Опыт проведения Фестивалей науки показал, насколько важно взаимодействие науки и общества. Праздничные мероприятия привлекают внимание широкой публики, знакомят с современными исследованиями и, в конечном счете, помогают преодолеть барьер недоступности некоторых научных знаний. Осенью 2008 г. в Генуе (Италия) состоится финал WONDERS — 2008. ■

Подготовил Дмитрий Мисюрюв

Дмитрий Николаевич Кавтарадзе — профессор, заведующей кафедрой управления природными ресурсами факультета государственного управления МГУ, разработчик имитационных игр в области экологии, природопользования, устойчивого развития, лауреат премии Президента Российской Федерации в области образования.

Елена Юрьевна Лихачева — заместитель начальника отдела международной и региональной кооперации в научной и инновационной сфере Управления инновационной политики и организации инновационной деятельности МГУ.

Марк Фишетти

НАВИГАЦИЯ БУДУЩЕГО

Уже несколько десятилетий автомобили комплектуются устройством, позволяющим поддерживать заданную скорость движения, — круиз-контролем. В последние годы данный элемент управления совершенствуется такими темпами, что скоро можно будет серьезно говорить о машине без водителя.

Пользуясь обычной системой круиз-контроля, автовладелец может задавать определенную скорость движения. Блок управления двигателя регулирует положение дроссельной заслонки и тем самым меняет его мощность. При движении вниз по склону для поддержания заданной скорости могут быть использованы тормоза.

Современные автомобили в качестве опции оснащаются круиз-контролем с радаром или лазерным дальномером, позволяющим контролировать движение впереди идущих транспортных средств (рис. внизу). Водитель устанавливает заданную скорость и безопасный интервал в пределах от одной до трех секунд. При сближении с впереди идущей машиной блок управления перекрывает дроссельную заслонку, при необходимости активирует тормозную систему и в дальнейшем регулирует работу двигателя для обеспечения безопасной дистанции между автомобилями. В том случае, если едущая впереди машина перестраивается в другой ряд или съезжает с трассы, автомобиль ускоряется до заданной скорости. Если же скорость движения уменьшается до 25 км/ч, то водителю подается сигнал о том, что следует совершить обгон.

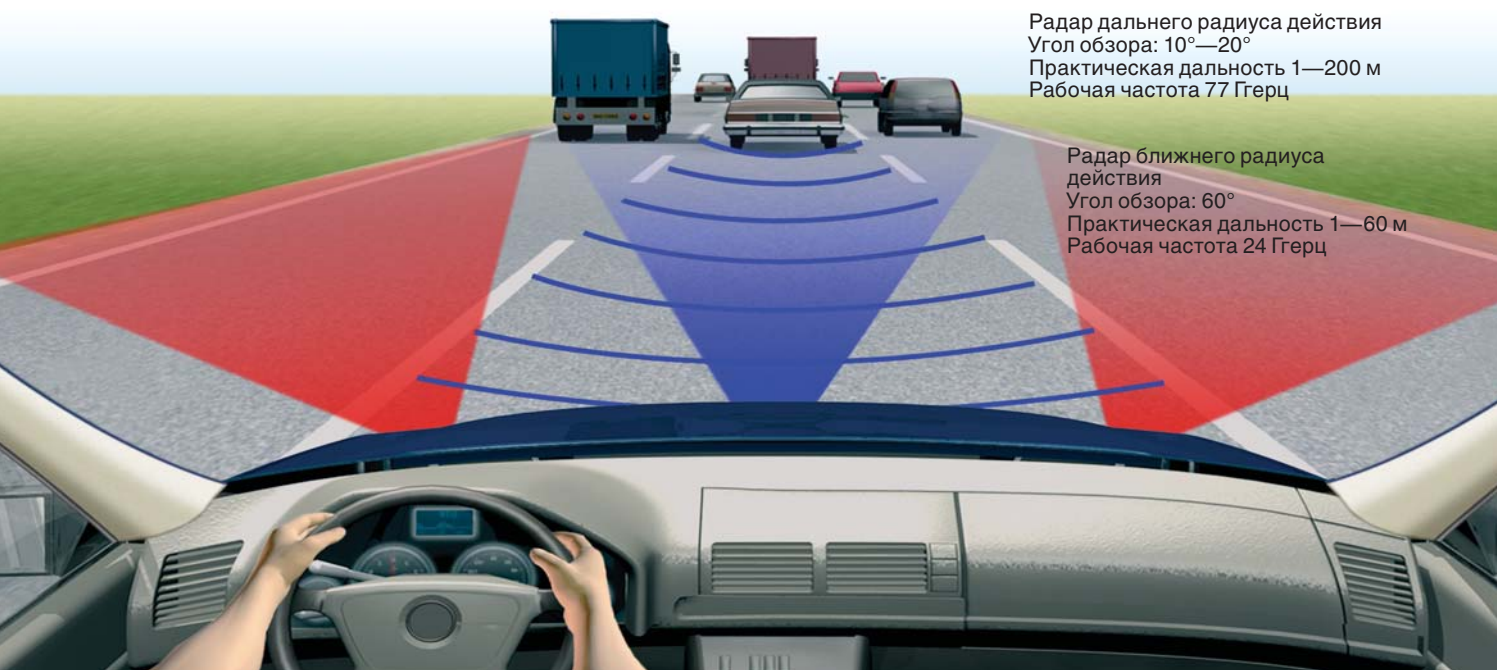
Автопроизводители уже начали оснащать машины активными круиз-контролями, позволяющими при движении в потоке замедляться и ускоряться в автоматическом режиме. При полной остановке автомобиля для начала движения водителю достаточно нажать на педаль акселератора. Для проведения таких маневров в состав системы управления был включен радар ближнего радиуса действия, который помогает контролировать объекты, находящиеся впереди автомобиля.

По мнению директора по системам электронной безопасности компании *Delphi Electronics & Safety* Майкла Тони (Michael Thoeny), активный круиз-контроль стимулирует развитие новых технологий. Датчики, встроенные в заднюю часть автомобиля, помогут водителю контролировать так называемую мертвую зону, а видеочамера на лобовом стекле обеспечит движение в рамках выбранной полосы и безопасный маневр при перестроении транспортного средства. Подобная система через десять лет позволит обеспечить безопасное движение на скоростных трассах даже при большем количестве автомобилей.

Как реагируют водители на появление новых систем управления?

Менеджер компании *TRW Automotive* Эндрю Хайделл (Andrew Whydell) считает: «Водители чувствуют себя более комфортно в автомобилях, оснащенных круиз-контролем, а производители таких систем внимательно изучают, как они используются. Бортовой радар открывает широкие возможности для развития системы в целом». ■

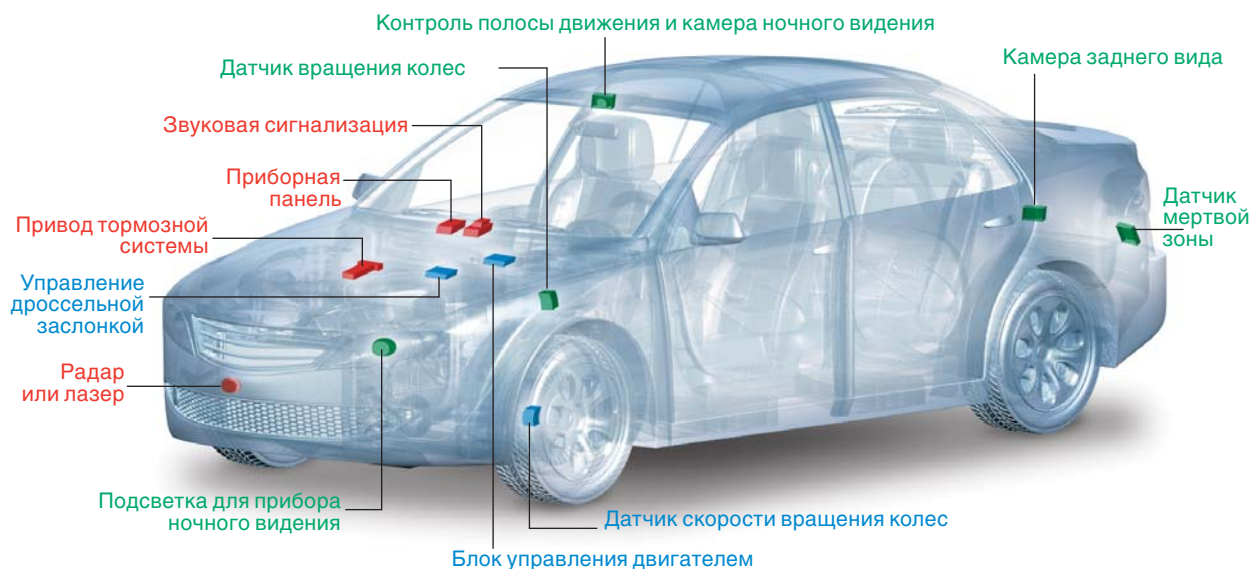
➔ **РАДАР ДАЛЬНОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ.** Лазерный локатор или дальномер дает информацию о дорожной ситуации впереди автомобиля. Измеряя расстояние между машинами, данное устройство позволяет избежать столкновений и в случае высокой скорости сближения информирует об этом водителя. Радар ближнего радиуса действия позволяет вовремя остановиться перед препятствием и начать движение в автоматическом режиме



Радар дальнего радиуса действия
Угол обзора: 10°—20°
Практическая дальность 1—200 м
Рабочая частота 77 Герц

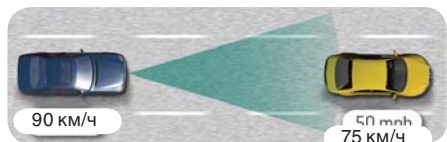
Радар ближнего радиуса действия
Угол обзора: 60°
Практическая дальность 1—60 м
Рабочая частота 24 Герц

→ **КРУИЗ-КОНТРОЛЬ** (голубой) контролирует скорость вращения колес. Блок управления двигателем изменяет положение дроссельной заслонки для поддержания заданной скорости. Современная система включает радар или лазерный дальномер (красный), который позволяет фиксировать расстояние между автомобилями и управлять тормозной системой

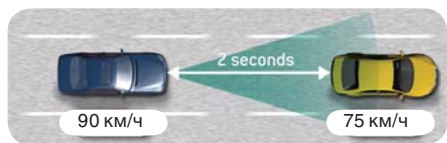


→ **ЧТО НАС ЖДЕТ.** В будущем в системе круиз-контроля появятся датчики бокового и заднего обзора, которые будут контролировать мертвые зоны. Камера переднего вида вместе с радаром поможет автомобилю ехать по разметке в выбранной полосе движения, а в ночное время суток дисплей на приборной доске поможет водителю видеть в темноте

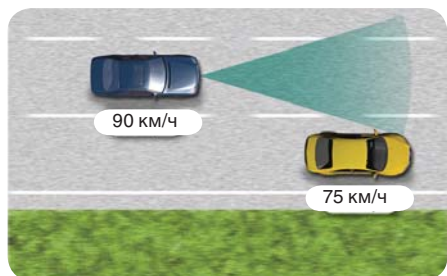
Активный круиз-контроль



Автомобиль замедляется, приближаясь к движущемуся впереди с меньшей скоростью



Автомобиль следует за впереди идущей машиной на безопасном расстоянии



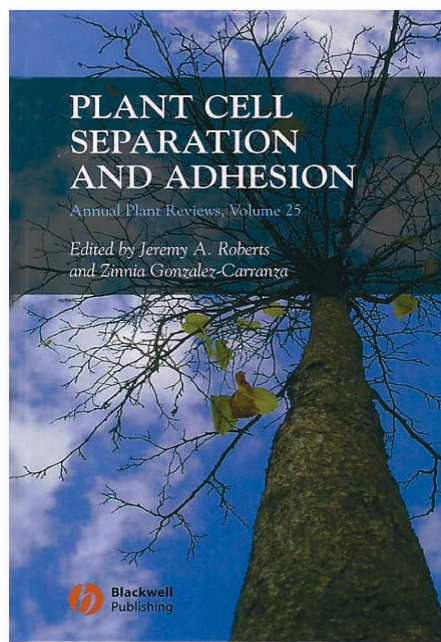
Автомобиль разгоняется до заданной скорости, после того как препятствие исчезло

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

РАДАР ИЛИ ЛАЗЕР. Современная система круиз-контроля с радаром предлагается покупателям автомобилей в качестве дополнительной опции и стоит от \$1300 до \$2400. Отдельные производители такой техники используют лазерный дальномер, что снижает стоимость комплекта более чем в два раза. Однако лазерный луч плохо отражается от грязных автомобилей, и на его работу сильно влияют погодные условия, т.е. дождь, снег и туман. Именно поэтому предпочтение отдается радарам в надежде на то, что по мере увеличения продаж стоимость такого оборудования будет снижаться.

ПЕРЕДНИЙ ОБЗОР. Современные системы круиз-контроля с радаром оснащены стационарными или поворотными антеннами. Последние позволяют увеличить угол обзора. В то же время разработчики оборудования стремятся отказаться от таких решений и хотят использовать антенну с фазированной решеткой. Такая конструкция позволит соединить в одном устройстве радар дальнего и ближнего радиусов действия. Подобные системы уже появились на рынке, но стоимость их очень высока.

Разделение и адгезия растительных клеток



Эта книга стала первой монографией, где на современном уровне рассматриваются такие важные для развития растений процессы, как разделение и адгезия растительных клеток.

Издание будет полезно для людей, которые изучают новые технологии: геномику, протеомику, метаболомику. В ежегоднике детально рассматривается структура клеточной стенки, ее биосинтез и «сборка». Чтобы понимать, как «демонтировать» клетку, надо прежде всего понимать, как она устроена. В книге

подробно описана дифференцировка сосудистых клеток в ксилеме и обсуждается важность клеточных контактов, роль точной адгезии при образовании пыльцевой трубки, разделение клеток вазины при развитии корней, обрезании органов, растрескивании стручков бобовых и созревании плодов. Как показали исследования, секвенирование геномов растений открыло новые возможности изучения биологии растений и изменило стратегию генетики.

Plant cell separation and adhesion
(Разделение и адгезия растительных клеток).
Annual Plant reviews. Vol. 28, 2007.

Теоретические основы химической технологии

Издание входит в серию «Памятники отечественной науки» и посвящено 100-летию со дня рождения академика Николая Михайловича Жаворонкова, выдающегося ученого, признанного главы российской школы химиков-технологов.

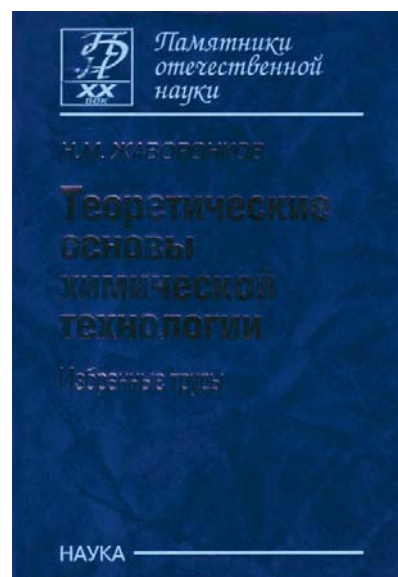
Сборник состоит из шести разделов, в каждом из которых представлены основные направления работ ученого в области химической технологии.

В первом разделе рассматриваются проблемы очистки газов при производстве синтетического аммиака, во втором представлены публикации по предмету докторской диссертации ученого, в которой заложен фундамент современных методов расчета тепло- и массообмена в насадочных колонных аппаратах, в следующем разделе собраны материалы по разде-

лению стабильных изотопов легких элементов (B, Cl), имеющие как теоретические результаты, так и прикладное значение, в частности, производство тяжелоокислородной воды ит.д.

Каждая часть книги включает обзор предшествующих работ с прилагаемым библиографическим списком использованной литературы.

Издание адресовано научным работникам, инженерам-практикам, преподавателям высшей школы, аспирантам и интересующимся историей становления и развитием науки и промышленности.



Жаворонков Н.М. Теоретические основы химической технологии. Избранные труды. М.: Наука, 2007.

География для всех

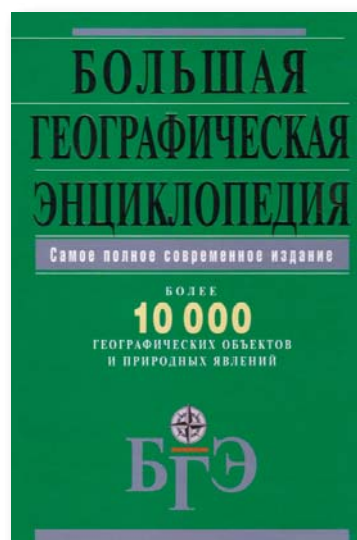
Большая географическая энциклопедия представляет собой современное издание, обобщающее все известные на данный момент сведения по географии. Статьи энциклопедии приводят сведения о более чем 10 тыс. географических объектов, а также природных явлениях, полезных ископаемых, великих ученых и первооткрывателях.

Географические названия по возможности имеют топонимическое толкование.

Для более эффективного использования энциклопедия снабжена алфавитным указателем, а также списком сокращений.

Это солидное издание большого объема полезно и интересно для самого широкого круга читателей.

Большая географическая энциклопедия. М., 2007



Современные аспекты электрохимии

Данный том начинается с посвящения доктору Брайану Конвею, который с 1940 г. принимал участие в издании этой серии, представляющей развитие электрохимии от ее истоков до современного состояния.

Книга представляет собой сборник статей различных авторов с прилагаемым списком литературы и состоит из 6 глав.

В первой главе рассматриваются технология полимерных электролитных мембран для топливных элементов (ТЭ) с биполярными электродами и проблемы их использования.

Во второй обсуждаются вопросы применения дисперсионного и ковариационного методов анализа в электрохимии и электрохимическом производстве. Показана возможность оптимизации работы при использовании математических методов, а также возможность экономии труда экспериментатора.

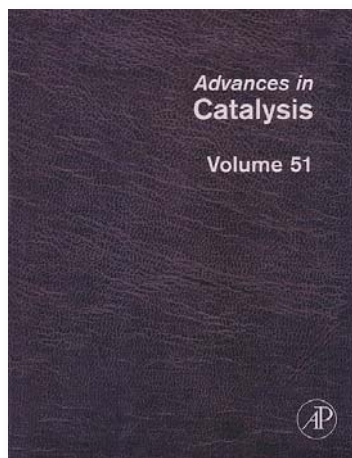
Третья глава издания посвящена разработке наноматериалов для литиево-ионного аккумулятора, а также синтезу материалов для электродов.

В следующих главах авторы приводят обзор различных типов ТЭ.

Выделяется разработка ТЭ прямого действия с использованием метанола в качестве топлива, имеющего большой потенциал благодаря его доступности и возможности снижения стоимости.

Последняя глава издания посвящена многочисленным попыткам моделирования каталитических слоев на электродах ТЭ, использующих полимерный электролит, что стало систематическим развитием работ Пенсильванского электрохимического центра двигателей.

Modern Aspects of Electrochemistry (Современные аспекты электрохимии), т. 40.



Успехи в катализе

Данный сборник стал вторым в серии, посвященной характеристике твердых катализаторов в процессе их функционирования. Первые четыре главы посвящены вибрационной спектроскопии, включая инфракрасную с Фурье-преобразованиями, ультрафиолетовую комбинационного рассеяния, неупругого рассеяния нейтронов, а также инфракрасную спектроскопию отражения с поляризацией модуляции поглощения. Дополнительные главы касаются электронного парамагнитного резонанса, Мессбауэровской спектроскопии и осциллирующих микровесовых каталитических реакторов.

Advances in Catalysis (Успехи в катализе), vol. 51, 2007.

Данный раздел журнала представлен **Библиотекой по естественным наукам РАН**

Перспективные направления в области биокатализа

В сборник включены статьи, освещающие состояние определенной области биокатализа и перспективные направления его развития.

Издание состоит из четырех частей, каждая из которых подразделяется на главы.

В первой части рассматриваются некоторые ферментативные реакции при необычных условиях, в том числе использование ионного растворителя для химии растений. Здесь же представлены статьи по использованию света в биокатализе и комбинации фермента с металлом в качестве катализатора.

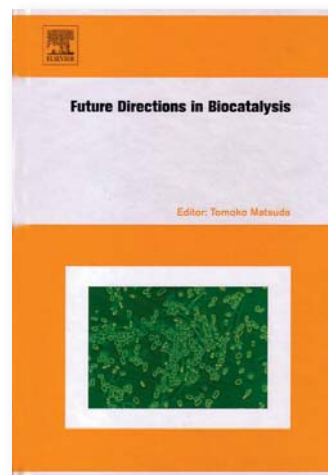
Вторая часть посвящена описанию уникальных реакций, таких как декарбоксилирование, с использованием декарбоксилазы и CO_2 . В следующей части представле-

ны новые соединения, полученные в реакциях биокатализа, для чего выбраны хиральные фосфорорганические соединения, полимерные материалы и сахара.

В последней главе рассматривается использование техники молекулярной биологии для получения новых биокатализаторов, в частности алкогольдегидрогеназ и декарбоксилаз.

Каждая глава сопровождается библиографическим списком использованной литературы.

Представляется, что издание этой книги будет способствовать сохранению и процветанию окружающей среды, показывая силу ферментов и возможности природы. Книга предназначена для широкого круга специалистов.



Future directions in Biocatalysis

(Перспективные направления в области биокатализа).

Ed. Tomoko Matsuda. Amsterdam, 2007.

Данный раздел журнала представлен Библиотекой по естественным наукам РАН



СМОТРИТЕ НА КАНАЛЕ NATIONAL GEOGRAPHIC В ФЕВРАЛЕ



В воскресенье, **17-го февраля, в 23:00** состоится премьера фильма **«ШЕСТЬ ГРАДУСОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ ИЗМЕНИТЬ МИР»**. Он снимался на пяти континентах с участием ведущих климатологов и исследователей, которые помогут увидеть последствия изменения климата.

В воскресенье, **24-го февраля, в 23:00**, состоится премьера фильма **«ЗАГАДКА КИТАЙСКИХ МУМИЙ»**.

За тысячу лет до всех известных нам контактов между Востоком и Западом в китайской пустыне были захоронены сотни мумий. Кем были эти люди и откуда они пришли?

По пятницам, **с 15 по 29 февраля, в 23:00** зрители смогут увидеть три серии нового фильма и узнать все **«СЕКРЕТЫ НАШЕГО СЕРДЦА»**.

Как влияют на сердце холестерин, ожирение, курение, высокое давление, стрессы и гены? Каковы естественные механизмы регуляции сердечного ритма и что происходит, если они нарушаются?

Канал распространяется по системам кабельного, IP-телевидения и спутниковой платформы НТВ-Плюс.



В БЛИЖАЙШИХ ВЫПУСКАХ:

2 февраля

НАУКА БЫТЬ ЗДОРОВЫМ

Медики считают, что Третья мировая война уже идет. Это невидимая война между человечеством и вирусами, которых становится больше и которые приспосабливаются к новым лекарственным препаратам. На эту войну тратятся средства, сопоставимые с военными расходами. Способен ли человек противостоять такому натиску? Может ли его организм рассчитывать на собственные ресурсы?

Гости передачи:

Екатерина Евгеньевна Бирюкова, кандидат медицинских наук, главный врач клинической больницы.
Валерий Иванович Сергиенко, академик РАН, директор НИИ физико-химической медицины.

16 февраля

МЕТАМОРФОЗЫ РУССКОГО ЯЗЫКА

Как сегодня живет и развивается русский язык? Нуждается ли он в спасении от экспансии иностранных языков и ненормативной лексики? Насколько мощно сегодня звучит в мире русское слово? Растет или снижается его международное значение? Нужны ли специальные меры для решения всех этих проблем?

Гости передачи:

Людмила Алексеевна Вербицкая, ректор Санкт-Петербургского государственного университета, профессор, доктор филологических наук.

Алексей Дмитриевич Шмелев, заведующий отделом культуры русской речи Института русского языка РАН, доктор филологических наук.

Второй терапевтический конгресс

Представители различных научных медицинских сообществ — гастроэнтерологи, кардиологи, клиницисты, неврологи, реаниматологи и терапевты — собрались в ноябре прошлого года в Москве на Второй терапевтический конгресс.

Местом проведения форума не случайно была выбрана Российская академия государственной службы при Президенте РФ — тем самым подчеркивалась значимость российской медицины в деле служения отечеству, науке и человеку. И этот тезис, присутствовавший в различных формах в докладах участников, был созвучен основной теме конгресса — выработке нового курса развития здравоохранения России, направленного на консолидацию

усилий по охране здоровья каждого гражданина РФ.

О необходимости комплексного подхода в рассмотрении медицинских проблем было сказано и в рамках научной программы конгресса. Помимо ежедневных пленарных заседаний и занятий в Школе практикующего врача прошло свыше 80 симпозиумов и конференций, в тематике которых отражался весь спектр современных научных исследований в России. В частности, на симпозиуме по актуальной проблематике профилактики инсульта прозвучали несколько интересных докладов, в том числе, академика РАМН З.А. Суслиной по вопросам лечения артериальной гипертонии. Заслуживает отдельного упомина-

ния опыт нескольких медицинских компаний, таких, например, как «Акрихин», «Гедеон Рихтер» и «Отечественные лекарства».

На конгрессе также были представлены материалы белорусских предприятий РНПЦ «Детская онкология и гематология» и РНПЦ «Кардиология» (Минск), а также украинского Государственного медицинского университета (Харьков). Высокий научный потенциал разработок позволяет рассчитывать на перспективу преобразования столичного Конгресса в международный форум. На основе мероприятия или параллельно с очередным интернациональным медицинским форумом в Москве может также быть проведен Международный конгресс терапевтов.

Всероссийская экологическая конференция

В конце 2007 г. в Государственном Кремлевском Дворце состоялась Третья Всероссийская экологическая конференция «Новые приоритеты национальной экологической политики в реальном секторе экономики». На форум собрались представители научной общественности, органов законодательной и исполнительной власти. В выступлениях докладчиков прозвучала тревожная нота: эколо-

гически неблагоприятной признана ситуация, сложившаяся на территории около 2,5 млн кв. км, где проживает почти 2/3 населения России. Превышение предельно допустимых концентраций токсичных веществ в атмосферном воздухе наблюдается в 180 городах РФ. По разным оценкам санитарно-гигиеническим стандартам не удовлетворяет 35—60% потребляемой населением питьевой воды.

Россия является участником нескольких десятков международных экологических договоров и соглашений, но для их реализации не выделяется достаточно средств, остро ощущается недостаток научно-методических ресурсов. Отсутствие законодательной базы также может негативно сказаться на участии страны в крупных международных проектах и программах.

На форуме были приведены и примеры успешного осуществления природоохранных мероприятий в конкретных федеральных округах и регионах России. Участникам и гостям конференции запомнилась эмоцио-

нальная речь Председателя УрО РАН В.А. Черешнева об экологических проблемах Урала, а примеры положительного опыта прозвучали в сообщении директора Департамента корпоративного экологического регулирования ОАО «ГМК «Норильский никель» И.Д. Писарева.

Кроме того, появился ряд интересных предложений по улучшению ситуации в сфере экологического аудита и мониторинга РФ. В частности, помимо внесения изменений в нормативно-правовую базу России, предлагается кодифицировать экологическое законодательство страны с привлечением к данной работе ведущих ученых-экспертов. Также был поднят вопрос о необходимости взаимодействия с международными научными и неправительственными организациями по обеспечению безопасности окружающей среды при реализации крупных инвестиционных проектов по добыче и транспортировке углеводородного сырья в районах Каспийского, Охотского, Черного и Балтийского морей.



Председатель УрО РАН В.А. Черешнев

ЭКСПОЗИЦИЯ РОССИЙСКИХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

В 2007 г. в российской столице в рамках Всероссийской промышленной ярмарки на ВВЦ впервые состоялась специализированная выставка «НаноТехЭкспо». На научно-практической конференции «Системная нанотехнология», организованной на выставке Наноцентром МЭИ, состоялись выступления представителей иностранных делегаций. Например, ученые из Финляндии и Ирана высоко оценили уровень проводимых научных исследований и пригласили российских специалистов к сотрудничеству.

В ходе докладов были продемонстрированы разработки нанотехнологической продукции для различных отраслей. Профессор Л.Н. Патрикеев (МЭИ) представил прибор для распознавания наркотических и взрывчатых веществ с низкой степенью концентрации

(не определяемой даже специально обученными собаками). Сообщение М.В. Руфицкого (ОАО «Автоприбор») касалось ряда нанотехнологических разработок, в том числе «интеллектуальной шпалы», в которую вместе с приемопередатчиком дальностью действия до 2 км монтируется пьезопреобразователь, подзаряжаемый от нажатия колес проходящего поезда. Приемопередатчик позволяет передавать данные с подвижного состава на стационарные объекты и через их сеть — на другой поезд.

Название выставки «НаноТехЭкспо» означает «Экспозиция нанотехнологий». Но, учитывая достойный уровень представленных российских нанотехнологических разработок, замечательные традиции отраслевых научных школ и преемственность поколений ученых в России, можно надеяться, что



Профессор Л.Н. Патрикеев (МЭИ)

в ближайшем будущем мы сможем не только экспонировать, но и экспортировать нанотехнологии.

ДЕМИДОВСКАЯ ПРЕМИЯ

В феврале 2008 г. в Екатеринбурге состоится церемония вручения общенациональной неправительственной Демидовской премии — одной из наиболее авторитетных научных наград в России, учрежденной в 1832 г. Павлом Николаевичем Демидовым. В числе награжденных — Ф.П. Врангель и Н.И. Пирогов, И.Ф. Крузенштерн и Д.И. Менделеев. Возрожденная в 1993 г. по инициативе председателя Уральского отделения РАН, а ныне вице-президента РАН академика Г.А. Месяца, премия ежегодно присуждается за выдающиеся научные достижения. Лауреатами Демидовской премии за 2007 г. стали академики РАН Б.М. Ковальчук, М.И. Кузьмин и О.Н. Чупахин.

Борис Михайлович Ковальчук — создатель ряда импульсно-энергетических установок и сильноточных ускорителей, один из ведущих спе-

циалистов мирового уровня в сфере сильноточной импульсной техники. Недавняя разработка лауреата связана с новой концепцией построения сверхмощных импульсных генераторов на основе линейного трансформатора, упрощающая их создание и радикально увеличивающая их удельный энергозапас, что может рассматриваться как базис для создания мультитераваттного генератора нового поколения с перспективой реализации инерциально-термоядерного синтеза на основе Z-пинча.

Доклад Михаила Ивановича Кузьмина касался нового направления в геологии — химической геодинимики, а также решения проблем глобального изменения природной среды и климата на основе комплексного изучения осадков, в частности, на озере Байкал. Под его руководством координационному комитету меж-

дународной программы «Байкал-бурение» удалось впервые для Центральной Азии получить непрерывную палеоклиматическую запись за 8 млн лет. Новые данные позволили подтвердить гипотезу о взаимосвязи климатических изменений с происходившими в пределах континента кайнозойскими геологическими процессами и с вариациями параметров земной орбиты.

Выступление Олега Николаевича Чупахина было посвящено теории и практике органического синтеза. Основатель нового научного направления по изучению нуклеофильного ароматического замещения водорода *SNH* обосновал методологию, позволяющую создавать высокоэнергетические соединения и люминофоры, полимеры и лекарственные препараты. Подчеркивалось, что *SNH*-процессы могут стать основой для «зеленой», т.е. экологически чистой химии.

Разворот подготовил
Леонид Раткин



ТЕМАТИКА МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1. Пищевая биотехнология

- Современная биотехнология и биобезопасность.
- Биотехнология, пища и здоровье. Реализация концепции здорового питания в России.
- Пища XXI века – новые подходы и технологические приемы: конструирование пищи, использование микроорганизмов, высокое давление, кавитация, тонкое измельчение и др. Прижизненное формирование качественных характеристик сельхоз сырья.
- Пищевые продукты, пищевые добавки и биологически активные добавки к пище, вспомогательные технологические средства в пищевой промышленности на основе биотехнологии.
- Методы и средства биотехнологии и нанотехнологии в контроле производства пищевой продукции, ее качества и безопасности.
- Нетрадиционные источники пищи. Перспективные штаммы микроорганизмов для интенсификации технологических процессов пищевой промышленности.
- Регулирование и контроль функциональных свойств пищевых продуктов. Современные представления о функциональных продуктах.
- Пища и пищевые загрязнители.
- Биологические объекты и нанотехнологии в пищевой промышленности.
- Генно- модифицированные организмы в производстве продуктов питания. Методы исследований, мировой опыт.
- Нанотехнологии, в том числе: катализаторы на основе наноматериалов для пищевой и спиртовой промышленности.

Секция 2. Ферменты в пищевой промышленности

- Влияние воды на ферментативную активность в пищевых продуктах.
- Направленный ферментативный катализ для получения продуктов с заданным фракционным составом и функциональными свойствами.
- Ферментативный катализ переработки сельхоз сырья – путь интенсификации биотехнологических процессов в пищевой промышленности.
- Производство пива и осветление соков, хлебобулочная промышленность, модификация крахмала, мясомолочная промышленность и другие отрасли, пробиотики, контроль качества продукции и др.

Секция 3. Вода и пищевые технологии: безопасность, качество и эффективность

- 3.1. Современные представления о структуре и свойствах воды, термодинамические и физические свойства связанной воды, энергии связей, активность воды.
- Приборы для определения активности воды.
- Пищевые продукты с промежуточной влажностью. Влияние активности воды на сроки хранения и развитие микрофлоры.
 - Способы улучшения качества воды, водоподготовка и т.д.
 - Изменения активности воды при различных способах хранения, технологической и кулинарной обработке.
 - Структурное состояние и биологическая активность воды в продуктах питания и их изменения при различных способах хранения, технологической и кулинарной обработки продуктов питания.
 - Роль и значение макро- и микроэлементного состава питьевых вод и продуктов питания в коррекции показателей здоровья населения
 - Изотопный водородно-кислородный состав воды
- 3.2. Биотехнология очистки вод
- Анаэробный и аэробный процессы очистки сточных вод.
 - Биохимия и биотехнология разрушения ксенобиотиков.
 - ZWO (Международная организация Воды) – активность, проекты и результаты

Секция 4. Инновации, финансы и бизнес в пищевой биотехнологии.

Секция 5. Биотехнологическое образование и пищевая промышленность.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:

• Российско-Американский симпозиум

«Актуальные вопросы российско-американского сотрудничества в области биотехнологий. Опыт реализации биотехнологических инновационных проектов в США и России»

• В рамках конференции традиционно проводится **конкурс на лучшую научно-исследовательскую работу молодых ученых** – участников конференции: условия участия на сайте:

<http://www.mosbiotechworld.ru/rus/konkurs.php>

Прием тезисов до 6 февраля 2008 г.

www.mosbiotechworld.ru

Тематика выставки: Весь спектр биопродуктов для пищевой и фармацевтической промышленности, агропромышленного комплекса, ветеринарии, геологии, промышленных предприятий, а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически активные добавки, Тест-системы для определения качества и биологической активности воды, определения алкоголя и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии, биодизель, биоэтанол. Питательные среды. Процессы и аппараты для очистки и подготовки воды. Оборудование и контрольно-измерительные приборы по определению активности воды, молекулярной структуры и изотопного водородно-кислородного состава воды в пищевых отраслях промышленности, медицине, косметологии и др. Промышленная и лабораторная безопасность, катализаторы на основе наноматериалов, нетрадиционные источники пищи, функциональные пищевые ингредиенты и продукты (технология получения и применения).

Элисон Снайдер

ЯДОВИТ ЛИ ШОКОЛАД для собак?

Если маленькая собачка съест полную горсть шоколадных конфет, то ей станет плохо — и это очевидно всем владельцам собак. Тем не менее когда я наблюдаю, как Муз, полуторакилограммовый чихуахуа моих друзей, нарезает круги по комнате после подобного пиршества, я удивляюсь: неужели шоколад вреден собакам?

Действительно, какао-бобы, основной ингредиент шоколадных изделий, могут стать причиной болезни или смерти представителя семейства собачьих.

Химический приговор

Шоколад изготавливается из горьких плодов какао, в которых содержится смесь родственных соединений, известных как метилксантины. К этой группе веществ относятся кофеин и близкий ему по химической структуре теобромин. В шоколаде теобромин больше, кофеин содержится в несколько меньших количествах. Оба вещества являются биологически активными, их молекулы связываются с рецепторами на поверхности клеток, блокируя их, после чего клеточные мембраны перестают реагировать на синтезируемые организмом собачьих вещества сходной природы, уровень которых в норме должен контролироваться этими рецепторами.

Малые дозы метилксантинов вызывают у людей слабое чувство эйфории, но на собак большие количества этих веществ действуют иначе: они могут стать причиной мышечного тремора или припадков (апоплексического удара). Поэтому кофе собакам также противопоказан. Метилксантины могут вызывать и учащенное сердцебиение, которое увеличивается более чем в два раза, после чего животные могут бегать кругами, как будто «они выпили литр эспрессо», — говорит ветеринар Тим Хэкетт (Tim Hackett) из Университета Колорадо. Поэтому активность Муза, скорее всего, объясняется очень высоким уровнем теобромин.

Собачьи различия

Опасность данного угощения зависит от типа шоколада и веса животного. Темный горький шоколад содержит теобромин в

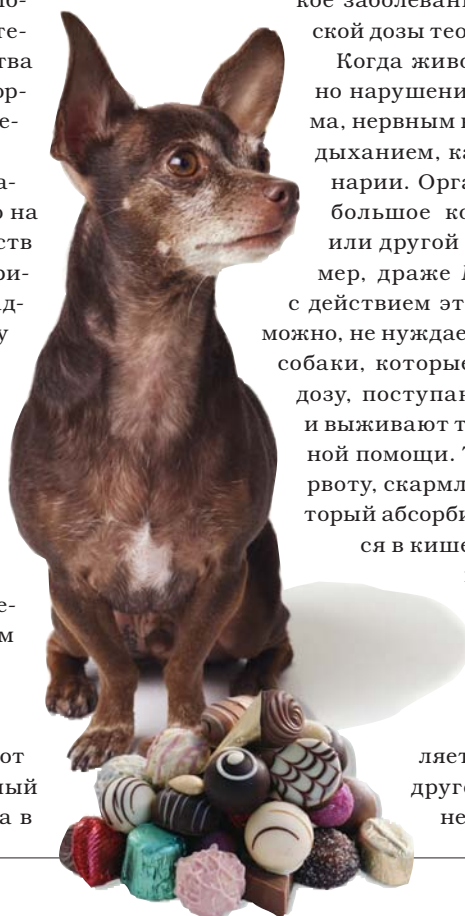
шесть раз больше, нежели молочный, хотя его концентрация в разных сортах какао-бобов так же сильно варьирует. В общем, всего 30 г молочного шоколада могут вызвать серьезное недомогание у пса размером с бигля, а стограммовая плитка может убить собачку вроде Муза — по данным Центра по контролю над отравлениями животных, относящегося к Американскому обществу по борьбе с жестоким обращением с животными.

Многие выживают

По мнению Хэкетта, хозяева, считающие, что их собака умрет от порции шоколада, несколько преувеличивают. Ежегодно в дни празднеств — в День святого Валентина, на Рождество и т.д. — три-четыре собаки попадают в клинику ветеринарного центра штата Колорадо. Тем не менее за 16 лет работы ветеринаром в отделении реанимации Хэкетт видел только одну собаку, умершую от отравления шоколадом, и он считает, что причиной смерти животного было скрытое хроническое заболевание, обострившееся из-за гигантской дозы теобромин.

Когда животное гибнет, это обычно вызвано нарушением нормального сердечного ритма, нервным возбуждением или затрудненным дыханием, как гласит справочник по ветеринарии. Организм собаки, которая съела небольшое количество молочного шоколада или другой какаосодержащей смеси (например, драже M&Ms), в состоянии справиться с действием этой дозы метилксантинов и, возможно, не нуждается в поездке к ветеринару. Те же собаки, которые получили более значительную дозу, поступают в ветклиники с отравлением и выживают только благодаря профессиональной помощи. Таких животных лечат, вызывая рвоту, скармливая активированный уголь, который абсорбирует метилксантины, оставшиеся в кишечнике или прошедшие через пищеварительную систему.

К счастью, Муз выживает каждый раз после своего смертельно опасного угощения. И все-таки, не важно, как вы смешиваете, сочетаете, развлекаете или растворяете какао, важно другое: собак и шоколад смешивать нельзя. ■



КАК КРАТКОВРЕМЕННАЯ ПАМЯТЬ становится долговременной?

Рассказывает Элисон Престон (Alison Preston) из Остинского Центра обучения и памяти в Техасском университете

Переход кратковременной памяти в долговременную требует изменений в мозге, защищающих память от интерференции с другими стимулами и от стирания при травме или заболевании мозга. Этот процесс, благодаря которому с течением времени наши впечатления прочно фиксируются в памяти, называют консолидацией.

Клеточные и молекулярные события при консолидации обычно развиваются в течение первых минут или часов после обучения и приводят к возникновению перестроек в нейронах (нервных клетках) или группах нейронов. Позднее на протяжении дней или даже лет может происходить гораздо

более медленная консолидация на системном уровне, при которой реорганизуются нервные сети, занятые обработкой множества отдельных воспоминаний.

Процесс консолидации, влияющий на декларативную память, т.е. на воспоминания об отвлеченных фактах и конкретных событиях, опирается на работу гиппокампа и других медиальных височных структур мозга.

На клеточном уровне память выражается в изменениях структуры и функций нейронов. Например, могут возникать новые синапсы (соединения между нейронами, с помощью которых они обмениваются информацией), что позволяет строить новые нейронные сети. В качестве альтернативы могут усиливаться уже существующие синапсы, обеспечивая нейронам большую восприимчивость при обмене информацией друг с другом.

Консолидация этих синаптических изменений требует синтеза новой РНК и белков в гиппокампе, что позволяет превратить временные модификации синаптической передачи в устойчивые перестройки синаптической архитектуры.

С течением времени изменяются и вышележащие мозговые структуры. Вначале при возникновении новой памяти гиппокамп действует совместно с сенсорны-

ми областями новой коры (самого наружного слоя головного мозга). Элементы памяти о любом событии нашей жизни распределены по многочисленным областям коры в соответствии с их содержанием. Например, зрительная информация обрабатывается в первичной зрительной коре (в затылочной доле на заднем полюсе мозга), в то время как звуковая информация анализируется первичной слуховой корой (в височных долях по бокам мозга).

Когда память только формируется, гиппокамп сразу же объединяет разрозненные фрагменты информации в единое воспоминание, выступая в качестве каталога отдельных записей, хранящихся в различных сенсорных областях коры. С течением времени благодаря ряду клеточных и молекулярных процессов происходит усиление прямых связей между областями новой коры, что позволяет осуществлять доступ к памяти уже без помощи гиппокампа. Таким образом, в то время как поражение гиппокампа при травме или нейродегенеративном заболевании (например, болезни Альцгеймера) нарушает возможность образования новой декларативной памяти, память о фактах и событиях, уже успевшая пройти консолидацию на системном уровне, может сохраниться. ■



ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки**

www.sciam.ru
 Подробности по телефонам:
 105-03-72 и 727-35-30



ЛУЧШИЕ МАТЕРИАЛЫ ЖУРНАЛА «В МИРЕ НАУКИ»,
 О ТАЙНАХ МОЗГА И СОЗНАНИЯ —
 ТЕПЕРЬ НА CD-ДИСКАХ



SCIENTIFIC AMERICAN
 в мире науки
МОЗГ И СОЗНАНИЕ
 АЛЬМАНАХ
 Нейробиология
 Структуры и функции
 Психология
 Наука о человеке

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки**
 №03 2008

ЧУЖИЕ НА ЗЕМЛЕ?

Активизировать
 углеродные
 рынки

Множество
 миров
 Хью Эверетта

ДНК
 определяет
 диету?

Семантические
 сети в действии



www.sciam.ru

Читайте в следующем выпуске журнала:

Окно за пределы Вселенной

Большой космический гамма-телескоп *GLAST*, возможно, позволит открыть новые страницы в летописи космических исследований

Активизировать углеродные рынки

Чтобы ограничить изменения климата без ущерба для мировой экономики, необходимы более сильные и эффективные сигналы рынка для регулирования выбросов углекислого газа

ДНК определяет диету?

Персональная диета, основанная на генетическом тестировании, — вершина научного прогресса или высокотехнологичный гороскоп?

Множество миров Хью Эверетта

После того, как 50 лет назад его знаменитая сегодня теория множественных вселенных стала объектом насмешек, Хью Эверетт оставил мир академической физики, погрузившись в сверхсекретные военные исследования и личную жизнь, полную драматизма

Чужие на Земле?

В поисках свидетельств того, что жизнь на Земле возникала не один раз, ученые стремятся обнаружить микроорганизмы, радикально отличающиеся от всех известных на данный момент

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

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые Вы хотите получить, а также Ваш полный почтовый адрес.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (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 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22, редакция журнала «В мире науки»;
 - по электронной почте m_biruykova@sciam.ru;
 - по факсу 105-03-72.

Подписку можно оформить со следующего номера.

БЛАНК ЗАКАЗА ПРЕДЫДУЩИХ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА													
Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):													Ф.И.О. _____
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Индекс _____
2006 г.													Область _____
2005 г.													Город _____
2004 г.													Улица _____
2003 г.													Дом _____ Корп. _____ Кв. _____
													Телефон _____
													E-mail: _____

Цена за один номер журнала 80 руб. 00 коп.

БЛАНК ПОДПИСКИ	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу 600 руб. 00 коп. ■ Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу 1200 руб. 00 коп. <p>Цена за один номер журнала по подписке в 2008 г. 90 руб. 00 коп.</p>	Ф.И.О. _____ Индекс _____ Область _____ Город _____ Улица _____ Дом _____ Корп. _____ Кв. _____ Телефон _____ Дата рождения ____/____/19____

ЗАО «В мире науки» Расчетный счет 40702810100120000141 в ОАО «Внешторгбанк» 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» на _____ номеров		
Плательщик		

ЗАО «В мире науки» Расчетный счет 40702810100120000141 в ОАО «Внешторгбанк» 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» на _____ номеров		
Плательщик		

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО:

- по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970; «Почта России», подписной индекс 16575
- на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 69970
- Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу: ул. Радио, дом 22, комн. 409, тел./факс (495) 105-03-72
- В ООО «Едиториал УРСС» по адресу: проспект 60-летия Октября, д. 9, оф. 203, тел./факс (495) 135-42-16.
- В книжных магазинах научного центра «ФИЗМАТКНИГА» (тел. 409-93-28): г. Долгопрудный, новый корпус МФТИ; г. Зеленоград, МИЭТ, 4-й корпус
- В интернет-магазинах: www.ozon.ru, www.setbook.ru, www.urss.ru.

