

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

№01 2008

Алмазы для
спинтроники

БУДУЩЕЕ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Что такое
сознание?

Лаборатория в чипе

Экспериментальные
лекарства: правда
или вымысел?

Новый взгляд
на охрану
природы

ISSN 0208-0621



9 770208 062001

www.sciam.ru

содержание

ЯНВАРЬ 2008

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 20** **ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА**
ОХРАНА ПРИРОДЫ ВО БЛАГО ЧЕЛОВЕКА
Питер Карейва и Мишель Марвье
Природоохранная политика не может проводиться в ущерб интересам человека, считают экологи
- 28** **СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ**
БУДУЩЕЕ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Джордж Массер
Запуск советского спутника 50 лет назад открыл космическую эру. А что дальше?
- 30** **К ЛУНЕ И ДАЛЕЕ**
Уильям Джонс, Чарлз Дингелл и Джули Крамер Уайт
Люди возвращаются на Луну, чтобы задержаться там надолго
- 38** **ПЯТЬ ВАЖНЕЙШИХ КОСМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ**
Джордж Массер
Специалисты по исследованию планет определили приоритеты в изучении Солнечной системы
- 46** **ДЕБАТЫ**
КАК РОЖДАЕТСЯ СОЗНАНИЕ?
Кристоф Кох и Сьюзен Гринфилд
Одной из главных нерешенных проблем в науке остается вопрос о возникновении сознания.
- 54** **ФИЗИКА**
АЛМАЗЫ ДЛЯ СПИНТРОНИКИ
Дэвид Ошалом, Рональд Хэнсон и Райан Эпстейн
Возможно, когда-нибудь будут созданы квантовые компьютеры, незаменимыми элементами которых будут устройства, использующие спин электронов и алмазы
- 62** **МЕДИЦИНА**
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЛЕКАРСТВА
Берилл Лайеф Бендерли
Какие из новых лекарственных препаратов действительно эффективны, а какие нет?
- 70** **ИННОВАЦИИ**
БОЛЬШАЯ ЛАБОРАТОРИЯ В МАЛЕНЬКОМ ЧИПЕ
Чарлз Чой
Миниатюрная химическая лаборатория позволит проводить медицинские тесты за считанные минуты
- 74** **БИОЛОГИЯ**
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЧУВСТВО У АКУЛ
Дуглас Филдс
Невероятно чувствительные детекторы электрических полей помогают акулам точно нацеливаться на добычу



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

Спецкорреспондент: Д.В. Костикова

Над номером работали:

А.Н. Божко, В.К. Гусев, Ф.С. Капица, Б.А. Квасов,
Т.В. Крупа, Д.А. Мисюров, Т.А. Митина, М.Б. Молчанов,
Т.В. Потапова, И.И. Прошкина, А.И. Прокопенко,
Л.С. Раткин, Т.Н. Саранцева, И.Е. Сацевич, В.Г. Сурдин,
К.Р. Тиванова, И.А. Фролова, А.П. Худолей, Б.В. Чернышев,
Н.Н. Шафрановская, Л.А. Шиганова, М.А. Янушкевич

Научные консультанты:

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Библиотеки по естественным наукам РАН С.А. Власова;
кандидат психологических наук М.С. Калица;
зам. директора завода шампанских вин «Новый свет»
И.В. Конькова; кандидат медицинских наук А.А. Павлов;
доктор медицинских наук А.Ю. Разумовский;
кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник
Библиотеки по естественным наукам РАН Н.А. Слащева;
кандидат физ.-мат. наук В.Г. Сурдин

Арт-директор: Л.П. Рочева

Корректур: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор
ЗАО «В мире науки»: О.А. Василенко

Главный бухгалтер: Н.М. Воронина

Отдел распространения, подписка: А.С. Будилова

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: edit@sciam.ru; www.sciam.ru

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

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.

Переписка 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. Teichgraeber

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

3 ПОСЛЕ «БИТВЫ ЗА ЛУНУ»

4 50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6 СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ

- Побороть рак
- Каспийский тюлень вымирает
- Праздник интеллектуальной литературы
- Горячие хвосты сусликов
- Дети умнее обезьян
- Гормоны против климакса
- Силиконофобия
- Метан из Сибири
- Мыши — бой-бабы
- Геном языка
- Сожительствующие гоминиды
- Исцеляя порванные нервы
- Триумф науки

ПРОФИЛЬ

18 БОЛЬШИЕ ХЛОПОТЫ С СИЛЬНЫМ ПОЛОМ

Дэвид Биелло

Сыновья укорачивают продолжительность жизни матерям в большей степени, чем дочери, — утверждает биолог Вирпи Луммаа

ЗНАНИЕ – СИЛА

82 ТЕПЛО ЗЕМЛИ

Марк Фишетти

Будущее геотермальной энергетики

АКТУАЛЬНАЯ ТЕМА

84 ВИНА РУССКОЙ ШАМПАНИ

Карина Тиванова

Большой ценитель классического шампанского князь Л.С. Голицын, досконально изучив искусство приготовления виноградных вин во Франции, развернул их производство в Крыму

ОБЗОРЫ:

86 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

90 ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ

93 ФАКТ ИЛИ ФИКЦИЯ?

Может ли таракан жить без головы?

94 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

Можно ли использовать Международную космическую станцию (МКС) как ангар для ремонта искусственных спутников или как промежуточную базу для аппаратов, отправляющихся в далекий космос?

ПОСЛЕ «БИТВЫ ЗА ЛУНУ»

В наши дни соревнование
в космосе уступает место
его покорению

Пятьдесят лет назад известие о запуске спутника прозвучало как выстрел стартового пистолета, ознаменовавший начало космической гонки между Советским Союзом и США. Впрочем, состязание больше походило не на гонку, а на опасную игру, в которой каждая из сторон пыталась завоевать превосходство в околоземном космическом пространстве. За громкой риторикой руководства обеих стран о стремлении человечества к звездам была скрыта военная мотивация — стремление создать новейшие межконтинентальные баллистические ракеты и спутники-шпионы, сводя на нет достижения противоположной стороны.

Позже, после успешной программы лунных пилотируемых экспедиций «Аполлон», международное соревнование заглохло из-за отсутствия ясных целей. NASA не только отказалось от своего величайшего достижения, но и уничтожило космический корабль, сделавший его возможным. Нам, наблюдавшим за Нилом Армстронгом в Море Спокойствия, кажется невероятным, что никто, кому сейчас менее 35 лет, возможно, уже не вспомнит, как человек впервые ступил на поверхность иного небесного тела.

Последние 15 лет стали золотой эрой открытий благодаря «Хаббл» и другим космическим телескопам, а также зондам, посланным к Марсу и другим планетам. Неудачи некоторых автоматических зондов, таких как *Mars Observer* и *Mars Polar Lander*, не идут ни в какое сравнение с трагедией, обрушившейся на программу *Space Shuttle*, и с трудностями, преследовавшими Международную космическую станцию. Научный выход капиталовложений в непилотируемую космонавтику оказался очень высок. Но все же нужно признать, что даже успехи марсоходов не вдохновляют так, как это делал «Аполлон».

В последнее время космические программы подверглись серьезным испытаниям. NASA обвиняли в том, что некоторые астронавты во время запуска были нетрезвыми. При взрыве на калифорнийском космическом предприятии *Scaled Composites* погибли трое

рабочих. Но трудности не уменьшают притягательность космических исследований.

Сегодня США соперничают не только с Россией, но и с Европейским космическим агентством, с Китаем и другими конкурентами. Частные предприятия, такие как *Virgin Galactic* и *SpaceX*, претендуют на большой кусок растущей космической индустрии. Но все преследуют разные цели: от амбициозных (путешествие к Марсу или постоянная база на Луне) до совершенно коммерческих (создание рынка по запуску спутников или первого космического «туристического автобуса»).

Космос велик, места хватит всем. Космические компании смогут добиться большего успеха, если объединят свои усилия в его исследовании. Но коммерчески успешные проекты возможны лишь при значительном финансовом участии государства. И не важно, является ли колонизация космоса несбыточной мечтой или конечной целью человечества. Мы не должны быть столь ограничены, чтобы в исследованиях и покорении космоса играть друг против друга. Каждый должен сделать все, на что он способен. В статье «Будущее космических исследований» предлагают некоторые важнейшие задачи на будущее.

Главное, не следует возобновлять космическую гонку, захватывая территории и утверждая свои права. Конечно, наши действия в космосе сейчас напоминают эпоху расширения границ: подача заявок на территорию с последующим появлением коммерческого и персонального интереса ко всему этому. Но все же романтика времен Дикого Запада сегодня неуместна. Продвижение в космос нельзя сравнить ни с чем в истории человечества. В этой гонке победить должны мы все. ■



НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ■ ПОЛЕТ ПО КРУГУ ■ ЗАПРЕТНАЯ ЗОНА

ЯНВАРЬ 1958

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ. «Может показаться парадоксальным, что одним из краеугольных камней современной физики является нечто под названием “принцип неопределенности”. На самом деле, идея индетерминированности как научного критерия беспокоит многих философов XX столетия. Однако принцип неопределенности дает убедительные и наиболее плодотворные ответы на важные вопросы современной физики. В течение прошедшего десятилетия проблеме обоснованности принципа неопределенности были посвящены многочисленные дискуссии, об этом писали и те, кто разбирается в предмете, и те, кто имеет о нем достаточно смутное представление. До настоящего времени наиболее признанной была копенгагенская интерпретация квантовой теории. По моему мнению, а также с точки зрения многих других физиков-теоретиков, принцип неопределенности будет удерживать свои позиции бесконечно» — Георгий Гамов.

КРИЛЬ. Пример китов показывает, что мы можем получать огромную прибыль от биологической системы океана. Тех 270 млн тонн мелких морских рачков (криля), которыми в лучшие времена питались антарктические киты, более чем достаточно для того, чтобы удовлетворить годовую потребность всего населения США. Становится все более очевидным, что добыча криля может стать актуальным сюжетом. В Антарктическом океане сейчас находятся около 250 судов с совокупным экипажем из 16 тыс. человек — самая большая китобойная флотилия в истории промысла. В основном они добывают северного финвала (сельдяного кита). Если — вернее, когда — этот вид вслед за синим и горбатым китом окажется на грани исчезновения, китобойи могут переключить свое внимание на криль.

ЯНВАРЬ 1908

ПОЛЕТ ФАРМАНА. В понедельник, 13 января, мистер Анри Фарман в присутствии представителей Аэроклуба Франции выиграл приз Дейча де ла Мерта и Эрнеста Аршдакона в 50 тыс. франков за первый километровый полет по замкнутому кругу на летательном аппарате тяжелее воздуха. Удачный полет Фармана, можно сказать, повторил достижение братьев Райт двухгодичной давности, совершенное в нашей стране. Однако Фарман обнаружил, что его машина в нынешнем виде не способна совершить перелет на длинную дистанцию из-за невозможности поднять на борту достаточный запас топлива. Кроме того, он не продемонстрировал, защищен ли его

аэроплан от ветра, дующего со скоростью более 30 км/ч, а братья Райт показывали это еще в 1903 г. во время полета на их первом летательном аппарате с мотором.

(Полный текст статьи 1908 г. доступен по адресу: www.SciAm.com/ontheweb)

ЯНВАРЬ 1858

ПАРИКМАХЕРСКИЕ ИЗЫСКИ. Один из старейших материалов, применяемых в производстве ткани, — шерсть животных. Ножницы, используемые для стрижки, были весьма примитивны — два лезвия и пружина. При помощи столь простого приспособления овец стригли тысячелетиями. И лишь недавно было изобретены новые устройства, позволяющие работнику тратить силы только на то, чтобы держать овцу и направлять ножницы. На иллюстрации — одна из новых разновидностей инструмента, укрепленная на потолочной балке.

ДА БУДЕТ СВЕТ. Китовый жир используется для освещения в сравнительно ограниченных количествах, и с каждым годом ограничения становятся все жестче. Ни одно горючее не может превзойти спермацет, но он стал так дорог, что необходимо искать и добывать более дешевые заменители. Самый распространенный из них — смесь спирта и скипидара, весьма дешевое и чистое горючее, ставшее общепотребительным в 1830 г. Если бы оно было не таким летучим, цены бы ему не было! Ужасные несчастные случаи, часто со смертельным исходом, происходили вследствие взрыва осветительных приборов. Поэтому необходимо найти более безопасное вещество.

ЧЕРНОГОРЬЕ. Газета *Republican* (Сент-Луис, штат Миссури) сообщает, что недавно в город вернулись участники исследовательской экспедиции в необитаемую местность, известную как Блэк-Хилс. Это пустынные пространства, покрытые зыбучими песками, бесплодные, холодные и негостеприимные. Там есть небольшие речки на приличных расстояниях друг от друга. На берегах наблюдается растительность — скудная, однако способная стать пропитанием для мустангов и буйволов. Экспедиция состояла из шести человек. Индейцы сиу, в больших количествах обитающие на этих землях, запретили белым людям возвращаться в Блэк-Хилс. Они сказали, что эта группа может пройти, потому что она первая, но повторных визитов быть не должно, потому что белые люди распугают их дичь и разведут их твердыни и убежища. ■



МОДЕЛЬНАЯ СТРИЖКА:
механизация сельского хозяйства, 1858 г.

ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ ОЧЕРЕДНОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «НАУКА И ЖИЗНЬ»

Тематика статей номера, как всегда, широка и разнообразна.

В течение нескольких сотен лет физики пытались понять, что же такое свет — волны или поток частиц, названных позднее фотонами, и в конце концов выяснили, что слово «или» употреблять нельзя. В одних случаях свет ведёт себя как волна, в других — как поток фотонов, то есть частиц. Это знает каждый школьник. Казалось бы, и спорить не о чем. Однако всё не так просто...

Ст. «Интерференционные тайны природы»

Одна из ключевых функций государства — создание условий для развития национальной экономики. Осуществить эту функцию можно разными путями, во многих случаях государство должно заставить производителей придерживаться определённых схем действий, к которым сами производители «по доброй воле» либо не придут никогда, либо доберутся с большим опозданием. То есть государство в таких случаях должно исполнять роль своеобразного диспетчера. Вопрос только в том, кто (кто лично или какая организация) может предложить такие схемы и как убедить конкретных производителей не только в необходимости работы по-новому, но и в экономической целесообразности соответствующей перестройки... Но в любом случае речь идёт о конкретной экономике.

Ст. «Кручёная подача», или Нестандартные пути внедрения новых технологий».

От чего зависит душевное спокойствие? В юности мы беззаботны и рады, полны сил и энергии. Прожитые годы, перенесённые личные неудачи меняют наш характер: кто-то становится беспокойнее, кто-то уходит в себя, а кто-то бросается в «публичную жизнь». Но одновременно всех нас накрывает волна — перелом в общественной жизни, в случае с Россией — это смена общественной формации. Что же происходит с нашей психикой во время таких перемен? И можно ли помочь людям, не сумевшим адаптироваться?

Ст. «Социальные катаклизмы и психическое здоровье»

Сюжеты на советских бумажных деньгах не отличались особым разнообразием: несколько видов Московского Кремля и портрет Ленина. На современных российских купюрах — вся Россия: здесь и обе столицы, и Поволжье, Беломорье, Сибирь, Дальний Восток. На каждой банкноте — символы городов: памятники культуры и архитектуры, инженерные сооружения, которыми гордятся россияне. На банкноте достоинством 5000 рублей изображены достопримечательности города Хабаровска: мост через



ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

2008 ● Лишь 2% от общего веса тела и 20% энергии, потребляемой человеком, — таков его мозг! ● Цель авторов исследования «Пять выборов Никиты Хрущёва» — представить себе, каким был человек, стоявший во главе исторического этапа десталинизации страны ● Холестерин — наш друг или враг? Из полемических заметок биохимика ● Неужели и правда, свет — самое тёмное место в физике?



Амур и памятник Н. Н. Муравьеву-Амурскому. У обоих этих сооружений длинная и непростая история.

Ст. «О чём рассказывает банкнота»

Карлики, ещё недавно жившие в Индонезии, продолжают оставаться загадкой. Это обычные, но измельчавшие люди или наши вымершие предки? Или они не обезьяны, но и не люди?

Ст. «Плейстоценовые карлики между Азией и Австралией»

Чем крупнее животное, тем ниже его голос — подобная закономерность справедлива для приматов, хищных, грызунов и многих других групп млекопитающих. Но детёныши жёлтого и крапчатого сусликов — исключение из правила. Разгадку «парадокса детёнышей» нашли сотрудники Московского зоопарка.

Ст. «Малютки, кричащие “басом”»

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.

побороть рак — и НЕ УМЕРЕТЬ

Службы безопасности США помогают найти новые способы борьбы с побочными эффектами лучевой терапии



Лучевая терапия уничтожает опухолевые клетки, но побочные эффекты ограничивают ее применение

После трагических событий 11 сентября некоторые члены Конгресса США выразили серьезную озабоченность тем, что в следующий раз террористы могут применить против США радиологическое оружие — так называемую «грязную» бомбу, при взрыве которой в окружающую среду выбрасываются радиоактивные материалы. В 2004 г. Конгресс США создал несколько научных центров, перед которыми стояла задача создать лекарственные средства, могущие защитить людей от облучения. Пожалуй, наибольшую пользу эти исследования принесли гораздо более многочисленной группе людей, чем та, которую могли бы составить жертвы атаки террористов, — речь идет о больных раком.

По данным Национальных институтов здравоохранения, онкологическими заболеваниями страдают 10,5 млн американцев. Этим людям приходится бороться не с одной, а с двумя разными болезнями. «Когда мы говорим о выживших раковых больных, — поясняет Андрей Гудков, первый вице-президент по фундаментальным исследованиям Онкологического института в Буффало, Нью-Йорк, — то имеем в виду тех, кто прожил определенный срок после начала лечения и благополучно перенес саму терапию». Дело в том, что два основных метода лечения онкологических больных — лучевая и химиотерапия — как правило приводят к повреждению не только опухолевых, но и здоровых тканей и дают различные осложнения. Так, по словам Гудкова, иногда через несколько лет после лучевой терапии образуются новые злокачественные опухоли. Подобные осложнения не позволяют проводить облучение в дозах, необходимых для излечения больного. «Если мы сумеем уменьшить вероятность осложнений, — говорит радиолог Митчелл Аншер (Mitchell Anscher) из Университета Содружества штата Виргиния, — то будем на полпути к цели».

В 2004 г. Национальному институту по изучению аллергии и инфекционных заболеваний было поручено создать к октябрю 2005 г. восемь центров по разработке медицинских методов защиты от радиации. На эти исследования уже израсходовано \$56 млн, а в ближайшие три года планируется выделить еще \$82 млн.

Один из подходов заключается в нейтрализации свободных радикалов, образуемых в организме при облучении в результате выбивания электронов из молекул, которые превращаются в высокореакционно-способные компоненты. В настоящее время ученые работают над со-

зданием веществ, выполняющих функции супероксид-дисмутазы, природного фермента, превращающего свободные радикалы в организме человека в безвредные молекулы еще до того, как они успеют оказать свое разрушительное воздействие. В опытах на животных Йоиль Гринбергер (Joel Greenberger) из Питтсбургского университета показал, что Mn-супероксид-дисмутаза защищает пищевод во время лучевой терапии и в течение 72 часов после нее. В настоящее время проводятся клинические испытания этого соединения на больных раком легких. По данным Аншера и его коллег из Университета Дьюка, низкомолекулярное синтетическое вещество AEOL 10150, имитирующее действие супероксид-дисмутазы, предотвращает повреждение легочных тканей у облученных мышей.

Сегодня продолжительность жизни раковых больных гораздо выше, чем это было еще недавно, и медиков особенно волнует появление наиболее часто встречающегося осложнения лучевой терапии — фиброза. Радиолог Пол Окуневф (Paul Okunieff) из Рочестерского университета считает эту патологию — избыточное образование волокнистой соединительной ткани — самым серьезным препятствием к повышению дозы облучения мягких тканей. Разрастание фиброзной ткани приводит к болезненности и опуханию, ограничивает движения, уменьшает объем легких. Группа Аншера работает сейчас над тем, чтобы взять под контроль белок TGF-бета, стимулирующий рост фиброзной ткани. Вводя экспериментальным мышам перед облучением антитела и малые молекулы, атакующие TGF-бета, они смогли существенно отсрочить нежелательный процесс.

Многих осложнений лучевой терапии можно избежать, используя препараты для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Так, ста-

тины не только снижают уровень холестерина, но и укрепляют стенки кровеносных сосудов, теряющих эластичность при облучении. В настоящее время уже проводятся клинические испытания ловастати́на с тем, чтобы выяснить, предотвращает ли его прием перед курсом лучевой терапии ректальное кровотечение, часто возникающее спустя два-три года после лечения рака предстательной железы. Повреждения почек, легких и головного мозга при облучении можно попытаться уменьшить с помощью ингибиторов

ангиотензин-превращающих ферментов, снижающих артериальное давление.

Некоторые препараты пригодны для устранения не только нежелательных последствий лучевой терапии, но и для помощи пострадавшим при взрыве «грязной» бомбы. Так, вещество *SOM230*, сходное с гормоном соматостати́ном, подавляет выработку фермента, который ответствен за повреждение слизистой кишечника после лучевой терапии. Препарат можно вводить через четыре часа после сеанса, так что

он найдет применение и для защиты от последствий облучения возможных жертв террористов. Военные ведомства США проявляют большой интерес и к препарату протектан *CBLB502*, который действует на некий регулятор генной активности, что приводит к увеличению выработки супероксид-дисмута́зы, высвобождению иммунных клеток, устраняющих радиационные повреждения, и ограничению апопто́за клеток здоровых тканей.

Дадли Миллер

КАСПИЙСКИЙ ТЮЛЕНЬ

В прошлом веке
Международное
Общество Охраны
Природы (МСОП)
зачислило каспийских
тюленей в список
«уязвимых» видов,
а в настоящее время
они находятся под
угрозой вымирания

В начале XX в. численность каспийских тюленей оценивалась в пределах 1 млн особей. По результатам аэрофотосъемок, проведенных в 2005—2006 гг., было установлено, что в Каспийском море обитает около 111 тыс. тюленей. Каспийский тюлень попал в книгу рекордов Гиннеса как самый мелкий из существующих 32 видов тюленей мировой фауны. Весной 2000 г. на побережьях Азербайджана, Казахстана, России и Туркмении была зарегистрирована массовая гибель морского млекопитающего (около 30 тыс. трупов тюленей, более 10 тыс. из них были обнаружены на побережье Казахстана). Большое количество трупов

этих животных было перенесено северными ветрами в южную акваторию Каспия. Основной причиной необычной смертности тюленей стал вирус собачьей чумки (кори), который в других регионах мира также привел к возникновению эпидемий и массовой смертности.

В 2005—2006 гг. ученые провели учет численности тюленей, в 2005 г. число рожденных щенков каспийских тюленей на ледовом поле Казахстана составило 19 452, в следующем году — 16 905, на территории России был зарегистрирован 1 781 щенок.

Сегодня учеными разных стран ведутся исследования по выявлению причин гибели животных. К сожалению, их много: загрязнение Каспия ядохимикатами, тяжелыми металлами, сокращение рыбных запасов, браконьерский отлов рыбы, в результате которого тюлени запутываются в сетях и гибнут от удущья, различные виды вирусных, бактериальных и гельминтологических заболеваний, интенсивная застройка побережья, активные разведочные работы и нефтедобыча.

Исследования начались летом 2006 г. в рамках международного проекта «Оценка и устранение факторов, угрожающих каспийскому тюленю», поддерживаемого пра-



вительством Великобритании, Государственной программой «Дарвиновская инициатива». В проекте также участвуют Эстонский государственный природоохранный центр, Санкт-Петербургское общество естествоиспытателей, Лондонское зоологическое общество, Институт интегративной и сравнительной биологии Великобритании, Научно-производственный центр рыбного хозяйства Казахстана, Шведский музей истории естествознания, Естественно-исторический музей имени Г. Зардаби Института геологии Национальной академии наук Азербайджана и др.

Михаил Молчанов

ярмарка ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

В декабре текущего года в Москве прошла 9-я Международная ярмарка интеллектуальной литературы *NON/FICTION*. За пять дней ее посетили более 25 тыс. человек, 265 издательств и книготорговых фирм из 20 стран представили свои книжные экспозиции, прошли более 200 мероприятий, около 50 были посвящены детской программе, ставшей ключевой на этой выставке. Акции, такие как «Познавалки: от А до Я», «Моя семья и другие животные», «Жизнь как чудо», «У нас и у других», «Дети говорят», «Как создаются энциклопедии» были призваны пробудить интерес к интеллектуальной литературе у юных читателей.

Популяризация науки и образования, просветительская направленность международной ярмарки стали визитной карточкой ежегодного московского форума интеллектуалов. На семинарах, круглых столах и конференциях рассматривались вопросы изучения русского языка, качественного перевода и иллюстраций,

обсуждались темы «Книготорговля эпохи Интернета», «Основные тенденции мирового книгоиздания и национальное книгоиздание», «Литература для детей: книга vs компьютер».

На выставке состоялись встречи издателей и распространителей серьезной литературы, известных ученых, писателей, общественных деятелей, школьников и студентов, всех желающих найти истину в книгах. В интеллектуальных дискуссиях и в теоретических беседах решался извечный спор о соотношении искусства и науки. Физики и лирики в едином порыве приобщались к книге как источнику мудрости и вдохновения.

На ярмарке прошли вручения девяти творческих премий. Лауреаты Премии Андрея Белого: «Гуманитарные исследования» — Олег Аронсон, «Проза» — Александр Ильенен, «Поэзия» — Алексей Цветков, «За особые заслуги перед русской литературой» — Всеволод Некрасов. Была вручена также премия «Человек Книги» — Светлане Анисеевой (издательство

«Восточная литература»), руководителю издательства — Роману Козыреву («Добрая книга»), главному редактору издательства — Шаши Мартыновой («Гаятри/Livebook»), руководителю книготоргового предприятия — Надежде Михайловой («Московский Дом Книги»), редактору серии — Александру Гузмину («Азбука-Классика»), художнику — Сергею Стулову (*DSCH*), за вклад в индустрию — Сигурду Шмидту, за лучший PR-проект — Константину Рыкову («Метро 2033», «Популярная литература»).

Очередная ярмарка интеллектуальной литературы планируется в ноябре следующего года. Судя по увеличивающимся из года в год площадям *NON/FICTION* в Центральном доме художника, ярмарка интеллектуалов объединила усилия издателей, писательской и культурной общности с целью расширения круга активных читателей в стране, выполняя тем самым важную культурную миссию.

Дмитрий Мисюров

СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ОТ «НЕПОРОЧНОГО ЗАЧАТИЯ»

Стволовые клетки, которые якобы выделил из первого клонированного человеческого эмбриона дискредитировавший себя ученый Хван У Сок, на самом деле получены благодаря партеногенезу, при котором яйцеклетки развиваются без оплодотворения сперматозоидами. Набор генетических маркеров на хромосомах этих клеток соответствует паттерну, обнаруживаемому у партеногенетических, а не клонированных мышей. Данный результат показывает, что Хван У Сок стал первым, кто добился партеногенеза у человека, однако не смог его распознать. Возможно, с помощью партеногенеза удастся получать клетки, генетически идентичные клеткам женщины, необходимые для лечения ряда болезней.

Дж. Минкел

ГОРЯЧИЕ ХВОСТЫ СУСЛИКОВ

Суслики нагревают свои пушистые хвосты, чтобы отпугивать от своих детенышей змей, чувствующих инфракрасное излучение. Видеосъемка в инфракрасных лучах показала, что хвосты взрослых калифорнийских сусликов — бесстрашных защитников своего потомства, способных противостоять змеиному яду, — нагревались на несколько градусов, когда им угрожали гремучие змеи, воспринимающие инфракрасные лучи с помощью терморецепторов в лицевых ямках. Однако когда грызуны сталкивались с гоферовой змеей, не способной воспринимать тепловое излучение, температура хвостов зверьков не менялась. Данное исследование впервые продемонс-

трировало межвидовую коммуникацию животных с помощью инфракрасного излучения. И все-таки защита оказывается не очень надежной: диета гремучих змей на 70% состоит из детенышей сусликов.

Дж. Минкел



обезьянничать НЕ ЗАЗОРНО

Один — ноль в пользу наших детей: исследователи обнаружили, что двухлетние карапузы обладают большей социальной зрелостью, чем взрослые шимпанзе и орангутанги. В проведенных тестах и дети, и обезьяны показали примерно одинаковые способности в области физического манипулирования с объектами, однако человеческие малыши проявили в два с лишним раза большую компетентность, сталкиваясь с социальными задачами. Например, в одном исследовании испытуемые должны были вытащить кусочек пищи из трубки. Дети быстро доставали лакомство, следуя примеру экспериментатора, но шимпанзе и орангутанги лишь кусали,

царапали и колотили контейнер, совершая множество бесполезных попыток. Этот результат противоречит «гипотезе общего интеллекта», согласно которой люди отличаются от других обезьян только тем, что их мозг в три раза крупнее и поэтому обеспечивает более развитые когнитивные способности. Наоборот, работа подтверждает «гипотезу культурного интеллекта», согласно которой повышенные социальные способности уникальны для людей, нуждающихся в них для обмена информацией между группами и культурами.

Никхиль Сваминатан



VIII Московский международный салон инноваций и инвестиций

Изобретения,
инвестиционно-привлекательные инновации,
высокие технологии

3–6 марта 2008 года; Москва, ВВЦ

Тел./факс: (495) 961-20-12, 259-70-05, 259-70-56

E-mail: suvorova@salonexpo.ru,

gorohova@salonexpo.ru,

brg@salonexpo.ru

www.salonexpo.ru
www.salon.extech.ru

СЛЕДУЕТ ЛИ ОПАСАТЬСЯ ГОРМОНОТЕРАПИИ?

Женщинам, только что вступившим в период менопаузы, стоит принимать гормоны



Неприятные ощущения, возникающие у женщин в постклимактерический период, можно устранить, принимая гормоны. В 2002 г. многие отказались от гормонотерапии, услышав о таких ее осложнениях, как повышение вероятности развития рака молочной железы и ишемической болезни сердца. Однако более тщательный анализ результатов наблюдений показал, что риск осложнений зависит от возраста пациента и времени, которое прошло после наступления менопаузы

В 2002 г. федеральные власти США объявили о том, что, судя по последним данным, гормональные препараты, принимаемые женщинами в период постменопаузы, повышают риск развития рака молочной железы и сердечно-сосудистых заболеваний. Это вызвало настоящую панику среди пациенток: в 2001 г. их было 16 млн, а к 2006 г. осталось только 6 млн. Казалось, эра гормонотерапии уходит в прошлое.

Однако в 2007 г. те же исследователи, так переполошившие общественность, сообщили, что прием гормонов в течение первых 10 лет после наступления менопаузы все-таки благоприятно сказывается на состоянии большинства женщин. Из их данных также следовало, что в некоторых случаях положительный эффект дает даже менее продолжительный курс.

Шум вокруг гормонотерапии возник в июле 2002 г., когда исследователи из организации *Women's Health Initiative (WHI)* сообщили о результатах испытаний с участием 17 тыс. пациенток. Среди тех, кто принимал эстрогены в сочетании с синтетическим прогестероном, отмечалось небольшое увеличение частоты рака молочной железы, а также инсультов, легочной эмболии и ишемической болезни сердца. Национальные институты здоровья, курирующие деятельность *WHI*, тут же известили об этом соответствующие организации и немедленно прекратили испытания. Согласно эпидемиологическим данным, в том же году было отмечено снижение частоты рака молочной железы, якобы связанное с отказом многих женщин от гормонотерапии. Однако есть свидетельства тому, что снижение началось еще раньше.

В 2004 г. отношение к гормонотерапии вновь стало меняться. *WHI* опубликовала результаты клинических испытаний с участием женщин, перенесших операцию по удалению матки и получавших только эстроген. Правда, испытания тоже пришлось прервать — на этот раз в связи с незначительным повышением частоты инсультов. Удивительно, что при этом у испытуемых отмечалось снижение частоты инфарктов и даже рака молочной железы по сравнению с теми, кто получал плацебо. В испытании участвовали 3310 женщин в возрасте от 50 до 59 лет, которые были разделены на две равные по численности группы: первые принимали эстроген, вторые — плацебо. Среди членов первой группы проблемы с сердцем отмечались у 16 человек, а среди второй — у 29. Рак молочной железы возник у 25 и 35 пациенток соответственно.

В начале 2007 г. исследователи из *WHI* еще раз проанализировали свои исходные данные и результаты, полученные ими в 2004 г. Помимо подтверждения вывода об уменьшении риска сердечных патологий, они обнаружили, что воз-

действие гормонотерапии зависит от возраста женщин и времени, прошедшего с момента наступления менопаузы. Даже наблюдающийся во всех случаях рост числа инсультов у более «молодых» пациенток (до 70 лет) был выражен в меньшей степени, чем у женщин более преклонного возраста. Среди членов возрастной группы старше 70 лет никакой разницы в числе сердечно-сосудистых заболеваний между теми, кто получал гормоны, с одной стороны, и плацебо — с другой, не наблюдалось.

Возвращаясь к ситуации с гормонотерапией, сложившейся после доклада 2002 г., Жак Россюу (Jacques Rossouw), руководитель клинических испытаний *WHI*, вынужден был признать, что в результате женщины моложе 60 лет (как раз те, кто больше всех нуждается в гормонотерапии) отказались от нее наравне с теми, кому она действительно была вредна. «Возникла паника, охватившая всех женщин — независимо от того, по какой причине та или иная из них принимала гормоны», — говорит Россюу. Масло в огонь подлило известие о прекращении испытаний. «По-видимому, мы повели себя неправильно, — признает Марсия Стефаник (Marcia Stefanik), научный сотрудник *WHI*. — Не было никакой срочности, никакой серьезной угрозы, которая заставляла бы немедленно оповещать общественность».

Вулф Утиан (Wulf Utian), исполнительный директор общества *Society North American Menopause*, критикует работников *WHI* за то, что в их толковании собственных результатов всегда проскальзывает негатив. Он отмечает, что в пресс-релизах или интервью их высказывания более критичны, чем в научных статьях. Усугубляет ситуацию и то, что возможные риски часто представляются в виде относительных величин и выглядят угрожающими, тогда как в абсолютном выражении они крайне малы.

Джоан Мансон (Joann Manson) из *WHI*, работающая в Гарвардском уни-

верситете, признает, что в 2002 г. никакого анализа по возрастным категориям не проводилось, и только в 2004 г. после тестирования эстрогена в чистом виде стало ясно, что риск осложнений резко падает с уменьшением возраста. «Собрав воедино все свои результаты, в том числе и полученные в опытах

на животных, мы отчетливо увидели зависимость частоты осложнений от возраста и от времени, прошедшего с момента наступления менопаузы», — говорит она.

В заключение можно сказать, что исследователи из *WHI* с удовлетворением отмечают тенденцию к уменьшению

числа пациенток преклонного возраста, которым назначают гормоны спустя большое время после наступления менопаузы.

Михаил Молчанов
(По материалам журнала
«Химия и жизнь»)

БОЯЗНЬ СИЛИКОНА

Разработка метода лечения язв инъекциями силикона приостанавливается из-за угрозы судебных преследований

Из 20 млн американцев, страдающих диабетом, один миллион погибнет из-за осложнений на ноги. Диабетические язвы — более строгий смертный приговор, чем коло ректальный рак (лишь половина пациентов остается в живых через пять лет после постановки такого диагноза). Однако больше пугает то, что уже на протяжении 40 лет медики знают о существовании безопасной процедуры, предотвращающей возникновение язв на ногах. Однако Управление по контролю над продуктами и лекарствами США (*FDA*) до сих пор не одобрило этот метод.

Язвы возникают у диабетиков из-за повреждения нервов. Поражение моторных нейронов деформирует ноги, что создает точки давления, которые травмируются во время ходьбы, а повреждение сенсорных нервов лишает больных возможности что-либо чувствовать. «Они теряют способность ощущать боль», — объясняет Дэвид Армстронг (*David Armstrong*), хирург и специалист по ортопедии стоп в Университете Розалинды Франклин в Чикаго. Не чувствуя дискомфорта, пациенты продолжают ходить, и в итоге снашивают защитную подушку жира, располагающуюся между кожей и костью. В итоге кожа стирается, и образуется язва. «Они пронашивают дыру в ногах примерно так же, как мы протираем дырку в туфлях», —

говорит Армстронг. При отсутствии лечения может произойти заражение или даже развиться гангрена, что приведет к ампутации ноги.

Лучший способ профилактики язв — снять давление с выступающих частей стопы. «Врачи уже давно назначают специальную обувь или вкладыши, однако большинство пациентов забывает их носить, поскольку никто из них не чувствует боли», — говорит Сол Балкин (*Sol Balkin*), ортопед из Медицинского центра Университета Южной Калифорнии и округа Лос-Анджелес. В 1963 г. после прослушанной им лекции об использовании инъекций силикона для увеличения размера груди Балкину пришла идея ввести небольшое количество этого материала в стопу, чтобы заместить утраченную жировую подушку и распределить давление на ногу — создать нечто вроде внутреннего ортопедического вкладыша.

Врач проверил свою идею на нескольких добровольцах и с радостью обнаружил, что метод работает. «По сути дела силикон выступает как заменитель мягких тканей», — объясняет он. — Инъекции безопасно и эффективно предотвращают возникновение язв, хотя иногда требуется и повторный укол.

Однако этому методу еще предстоит найти дорогу на рынок, и, как утверждает Балкин, «здесь замешана политика». В 1998 г. производитель силикона Дау Корнинг (*Dow Corning*) едва уладил судебную тяжбу на миллионы долларов, в основе которой лежало обвинение в том, что силико-

новые имплантаты груди вызывают иммунные расстройства и рак. Тяжба заставила Корнинг полностью уйти из этого бизнеса. Силикон стал восприниматься как синоним слова «яд» — несчастливая ассоциация, продолжавшая существовать вопреки тому, что абсолютная безопасность материала была доказана, говорит Дик Комптон (*Dick Compton*), директор компании *NuSil*, крупнейшего в мире поставщика медицинского силикона для долговременной имплантации.

В 1999 г. Институт медицины — организация, созданная для выдачи научных рекомендаций по медицинским вопросам, — отверг наличие какой-либо связи между силиконом, иммунными расстройствами и раком. Однако *FDA* не торопится реагировать (оно, наконец, сняло свой запрет на косметические силиконовые имплантаты груди): его руководство заявляет, что «все еще есть серьезные сомнения относительно безопасности инъекций жидкого силикона». В настоящее время одобрен лишь один продукт — инъекция силикона для лечения отслоения сетчатки. (Балкин воспользовался инъекциями жидкого силикона для лечения своих пациентов с нарушением официальной инструкции по применению).

Несмотря на все разочарования Балкин не сдается и продолжает уговаривать компании добиваться одобрения его метода лечения *FDA*. «Управление, правда, может потребовать дополнительных исследований, которые будут стоить миллионы долларов и займут годы», — говорит 82-летний врач. — Однако я верю в успех и не теряю надежду».

Мелинда Уэннер

Вечная мерзлота СИБИРИ

Оказалось, что запасы органики в сибирской вечной мерзлоте чрезвычайно велики

Если потепление климата в Северной Сибири будет продолжаться, то это приведет к выбросу в атмосферу колоссальных количеств метана — десятков миллиардов тонн. Этот парниковый газ образуется в результате разложения плейстоценовой органики, которая была «законсервирована» в вечной мерзлоте свыше 30 тыс. лет назад.

Большинство озер Северной Сибири отличается тем, что их дно образует так называемая едо-

ма — вечная мерзлота плейстоценового возраста, насыщенная органикой (2%) и содержащая от 50 до 90% льда. Сегодня едома быстро тает по краям озер, в результате чего берега проваливаются и тонут, а озеро расширяется. Органическое вещество из растаявшей едомы поступает на дно озера, где в бескислородных условиях оно перерабатывается микроорганизмами, выделяющими метан.

Российский ученый-эколог С.А. Зимов и его коллеги из США разработали метод количественной оценки выбросов, основанный на анализе пространствен-

ного распределения и размера метановых пузырей, которые осенью вмерзают в лед, и незамерзающих отверстий во льду, каждое из которых выбрасывает в атмосферу до 30 л. метана в сутки

В результате таяния льдов на севере Сибири в атмосферу ежегодно поступает около 4 млн. т метана — примерно в 5 раз больше, чем предполагалось ранее. С 1974 по 2000 гг. площадь талых озер увеличилась на 14,7%, а выход метана из них — на 58%.

Михаил Молчанов
(По материалам Elementy.ru)

ДЕНЬ философии

В 2005 г. третий четверг ноября был провозглашен на 33-й сессии ЮНЕСКО (UNESCO General Conference) Всемирным Днем философии (World Philosophy Day)

В Москве 21 ноября 2007 г. Московским философским обществом совместно с Российским философским обществом и Институтом философии РАН в честь Дня философии была организована конференция «Переосмысливая философию сегодня. Взгляд из России».

Председатель Философского общества Института философии РАН (Москва), кандидат философских

наук С.А. Павлов отметил, что этот день проводится с целью объединения философских знаний и духа творчества, обеспечения пропаганды философии как ключевой дисциплины в области гуманитарных наук, важнее среднего средства анализа и дискуссии по проблемам общества, человека, этики и ценностей, науки, коммуникации, культуры и образования.

Для обсуждения современной проблематики, находящейся в центре исследовательской и аналитической работы, привлекаются наиболее известные на

международном, региональном и национальном уровнях философы. Большое внимание уделяется трансдисциплинарному и межкультурному анализу современных проблем, например процессов глобализации, культурного многообразия, устойчивого развития, гражданства, диалога между цивилизациями, а также этических и познавательных аспектов общества.

Проведение Дня философии послужило стимулом для развертывания международной философской дискуссии и позволило создать значительную заинтересованную аудиторию в штаб-квартире ЮНЕСКО и в более чем пятидесяти государствах.

Дмитрий Мисюров

Мужские поступки

Самки лабораторных мышей — послушные и пассивные создания. Однако если генетически или хирургически лишить их способности ощущать феромоны, то можно превратить их в агрессив-

ных, шумных, постоянно готовых к спариванию особей — причем без значительного повышения уровня мужских гормонов. Причина изменения поведения — скопление рецепторов в носу, называемое

вомероназальным органом, который воспринимает пол других мышей и посылает сигналы в мозг, запуская адекватную реакцию. Данное исследование свидетельствует о том, что поведение, обусловленное полом, связано не столько с гормонами, сколько с тем, какие задействуются нервные цепи.

Дэвид Биелло

ГЕНОМ ЯЗЫКА

Чем чаще используется слово, тем медленнее оно меняется. Исследователи проследили, как отмирали формы прошедшего времени английских глаголов со времени создания англосаксонского эпоса «Беовульф» (700—1000 гг. н.э.). Только одна закономерность четко сохранилась: окончание *-ed* обозначает прошедшее время (так называемые правильные глаголы). Исследователи обнаружили, что из 177 зарегистрированных ими в древнеанглийском языке неправильных глаголов (имеющих нерегулярную, т.е., не заканчивающуюся на *-ed* форму прошедшего времени) только 98 дожили до наших дней в неизменном виде. Так, глагол *sing* («петь») сохранил форму *sang*, а, например, глагол *slink* («красться») теперь имеет прошедшее время *slinked*, тогда как 1,2 тыс. лет назад она звучала как *slunk*.

Ученые вывели формулу: если один глагол использовать в 100 раз реже, чем другой, то он в 10 раз быстрее изменится. Следующим кандидатом «на переплавку» они считают глагол *wed* («жениться, выходить замуж»), у которого уже сейчас параллельно используются нерегулярная форма прошедшего времени *wed* и регулярная *wedded*. Исследование было опубликовано 11 октября в журнале *Nature* вместе с работой близкой тематики — анализом расхождений в звучании исторически однокоренных слов в индоевропейских языках. Авторы последней сравнивают развитие языка с эволюцией генома: чем более востребованы ген или слово, чем более важные функции они выполняют, тем менее они подвержены изменениям.

Никхиль Сваминатан

МОЛЕКУЛЫ С АНТИВЕЩЕСТВОМ

На протяжении десятилетий исследователи знали, что электрон и его античастица позитрон могут соединяться, образуя короткоживущий «атом», похожий на водород и называемый позитронием. Сейчас ученым Калифорнийского университета в Риверсайде удалось получить молекулу дипозитрония. Собрав около 20 млн позитронов в электромагнитной ловушке, исследователи «выстрелили» ими в импульсе длиной в наносекунду в микроскопическую точку на тонкой пористой кварцевой пленке. Позитроны распределились по порам пленки, присоединили электроны и образовали около 100 тыс. молекул дипозитрония. Изучение этих молекул могло бы дать нам новые знания об антивеществе и получить ответы на вопрос, почему его так мало во Вселенной. Гамма-лучи, возникающие при столкновении электронов и позитронов, можно было бы использовать для разработки оружия с направленным пучком энергии или в инициации реакций синтеза на атомных электростанциях.

Чарлз Чой



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



РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ: возможно, *Homo habilis* не эволюционировал в *H. erectus*. Череп *H. habilis* на фотографии датируется 1,8 млн лет

СОЖИТЕЛЬСТВУЮЩИЕ ГОМИНИДЫ

Эволюционное древо людей стало еще ветвистее: обнаруженные недавно ископаемые останки подтверждают гипотезу о том, что, возможно, *Homo erectus* («человек прямоходящий») произошел не от *Homo habilis* («человека умелого»). В Кении около озера Туркана исследователи нашли челюсть *H. habilis* возрастом 1,44 млн лет. В те же времена по этой земле ходили и представители *H. erectus*. Если два древних вида

гоминидов жили здесь одновременно, то, вероятно, они независимо произошли от общего предка. Самые древние останки *H. habilis* и *H. erectus*, обнаруженные в Восточной Африке, датируются 1,9 млн лет, и это говорит о том, что они существовали в данном регионе на протяжении полумиллиона лет, а их общий прародитель должен был жить 2—3 млн лет назад.

Дж. Минкел

МАЛЫЙ МЕХМАТ МГУ

Малый мехмат — школа юных математиков при механико-математическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова — работает уже более 25 лет. Основные задачи Малого мехмата — углубление знаний по темам школьной программы и расширение математического кругозора за рамки программы средней школы.

Малый мехмат состоит из двух отделений: вечернего и заочного. Обучение на заочном отделе-

нии осуществляется по переписке: школьники выполняют задания по рассылаемым им методическим разработкам и отправляют свои решения для проверки. Преподаватели, проверяющие работы, указывают на допущенные ошибки и дают указания, помогающие школьникам исправить эти ошибки. Указаниями снабжаются и нерешенные задачи. После проверки работы отсылаются обратно. Обучение на Малом мех-

мате не дает формальных преимуществ при поступлении в высшие учебные заведения, однако полученные знания и навыки решения задач могут существенно помочь на вступительных экзаменах. В последние годы около четверти учащихся, закончивших заочное отделение с оценкой «хорошо» или «отлично», подают документы на мехмат МГУ и успешно сдают вступительные экзамены.

Более подробную информацию о Малом мехмате и о наборе на заочное отделение можно получить на сайте <http://mmmf.math.msu.ru> или по телефону (495) 939-39-43.

ИСЦЕЛЯЯ ПОРВАННЫЕ НЕРВЫ

Комбинированный подход к восстановлению поврежденного спинного мозга дает наилучшие результаты

С тех пор как в 1940-х гг. была обнаружена принципиальная возможность регенерации нервных волокон в спинном мозге, ученые бьются над созданием методов, которые позволили бы нервным клеткам прорасти сквозь поврежденные области и тем самым избавили бы людей от параличей и других последствий

травмы центральной нервной системы. Исследователи испытывали химические вещества, рассасывающие рубцовую ткань, создавали опорные структуры для роста волокон и вводили новые клетки. Новейшие достижения, в том числе восстановление ограниченной способности ходить у грызунов, показывают, что ключом к решению проблемы может стать комбинированный подход. «Сочетание химических препаратов и введения клеточного материала дает лучшие результаты, чем каждый из компонентов в отдельности», — говорит Наоми Клейтман (Naomi

Kleitman), директор программы в Институте неврологических заболеваний и инсульта в системе Национального института здравоохранения.

При травме нервной ткани развивается воспаление, нарушается ионное равновесие, образуются рубцы и кисты со спинномозговой жидкостью, что ведет к повреждению еще большего числа нейронов и создает препятствие для роста нервных волокон. Поражение шириной всего в один миллиметр может увеличиться до 5—10 мм — расстояние, которое растущие волокна уже не могут преодолеть. Выжившие нейроны часто теряют миелин, необходимый для надежной и быстрой передачи сигналов.

Еще пять лет назад исследователи не могли влиять на судьбу введенных стволовых клеток. Теперь различные вещества, координирующие развитие нервной системы и запускающие процесс клеточной дифференциации, в том числе ретиноевая кислота и белок *sonic hedgehog*, могут заставить стволовые клетки расти или превращаться в основные типы нейронов: мотонейроны, олигодендроциты, либо нейроны, синтезирующие дофамин. Биотехнологическая компания *Geron* в Менло-Парк, штат Калифорния, надеется в конце этого года получить разрешение Управления по контролю над продуктами и лекарствами США (FDA) на испытания с применением человеческих стволовых клеток. «Возможно, стволовые клетки обеспечат нам тот самый прорыв, которого мы так ждем», — говорит пионер исследований по регенерации нервной ткани Ллойд Гат (Lloyd Guth).

Последним элементом должно стать создание биологических опорных структур, которые направляли бы активность клеток и ростовых факторов, создавая физическую опору для этого чрезвычайно сложного и точного процесса регенерации центральной нервной системы. Самуэль Стапп (Samuel Stupp), директор Института бионанотехнологии в медицине в Северо-Западном университете, создал пептиды, способные к самосборке в нанотрубки в тысячи раз тоньше человеческого волоса. На наружной стороне этих трубок преобладает аминокислотная последовательность, названная IKVAV, которая способствует росту нейронных элементов.

Согласно данным экспериментов на крысах, подобные опорные структуры удерживают в себе стволовые клетки, дают им сигнал к делению и направляют их дифференциацию в нейроны, одновременно подавляя рост глиальных клеток, образующих рубцовую ткань. Ученые из Массачусетского технологического института и Гонконгского университета использовали похожую методику для восстановления зрения у хомяч-

ков, ослепленных хирургическим путем. Этот метод можно адаптировать для лечения последствий инсульта и нейродегенеративных заболеваний.

Дуглас Керр (Douglas Kerr) из Университета Джонса Хопкинса применил одновременно стволовые клетки, препараты для рассасывания рубцовой ткани и сигнальные вещества для воссоздания приблизительно такой же среды, как на ранних стадиях развития нервной системы. Если в лечении отсутствовал хотя бы один из компонентов, то у экспериментальных животных не наблюдалось никаких признаков улучшения. Керр со своими сотрудниками в настоящее время испытывает эмбриональные стволовые клетки человека на свиньях. Эксперименты будут продолжаться несколько лет, прежде чем будет получено разрешение на клинические испытания. Исследования комбинированного воздействия, по мнению Гата, — самый важный этап работы. Определение точной дозировки, времени введения и сочетаемости веществ позволит предотвратить негативные последствия их взаимодействия.

Однако это только начало долгого пути. Во многих исследованиях удавалось восстановить способность ходить у парализованных крыс, однако Гат отмечает, что крысы, как и кошки, могут прекрасно ходить при сохранности всего лишь 5—10% спинного мозга. Простой рефлекс ходьбы у животных остается, если перерезать им спинной мозг в самом начале их жизни — до того как сформируются тормозные связи.

Вероятно, для восстановления моторных и сенсорных путей требуются разные воздействия. И помимо того, что им нужны разные ростовые факторы, моторным волокнам достаточно дорасти до участков спинного мозга, ответственных за ходьбу, в то время как сенсорным волокнам нужно пройти весь путь до головного мозга, замечает Клейтман.

Переходить к клиническим испытаниям следует с большой осторожностью. Блокада роста нервных воло-



В ОЖИДАНИИ СОЕДИНЕНИЯ: комбинированный подход может явиться ключом к восстановлению поврежденных тканей нервной системы. На рентгеновском снимке перелома шеи виден полный разрыв спинного мозга между пятым и шестым шейными позвонками

кон после травмы служит для того, чтобы предотвратить неправильное восстановление связей, и в нескольких клинических испытаниях у пациентов возникали боли как раз из-за того, что регенерирующие отростки нейронов прорастали не туда, куда следовало. Было бы нечестным по отношению к этим людям предсказывать, когда появится способ избавить их от паралича, говорит Гат: «Прорыв в науке по определению непредсказуем, однако по причине огромной активности исследователей в этой области мы должны быть оптимистами и ожидать этого прорыва».

Анна Гриффит

триумф науки

11 декабря 2007 г. прошла церемония вручения Российской независимой премии поощрения высших достижений в области науки «Триумф». Награду получили следующие выдающиеся деятели отечественной науки

Номинация «Физико-математические науки»

Академик **Сергей Михайлович Никольский** — старейшина отечественной математики, глава научной школы в области теории функций и математического анализа. Никольский внес большой вклад в развитие теории приближения функций тригонометрическими и алгебраическими многочленами. Им создано новое направление в теории приближения и впервые получены оценки для приближений в интегральной метрике. Методы, введенные ученым в теорию приближения, являются сейчас основами этой теории, а теоремы двойственности и неравенства для тригонометрических многочленов носят его имя. В последние годы им проведены оригинальные исследования приближения функций, заданных на многообразиях, алгебраическими многочленами многих переменных.

Сейчас Никольский — советник РАН в Математическом институте им. В.А. Стеклова, главный редактор российской секции редколлегий международного журнала *Analysis mathematica*, почетный редактор ряда зарубежных журналов, иностранный член Венгерской, Польской и Польско-Краковской АН.

Номинация «Механика и технические науки»

Академик **Георгий Сергеевич Бюшгенс** — специалист в области механики полета, прикладной аэродинамики. Его труды, сочетающие теоретические исследования с решением практических задач создания летательных ап-

паратов, обогатили науку основополагающими результатами в области устойчивости, управляемости, динамики и аэродинамики летательных аппаратов различного назначения. Им была создана приближенная методика расчета аэродинамических характеристик устойчивости и управляемости реактивных самолетов со стреловидными крыльями, получены важные результаты по выбору рациональной схемы тяжелых сверхзвуковых самолетов.

Вся научная деятельность ученого связана с Центральным аэрогидродинамическим институтом им. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ). В настоящее время он советник дирекции, член коллегии ЦАГИ, член редколлегий ряда научных журналов России и США.

Номинация «Химия и науки о материалах»

Академик **Олег Николаевич Чупахин** внес большой вклад в развитие химии гетероциклических соединений, а также в решение химических проблем охраны окру-



Академик
Олег Николаевич Чупахин

жающей среды. Цикл исследований реакций нуклеофильного ароматического замещения водорода, возможность которого ранее отрицалась, принес Чупахину мировую известность и признание. Им сформулирована концепция нуклеофильного замещения водорода как фундаментального свойства ароматических систем; продемонстрированы синтетические возможности этих превращений; разработаны принципиально новые синтетические методы конструирования разнообразных органических соединений, предназначенных для биологических испытаний, одностадийные региоселективные методы построения сложных гетероциклических структур.

Сейчас Чупахин — советник РАН, член Бюро Отделения химии и наук о материалах РАН, председатель Объединенного ученого совета УрО РАН по химическим наукам, заведующий кафедрой органической химии УГТУ, член Национального комитета российских химиков, Межведомственного научного совета по конвенционному проблемам химического и биологического оружия, Международного гетероциклического общества, Международного союза антивирусных соединений.

Номинация «Науки о жизни, медицина»

Член-корреспондент РАН и РАМН **Вадим Израилевич Агол** — специалист в области вирусологии и молекулярной биологии. Его исследования и научные достижения включают как область фундаментальной биологической науки, так и ее медицинские приложения. Это, с одной стороны, изучение механизмов биосинтеза белков и РНК (на модели РНК-содержащих вирусов, или пикорнавирусов), а с другой — исследование молекулярных механизмов патогенности вирусов. Им открыта комплементация и маскирование генома у простых РНК-содержащих вирусов животных; дано первое биохимическое доказательство межмолекулярной рекомбинации между РНК-геномами и обоснование существования разных меха-

низмов этого процесса; обнаружены и охарактеризованы регуляторные, трансляционные и репликативные цис-элементы генома пикорнавирусов; разработана эффективная бесклеточная система трансляции ликорнавирусных РНК; проведена идентификация протеазы пикорнавирусов; доказано участие клеточных белков и РНК-хеликазы в биосинтезе пикорнавирусных РНК; открыта способность полиовируса вызывать и предотвращать смерть клеток — апоптоз.

Молекулярно-эпидемиологическая характеристика циркулирующих диких и вакцинных штаммов полиовируса, разработанная Аголом, поставила научное сообщество перед необходимостью пересмотра некоторых положений программы Всемирной организации здравоохранения по глобальному искоренению полиомиелита.

Номинация «Науки о земле»

Академик **Глеб Всеволодович Добровольский** — ученый-почвовед, глава российской научной школы «Эколого-генетические почвенные исследования». Им предложена современная концепция эколого-генетических функций почв в биосфере; разработаны теоретические основы генезиса, классификации и рационального использования аллювиальных почв; выявлены эколого-геохимические закономерности почвообразования и эволюции почв в долинах и дельтах рек европейской России и Заадной Сибири; обоснован метод последовательного



Академик Глеб Всеволодович Добровольский

минералого-микроморфологического исследования генезиса почв.

Под руководством Глеба Всеволодовича составлены разномасштабные почвенные карты и карты почвенно-географического районирования России, стран СНГ, Монголии и мира. Ученый является также автором обобщенной характеристики географического разнообразия почв России, опубликованной в новом издании Большой российской энциклопедии.

Сейчас Добровольский — председатель Научного совета РАН по почвоведению и сопредседатель Научного совета РАН по изучению и охране культурного и природного наследия, почетный президент Докучаевского общества почвоведов, почетный член Международного общества почвоведов.

Номинация «Гуманитарные науки»

Академик РАО и РАХ **Ирина Александровна Антонова** — российский искусствовед, инициатор и организатор многих культурно-просветительских проектов. С 1961 г. она является бессменным директором Государственного музея изобразительных искусств им. А.С. Пушкина. За эти годы благодаря преданности своему делу, организаторским способностям и глубокому уважению, которым пользуется И.А. Антонова в нашей стране и за рубежом, ГМИИ превратился в один из авторитетнейших и крупнейших музеев мира. В 1960-х гг. Антонова проводила в музее выставки А. Тышлера и А. Матисса, концерты, на которых исполнялась музыка И. Стравинского, А. Шнитке, «Всенощная» С. Рахманинова, не звучавшая тогда даже в стенах консерватории. В 1981 г. в ГМИИ состоялась большая выставка «Москва-Париж», явившаяся одной из самых авангардных художественных выставок XX столетия, которую посетили тысячи зрителей в Москве и Париже, впервые получившие возможность увидеть работы К. Малевича, В. Кандинского, П. Филонова и др., а в 1990-х гг. — выставку «Москва-Берлин. Тоталитар-



Академик РАО и РАХ
Ирина Александровна Антонова

ное искусство». В конце 1980-х гг. по инициативе Антоновой была разработана государственная программа развития музея, в рамках которой в 1994 г. в ГМИИ был открыт Музей личных коллекций. Большой заслугой И.А. Антоновой является организация вместе с С.Т. Рихтером фестиваля «Декабрьские вечера», существующего уже более 20 лет. В концертах принимали участие многие талантливые музыканты и вокалисты, среди которых были Е. Нестеренко и И. Архипова, Г. Кремер и М. Плетнев, О. Коган и В. Третьяков, Ю. Башмет и Е. Кисин. На протяжении ряда лет она вела преподавательскую работу на искусствоведческом факультете МГУ, в Институте кинематографии, в Институте восточных языков в Париже.

Все «триумфаторы» получили премию в размере \$50 тыс., золотые медали и дипломы. Как показывает опыт прошлых лет, ученые, как правило, перечисляют премиальные средства на развитие своих научных направлений и поддержку молодых коллег.

Премия учреждена в 2000 г. Попечительским советом фонда «Триумф — Новый век» наряду с премией в области литературы и искусства. Она присуждается российским ученым за выдающиеся достижения в экспериментальных и теоретических исследованиях, внесших значительный вклад в развитие отечественной и мировой науки. Решение о награждении выносится на заседании жюри, которое возглавляет академик Ю.А. Рыжов. ■

Дэвид Биелло

БОЛЬШИЕ ХЛОПОТЫ С СИЛЬНЫМ ПОЛОМ

Сыновья укорачивают жизнь матерям, братья подавляют своих будущих сестер еще до рождения, дедушки требуют постоянного ухода, — таковы результаты исследования биолога Вирпи Луммаа



ВИРПИ ЛУММАА

■ **РЕТРОСПЕКТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:** собрала сведения о жителях Финляндии доиндустриального периода, просмотрев записи в старых церковных книгах.

■ **«ПЛОХИЕ МАЛЬЧИКИ»:** обнаружила, что сыновья укорачивают жизнь своих матерей и уменьшают репродуктивный успех сестер, а дедушки больше, чем бабушки, нуждаются в опеке внуков.

■ **О СВОЕМ ПОДХОДЕ К ИССЛЕДОВАНИЯМ:** «Необходимо собрать данные по максимально возможному числу поколений. К сожалению, для многих видов животных это невозможно».

Сыновья — тяжелое испытание для матерей. Большой вес при рождении, повышенный уровень тестостерона во время и после беременности, бьющая через край энергия тинейджера — все это ложится тяжким бременем на женский организм. И тому есть документальные свидетельства — записи в церковных книгах, которые собрала по всей Финляндии и проанализировала Вирпи Луммаа (Virpi Lummaa) из Шеффилдского университета в Англии. Анализ показал: каждый сын уменьшает продолжительность жизни своей матери в среднем на 34 недели.

33-летняя финская исследовательница, специалист в области эволюционной биологии пролистала целые тома записей, сделанных за последние два столетия, о рождении, венчании и смерти нескольких поколений жителей Финляндии и пришла к выводу о влиянии эволюции на воспроизведение человека. Историки, экономисты и социологи уже давно использовали тактику ретроспективного анализа, однако Луммаа впервые прибегла к ней в случае *Homo sapiens* как живого организма, чтобы исследовать его эволюционную историю.

Недавно объектом ее исследований стали женщины древнего народа саами, жившего на территории Финляндии и занимавшегося оленеводством. Обнаружилась та же закономерность: сыновья укорачивали продолжительность жизни своих матерей в большей степени, чем дочери. Это различие обуславливается не только разницей в весе новорожденных мужского и женского пола, но и существенным повышением уров-

ня тестостерона при вынашивании мальчиков. Данный гормон влияет на иммунитет и здоровье женщины, а потому матери сыновей в большей степени подвержены эндемичному для этого региона заболеванию — туберкулезу. «Мальчики отнимают больше физических сил, чем девочки, они менее внимательны к матерям и меньше заботятся о них в старости», — говорит Луммаа.

Недавно Луммаа вместе с коллегами проанализировала влияние мальчиков на своих младших братьев и сестер (сибсов). Последние были физически слабее, они чаще погибали от инфекционных заболеваний, у них рождалось меньше детей. Однако ничего не менялось, если старший брат умирал в детстве. Это значит, что его отрицательное влияние не обуславливалось прямым общением с младшими братьями и сестрами.

Данный феномен особенно отчетливо проявляется у близнецов, один из которых — мальчик, а другой — девочка. Среди 754 близнецовых пар, родившихся в период с 1734 по 1888 гг. в пяти городах Финляндии, девочки из смешанных по полу пар реже (на 15%) выходили замуж и реже (на 25%) имели детей (а если имели — то их было меньше), чем сестры-близняшки. «Братское» влияние не зависело от социального статуса семьи, уровня образования, культуры и от того, умирал ли брат-близнец в возрасте до трех месяцев, а девочка оставалась единственным ребенком в семье. Как считает Луммаа, все беды «слабой половины» близнецовых пар связаны с присутствием в матке матери избыточного количества тестостерона во время беременности.

Каковы бы ни были причины описанных явлений, факты таковы: у женщины, давшей жизнь разнополым близнецам, число внуков на 19% меньше, чем у матери близнецов однополых — эволюция по каким-то причинам оказывает последнее предпочтение. «Биологические различия между полами определяются не только различиями в наборе получаемых от родителей хромосом», — говорит антрополог Кристофер Кузава (Christopher Kuzawa) из

Северо-Западного университета. — Влияние сибсов сказывается на репродуктивном успехе, следовательно, имеет эволюционное значение».

«Если рождение двойни предопределено генетически, то естественный отбор начинает этому сопротивляться, так что в животном мире данное событие должно быть относительно редким, — замечает Кеннет Вейсс (Kenneth Weiss), антрополог и генетик из Университета штата Пенсильвания. — А между тем у некоторых животных рождение двойни — дело обычное». Имея в виду такое противоречие, ученый указывает на возможность ошибки в интерпретации данных при всей их корректности.

Опасность неверной интерпретации становится особенно серьезной, когда мы пытаемся применять эти умозаключения к сегодняшней ситуации. Контроль рождаемости, изобилие пищи, снижение детской смертности — все это искажает эволюционные закономерности, характерные для доиндустриальной эпохи. «Кажется невероятным, но 100—150 лет назад 40% детей умирали, не достигнув половой зрелости», — замечает Луммаа.

Однако следует учитывать, что большая часть людей на земном шаре живет как раз в тех условиях, в которых находились жители Финляндии в доиндустриальный период. «Те, у кого рождается больше детей и тем самым больше генов передается потомкам, и формируют лицо будущих поколений», — считает исследовательница. В ближайшее время она собирается сопоставить свои сведения по жителям Финляндии с более свежими демографическими данными, полученными, например, на основе записей в медицинских картах жителей Гамбии (западное побережье Африки).

В настоящее время Луммаа пытается выяснить эволюционную роль дедушек и бабушек. Проведенный ею ранее анализ показал, что последние самым непосредственным образом влияют на выживаемость и репродуктивные показатели своих внуков. Вклад отцов и дедов в будущие поколения намного скромнее. И если глава семьи действительно может



Церковные книги двухвековой давности с записями о датах рождения и смерти — ценный источник информации для биологов-эволюционистов

повлиять на судьбу детей, например постаравшись как можно раньше выдать их замуж, то внуки — не его забота. «Если и существует какое-то влияние, то оно скорее отрицательное», — замечает Луммаа. Возможно, все дело в культурных традициях, в соответствии с которыми мужчина нуждается в особом уходе, прежде всего в старости. А может быть, причина в том, что представители сильного пола сохраняют репродуктивную способность гораздо дольше, чем женщины, и не могут вкладывать ресурсы в кого-либо еще, кроме своих детей. Мужчина способен создать новую семью и обзавестись детьми после 50 лет, а женщине трудно это сделать даже в более молодом возрасте.

Еще одно интересное наблюдение, отмеченное финскими учеными, касается классовых различий. В прежние времена богатые семьи были более многодетными, чем бедные. Сегодня в развитых странах наблюдается обратная тенденция. По-видимому, в нынешних условиях состоятельные люди предпочитают инвестировать не в количество, а в качество.

Что несомненно — так это неизбежность больших хлопот с «сильным полом» и положительная роль бабушек. И все же никакого уменьшения числа мальчиков в человеческой популяции не наблюдается. Как полагает Луммаа, «если вы произвели на свет и воспитали хорошего сына, он может оставить многочисленное потомство». И это оптимальный результат с эволюционной точки зрения. ■

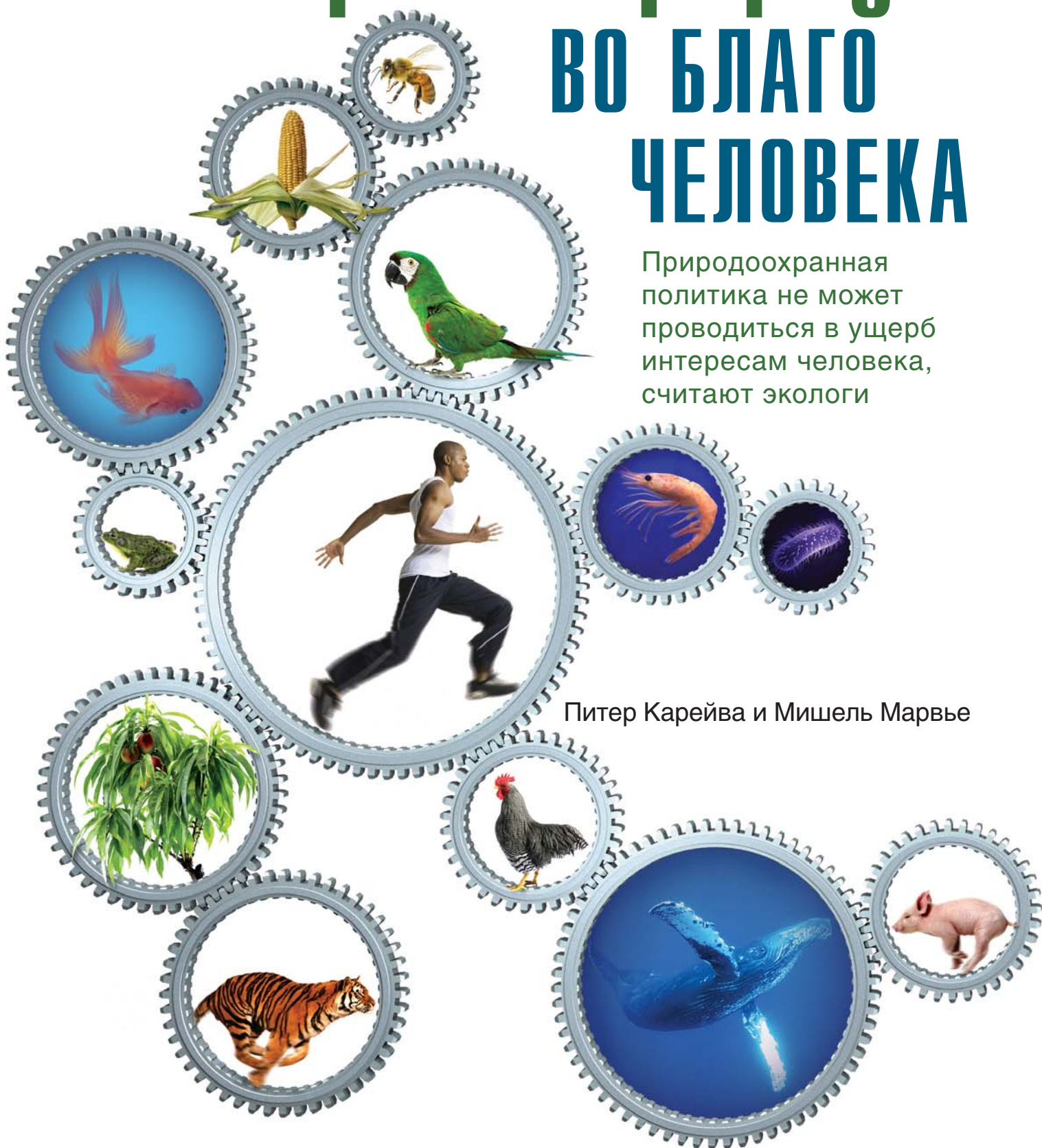
Перевод: Н.Н. Шафрановская

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

охрана природы во благо ЧЕЛОВЕКА

Природоохранная
политика не может
проводиться в ущерб
интересам человека,
считают экологи

Питер Карейва и Мишель Марвье



В 2004 г. Всемирный союз охраны природы внес в список находящихся на грани исчезновения три вида грифов — индийского, тонкоклювого и бенгальского сипов. В начале 1990-х гг. общая численность их популяций в Индии и Южной Азии достигала примерно 40 млн птиц, однако сейчас сократилась более чем на 97%.

В течение долгого времени мы не знали, почему уменьшаются популяции грифов. Некоторые наблюдатели предполагали, что причина кроется в потере ареала обитания или в загрязнении окружающей среды, и только несколько лет назад исследователи установили, что птицы гибнут из-за диклофенака — противовоспалительного средства, которое дают коровам. На них, как и на людей, оно действует как обезболивающее, у грифов же оно вызывает почечную недостаточность. Как следствие исчезновения последних, сотни тысяч коровьих туш, которыми эти животные обычно питались, подвергались быстрому разложению на солнце и могли стать источником бацилл сибирской язвы. Мясо павших животных поедают бродячие собаки, численность которых сильно возросла, а вместе с тем — и угроза заболевания бешенством.

Случайные наблюдатели не всегда замечают связь, существующую между благополучием людей и охраной растений и животных, оказавшихся под угрозой исчезновения. Переувлажненные земли и мангровые рощи защищают нас от смертоносных бурь, леса и коралловые рифы дают нам пищу и приносят доход. Соответственно, ущерб, причиненный одной экосистеме, может нанести урон другой, находящейся в ином регионе планеты.

Несмотря на такую взаимозависимость общество и правительства некоторых стран все чаще рассматривают попытки сохранить биологическое разнообразие как стремление решить проблему защиты флоры и фауны за счет интересов человечества. Мы считаем, что необходимо изменить наметившуюся тенденцию, отказаться от прежних



Национальный парк Комодо пользуется поддержкой местного населения, потому что его создание обеспечило доход от разведения рифовых рыб и продажи продукции резчиков по дереву

методов расстановки приоритетов и ориентироваться на экосистемы, наиболее ценные для людей. Наш план предусматривает спасение множество видов растений и животных и одновременно защиту здоровья людей и их средств к существованию.

Не надо, не надо горячих точек

Считается, что охрана природы входит в противоречие с интересами людей, в том числе и потому, что миллионам пришлось покинуть свои земли и лишиться источников пропитания и дохода во имя сохранения животных и их среды обитания. Поэтому решение президента Кении Мваи Кибакви вернуть Национальный парк Амбосели его исконным обитателям, племени масаи, отражает растущее во всем мире недовольство такими выселениями. Охотники и фермеры в Азии и Африке заявляют, что существование на-

циональных парков ограничивает их рацион питания и снижает заработки. Американские фермеры и лесорубы также выражают недовольство, поскольку они теряют не только свои особые права на доступ к воде, но и работу из-за специальных охранных мер, предпринятых в отношении лососей и пятнистых сов.

В 1988 г. Норман Майерс (Norman Myers) из Оксфордского университета разработал концепцию горячих точек биологического разнообразия небольших участков, где находится огромное количество аборигенных и географически ограниченных видов растений. Перечни таких растений Майерс использовал в качестве мерила, поскольку они были наиболее надежными и часто единственными данными, имевшимися в распоряжении людей. Также считалось, что разнообразие флоры служит эффективным показателем многообразия фауны. Майерс и его коллеги из Международной организации ►

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Сохранение биоразнообразия ради него самого, особенно в так называемых горячих точках, — неэффективная стратегия охраны природы.
- Разумнее сосредоточить усилия на защите экологических систем, жизненно важных для здоровья и материальных потребностей человека.
- Экосистемы должны включать в себя не только леса, но и переувлажненные земли, поддерживающие чистоту воды, мангровые заросли, защищающие берега от бурь, рифы, обеспечивающие возможность рыболовства.
- Спасение таких мест может способствовать сохранению биоразнообразия и обеспечить приоритет интересов людей.

РАССКАЗ О ДВУХ СТРАТЕГИЯХ

Хорошо известная стратегия охраны природы, основанная на спасении горячих точек (*слева*), не предусматривает защиты многих экосистем, ценных для здоровья человека и для развития.

Услуги экосистемы (*справа*) создают иную систему расстановки приоритетов

СТРАТЕГИЯ ГОРЯЧИХ ТОЧЕК



ОСНОВНАЯ ИДЕЯ

Выявлять находящиеся под угрозой районы с большим разнообразием растений и охранять их, исходя из того, что таким образом обеспечивается защита множества животных, которых часто труднее каталогизировать, чем растения. До настоящего времени было названо 25 таких районов, включая Национальный парк Бокайна в Бразилии (*вверху*)

ТИПИЧНЫЙ ПОДХОД

Создавать национальные парки или заповедники для защиты животных и растений. Не разрешать людям жить на охраняемой земле или использовать ее. Патрулировать границы парков или заповедников

НЕДОСТАТКИ

Места, богатые различными видами растений, не обязательно имеют разнообразный животный мир. Местное население часто выселяют или лишают важных ресурсов. Естественно, концепция горячих точек не пользуется поддержкой у аборигенов

СТРАТЕГИЯ УСЛУГ ЭКОСИСТЕМЫ



ОСНОВНАЯ ИДЕЯ

Разъяснять зависимость людей от различных экосистем — как в случае с доходами от туризма в Пунта Томбо, Аргентина (*вверху*) — и выявлять экосистемы, оказавшиеся под серьезной угрозой, ухудшение состояния которых нанесет ущерб местным жителям

ТИПИЧНЫЙ ПОДХОД

Там, где состояние экосистем ухудшается, разрабатывать план охраны природы, предусматривающий защиту экосистем и полезный для общин, зависящих от них

ПОЧЕМУ ТАКАЯ ИДЕЯ БОЛЕЕ ПРАВИЛЬНА

Когда влияние различных экосистем на здоровье и экономическую безопасность становится для людей очевидным, они поддерживают программы охраны природы.

В результате биоразнообразие будет сохранено, но не за счет интересов людей

ЧТО ТАКОЕ УСЛУГИ ЭКОСИСТЕМЫ?

В недавнем исследовании ООН назвала четыре вида таких услуг

ОБЕСПЕЧЕНИЕ — снабжение пищей или генетическими ресурсами

РЕГУЛИРОВАНИЕ — сдерживание наводнений, изменения климата и другие аналогичные функции

КУЛЬТУРНЫЕ УСЛУГИ — предложение нематериальных благ, таких, например, как чувство родины и душевного благополучия

ПОДДЕРЖКА — предоставление самых основных элементов экосистемы, включая цикл питательных веществ, почвообразование и опыление

по охране природы выявили 25 горячих точек (к их числу относятся бразильский район Серрадо и Африканский Рог), на защиту которых следует ориентировать природоохранные программы.

Ранее экологические кампании вызывали к себе внимание и интерес, используя изображения симпатичных, вызывающих сочувствие животных, таких как панды, киты и тюлени. Концепция горячих точек, напротив, дает набор жестких, поддающихся количественному определению критериев, которыми следует руководствоваться при направлении инвестиций. Подобная система расстановки приоритетов, основанная на подсчете видов, более научна и практична: средства природоохранных организаций довольно ограничены и теперь могут быть на-

правлены в места, где можно спасти большинство видов. В последние 15 лет данной стратегии придерживаются как благотворительные, так и многонациональные организации.

Одно из недавних исследований показало, что только 30% американцев адекватно понимают термин «биоразнообразие». Многие защитники природы стараются его избегать, т.к. люди относятся к нему равнодушно или даже негативно. Существование горячих точек не убеждает их в том, что необходимо участвовать в деле охраны природы или его финансировании.

Не все ученые разделяют мнение Майерса. Дэвид Орм (C. David L. Orme) из Имперского колледжа в Лондоне заявил, что, возможно, причина такого непонимания заключается в том, что места, изоби-

люющие аборигенными растениями, не обязательно населены множеством видов позвоночных животных или бабочек. Как отмечает его коллега Марсель Кардильо (Marcel Cardillo), нельзя сказать, что животные, обитающие в горячих для растений точках, находятся под угрозой вымирания: подобное утверждение скорее справедливо для млекопитающих, населяющих северные леса и арктические районы.

Другие биологи считают, что некоторые области с наименьшим разнообразием растительности могут стать прибежищем для животных или местом для гнездования. Например, полмиллиона магеллановых пингвинов каждый сентябрь собираются в Пунта-Томбо (Аргентина) — засушливом, покрытом кустарником районе Патагонии. Там очень мало местных растений, и это место нельзя назвать горячей точкой в плане биоразнообразия. Тем не менее гнездящиеся пингвины важны с точки зрения развития экономики: посмотреть на них ежегодно съезжается 70 тыс. туристов. Существует множество аналогичных мест — например участки тундры, где обитают утки, лебеди и гуси; изобилующие лососем реки в умеренных широтах.

Парадигма услуг

Возможно, люди и не до конца понимают концепцию биоразнообразия, но они ценят красоту природы: она важна для них также и как источник пищи, строительных материалов. Экологи начали количественно определять природный капитал, дав ему название «услуги экосистемы». Термин был введен в употребление Полом Эрлихом (Paul R. Ehrlich), его правильность отстаивала Гретхен Дейли (Gretchen C. Daily) (оба из Стэнфорда). Данные услуги включают в себя товары (лекарства и древесину) и процессы, экономическую ценность которых обычно не замечают (фильтрация воды, опыление, регулирование климата, сдерживание наводнений, борьба с болезнями, почвообразование). Роберт Констанца (Robert Costanza) из Вермонтского универ-



Экосистемы показанных здесь стран нуждаются в «спасательных плотках». Авторы считают их приоритетными в плане охраны природы, поскольку сохранение и восстановление может значительно улучшить жизнь людей. Исследователи выявили такие места, используя данные о бедности, о значении природных ресурсов для экономики и о масштабах ухудшения земель

ситета и другие экономисты попытались определить объем подобных услуг в денежном эквиваленте и обнаружили, что их ежегодная стоимость превышает размеры валового внутреннего продукта всех стран вместе взятых.

Идею ориентации на услуги экосистемы поддерживают не только ученые; все больше правительств и неправительственных организаций рассматривает их защиту как одну из своих главных целей, а в 2000 г. ООН призвала к их исследованию. Годом позже международная команда из более чем 1300 ученых подготовила важнейшую для экологии Оценку экосистем тысячелетия, в которой был документально зафиксирован факт влияния человека на услуги экосистемы за последние 50 лет. Услуги были разделены на четыре категории: обеспечение (снабжение ресурсами и пищей); регулирование (например, сдерживание наводнений); культурные услуги (некие нематериальные блага) и поддержка (например, почвообразование). Отмечалось, что масштабы большинства услуг экосистемы уменьшились, к тому же они используются нестабильно.

Цунами в Индийском океане в 2004 г. и ураган «Катрина» в 2005 г. со всей очевидностью продемонстрировали связь экосистем с усло-

виями жизни людей. В обоих случаях ущерб был усугублен гибелью природной растительности. За последние 70 лет в штате Луизиана в результате человеческой деятельности исчезло около 2400 кв. км болотистых земель, а также лож зостеры (морской травы), что многократно умножило силу урагана. В Юго-Восточной Азии создание прудов для разведения креветок на месте прибрежных мангровых лесов уничтожило преграду для волн, защищавшую от цунами. ►



Когда грифы в Индии начали вымирать, последствия их исчезновения для людей выяснились не сразу. Связь стала очевидной из-за угрозы заражения бешенством вследствие роста популяции бродячих собак, поедающих туши мертвых животных. Защита флоры и фауны часто приводит к спасению жизней самих людей. Существует множество подобных примеров связи между судьбой живой природы и здоровьем человека

ЗАЩИЩА БЕДНЫЕ ОБЩИНЫ И СРЕДУ ОБИТАНИЯ

ПРОБЛЕМА

В солончаках, на ложах руппии морской и покрытых устрицами рифах побережья Флоридского пролива обитают ламантины, морские черепахи, ржанки и многие другие виды, которым грозит исчезновение; кроме того, они служат «инкубаторами» для имеющих важное экономическое значение креветок, крабов и красного люциана. Естественная среда обеспечивает также защиту от штормовых нагонов, возникающих во время ураганов, например урагана «Деннис» в 2004 г. (фото справа). Тем не менее стратегии по защите и восстановлению прибрежных экосистем, которые могут одновременно и помогать людям, и расширять среду обитания для ценных в экономическом отношении видов, оказавшихся под угрозой, игнорировались преимущественно в пользу строительных программ, осуществление которых ускоряет эрозию почвы и потерю животными и растениями среды обитания

РЕШЕНИЕ

Ученые из Комитета по охране природы и NOAA недавно объединили карты находящихся в критическом состоянии ареалов и оказавшихся под угрозой вымирания видов на Флоридском выступе с картами ожидавшихся штормовых нагонов и общин, которые, вероятнее всего, пострадают в результате штормов (внизу). Сопоставив наборы данных, они смогли установить районы, восстановление которых должно защитить одновременно самые уязвимые сообщества людей и многие наиболее важные виды животных и растений



ОБ АВТОРАХ

Питер Карейва (Peter Kareiva) и **Мишель Марвье** (Michelle Marvier) сотрудничают уже много лет, занимаясь изучением трансгенных культур и лосося, обитающего в северо-западной части Тихого океана. Сейчас они вместе работают над созданием учебника по охране природы. Карейва — старший научный сотрудник Комитета по охране природы. Он проводит исследования и много путешествует, сочетая преподавательскую деятельность с консультированием в международных программах. Марвье — профессор Университета Санта-Клары, где она возглавляет Институт экологических исследований.

В результате исследований, проведенных Фаридом Даду-Гебасом (Farid Dahdouh Guebas), сотрудником Брюссельского университета Врийе, было установлено, что прибрежные районы с нетронутыми мангровыми лесами почти не пострадали. Ни болота штата Луизиана, ни мангровые леса Шри-Ланки не относятся к горячим точкам биоразнообразия: там фактически нет местных видов растений, при этом общее количество видов флоры и фауны, по нашим оценкам, составляет меньше одной десятой тех, что можно встретить в тропическом лесу.

Связь потеря среды обитания и экономических убытков не всегда столь очевидна, однако тоже может быть значительной. Ветры, дующие через африканские пустыни Сахара и Сахель, переносят песок на запад через Атлантический океан. Каждый год несколько сотен миллионов тонн песка оказываются на территории обеих Америк или Карибского бассейна, и там пыль, загрязняющие вещества и микроорганизмы уничтожают коралловые рифы

и снижают доходы от туризма и рыболовства. Чрезмерное стравливание пастбищ скотом и неэффективные методы ведения сельского хозяйства в Северной Африке и к югу от Сахары способствуют увеличению количества бедных в данных районах и наносят ущерб коралловым рифам и экономике в целом.

Поэтому те блага, которые обеспечиваются услугами экосистем, больше всего нужны развивающимся государствам, для национальных экономик которых лесное хозяйство и рыболовство, как правило, в 5—10 раз важнее, чем для США и стран Европы. В докладе ООН от 2005 г. сказано, что сохранение окружающей среды — главное условие снижения уровня бедности для 750 млн человек, живущих в сельской местности.

При разрушении экосистем и изменении природных циклов под угрозой оказывается и здоровье людей. Судьба грифов в Индии — всего лишь один из множества таких примеров. Почти 2 млн человек ежегодно умирают из-за недостатка или

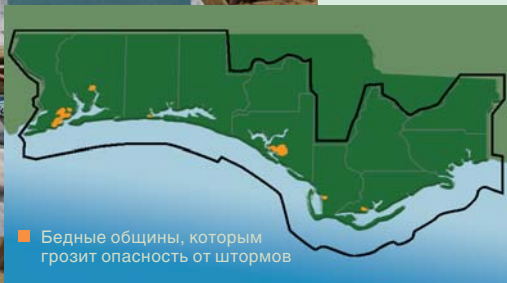


ИТОГ

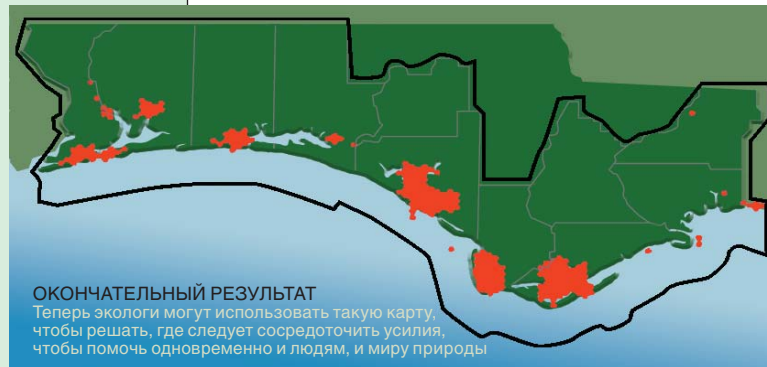
Усилия команды в районе Флоридского выступа, демонстрирующей, как можно объединять охрану природы и потребности человека, теперь более активно используются общественной поддержкой



Ущерб от штормового



Бедные общины, которым грозит опасность от штормов



ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

Теперь экологи могут использовать такую карту, чтобы решать, где следует сосредоточить усилия, чтобы помочь одновременно и людям, и миру природы

загрязнения воды. Снизить смертность можно при помощи природных систем: переувлажненные земли являются естественными фильтрами, улучшающими качество воды, а здоровые леса задерживают осадки, которые иначе загрязняли бы воду.

Трудноуловимую связь между деградацией экосистем и здоровьем людей можно найти в существовании патогенных организмов, передающихся от животных к человеку. Ведь 2/3 болезней, таких как вирусная лихорадка Эбола и птичий грипп, вызываются микроорганизмами, которые инфицируют животных и попадают в организм человека только из-за изменений в землепользовании и сельскохозяйственной практике. Однако речь идет не только об «экзотических» болезнях. Уничтожив волков и пум, люди в восточных районах США вызвали взрывной рост популяций оленей и оленьего клеща, что привело более чем к 20 тыс. случаям болезни Лайма в год. Из-за попытки искоренить хищников, предпринятой более века

назад, сегодня пострадало здоровье массы людей.

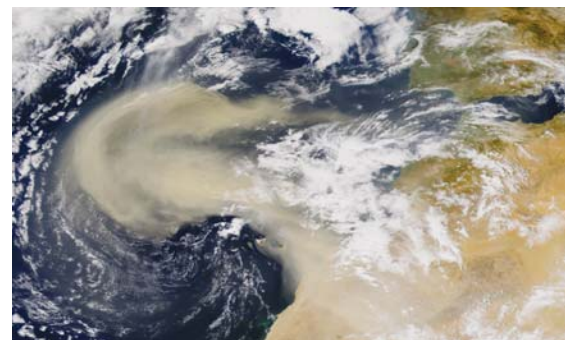
Принцип «Спасательный плот»

Ориентация на услуги экосистемы, за которую мы выступаем, сочетает в себе традиционные идеи охраны природы с упором на взаимосвязь явлений. Однако наш подход во многом отличается от прежнего. Во-первых, мы считаем, что далеко не все экологи имеют верное представление о действительном состоянии окружающей среды во всем мире, им следует задуматься о несостоятельности идеи чистоты и девственности природы. Каждый день население планеты увеличивается на четверть миллиона человек. Все больше лесов и переувлажненных земель будут использовать под сельскохозяйственные угодья, вследствие бесконтрольного рыболовства исчезнет масса различных видов океанских рыб и животных. Снизится уровень биоразнообразия планеты. Нетронутой природы, свободной от влияния человека, уже не существует. Поэтому

му чтобы сохранить существующее биоразнообразие, необходимо заниматься его защитой не только в условиях заповедника, но и при интенсивном ведении сельского хозяйства и при освоении человеком лесов и рек. При этом именно охраняемым районам, скорее всего, потребуются усиленная помощь, чтобы сохранить их девственную природу. Так, в национальном парке имени Крюгера в ЮАР естественные источники были заменены колодцами,

а численность слонов находится под контролем.

Кроме того мы призываем обратить внимание экологов на регионы, где деградация услуг экосистем особенно сильно угрожает благосостоянию людей: на участки, занятые мангровыми зарослями в Азии, болота на юго-востоке США, засушливые земли в Африке к югу от Сахары



Пыль с пришедших в упадок луговых экосистем, расположенных в Африке к югу от Сахары, далеко разносится ветром, что наносит ущерб коралловым рифам, туризму и рыболовству в районе Карибского бассейна. Защита важных экосистем в одном районе мира может также помочь людям, находящимся на другом берегу океана

и коралловые рифы по всему миру. Такие действия будут особенно эффективными там, где министерства и экологические организации стремятся к сотрудничеству. Например, на Флоридской косе Национальное управление океанов и атмосферы (NOAA) и Комитет по охране природы совместными усилиями решают задачи обеспечения общественного благосостояния и традиционной охраны природы и находящие районы, нуждающиеся в защите.

Экологам следует более активно взаимодействовать с экспертами в области развития. В последние два десятилетия целью многих программ устойчивого развития было объединение интересов обеих групп, но при этом внимание обращалось только на уже используемые ресур-

сы, например рыбу или лесопроductы за исключением древесины, и крайне редко — на весь спектр услуг экосистемы. Эффективность и результативность подобных действий можно повысить путем объединения и координации энергии и капитала, экологов и участников программ, направленных на повышение благосостояния людей. Например, инвестирование средств в сохранение чистой, свободной от осадка воды способно защитить водное биоразнообразие.

Без объединения природоохранных и социальных проблем политика, направленная на защиту биоразнообразия, вряд ли получит активную поддержку общественности. Майкл Шелленбергер (Michael Shellenberg) и Тед Нордхаус

(Ted Nordhaus) из консалтинговой компании *American Enviro-nics* в своем эссе «Гибель движения в защиту окружающей среды» (2004) подчеркнули, что экологическим организациям нужно преодолеть стремление изолированно рассматривать проблемы окружающей среды, «заклучив ее в герметичный контейнер». Мы считаем, что это в равной мере относится и к движению за охрану природы.

Более того, эффективность действий будут оценивать исходя не только из количества спасенных видов растений и животных, но и из улучшения качества жизни людей. Такие оценки уже начинают появляться. Правительство Индонезии и Комитет по охране природы создали в 1980 г. Национальный парк Комодо, для того чтобы защитить как комодских варанов, оказавшихся под угрозой, так и леса, и коралловые рифы. Поступления от платы за вход были направлены на осуществление местных программ развития и на создание новых источников дохода: выращивание морских водорослей, туризм, разведение ценной рифовой рыбы. В 2006 г. в результате опроса, проведенного среди жителей местных деревень, граничащих с парком Комодо, выяснилось, что подавляющее большинство респондентов активно поддерживают создание охраняемой территории из-за появившейся благодаря ей прибыли.

Неявная тревога

Некоторых наше предложение настораживает, т.к. услуги природы не всегда соотносятся с биоразнообразием, а растения и животные, очень значимые для услуг экосистем и экономики, как правило, имеются в изобилии. Тем не менее редкие виды имеют огромное значение, поскольку в условиях глобальных перемен климата и широкомасштабного изменения землепользования растений и животных тех видов, которые сегодня являются редкими, завтра может стать очень много, поэтому нам нужно стремиться сохранить максимально возможное их количество. В Калифорнии европейская медоносная

ЗАЩИЩАЯ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ



ПРОБЛЕМА

Значительная часть воды, которой снабжается крупнейший город Эквадора Кито, поступает с Анд, где обитает множество разнообразных местных животных и растений, включая величественного андского кондора. Несмотря на то что для кондоров был создан заповедник (фото), его правила соблюдаются неудовлетворительно. Во многих районах города вниз по течению воды недостаточно, а в большинстве городских водоемов она вообще непригодна для питья. Такая ситуация является результатом нерациональных методов ведения сельского хозяйства и заготовки леса поблизости от заповедника для кондоров, а также выпаса скота слишком близко от русел ручьев и рек

РЕШЕНИЕ

В 2000 г. Агентство международного развития США, Комитет по охране природы и местные эквадорские партнеры учредили Фонд воды. Средства поступают от гидроэнергетической компании Кито, пивоваренной фирмы «Андина», муниципального поставщика воды, в том числе 2% налог на жителей Кито. Фонд собрал \$4,9 млн на поддержку природоохранных и водных программ для источников, расположенных выше по течению от Кито

ИТОГ

В 2007 г. для патрулирования заповедника на работу приняли 11 новых охранников, кроме того, в рамках широкомасштабной образовательной программы фермеров учат более стабильному и эффективному землепользованию. Вокруг обнажившихся водоемов было высажено около 3,5 млн деревьев. Пока рано судить, привела ли такая практика к желаемому улучшению качества воды, однако сейчас создается система станций гидрологического мониторинга. Общественная поддержка охраны водных ресурсов заметно возросла

ЗАЩИЩАЯ ЖИВУЮ ПРИРОДУ



ПРОБЛЕМА

В Намибии коренной народ койсан (бушмены и готтентоты), находится в крайней бедности, у них очень высокий процент детей с задержкой роста. Бушмены были вытеснены с общинных земель и, потеряв возможность стабильно зарабатывать на жизнь, вынуждены заниматься браконьерством и злоупотреблять охотой. В результате пострадал черный носорог — животное, для которого существует наиболее серьезная угроза исчезновения

РЕШЕНИЕ

В 1996 г. правительство Намибии приняло закон, передающий во владение местным жителям дичь и все доходы от туризма и продажи товаров, получаемых из дичи. Были созданы местные заповедники, занимающие 17% территории Намибии и включающие 60 общин, для того чтобы заниматься флорой и фауной, отслеживая, например, перемещения дичи. Агентство международного развития США предоставило средства, чтобы помочь бушменам и готтентотам создавать местные заповедники

ИТОГ

Там, где активно действуют местные заповедники, состояние живой природы улучшается: на 600% увеличились популяции слонов, зебр, сернобыков и антилоп-спрингбоков. В Намибии сейчас в условиях свободного содержания обитает крупнейшая в мире популяция черных носорогов. В то же время для местного населения было создано более 500 рабочих мест с полной нагрузкой и более 3 тыс. рабочих мест с частичной нагрузкой. В 2004 г. туризм (слева) и охота принесли прибыль в размере \$2,5 млн. Мы видим иллюстрацию подхода к охране природы на основе услуг экосистем: многие представители коренных койсанских народов по-прежнему живут обособленно, и, по мнению некоторых наблюдателей, этому туземному населению следует передать в собственность их землю

пчела — важнейший опылитель. Если ее популяция уменьшится (а в последнее время она оказалась под угрозой из-за занесенного сюда клеща), возможно, возрастет численность некоторых имеющих здесь в меньшем количестве местных пчел, которые возьмут на себя жизненно важную в экономическом отношении роль по опылению сельскохозяйственных культур.

Исчезновение некоторых видов по вине человека неизбежно. Прежде всего, мы должны сохранять экосистемы в тех местах, где биоразнообразие оказывает услуги людям, живущим в нужде.

Мы предлагаем: вместо того, чтобы наносить на карту 10 или 25 мест, нуждающихся в защите для сохранения богатства растительного мира, экологам следует выявлять экосистемы, которым необходимы «спасательные плоты», т.е. районы с высоким уровнем бедности, где значительная часть экономики зависит от природных ресурсов и где услуги экосистем находятся в полном упадке. Усилия по охране природы, направленные на сохранение чистой воды, уменьшение эрозии почвы и предотвращение истощения рыбных запасов, помогут людям защитить биоразнообразие.

В то же время необходимо продолжать работу по сохранению растений, животных и территорий, не имеющих явной практической ценности. Переориентация на услуги экосистемы не означает полного изменения целей охраны природы, она означает лишь более широкую общественную поддержку.

Природная экономика

Будущее услуг экосистемы как природоохранной стратегии, возможно, зависит от сотрудничества экологов и финансовых экспертов, которое маловероятно. Однако деловое сообщество проявляет большой энтузиазм: так в ноябре 2005 г. *Goldman Sachs Group* объявила услуги экосистемы основой некоторых своих операций, выделив \$1 млрд на возобновляемые источники энергии и создание исследовательского центра для изучения рынков.

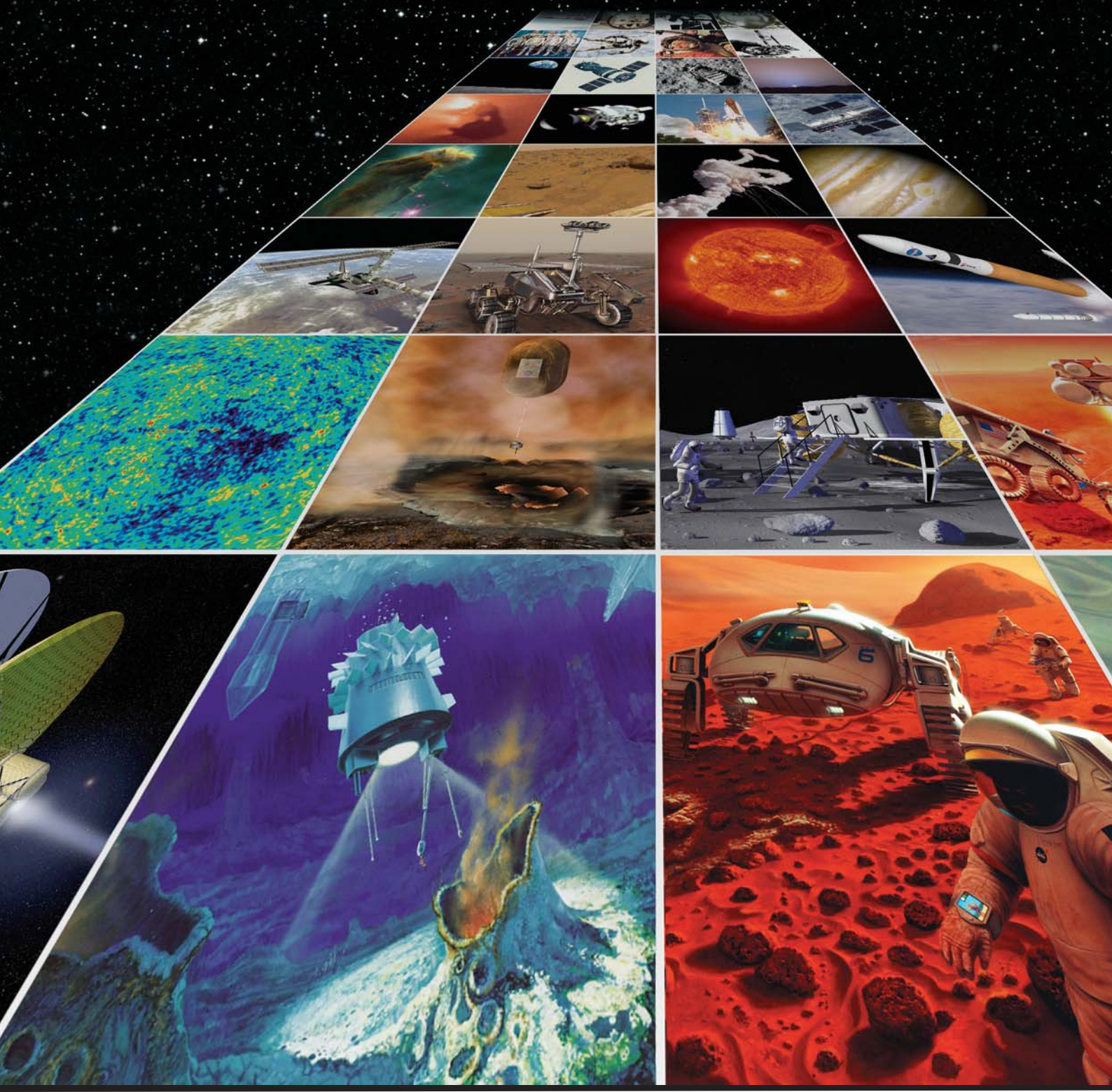
Экономическая оценка и формирование рынков услуг экосистем создадут условия для появления поддающейся количественному измерению системы охраны природы, что важнее политики, основанной на привлечении внимания к симпатичным на вид животным или местным растениям в узком ареале (эндемизм растений).

Лауреат Нобелевской премии мира за 2004 г. Вангари Муту Маатхай (Wangari Muta Maathai) и бывшей Генеральный секретарь ООН Кофи Аннан призвали обратить внимание на взаимосвязь между окружающей средой, процветанием людей и миром. Аннан заявил, что «наша борьба с бедностью, неравенством и болезнями непосредственно связана со здоровьем самой Земли». Экологам следует прислушаться к этим словам. Охрана природы будет иметь подлинно глобальный характер лишь тогда, когда ее главной задачей станет благополучие людей. ■

Перевод: Т.Н. Саранцева

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Ecology for a Crowded Planet. M. Palmer et al. in Science, Vol. 304, pages 1251-1252; May 28, 2004.
- How Much is an Ecosystem Worth? Assessing the Economic Value of Conservation. World Bank, 2005.
- Valuing Ecosystem Services: toward Better Environmental Decision Making. National Research Council. National Academies Press, 2005.
- Millennium Ecosystem Assessment: www.millenniumassessment.org/en/index.aspx

[illegible]

Запуск советского
спутника 50 лет
назад открыл
космическую эру.
А что дальше?

будущее КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Когда говорят о моментах, наиболее вре-
завшихся в нашу память, то обычно под-
разумевают несчастные случаи: убий-
ство президента Кеннеди, гибель в автомо-
бильной аварии принцессы Дианы, трагедию
11 сентября. Запуск советского спутника, ко-
торому в октябре исполнилось 50 лет, был безу-
словно неоднозначным событием. Ведь никому
не хочется проснуться и обнаружить, что твой
потенциальный ядерный противник закинул
над твоей головой блестящий шар, и ты ничего
не можешь с этим поделать. Однако начало ко-
смической эры имело и положительную сторону.
Мечтатели праздновали долгожданный выход
человечества за рамки своей обители, а прагма-
тики вскоре насладились возможностями, ко-
торые дали им спутники связи и погоды. Мно-
гие современные ученые и инженеры пришли
в свою профессию под впечатлением данного со-
бытия. В декабрьском номере 1957 г. журнала
Scientific American астрономы Фред Уиппл (Fred L.
Whipple) и Аллен Хайнек (J. Allen Hynek) писали
о том, что это стало наиболее ярким и долго-
жданным мигом за всю историю человечества.

Развитие космической программы происхо-
дит стремительно. За ближайшее десятилетие
она изменится до неузнаваемости. Шаттлы,
которые при всех своих недостатках являют-
ся самыми совершенными летательными ап-
паратами, уходят в прошлое. NASA переходит
к программе «Созвездие» — высокотехноло-
гичному возрождению ракет и кораблей про-
граммы «Аполлон» (см. статью «К Луне и да-
лее»). В то время как шаттл — «изысканный»
космический корабль с ограниченными воз-
можностями (доставка людей и грузов на ор-
биту и обратно), «Созвездие» представляет
собой невзрачный аналог, но обладающий
широчайшими возможностями: построение

лунной базы, полет к астероиду и постепенное
заселение людьми Марса. Руководитель NASA
Майкл Гриффин (Michael Griffin) держит курс на
устойчивое развитие, которое, по мнению мно-
гих специалистов, должны были выбрать его
предшественники еще 30 лет назад.

Исследования планет автоматическими зон-
дами также претерпит перемены. Закончив
первую героическую разведку Солнечной сис-
темы, мировые космические агентства собира-
ются продолжать исследования. Без ответа пока
остается, вероятно, самый важный вопрос —
одиноки ли мы в Солнечной системе? Места,
считавшиеся когда-то невозможными для оби-
тания (например, внутренние области спут-
ников Сатурна и Юпитера) сегодня вполне мо-
гут оказаться пригодными. К столетию запуска
спутника современное деление на пилотируемые
и автоматические программы может сгладиться,
поскольку астронавты будут выполнять лишь те
работы, которые окажутся слишком сложными
для автоматов.

Оба направления космических программ
(пилотируемое и автоматическое) нуждаются
в стабильности. Скачки финансирования и по-
стоянная смена приоритетов, происходившие
в последние годы, могут привести к плачевным
результатам. В статье «Пять важнейших косми-
ческих проектов» мы обсуждаем основные на-
правления в исследованиях планет. *Scientific
American* и далее будет публиковать материалы
по основным проблемам астрономии, космоло-
гии и физики.

Наш мир был бы иным, если бы не наступи-
ла космическая эра. Не все было гладко, но в це-
лом наша жизнь стала богаче. Заглядывая в бу-
дущее, мы уверены, что сможем сказать то же
самое и в 2057 г.

Перевод: В.Г. Сурдин



Уильям Джонс,
Чарлз Дингелл
и Джули Крамер Уайт

К ЛУНЕ И ДАЛЕЕ

Люди
возвращаются
на Луну
и планируют
задержаться
там надолго

Яркий диск на черном небосклоне всплыл над широкой дугой земного горизонта. Четверо астронавтов уже не раз наблюдали эти изумительные восходы Луны, с тех пор как их космический корабль «Орион» вышел на орбиту, проходящую в 300 км над поверхностью нашей планеты. Но теперь, включив в расчетное время двигатель, пилот готов направить корабль к этой далекой цели. «Старт к Луне через 10 секунд, — раздается команда. — Пять, четыре, три, два, один, ноль, пуск...» Горячее белое пламя вырывается за кормой из сопла ракеты. Наступил 2020 г., и американцы возвращаются на Луну. На этот раз они преследуют цель создать аванпост для будущих поколений исследователей космоса.

Корабль «Орион» — главная часть программы «Созвездие» (*Constellation*), амбициозного много-миллиардного проекта NASA по созданию транспортной системы, способной не только возить людей на Луну и обратно, но и снабжать Международную космическую станцию (МКС), а со временем и доставить пассажиров на Марс. С момента утверждения этой программы в середине 2006 г. инженеры NASA и корпорации *Lockheed Martin*, главного подрядчика по строительству «Ориона», работают над созданием ракеты-носителя, кабины экипажа и рабочего отсека, перелетной ступени и системы посадки, т.е. всего того, что понадобится США для космических путешествий после того, как в 2010 г. уйдет на покой система «Спейс Шаттл».

Чтобы свести к минимуму риск и финансовые затраты, в основу программы «Созвездие» NASA заложило испытанные технические принципы и решения, использованные в программе «Аполлон», позволившей еще в конце 1960-х — начале 1970-х гг. доставлять людей на Луну и обратно на Землю. В то же время инженеры NASA модернизировали многие системы, используя современные технологии.

«Орион» в целом похож на «Аполлон», и у его кабины для экипажа такая же форма, но сходство лишь внешнее. Например, «Орион» может вместить больше астронавтов, чем «Аполлон». В экспедициях к Луне четверо астронавтов разместятся в кабине объемом около 20 м³ (с 2015 г. здесь поместятся уже шесть человек). А в «Аполлоне» три астронавта с аппаратурой находились в помещении в 10 м³.

Современная электроника, средства связи и методы конструирования позволят разработчикам данного проекта создать космический корабль с большими возможностями, чем были у «Аполлона». Например, «Орион» может автоматически состыковываться с другими кораблями и оставаться на окололунной орбите полгода без экипажа. Повысилась и безопасность. Например, при аварии во время старта мощная спасательная ракета поможет экипажу быстро покинуть опасное место, а у астронавтов шаттла такой возможности нет. Мы проследим за подготовкой лунной экспедиции и за техническим оснащением каждого ее этапа еще до того, как команда «Ориона» покинула Землю.

Все выше и дальше

Над солеными болотами Космического центра им. Кеннеди во Флориде на 110 м возвышается двухступенчатый грузовой корабль «Арес V». Беспилотный гигант, оснащенный пятью мощными ракетными двигателями, по высоте и диаметру не уступает огромной ракете «Сатурн V» прославленного «Аполлона». Созданный на основе внешнего бака шаттла, центральный бак ракеты

«Арес V» содержит жидкие кислород и водород для двигателей RS-68 — улучшенной версии тех, которые используются в настоящее время на военных и коммерческих носителях «Дельта IV». Два твердотопливных ускорителя, тоже от шаттла, прикреплены по бокам к центральной ступени ракеты «Арес V». Они создадут дополнительную тягу, необходимую носителю для взлета с лунным посадочным аппаратом и перелетной ступенью, т.е. ракетой, которая позволит «Ориону» вырваться из гравитационного поля Земли и отправиться на Луну. Эта ступень оснащена кислородно-водородным двигателем J-2X, потомком двигателя J-2 от «Сатурна V», созданным фирмой *Pratt & Whitney Rocketdyne*.

Внезапно под кормой «Арес V» происходит вспышка, клубы дыма окутывают носитель, пусковую башню и стартовую платформу. После короткой паузы страшный грохот разносится по космодрому, заставив взметнуться высоко в воздух стаю птиц. Огромная ракета, опираясь на светло-серый столб газов, начинает подъем. Сначала медленно, а затем все быстрее корабль взлетает и, прочертив по небу дымный след, исчезает в вышине. Спустя несколько минут, вырвавшись в околоземный космос, «Арес V» освобождается от боковых ускорителей, которые падают в море. Затем ракета сбрасывает носовой обтекатель, защищавший лунный посадочный аппарат. Теперь, выйдя на круговую околоземную орбиту высотой около 300 км, беспилотный корабль будет ждать следующего этапа лунной экспедиции — встречи с «Орионом».

В тот же день четверо астронавтов поднимаются на 98-метровую высоту над другой стартовой платформой космодрома Кеннеди. Прямо под конической кабиной экипажа их «Ориона» расположен цилиндрический рабочий отсек, в котором смонтированы орбитальный реактивный двигатель и другие элементы системы жизнеобеспечения. Носовой обтекатель защищает «Орион» от напора встречного воздуха. Кабина экипажа и рабочий отсек установлены на двухступенчатом носителе пилотируемых аппаратов «Арес I» (NASA), который намного тоньше своего большого брата. Его первой ступенью служит модифицированный твердотопливный ускоритель от шаттла, а вторая ступень имеет один двигатель J-2X. Переходный отсек нужен для механической и электрической связи космического корабля «Орион» и ракеты «Арес I».

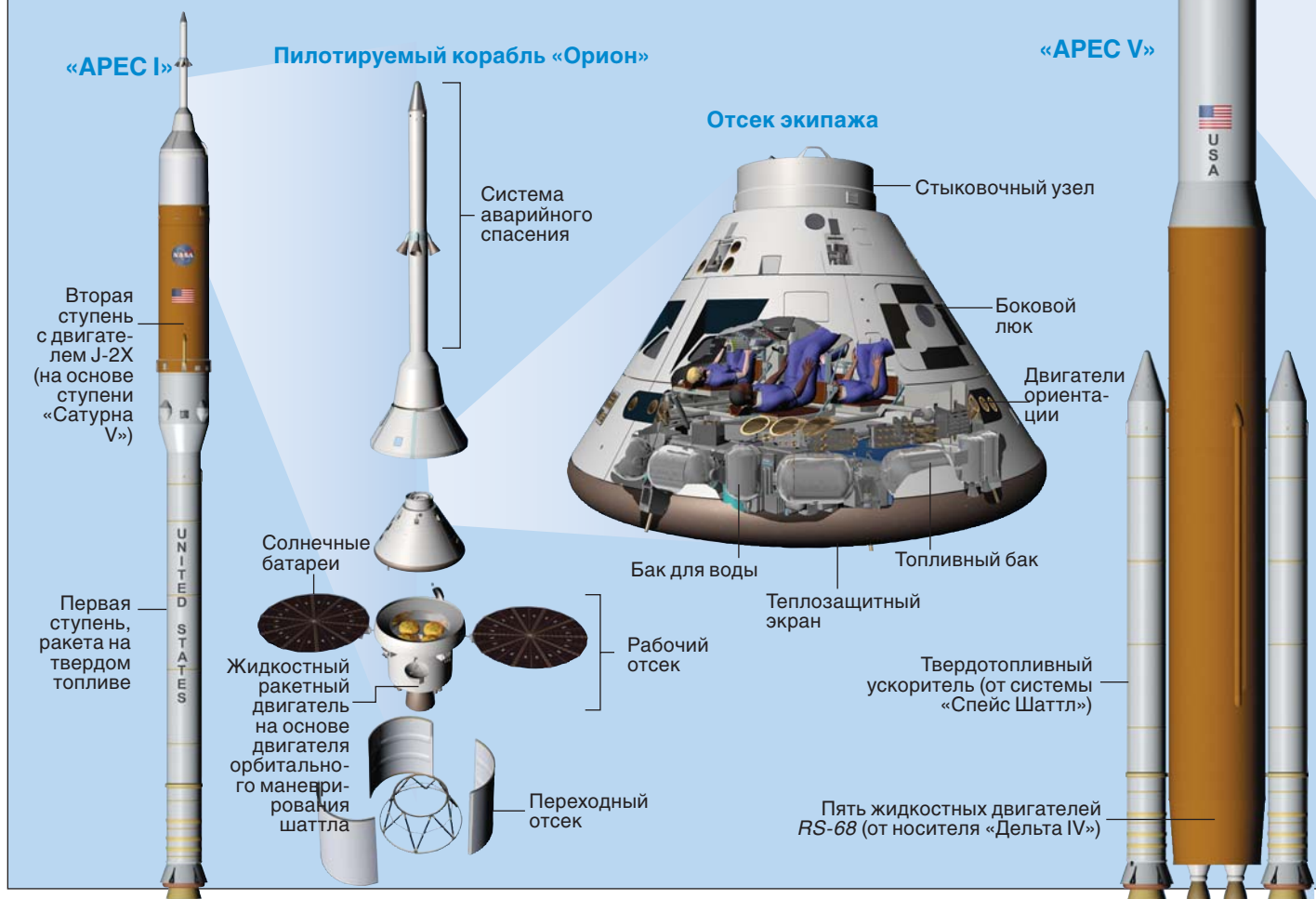
Сверху смонтирована система аварийного спасения — малая ракета, которая придет на помощь в непредвиденных обстоятельствах. Как доказала катастрофа «Челленджера» в 1986 г., у команды шаттла немного шансов выжить, если технические проблемы возникают при старте или в первые минуты полета. Зато система аварийного спасения «Ориона» может за несколько секунд сорвать с носителя кабину экипажа, сообщив ей 15-кратное ускорение. На этой малой ракете астронавты смогут быстро покинуть опасное место как на старте, так и в полете. Если серьезная авария произойдет еще на Земле, система спасения подбросит кабину экипажа вверх примерно на 1200 м, позволив парашюту раскрыться ▶

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- NASA и Lockheed Martin разрабатывают космическую транспортную систему, которая к 2020 г. сможет доставить людей на Луну и обратно. Корабль «Орион», состоящий из кабины экипажа, систем жизнеобеспечения и реактивного двигателя, используется как одна из важнейших составляющих программы «Созвездие», включающей также ракеты-носители и дополнительные модули.
- Хотя программа «Созвездие-Орион» кое в чем напоминает лунную программу 1960-х гг. «Аполлон», она сможет предпринимать не только экспедиции к Луне, но и обслуживать космическую станцию, и возможно даже летать к Марсу.
- Более широкие возможности системы «Созвездие» достигнуты за счет увеличения размера и универсальности корабля с использованием современных технологий.

КОМПОНЕНТЫ «СОЗВЕЗДИЯ»

Космическая транспортная система «Созвездие» сможет решать различные задачи: снабжение космической станции, полет на Луну и др. В нее включены многие элементы. Использование отработанных технологий снижает риск и стоимость проекта



и посадить кабину в километре от стартовой платформы. Разработчики уверены, что новая система контроля и аварийного спасения поможет экипажу «Ориона» остаться невредимым.

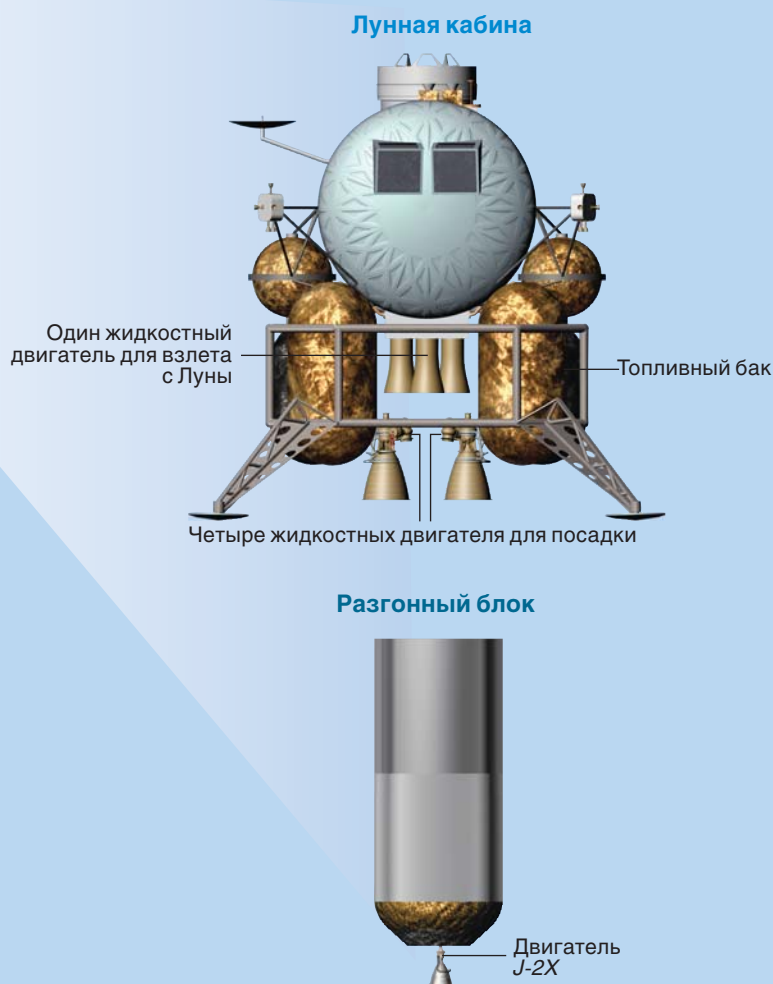
Но подобные мысли отступают, когда всех охватывает возбуждение от предстоящего старта. Обратный отсчет приближается к нулю, и командир с пилотом не отрывают

глаз от приборов, изображенных на плоских мониторах «Ориона». Стекланный пульт управления изготовлен на основе авионики современных авиапилотов, таких как недавно созданный Boeing 787 Dreamliner. А пульт с компьютеризованным полностью электронным управлением и всего лишь несколькими механическими переключателями был бы малопонятен для астронавтов эпохи «Аполлона».

По корпусу ракеты волнами прокатилась дрожь, грянули громовые раскаты. Поднимаясь в небо, она увеличивает скорость с каждой секундой. Примерно за две с половиной минуты полета твердотопливный двигатель разогнал «Арес I»

ОБ АВТОРАХ

Уильям Джонс (William A. Johns), **Чарлз Дингелл** (Charles Dingell) и **Джули Крамер Уайт** (Julie Kramer White) руководят инженерной и технологической проработкой проекта «Орион» (NASA/Lockheed Martin). Джонс — главный инженер и технический директор по программе корабля «Орион» со стороны Lockheed Martin, а также главный подрядчик проекта. Начав службу в 1980 г. в Martin Marietta, он работал над несколькими вариантами верхней ступени Centaur, а позже руководил разработкой ракеты-носителя Atlas V. Дингелл — технический директор со стороны NASA. В Агентстве он занял ведущие позиции в проектах «Спейс Шаттл», пилотируемого возвращаемого аппарата X-38 и орбитального ракетоплана. Крамер Уайт — главный инженер NASA по проекту «Орион». У нее более чем 20-летний опыт работы над проектами «Спейс Шаттл», МКС и X-38.



до скорости 6 М. На высоте около 61 км первая ступень отделяется и на парашютах спускается на Землю. Тем временем запускается двигатель J-2X второй ступени, которая несет «Орион» (кабину экипажа, рабочий отсек и систему аварийного спасения) к границе атмосферы. Уже бесполезный в разреженном воздухе аэродинамический обтекатель сбрасывается, уменьшая вес ракеты и облегчая ей полет. К данному моменту аппарат набрал такую скорость, что риск прерывания полета снизился, поэтому система спасения с защитной крышкой также отделяется и сбрасывается. Двигатель второй ступени отключается, когда кабина экипажа и рабочий отсек достигают высоты 100 км.

Встреча на околоземной орбите

Наконец, чтобы завершить вывод «Ориона» на орбиту и провести маневры для встречи с разгонным блоком и лунной кабиной, включается двигатель рабочего отсека — более мощная версия хорошо зарекомендовавшего себя двигателя для орбитального маневрирования шаттла. В рабочем отсеке находится система электропитания, радиаторы для отвода излишков тепла в космос, научное оборудование и т.д. Чтобы освободить пространство в кабине экипажа, часть авионики и некоторые компоненты системы жизнеобеспечения также поместили в рабочий отсек. Его

корпус сделан из легкого сотового композитного полимера, армированного алюминием.

Одно из важнейших различий между «Орионом» и «Аполлоном» — появление на рабочем отсеке зонтиков солнечных батарей, которые в нужный момент раскроются на орбите. Поскольку последний создавался для экспедиции на Луну продолжительностью в несколько дней, он имел водородные топливные элементы, которые могут вырабатывать электрическую энергию лишь относительно короткое время. «Орион» же способен это делать минимум полгода.

Тем временем «Орион» приблизился к лунной кабине и разгонному блоку, которые «Арес V» ранее вывел на низкую околоземную орбиту. Когда оба корабля окончательно сблизятся, команда будет следить за тем, как система «мягкого захвата» выравнивает аппараты и соединяет их. Силовые и электромеханические устройства автоматически захватывают стыковочные кольца кораблей и стягивают их, гася колебания. Теперь корабль и экипаж почти готовы к отправке к Луну.

Кабина экипажа — единственная часть «Ориона», которая совершит весь полет и вернется. Возможно, данная капсула, выполненная из легкого сплава алюминия с литием, армированного титаном, ▶

ПОКОЛЕНИЯ НОСИТЕЛЕЙ

С конца 1960-х гг. NASA создало три системы носителей для пилотируемых экспедиций



ПУТЕШЕСТВИЕ НА ЛУНУ

Программа NASA «Созвездие» включает ракеты-носители, космический корабль и дополнительные отсеки, которые позволят человеку добраться до Луны к 2020 г. Предполагается, что астронавты смогут оставаться на поверхности Луны от четырех суток до более чем полугода

6 Экипаж переходит в лунную кабину и садится на поверхность, оставляя пустой «Орион» на орбите. Астронавты работают на поверхности

5 Через четыре дня, когда «Орион» подлетает к Луне, двигатель лунной кабины тормозит полет и выводит корабль на окололунную орбиту

4 Разгонный блок направляет корабль к Луне. Когда топливо заканчивается, корабль с лунной кабиной отделяется от этой ступени

9 Через четыре дня астронавты сбрасывают рабочий отсек. Отсек экипажа, прикрытый теплозащитным экраном, входит в атмосферу

10 Парашюты замедляют спуск отсека экипажа. Смягчив удар надувными воздушными мешками, корабль приземляется на Западе США

7 Взлетная ступень лунной кабины возвращает экипаж на орбиту и стыкуется с «Орионом». Астронавты переходят в отсек экипажа и сбрасывают взлетную ступень

8 Двигатель рабочего отсека направляет «Орион» к Земле

3 «Орион» встречается с разгонным блоком и лунной кабиной

2 Вскоре взлетает «Арес I» и доставляет корабль «Орион» с четырьмя астронавтами и рабочий отсек на ту же околоземную орбиту

1 Грузовой носитель «Арес V» взлетает с лунной кабиной и разгонным блоком. Когда у носителя заканчивается топливо, последний выводит себя и кабину на высоту около 300 км

Надувные воздушные мешки

выдержит до 10 полетов. Снаружи она покрыта системой тепловой защиты, которая не только ограждает астронавтов от опаляющего жара при посадке, но и содержит упругий слой, спасающий от ударов высокоскоростных микрометеороидов и другого космического мусора, способного повредить поверхность.

Реактивная система маневрирования кабины экипажа использует газовое кислородно-метановое топливо. Новая технология была создана при разработке одноступенчатого орбитального ракетоплана X-33 (NASA), проект которого закрыли в 2001 г. Одно из достоинств кислородно-метановой реактивной системы в том, что ее топливо не токсично (в отличие от ее предшественниц, использующих самовоспламеняющиеся топлива). Это поможет обеспечить безопасность как экипажа корабля, так и команды, встречающей его на Земле.

Когда все приготовления подошли к концу, включается двигатель разгонного блока, чтобы направить корабль к Луне. Инженеры предложили «Орион» в двух вариантах: для «вылазки на Луну», когда экипаж пробудет на поверхности спутника Земли от четырех до семи суток, продемонстрировав возможности космического аппарата как транспортной системы, и для «лунной базы» с длительным присутствием на ней астронавтов. Поскольку максимальная продолжительность работы экипажа на лунной поверхности — 210 суток (определяется запасом кислорода, воды и других материалов), длительность автономной работы «Ориона» должна быть не меньше. Важнейшим ограничителем для лунных экспедиций «Ориона» служит количество топлива, необходимое для достижения поставленных целей.

После четырехдневного перелета корабль прибывает на окололунную орбиту, сбросив по дороге разгонный блок. Четверо астронавтов переходят в лунную кабину, оставляя помещение для экипажа и рабочий отсек ожидать на орбите. Эта кабина, как и лунный модуль «Аполлона», со-

стоит из двух частей. Первая — посадочная ступень с опорой на грунт; в ней размещена большая часть научного оборудования и расходных материалов. Вторая часть — взлетная ступень с местом для экипажа. После посадки и проведения исследований отважная четверка стартует с поверхности Луны и состыковывается со своим кораблем на орбите. Взлетная ступень сбрасывается, и «Орион» отправляется к Земле.

Возвращение на родную планету

Приближаясь к Голубой планете, астронавты «Ориона» готовятся к посадке, которая может быть совсем не такой, как у «Аполлона». Ранее космические корабли «Джемини», «Меркурий», а затем и «Аполлон» после торможения в атмосфере падали в океан. Но при приводнении требуется помощь целой флотилии вспомогательных судов; а космический аппарат многократного использования необходимо защитить от коррозии в морской воде. Посадка на твердую поверхность ►

АСТРОНАВТЫ-АСТРОФИЗИКИ

NASA выбрало четыре приоритетных направления исследований, которые может провести экипаж «Ориона» на лунной поверхности

Два направления, независимо предложенные учеными из Мэрилендского университета (Колледж-парк) и Годдардовского центра космических полетов (NASA), призваны измерить расстояние между Луной и Землей с субмиллиметровой точностью

Ученые Военно-морской исследовательской лаборатории планируют создать на обратной стороне Луны систему радиотелескопов для изучения элементарных частиц, ускоренных в сверхновых, квазарах и солнечной короне

Мягкое рентгеновское излучение, возникающее при взаимодействии солнечного ветра и магнитного поля Земли, а также в ядре Галактики, будут измерять приборы, созданные учеными Годдардовского центра

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ



Испытание воздушных мешков

- **СИСТЕМА МЯГКОЙ ПОСАДКИ.** Инженеры разрабатывают систему воздушных мешков (вверху), которые надуваются под отсеком экипажа «Ориона», чтобы смягчить удар о твердую поверхность. Но если идея воздушных мешков не оправдает себя, у них есть и другие варианты, включая тормозные ракеты.
- **ВСЕОБЪЕМЛЮЩИЙ КОМПРОМИСС.** Инженеры должны найти оптимальный баланс между максимальной полезной массой, которую могут поднять носители «Арес», с одной стороны, и запасом прочности, дублированием важнейших систем и удобствами для экипажа, с другой.
- **ТЕПЛОЗАЩИТНЫЙ ЭКРАН:** Для теплозащитного экрана кабины инженеры предпочли бы пропитанный фенолом углеродный абляционный материал, но изготавливать из него большие детали сложно. Теплозащитные плитки от шаттла или абляционный материал от «Аполлона» тоже подойдут.



В Эймсоновском исследовательском центре NASA мощная реактивная струя, нагретая до нескольких тысяч градусов, обдувает экспериментальный материал для теплозащитного экрана

удешевила бы и подготовку аппарата к следующему запуску. Поэтому NASA планирует возможность посадки «Ориона» на сушу, как это делают российские корабли «Союз». Но для крупного и тяжелого «Ориона» такая задача представляет определенную трудность. Если Агентство все же предпочтет посадку в океан, то «Орион» станет еще больше похож на «Аполлон».

К сожалению, приземление на территорию США после экспедиции на Луну не всегда возможно. В течение половины лунного месяца орбитальные условия разрешают посадку только в Южном полушарии, вдали от запланированной для этого западной части США. Несмотря на то что выбор момента старта с лунной орбиты позволяет варьировать долготу точки приземления, ее широта зафиксирована склонением Луны (угловым расстоянием от экватора). Чтобы приземлиться на западе США или приводниться вблизи американского континента в неблагоприятные периоды лунного месяца, «Орион» будет «дотягивать» до Северного полушария, используя аэродинамические свойства после входа в верхние слои земной атмосферы. Траекторию данного типа, когда космический аппарат отскакивает от плотных слоев атмосферы как камушек, брошенный вдоль поверхности воды, иногда называют «спуск с подскоком».

Но вот четырехдневный перелет «Ориона» от Луны к Земле подходит к концу. По мере того как приближается бело-голубой диск родной планеты, астронавтов охватывает чувство напряженного ожидания. Вскоре они приступают к развороту корабля и отстыковке рабочего отсека, чтобы освободить теплозащитный экран под днищем кабины экипажа. Убедившись с помощью навигационной системы и бортовых компьютеров «Ориона» в том, что корабль занял надлежащее положение для спуска, и что его траектория проходит под правильным, малым углом к поверхности планеты, команда начинает готовиться к перегрузкам торможения, которые возникнут, когда «Орион» войдет в атмосферу.

Спуск с подскоком происходит постепенно. Сначала экипаж испытывает небольшую перегрузку, вызванную торможением в верхних, разреженных слоях воздуха. Затем перегрузки нарастают, вдавливая астронавтов в кресла, а мимо иллюминаторов проносятся пылающие частицы теплозащитного экрана и струи ионизованного газа. Вскоре после того как «Орион» начал углубляться в атмосферу, он рикошетом буквально выпрыгивает обратно. Но после отскока аппарат вновь глубоко ныряет в атмосферу и устремляется к месту посадки.

Трагическая потеря шаттла «Колумбия» и его команды в 2003 г. показала, насколько важна тепловая защита спускаемого аппарата. При спуске в атмосфере с гиперзвуковой скоростью из-за трения о воздух на передней поверхности корабля выделяется гигантское количество тепла (температура достигает 2 тыс. градусов Цельсия). А поскольку скорость «Ориона» при возвращении с Луны составляет около 11 км/с и будет на 41% больше скорости шаттла, возвращающегося с низкой околоземной орбиты, то и тепла выделится в несколько раз больше. Тот факт, что кабина экипажа у «Ориона» больше, чем у «Аполлона», лишь усложнит проблему.

Наилучшим материалом для теплозащитного экрана «Ориона» счи-

тается абляционный материал *PICA* (*phenolic impregnated carbon ablator*) — матрица из углеродных волокон, связанных фенольной смолой. При высокой температуре наружный слой материала срывается потоком горячих газов, унося с собой избыточное тепло (процесс называется абляцией). При нагреве теплозащитное вещество возгорается, создавая защитный слой. К тому же низкая теплопроводность материала *PICA* не дает потоку тепла пройти в кабину экипажа. *PICA* использовали в 2006 г. для защиты космического зонда *Stardust*, собравшего образцы пыли у ядра кометы *Wild-2* и вернувшегося на Землю со скоростью 13 км/с (это был самый быстрый управляемый спуск). Но площадь теплозащитного экрана «Ориона» в 40 раз больше, поэтому его придется собирать из сегментов, что усложнит задачу.

Приземление

Наконец раскрываются три больших парашюта, замедляя падение аппарата. Обширные красно-белые купола величественно разворачиваются, знаменуя, что путешествие астронавтов подошло к концу. «Орион» вздрагивает, освободившись от своего массивного теплозащитного экрана. Подвешенная к огромным парашютам кабина экипажа опускается со скоростью около 8 м/с.

При посадке на сушу под днищем кабины надуваются мешки, чтобы смягчить удар о землю. Наконец космический корабль приземляется в пустыне на западе США. «Орион» вернулся домой. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Космический корабль «Орион» (Lockheed Martin): www.lockheedmartin.com/wms/findPage.do?dsp=fec&ci=17675
- Программа «Созвездие» NASA: www.nasa.gov/mission_pages/constellation/main/index.html
- Космические исследования NASA: www.nasa.gov/mission_pages/exploration/main/index.htm

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

- анонсы
- новости
- статьи
- архив
- подписка

теперь в сети



Джордж Массер

пять важнейших КОСМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Специалисты по исследованию планет
определили приоритеты в изучении
Солнечной Системы

Людей, родившихся уже в эпоху освоения космоса, книги о Солнечной системе, вышедшие до 1957 г., зачастую приводят в состояние шока. Как мало старшее поколение знало, не имея даже представления об огромных вулканах и каньонах Марса, по сравнению

с которыми гора Эверест кажется лесным муравейником, а Большой каньон похож на кювет у обочины. Возможно, ранее считали, что под облаками Венеры могут скрываться роскошные влажные джунгли, или бескрайняя сухая пустыня, или бурлящий океан, или огромные смоляные болота — все, что угодно, но только не то, что оказалось на самом деле: огромные вулканические поля — сцены Ноева потопа из застывшей магмы. Вид Сатурна ранее представлялся унылым: два расплывчатых кольца, тогда как сегодня мы можем любоваться сотнями и тысячами изящных колец. Спутники планет-гигантов были пятнами, а не фантастическими ландшафтами с метановыми озерами и пылевыми гейзерами.

В те годы все планеты выглядели как малые островки света, а Земля казалась гораздо больше, чем сегодня. Никто и никогда не видел нашу планету со стороны: голубой мрамор на черном бархате, покрытый тонким слоем воды и воздуха. Никто не знал, что Луна была обязана своим рождением удару, или что гибель динозавров произошла одновременно. Никто до конца не понимал, как человечество может полностью изменить окружающую среду на всей планете. Кроме того, космическая эра обогатила нас знаниями о природе и открыла новые перспективы.

С момента запуска спутника в исследованиях планет несколько раз случались взлеты и падения. Например, в 1980-е гг. работы почти застопорились. Сегодня десятки зондов различных стран бороздят Солнечную систему — от Меркурия до Плутона. Но бюджет урезают, расходы растут и не всегда приводят к нужному результату, что бросает тень на NASA. В настоящее время агентство переживает далеко не лучший период своей истории с тех пор, как 35 лет назад Никсон закрыл программу «Аполлон».

«Специалисты NASA продолжают поиск приоритетных направлений, по которым будут проводиться исследования», — говорит Энтони Джанетос (Anthony Janetos) из Тихо-

океанской северо-западной национальной лаборатории, член Национального исследовательского совета (NRC), курирующего программу NASA по наблюдению Земли. «Они исследуют космос? Они изучают человека или занимаются чистой наукой? Они рвутся к галактикам или ограничиваются Солнечной системой? Их интересуют шаттлы и космические станции или только природа нашей планеты?»

В принципе, такое развитие событий должно дать плоды. Должны возродиться не только программы с использованием автоматических зондов, но и пилотируемые космические полеты. Президент Джордж Буш определил в 2004 г. цель — ступить на поверхность Луны и Марса. Несмотря на всю спорность этой затеи, в NASA за нее ухватились. Но трудность состояла в том, что все это быстро превратилось в нефинансируемое поручение и заставило агентство пробивать стену, традиционно «защищающую» научные и пилотируемые программы от перерасхода средств. «Я полагаю, все знают, что у агентства недостаточно денег для проведения всех необходимых

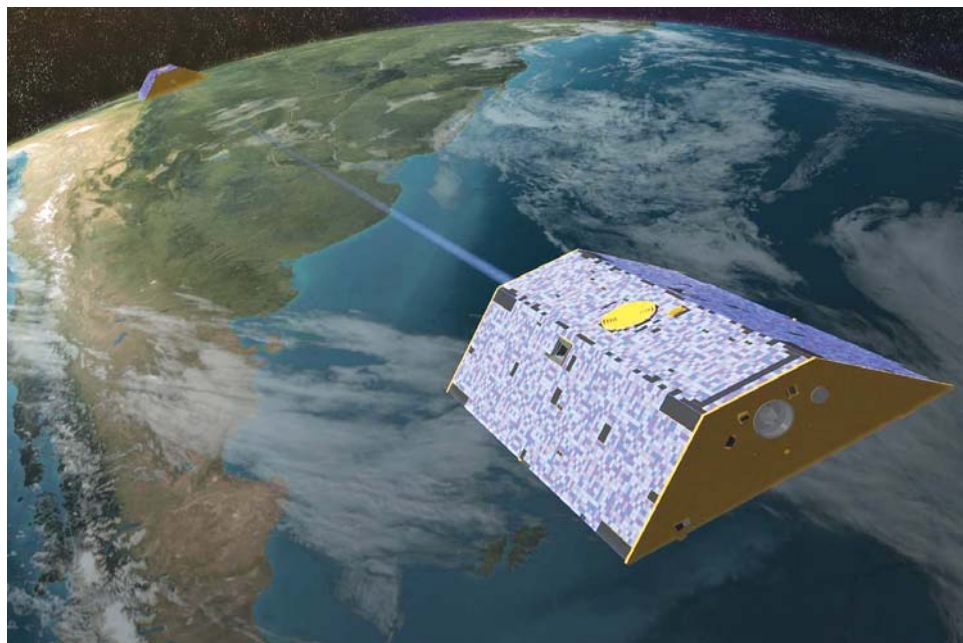
работ», — говорит Билл Клейбо (Bill Claybaugh), директор отдела исследований и анализа NASA. На космические агентства других стран деньги тоже не льются золотым дождем.

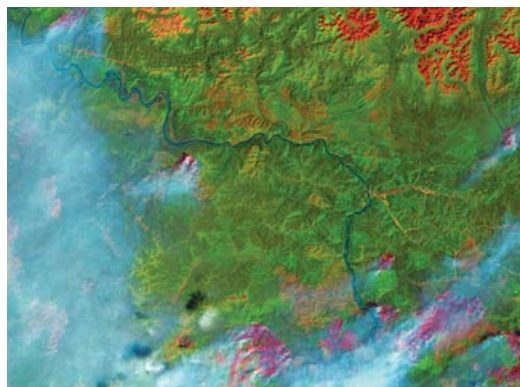
NRC временами делает шаг назад и интересуется, как обстоят дела с планетными исследованиями в мире. Поэтому мы представляем список приоритетных целей.

1. Мониторинг климата Земли

В 2005 г. комиссия Национального исследовательского совета пришла к выводу: «существует риск того, что система спутников наблюдения за окружающей средой выйдет из строя». С тех пор ситуация изменилась. NASA за пять лет перебросило \$600 млн с проектов исследования Земли на программу поддержки шаттлов и космической станции. В то же время развитие новой национальной системы спутников на полярных орбитах для наблюдения Земли превысило бюджет и должно быть урезано. Это касается приборов, исследующих глобальное потепление, измеряющих падающее на Землю солнечное излучение и отражающиеся от поверхности Земли инфракрасные лучи.

Пара спутников Эксперимента по изучению климата и гравитационных возмущений (*Gravity Recovery and Climate Experiment, GRACE*), измеряющих гравитационные искажения, вызванные течением воды, уже отработала свой срок





Многоцветный снимок пожаров на Аляске и Юконе, полученный спутником *Landsat 7* в 2004 г. Технические проблемы в 2003 г. снизили качество работы спутника, а вся программа ощущает бюджетный голод уже более 10 лет

В результате более 20 спутников Системы наблюдения Земли закончат функционировать еще до того, как им на смену придут новые аппараты. Ученые и инженеры надеются, что смогут некоторое время поддерживать их в рабочем состоянии. «Мы готовы работать, но сейчас нам нужен план», — утверждает Роберт Кахалан (Robert Cahalan), руководитель отдела климата и излучения Годдардовского центра космических полетов NASA. — Нельзя ждать, пока они сломаются».

Если спутники перестанут функционировать до того, как им придет замена, то возникнет пробел в поступлении данных, затрудняющий отслеживание изменений. Например, если аппараты следующего поколения заметят, что Солнце стало ярче, то трудно будет понять, действительно ли это так, или неверно откалиброваны приборы. Если не будут проводиться непрерывные наблюдения со спутников, данный вопрос не решить. Наблюдения поверхности Земли со спутников *Landsat*, проводившиеся с 1972 г., уже несколько лет как прекращены, и Министерство сельского хозяйства США вынуждено покупать данные с индийских спутников для наблюдений за урожаем.

Комиссия NRC призывает восстановить финансирование и в будущем десятилетия запустить 17 новых аппаратов, следящих за ледовым

покровом и содержанием двуокиси углерода, чтобы изучить влияние таких факторов на погоду и улучшить методы ее прогноза. К сожалению, исследование климата оказывается между рутинным наблюдением за погодой (задача NOAA) и наукой (этим занимается NASA). «Основная проблема в том, что никому не поручено заниматься мониторингом климата», — считает климатолог Дрю Шиндел (Drew Shindell) из Годдардовского центра космических исследований NASA. Как и многие другие ученые, он полагает, что правительственные климатические программы, распределенные по разным ведомствам, должны быть собраны вместе и переданы одному управлению, которое будет заниматься только этой тематикой.

ПЛАН ДЕЙСТВИЙ

- Финансировать 17 новых спутников, предлагаемых NASA в будущем десятилетии (стоимость — около \$ 500 млн в год).
- Основать управление по исследованию климата.

2. Подготовка защиты от астероидов

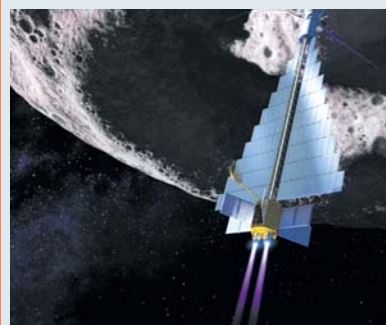
Как и мониторинг климата, защита планеты от астероидов, по-видимому, оказалась как бы «между двумя стульями». Ни NASA, ни Европейское космическое агентство (*European Space Agency, ESA*) не имеют мандата на спасение человечества. Лучшее, что они сделали, — программа «Обзор для космической защиты» (*Spaceguard Survey, NASA*) с бюджетом \$4 млн в год по поиску в околоземном пространстве тел диаметром более 1 км, которые могут причинить вред не только какому-либо региону планеты, но и Земле в целом. Однако пока никто не занимается систематическим поиском более мелких «региональных разрушителей», которых в окрестности Земли должно быть около 20 тыс. Не существует и Управления космических угроз, которое бы объявляло тревогу в случае необходимости. Если бы технология защиты существовала, понадобилось бы не менее 15 лет, чтобы обеспечить защиту от опасного вторжения.

АСТЕРОИДНАЯ УГРОЗА

Астероиды диаметром 10 км (убийцы динозавров) падают на Землю в среднем раз в 100 млн лет. Астероиды диаметром около 1 км (глобальные разрушители) — раз в полмиллиона лет. Астероиды размером 50 м, способные разрушить город, — раз в тысячулетие.

«Обзор для космической защиты» выявил более 700 тел километрового размера, но все они не опасны для нас в ближайшие века. Однако этот обзор сможет обнаружить не более 75% таких астероидов.

Шанс, что среди необнаруженных 25% окажется астероид, который упадет на Землю, мал. Средний риск составляет до 1 тыс. погибших человек в год. Риск от астероидов меньшего размера — в среднем до 100 человек в год.



Астероид такой огромный, а космический зонд так мал... Но дайте время, и даже слабая ракета сможет отклонить гигантскую скалу с ее опасной орбиты

«Сейчас в США нет всеобъемлющего плана», — говорит Ларри Лемке (Larry Lemke), инженер Эймсонского центра NASA.

На запрос Конгресса в марте 2007 г. NASA опубликовало доклад, в котором сказано, что выявление тел размером от 100 до 1000 м можно возложить на Большой обзорный телескоп (*Large Synoptic Survey Telescope, LSST*), разрабатываемый для обзора неба и поиска новых объектов. Разработчики этого проекта считают, что в том виде, в каком телескоп был задуман, он сможет за 10 лет работы (2014—2024 гг.) обнаружить 80%

указанных тел. При вложении в проект дополнительных \$100 млн эффективность может возрасти до 90%.

Как и у всех наземных инструментов, возможности телескопа *LSST* ограничены. Во-первых, у него есть слепая зона: наиболее опасные объекты, движущиеся вблизи орбиты Земли немного впереди или позади нашей планеты, он может наблюдать только в лучах утренней или вечерней зари, когда солнечные лучи мешают обнаруживать их. Во-вторых, этот телескоп может определять массу астероида только косвенно — по его блеску. При этом оценка массы может различаться вдвое: большой темный астероид можно спутать с маленьким, но светлым. «А такое различие может оказаться очень важным, если нам необходима защита», — считает Клейбо.

Для решения этих проблем NASA решило построить инфракрасный космический телескоп стоимостью \$500 млн и вывести его на орбиту вокруг Солнца. Он сможет фиксировать любую угрозу Земле и, наблюдая небесные тела в разных длинах волн, определять их массу с ошибкой не более 20%. «Если вы хотите все сделать правильно, то надо из космоса наблюдать в инфракрасном диапазоне», — говорит Дональд Йоманс (Donald Yeomans) из Лаборатории реактивного движения, соавтор доклада.

Что делать, если астероид уже движется в направлении нашей планеты? Эмпирическое правило гласит: для отклонения астероида на величину радиуса Земли нужно за десять лет до столкновения изменить его скорость на миллиметр в секунду, толкая его ядерным взрывом или оттягивая гравитационным притяжением.

В 2004 г. комиссия NASA по экспедициям к околоземным объектам рекомендовала провести испытания. Согласно проекту «Дон Кихот» стоимостью \$400 млн, предполагается изменить его траекторию движения за счет удара о четырехсоткилограммовое препятствие. Выброс вещества после столкновения в результате реактивного эффекта сместит



Картина, которую не хотелось бы увидеть: гигантский астероид, напоминающий тот, из-за которого погибли все динозавры

направление астероида, но никто не знает, насколько сильным окажется данный эффект. Определение этого и есть главная задача проекта. Ученые должны найти тело на такой далекой орбите, чтобы случайно своим ударом не перевести его на встречный курс с Землей.

Весной 2008 г. ESA закончило предварительный проект и тут же из-за отсутствия денег положило его на полку. Для осуществления своих планов оно попытается объединить усилия с NASA и/или Японским космическим агентством (*Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA*).

ПЛАН ДЕЙСТВИЙ

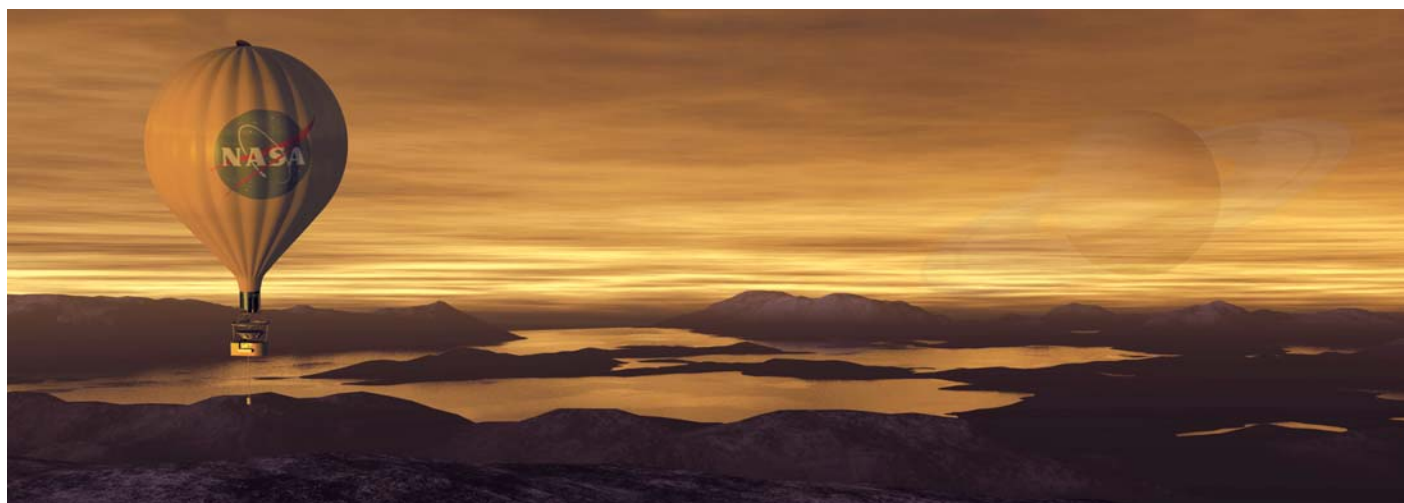
■ Расширенный поиск астероидов, включая мелкие тела, возможно, с помощью специального космического инфракрасного телескопа.

■ Эксперимент по управляемому отклонению астероида.

■ Развитие официальной системы оценки потенциальной опасности.

3. Поиск новой жизни

До запуска спутника ученые считали Солнечную систему настоящим раем. Затем оптимизма поубавилось. Оказалось, что сестра Земли — сущий ад. Подлетев же к пыльному Марсу, «Маринеры» обнаружили, что его по-крытый кратерами ландшафт похож на лунный; сев на его поверхность, «Викинги» не смогли найти ни одной органической молекулы. Но позже обнаружились места, пригодные для жизни. Все еще подает надежды Марс. Спутники планет, особенно Европа и Энцелад, видимо, обладают большими подповерхностными морями и огромным ▶



Шар-монгольфьер идеально подойдет для облета Титана. Плутониевый источник выделяет достаточно тепла для двенадцатиметрового баллона, несущего 160 кг аппаратуры и плывущего на высоте 10 км над поверхностью Титана

количеством исходного вещества для формирования жизни. Даже Венера могла быть когда-то покрыта океаном. На Марсе NASA ищет не сами организмы, а следы их существования в прошлом или настоящем, ориентируясь на наличие воды. Последний зонд «Феникс», запущенный в августе, должен в 2008 г. сесть в неизученной северной полярной области. Это не марсоход, а стационарный аппарат с манипулятором, способным разрыть почву вглубь на несколько сантиметров для поиска отложений льда. Готовится к полету и «Марсианская научная лаборатория» (*Mars Science Laboratory, MSL*) стоимостью \$1,5 млрд — марсоход размером с автомобиль, который должен быть запущен в конце 2009 г. и совершить посадку через год.

Но постепенно ученые вернутся к прямому поиску живых организмов или их остатков. В 2013 г. ESA планирует запустить зонд «ЭкзоМарс» (*ExoMars*), оснащенный такой же лабораторией, как

у «Викингов», и буром, способным углубиться в грунт на 2 м — достаточно, чтобы достичь слоев, где не разрушаются органические соединения.

Многие специалисты по планетам считают приоритетным направлением изучение породы, доставленной с Марса на Землю. Анализ даже небольшого ее количества даст возможность глубоко проникнуть в историю планеты, как это сделала программа «Аполлон» в отношении Луны. Проблемы с бюджетом NASA отодвинули многомиллиардный проект к 2024 г., но Агентство уже приступило к модернизации аппарата *MSL*, чтобы он мог сохранить образцы коллекции.

Что касается спутника Юпитера — Европы, то ученые также хотели бы иметь орбитальный аппарат, чтобы измерить, как форма и гравитационное поле спутника отклика-

ются на приливное влияние со стороны Юпитера. Если внутри спутника жидкость, его поверхность будет подниматься и опускаться на 30 м, а если нет — всего на 1 м. Магнитометр и радар помогут заглянуть под поверхность и, возможно, нащупать океан, а фотокамеры позволят составить карту поверхности для подготовки к посадке и бурению.

Естественным продолжением работы «Кассини» вблизи Титана были бы орбитальный и посадочный аппараты. Атмосфера Титана похожа на земную, что позволяет использовать аэростат с горячим воздухом, который время от времени сможет опускаться на поверхность и брать образцы. Целью всего этого, указывает Джонатан Лунин (*Jonatan Lunine*) из Аризонского университета, стал бы «анализ находящейся на поверхности органики, чтобы проверить, происходит ли продвижение в самоорганизации вещества, с которого, как думают многие специалисты, началось зарождение жизни на Земле».

В январе 2007 г. NASA приступало к рассмотрению этих проектов. Агентство планирует в 2008 г. сделать выбор между Европой и Титаном. Зонд стоимостью \$2 млрд, возможно, будет запущен уже в ближайшие десять лет. Второму небесному телу придется ждать еще лет десять.

В конце концов, может оказаться, что земная жизнь уникальна. Это было бы печально, но вовсе не означало бы, что все усилия затрачены

«ЭкзоМарс» — марсоход Европейского космического агентства — должен сесть в 2014 г. Благодаря буровой установке и биологической лаборатории, он может вести прямой поиск жизни, продолжая работу «Викингов» 1970-х гг.



впустую. По словам Брюса Якоски (Bruce Jacosky), директора Астробиологического центра Колорадского университета, астробиология позволяет понять, насколько разнообразной может быть жизнь, каковы ее предпосылки, и как она зарождалась на нашей планете 4 млрд лет назад.

ПЛАН ДЕЙСТВИЙ

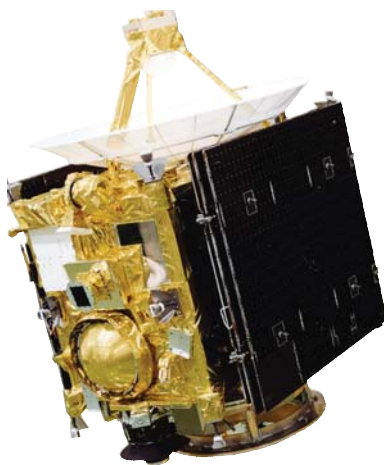
- Получение образцов марсианского грунта.
- Подготовка к исследованию Европы и Титана.

4. Разгадка происхождения планет

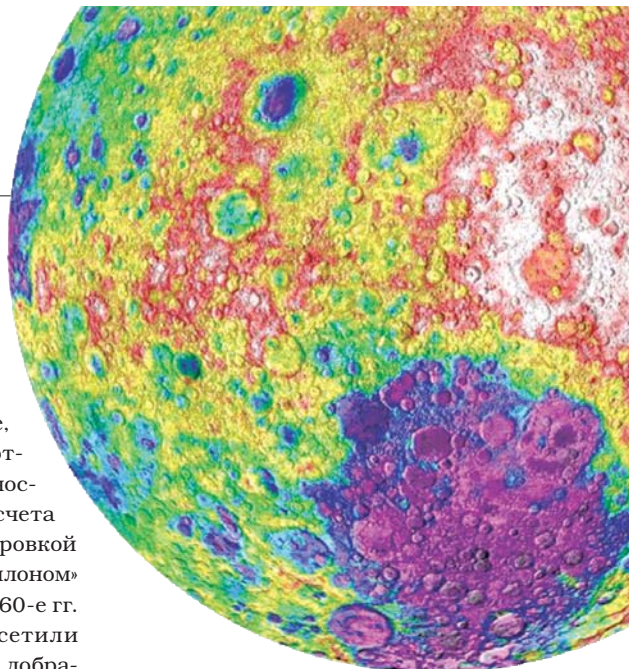
Как и зарождение жизни, формирование планет было сложным, многоступенчатым процессом. Юпитер был первым и затем управлял другими. Как долго шло это образование? Или он зародился в едином гравитационном сжатии, как малая звезда? Сформировался ли он вдали от Солнца и затем приблизился к нему, как об этом свидетельствует аномально высокое содержание в нем тяжелых элементов? И мог ли он при этом расталкивать на своем пути небольшие планеты? Спутник Юпитера «Юнона», который NASA собирается запустить в 2011 г., должен помочь ответить на эти вопросы.

Разобраться с формированием планет помогло бы и развитие идеи зонда «Стардаст», который в 2006 г. доставил образцы пыли из комы, окружающей твердое ядро кометы. По словам руководителя проекта Дональда Браунли (Donald Brownlee) из Вашингтонского университета, «Стардаст» показал, что кометы были колоссальными сборщиками вещества протосолнечной туманности на ранней стадии формирования Солнечной системы, которое застыло во льду и сохранилось до наших дней. «Стардаст» доставил замечательные пылинки из внутренней области Солнечной системы, из внесолнечных источников и, по-видимому, даже из разрушенных объектов типа Плутона, но их очень мало». JAXA планирует получить образцы из ядер комет.

Площадкой для астроархеологических исследований может стать и Луна. Она была своеобразным Розеттским камнем для понимания истории столкновений в молодой Солнечной системе, поскольку помогла связать относительный возраст поверхности, определенный путем подсчета кратеров, с абсолютной датировкой образцов, доставленных «Аполлоном» и российской «Луной». Но в 1960-е гг. посадочные аппараты посетили лишь несколько мест. Они не добрались до кратера Эйткин — бассейна величиной с континент на обратной стороне, возраст которого может



Зонд «Хаябуса», преодолевая технические проблемы, летит к Земле с образцом вещества астероида. Следующим шагом будет доставка образцов ядра кометы, которые необходимы специалистам для разгадки формирования планет



Кратер Эйткин (багровое пятно) на Луне диаметром 2500 км и глубиной 12 км считается самым большим в Солнечной системе. Чтобы понять события, происходившие на поздней стадии формирования планет, важно определить его возраст

указывать время окончания формирования планет. NASA сейчас решает вопрос о посылке туда робота, чтобы он взял образцы и доставил их на Землю.

Еще одна загадка Солнечной системы заключается в том, что астероиды Главного пояса, по-видимому, возникли до появления Марса, который, в свою очередь, сформировался раньше Земли. Похоже, что волна формирования планет шла внутрь, вероятно, спровоцированная Юпитером. Но вписывается ли Венера в эту закономерность? Ведь эта планета с ее кислотными облаками, огромным давлением и адской тем-



ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР?

Отношение исследователей к пилотируемым полетам в космос различается. Некоторые считают, что они несовместимы с научными задачами, а то и враждебны им. Другие думают, что полеты человека не только совместимы с наукой, но, по существу, это две стороны одной медали, имя которой — любознательность. А некоторые придерживаются той точки зрения, что людям все равно придется когда-нибудь покинуть нашу планету, хотя сейчас это делать, быть может, рановато.

Но при всем различии взглядов ученые единодушны в нескольких важных вопросах. Во-первых, хотя в космосе, на Луне и на Марсе космонавты могут проводить полезные исследования, стои-

мость пилотируемых экспедиций намного превышает их «научный выход». В будущем ситуация может измениться, когда исследования с помощью автоматов исчерпают свои возможности, но сейчас пилотируемые программы в первую очередь поддерживаются не научными, а иными соображениями. Глава NASA Майкл Гриффин прямо говорит, что программа Луна/Марс — не научная, несмотря на то что наука только выигрывает, участвуя в ней.

Во-вторых, космическому агентству необходимо соблюдать баланс между автоматическими и пилотируемыми полетами, т.к. цели этих двух направлений на сегодняшний день различны. В-третьих, свой вклад должны вно-

ситель как правительство, так и частные лица.

После прекращения полетов шаттлов и работы Международной космической станции околоземные орбиты могут быть отданы в основном частному сектору, что поставит NASA и другие агентства в сложную ситуацию.

Для большинства ученых космическая станция, во всяком случае, в ее нынешнем виде, не представляет интереса. Им любопытен Марс, а насчет Луны все еще продолжаются горячие дебаты.



пературой — не самое приятное место для посадки. В 2004 г. NRC рекомендовал забросить туда аэростат, который сможет на короткое время опуститься на поверхность, взять образцы, а затем набрать необходимую высоту, чтобы проанализировать их или отправить на Землю. В середине 1980-х гг. Советский Союз уже посылал на Венеру космические аппараты, а сейчас Российское космическое агентство планирует запуск нового спускаемого аппарата.

Изучение формирования планет в некоторой степени похоже на исследования происхождения жизни. Венера расположена на внутреннем краю зоны жизни, Марс — на внешнем, а Земля — посередине. Понять различие между этими планетами значит продвинуться в поисках жизни вне Солнечной системы.

ПЛАН ДЕЙСТВИЙ

■ Получить образцы вещества с ядер комет, Луны и Венеры.

5. За пределом Солнечной системы

Два года назад легендарные «Вояджеры» преодолели финансовый кризис. Когда NASA объявило, что собирается закрыть проект, протесты общественности вынудили их продолжить работу. Ничто из созданного руками человека не удалялось от нас настолько, как «Вояджер-1»: на 103 астрономических единицы (а.е.), т.е. в 103 раза дальше, чем Земля от Солнца, и каждый год к этому добавляется по 3,6 а.е. В 2002 или 2004 г. (по разным оценкам) он достиг загадочной многослойной границы Солнечной системы, где частицы солнечного ветра

сталкиваются с потоком межзвездного газа.

Но «Вояджеры» были созданы для изучения внешних планет, а не межзвездного пространства. Их плутониевые источники энергии иссякают. Уже давно в NASA думают создать специальный зонд, и доклад NRC по солнечной физике от 2004 г. советует агентству начать работу в данном направлении.

Зонд должен измерить содержание аминокислот в межзвездных частицах, чтобы определить, сколько сложного органического вещества попало в Солнечную систему извне. Ему также необходимо найти частицы антивещества, которые могли родиться в миниатюрных черных дырах или темном веществе. Он должен определить, как граница Солнечной системы отражает вещество, включая космические лучи, способные влиять на земной климат. Еще ему надо выяснить, присутствует ли в окружающем нас межзвездном пространстве магнитное поле, которое может играть важную роль в формировании звезд. Этот зонд можно использовать как миниатюрный космический телескоп для проведения космологических наблюдений, свободных от влияния межпланетной пыли. Он помог бы изучить так называемую аномалию «Пионеров» — необъяснимую силу, действующую на два далеких космических зон-

ДЕНЬГИ НУЖНЫ ДАЖЕ В КОСМОСЕ

Бюджет NASA — \$16,8 млрд, что составляет около 0,6% федерального бюджета. 3/5 этих средств идет на полеты человека в космос, 1/3 — на науку (межпланетные зонды и космические телескопы для исследования Вселенной), остальное — на аэронавтику.

Новая лунная программа NASA будет стоить около \$100 млрд в течение следующего десятилетия. Программа «Аполлон» оценивается примерно во столько же.

Деньги нашлись вследствие сокращения программ шаттлов и космической станции. Президент Дж. Буш отказался от своего обещания добавить несколько миллиардов и ускорил 20% сокращение бюджета научных программ. Многие проекты были урезаны или отменены.

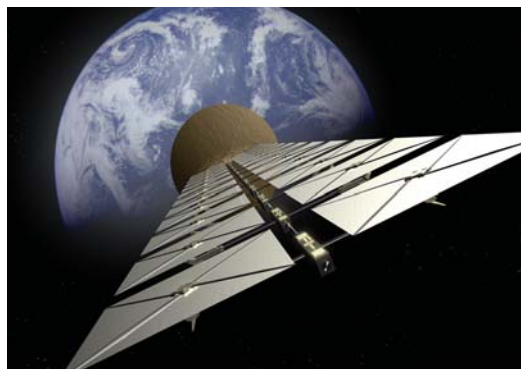
Глава NASA Майкл Гриффин считает, что бюджет Агентства с учетом инфляции позволит совершить посадку на Марс в конце 2030-х гг.

да «Пионер-10» и «Пионер-11», а также проверить общую теорию относительности Эйнштейна, указав, где гравитация Солнца собирает лучи света далеких источников в фокус. С его помощью можно было бы детально изучить одну из ближайших звезд, например эпсилон Эридана, хотя чтобы добраться туда, потребуются десятки тысяч лет.

Чтобы достичь небесного тела на расстоянии сотен астрономических единиц за время жизни ученого (и плутониевого источника энергии), нужно разогнаться до скорости 15 а.е. в год. Для этого можно использовать один из трех вариантов — тяжелый, средний или легкий, соответственно, с ионным двигателем, питающимся от ядерного реактора, либо солнечный парус.

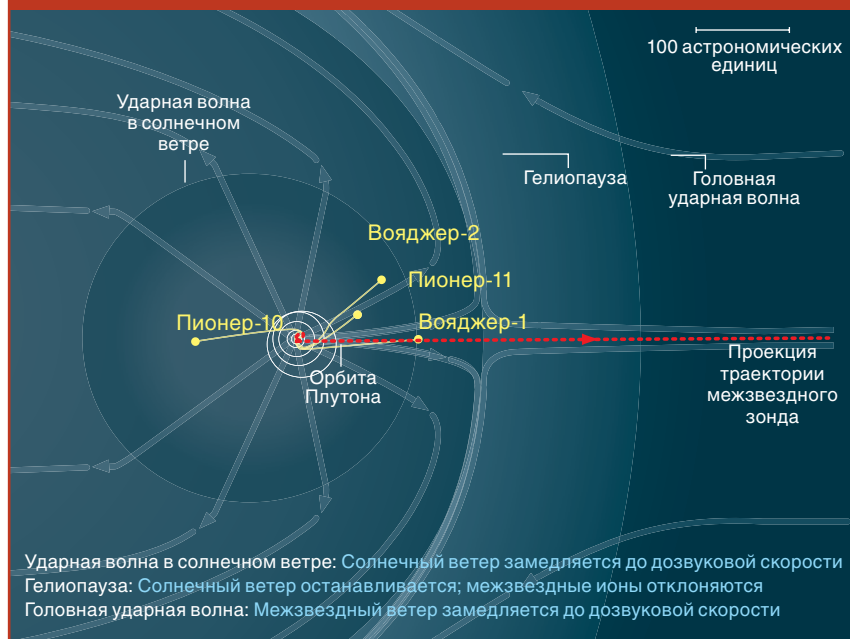
Тяжелый (36 т) и средний (1 т) зонды были разработаны в 2005 г. командами под руководством Томаса Цурбухена (Tomas Zurbuchen) из Мичиганского университета в Анн-Арборе и Ральфа Макнатта (Ralph McNutt) из Лаборатории прикладной физики Университета Джона Хопкинса. Но более приемлемым для запуска выглядит самый легкий вариант. ESA рассматривает сейчас предложение международной команды ученых под руководством Роберта Виммер-Швайнгрубера (Robert Wimmer-Schweingruber) из университета в Киле, Германия.

Солнечный парус — это огромное зеркало (как правило, из майлара), перехватывающее импульс солнечного света. Парус межзвездного зонда должен иметь плотность не более грамма на квадратный метр. Плотность нынешних парусов — 20 г/м², что инженеры считают возможным



ВНЕШНИЕ ГРАНИЦЫ

Межзвездный зонд должен исследовать приграничную область Солнечной системы, где газ, выброшенный Солнцем, встречается с межзвездным газом. Он должен иметь скорость, долговечность и оснащение, которых нет у «Вояджеров» и «Пионеров»



К этому проекту может присоединиться и NASA.

Солнечный парус диаметром 200 м сможет разогнать пятисоткилограммовый зонд. После запуска с Земли он должен устремиться к Солнцу и пройти как можно ближе к нему (внутри орбиты Меркурия), чтобы поймать мощный напор солнечного света. Как спортсмен-виндсерфист, космический корабль будет двигаться галсами. Перед орбитой Юпитера он должен сбросить парус и полететь свободно. Но прежде инженеры должны разработать достаточно легкий парус и испытать его в упрощенном варианте.

«Такой полет под эгидой ESA или NASA будет следующим логическим шагом в исследовании космоса», — считает Виммер-Швайнгрубер. На ближайшие 30 лет затраты на этот проект оцениваются в \$2 млрд. Исследование планет поможет нам понять, насколько Земля вписывается в общую схему, а изучение наших межзвездных окрестностей позволит выяснить то же самое в отношении всей Солнечной системы.

ПЛАН ДЕЙСТВИЙ

- Начать разработку и испытание технологий для межзвездного зонда.

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Текущее положение «Вояджеров» и «Пионеров»: <http://heavens-above.com/solar-escape.asp>
- Отчет NASA об астероидной опасности: <http://neo.jpl.nasa.gov/neo/report2007.html> и его критика: www.b612foundation.org/press/press.html
- Будущее NASA обсуждает его директор Майкл Гриффин: aviationweek.typepad.com/space/2007/03/human_space_exp.html
- Отчеты Национального исследовательского совета: www.nap.edu/catalog/11937.html (жизнь на Марсе), 11820.html (изучение Земли), 11644.html (бюджет науки), 11135.html (физика Солнца) и 11432.html (Солнечная система).



Кристоф Кох и Сьюзен Гринфилд

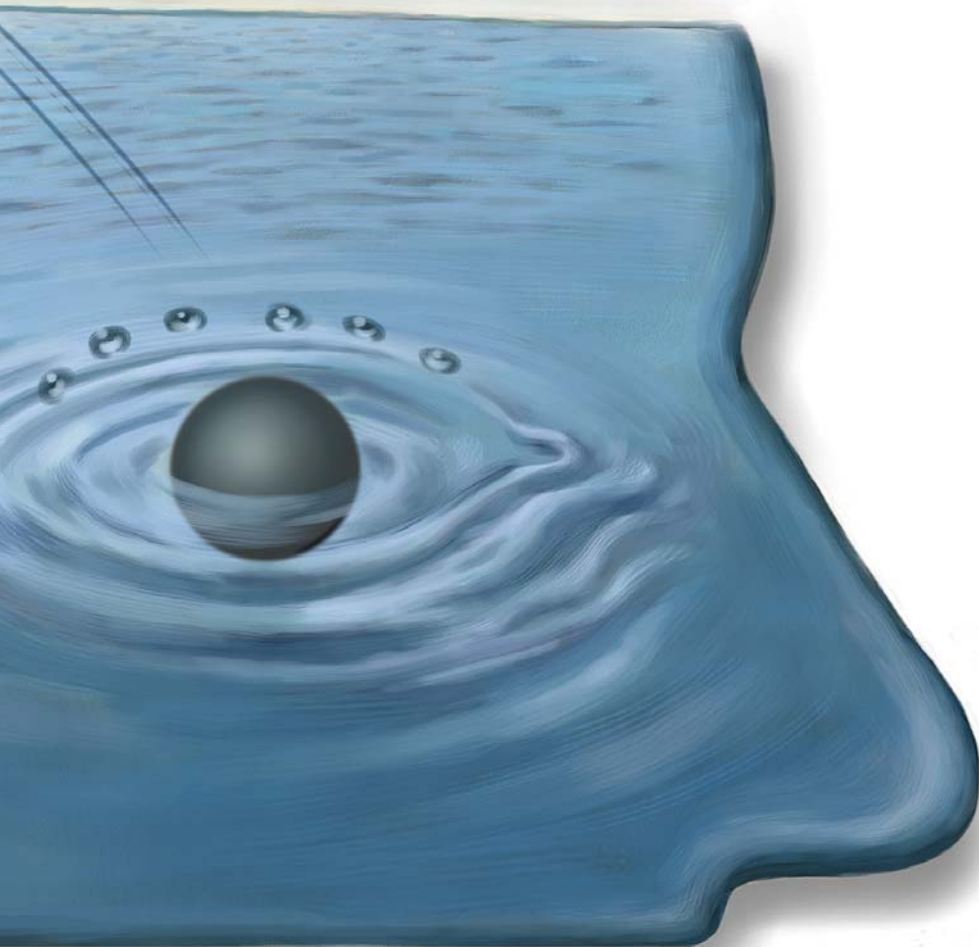
КАК РОЖДАЕТСЯ СОЗНАНИЕ?

Одной из главных
нерешенных
проблем в науке
остается вопрос
о возникновении
сознания

Для нас, нейрофизиологов, решение этой загадки стало целью всей жизни. В наших взглядах много общего, в том числе мы оба убеждены, что не существует единой проблемы сознания. На самом деле есть множество явлений, которые необходимо объяснить, в частности, самосознание (способность анализировать собственные желания и мысли), содержание сознания (что именно мы осознаем в каждый конкретный момент), и то, как процессы, происходящие в мозге, связаны с сознанием и с бессознательным.

Так где же искать ответы? Ученые пока не обладают достаточными

знаниями о внутренних процессах в мозге, чтобы точно сказать, как сознание возникает из электрической и химической активности нейронов. В качестве первого шага необходимо найти наилучшие нейронные корреляты сознания (НКС) — активность мозга, сочетающуюся с теми или иными явлениями сознания. Что происходит в нейронах мозга, когда мы осознаем, что видим собаку, или когда нам вдруг становится грустно? Мы оба стремимся найти нейронные события, соответствующие каждому субъективному переживанию. И здесь наши взгляды начинают расходиться.



Два ведущих нейробиолога Кристоф Кох и Сьюзен Гринфилд расходятся во мнении о том, какая активность в мозге соответствует субъективным явлениям

Разногласия относительно наилучших НКС возникли во время бурного научного спора, проходившего в Оксфордском университете летом 2006 г. при спонсорском участии Фонда наук о разуме в Сан-Антонио. С тех пор мы продолжаем изучать и оспаривать взгляды друг друга. При этом нас объединяет то, что наши суждения основываются на нейробиологии, а не являются умозрительными философскими построениями. Мы оба проанализировали значительный объем нейробиологических, клинических и психологических данных, на которых и построены наши аргументы.

ОБ АВТОРАХ

Кристоф Кох (Christof Koch) — профессор когнитивной и поведенческой биологии в Калифорнийском технологическом институте. На протяжении двух десятилетий преподает и проводит исследования нейробиологических основ зрительного внимания и памяти. Кох — большой поклонник пеших прогулок и скалолазания, покорил несколько известных вершин.

ЕГО ТЕОРИЯ: При каждом явлении сознания характерным образом разряжается уникальный набор нейронов в определенных областях мозга.

Сьюзен Гринфилд (Susan Greenfield) — профессор фармакологии в Оксфордском университете, директор Королевского института Великобритании и член Палаты лордов британского парламента. Ее исследования направлены на раскрытие непознанных мозговых механизмов, в том числе тех, которые лежат в основе нейродегенеративных заболеваний. Любимое времяпрепровождение — сквош и танцы.

ЕЕ ТЕОРИЯ: При каждом явлении сознания нейроны из разных областей мозга синхронизируются в координированные ансамбли, которые быстро распадаются.

Кристоф Кох:

«Специализированные группы нейронов отвечают за различные аспекты сознания»

В настоящее время мы занимаемся поиском наиболее адекватных нейронных коррелятов сознания. Если мы найдем правильные НКС, то сможем понять и рождение сознания.

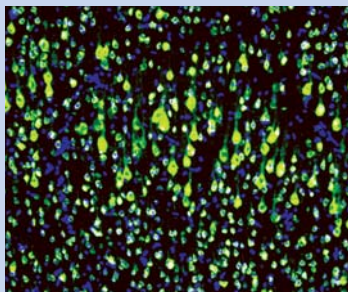
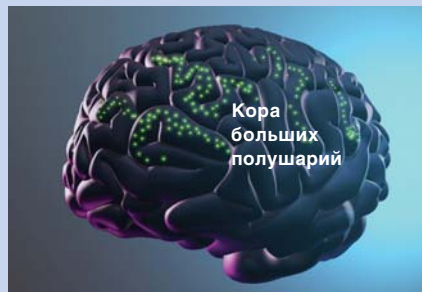
Я считаю, что каждый сознательный результат восприятия (т.е. то, как в мозге отображаются стимулы, воздействующие на органы чувств) связан с конкретным объединением нейронов, функционирующим определенным образом. Существует один уникальный нейронный коррелят сознания для восприятия красного пятна, другой — для восприятия своей бабушки (ссылка на теорию гностических нейронов Ю. Конорского; «нейрон бабушки» — нарицательное понятие. — Прим. пер.), третий — для состояния гнева. Блокировка любого нейронного коррелята сознания изменит связанное с ним восприятие или приведет к его исчезновению.

В физиологическом плане вероятным субстратом НКС служат объединения пирамидных нейронов коры больших полушарий — разновидности нервных клеток, соединенных между собой связями на значительном удалении друг

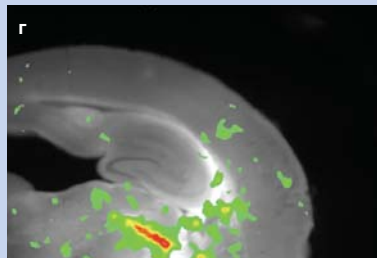
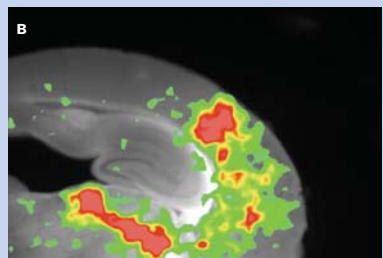
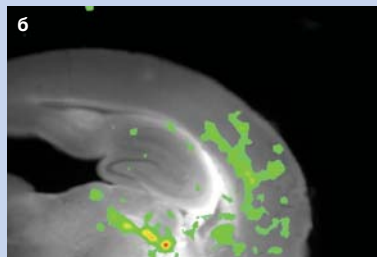
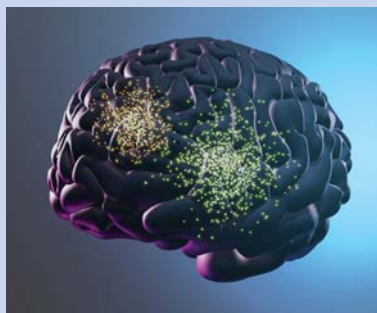
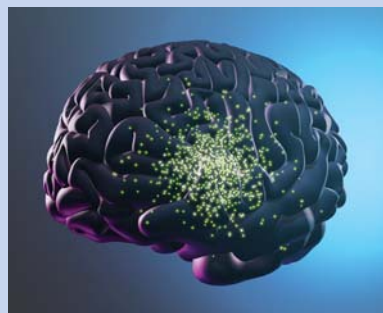
СОЗНАНИЕ ПОЛУЧАЕТ ОБЪЯСНЕНИЕ

Что происходит в нашем мозге, когда мы видим собаку, слышим голос, или нам вдруг становится грустно?

МОДЕЛЬ КОХА. Объединение пирамидных нейронов, соединяющее переднюю и заднюю области коры больших полушарий, разряжается уникальным образом. Разные объединения соответствуют различным стимулам (слева). В коре больших полушарий мозга мыши (справа) эти пирамидные клетки (зеленые) лежат в пятом слое и окружены глиальными клетками (голубые)



МОДЕЛЬ ГРИНФИЛД. Нейроны из разных областей мозга разряжаются синхронно (зеленые) и доминируют до тех пор, пока другой стимул не вызывает появление нового ансамбля (показан оранжевым). Ежемоментно под влиянием входящих сигналов образуются и распадаются различные ансамбли. В коре мозга крысы (внизу) ансамбль формируется (а, б), достигает максимума (в), затем исчезает (г) за 0,35 с от момента электрической стимуляции таламуса



от друга. Вероятно, для таких групп требуется всего миллион нейронов из 50—100 млрд, содержащихся в нашей голове. Объединение тянется от коры на задней стороне полушарий, где начинается обработка зрительных стимулов, до передней стороны, выполняющей такие исполнительные функции, как анализ причинно-следственных связей и планирование действий. Если я, например, посмотрю на Сьюзен (обращаю внимание на ее образ, проецирующийся на мою сетчатку), то это повысит силу или синхронность активности данной группы нейронов. Объединение способно само себя поддерживать и подавлять конкурирующие объединения, передавая возбуждающие сигналы между входящими в него нейронами. Если вдруг кто-нибудь позовет меня по имени, то в коре образуется другое нейронное объединение. Оно установит двустороннюю связь с передней частью мозга и направит мое внимание на голос, подавляя существовавшее до того объединение, представлявшее лицо Сьюзен, которое теперь исчезнет из моего сознания.

Одна из универсальных истин в биологии заключается в том, что для выполнения тех или иных необходимых функций у организмов развиваются соответствующие приспособления. Это правило в полной мере относится и к мозгу. Нервные клетки приобрели множество форм и функций, а вместе с ними и различные способы соединения. Такая неоднородность отражается и в нейронах, образующих НКС. И здесь наши взгляды с Сьюзен сильно расходятся. По моему мнению, сознание — это не некоторое целостное свойство большого количества разряжающихся нейронов, которые омываются раствором нейромедиаторов, как считает она. Я утверждаю, что конкретные группы нейронов опосредуют или даже генерируют различные явления сознания.

И поскольку нейробиологи получают все больше возможностей для тонкого воздействия на по-

пуляции нейронов, мы вскоре сможем перейти от наблюдения того, что определенное состояние сознания связано с конкретной нейронной активностью, к выявлению причинно-следственных связей, т.е. констатации того, что определенная популяция отчасти или целиком отвечает за состояние сознания.

Но как определить, какая именно группа нейронов и какая активность в ней составляют осознаваемое восприятие? Вовлекают ли НКС все пирамидные нейроны коры в каждый данный момент времени? Или же они задействуют лишь подгруппу клеток с дальними проекциями, которые осуществляют взаимодействие между лобными долями и сенсорными областями в задней части мозга? Может быть, они вовлекают нейроны отовсюду при условии, что те разряжаются синхронно?

Большая часть исследований НКС была направлена на изучение зрения. Психологи отработали методики, позволяющие прятать объекты от нашего сознательного восприятия. Один из примеров такого явления был продемонстрирован мной в 2005 г. Восприятие небольшого неподвижного изображения, проецирующегося в один глаз (например, нечеткого очертания лица серого цвета), полностью подавляется, если в другой глаз передавать череду непрерывно меняющихся цветковых пятен. Несмотря на то что в ответ на стимуляцию левого глаза в зрительной коре интенсивно разряжается огромное количество нейронов, они не находят выхода в сознание. Данный результат трудно объяснить с позиции Сьюзен, согласно которой когерентный ряд больших групп нейронов и есть коррелят сознания. Различные зрительные иллюзии такого рода используются для поиска НКС в мозге обезьян и людей.

Вместе с коллегами я выдвинул несколько предположений о работе сознания, основанных на экспериментальных результатах. Одно из них состоит в том, что НКС включают в себя пирамидные нейроны- ➤

ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Почему звук будильника приводит в сознание спящего человека, находившегося в бессознательном состоянии?



ТОЧКА ЗРЕНИЯ КОХА. Нейроны в одной области ствола мозга, называемой голубым пятном, реагируют на резкое интенсивное воздействие, распространяющееся по слуховому нерву. Они немедленно вступают в действие, передавая свой химический сигнал в таламус и кору больших полушарий. Нейроны еще одной области выделяют ацетилхолин. В результате кора больших полушарий и связанные с ней структуры переходят в состояние бодрствования. После этого на основе возвратных связей устанавливается стабильное объединение широко распределенной, но тесно взаимосвязанной группы нейронов слуховой коры, передней части мозга и медиальных височных областей, обеспечивающих планирование и память. Эти события занимают всего долю секунды и заставляют нас проснуться от звука будильника.

ТОЧКА ЗРЕНИЯ ГРИНФИЛД. Любой сильный сенсорный стимул, например яркий свет, индуцирует сознание, так что никакая конкретная область не может быть ответственна за наше пробуждение. Звук будильника приводит в сознание не по причине качества самого стимула (в данном случае слухового), а из-за своего количества (громкость). Уровень сознания зависит от размеров короткоживущих нейронных ансамблей, а размер ансамбля в каждый данный момент определяется тем, насколько нейроны готовы к кратковременной синхронизации. Одним из ключевых факторов является сила сенсорной стимуляции, действующая подобно брошенному в пруд камню. Чем громче звук (или ярче свет), тем с большей вероятностью он сможет вовлечь обширный ансамбль нейронов, а чем больше ансамбль, тем скорее вы проснетесь

ны, стратегически расположенные в выходной зоне коры больших полушарий — в ее пятом слое. Эти клетки посылают сигналы и принимают сильные возбудительные входы от пирамидных нейронов в других областях коры. Такая организация создает петлю положительной обратной связи, позволяющей обрывать существование до тех пор, пока его не выключит другое формирующееся объединение. Разряд таких групп продолжается в течение долей секунды, что более соответствует временной шкале сознания, чем разряд одиночных нейронов.

Сознание рождается из качественных, а не количественных различий в нейронных объединениях

Недавно группы исследователей из Школы медицины Маунт-Синай Колумбийского университета и Психиатрического института штата Нью-Йорк под руководством Стюарта Сидфона (Stuart C. Sealfon) и Джея Гингрича (Jay A. Gingrich) продемонстрировали на генетически модифицированных мышах, что галлюциногены — такие как ЛСД, псилоцибин (содержащийся в грибах) и мескалин — действуют на определенный тип молекул, называемых серотониновыми рецепторами, которые обнаруживаются на пирамидных клетках, сгруппированных в пятом слое. Гипотезу, согласно которой влияние галлюциногенов на сознание происходит по причине активации одного типа рецепторов, располагающихся на конкретной группе нейронов, можно далее протестировать с помощью молекулярных инструментов, которые позволят включать и выключать пирамидные нейроны пятого слоя до тех пор, пока не будет точно выявлена вовлеченная группа нейронов.

Второе предположение относительно того, что НКС лежат в основе сознания, касается ограды — уплощенной структуры, располагающейся под корой больших полушарий.

Нейроны этой структуры получают входы практически от всех областей коры и проецируются обратно. Видимо, ограда расположена идеально для того, чтобы объединять активность сенсорных областей коры в целостное восприятие.

Для дальнейшего развития этих идей нейрофизиологи должны изучить электрическую активность большого количества нейронов в различных местах мозга. Предварительные попытки подтверждают, что конкретные группы нейронов выражают отдельные разновидности восприятия, составляющие наши ежедневные впечатления.

Однако из вышесказанного вовсе не следует, что один, 100 или даже миллион нейронов, выращенных в чашке Петри, могут обладать сознанием. Нейроны входят в состав обширных сетей и способны генерировать сознание лишь в данном контексте. Полезно провести такую аналогию: несмотря на то что молекулы ДНК кодируют состав белков нашего тела, для синтеза белка необходимо множество других молекул.

Разницу в содержании сознания грудных детей, взрослых людей и животных можно объяснить различиями в свойствах возникающих у них нейронных объединений. Существование каждого объединения зависит от систем пробуждения в стволе мозга и в таламусе (передающем сенсорные входы в кору), которые постоянно находятся в активном состоянии и снабжают кору нейромедиаторами и другими веществами. Если системы пробуждения молчат, то никакие устойчивые объединения нейронов не возникают, и человек находится без сознания. Так происходит и во время глубокого сна, и под действием наркотика.

Несмотря на то что модель нейронных объединений можно ис-

следовать в физиологических экспериментах, существует разумное возражение, что она не является теорией, базирующейся на наборе конкретных положений — т.е. не способна предсказать, какая система станет обладать сознанием. Нейрофизиологии же необходима такая теория, которая сможет предугадать на основе физических измерений, какие из следующих организмов имеют сознание: дрозофила, собака, человеческий плод через пять месяцев после зачатия, пациент с тяжелой болезнью Альцгеймера, Всемирная паутина и т.п.

Некоторые специалисты, включая Джулио Тонони (Giulio Tononi) из Висконсинского университета в Мэдисоне, работают над подобными концепциями. Однако мы еще столь невежественны в отношении работы мозга, что нам остается лишь строить предположения. Нужны конкретные гипотезы, которые можно было бы проверить с помощью современных технологий.

Мое объяснение в своей основе сводится к тому, что сознание рождается из качественных, а не из количественных различий в нейронных объединениях. Значение имеет не число вовлеченных нейронов, как настаивает Сьюзен, а информационная структура, которую они представляют. Для каждого конкретного восприятия необходима определенная сеть нейронов, а не случайный набор активирующихся нейронов. Более того, для обеспечения полноценного сознания объединения нейронов должны включать как сенсорные представления в задней части коры, так и лобные структуры, вовлеченные в память, планирование и речь. Мозг работает не за счет своей массы, а в силу того, что нейроны соединены чрезвычайно специфичным и индивидуальным образом. Закономерности их соединения отражают всю аккумулированную информацию, которую организм приобрел в результате обучения в течение всей своей жизни, а также генетическую память предков.

Сьюзен Гринфилд:

«Сознание рождается при количественном усилении целостного функционирования мозга»

Если нейронные корреляты сознания являются всего лишь рядом одних нейронов, а не других, как предполагает Кристоф Кох, то сознание находится в самих нейронах. Однако Кристоф не дает никакого объяснения тому, какими качественными свойствами они должны обладать. Более того, если даже миллион нейронов не может породить сознание, не являясь частью «обширных сетей», тогда основная нагрузка в идентификации НКС переносится на то, чтобы их выявить. Пытаясь обнаружить различные формы сознания в конкретных связях в мозге, Кристоф привязывает различные функции к конкретным областям мозга. Не следует забывать, что многие животные, в том числе птицы, не имеют коры больших полушарий, однако считается, что сознанием они обладают.

На мой взгляд, сознание нельзя разделить на различные параллельные явления. Действительно, мы знаем, что зрительная стимуляция может повлиять на то, как мы слышим, и наоборот. Слияние компонентов сенсориума опровергает такие концепции, как изолированное зрительное сознание. Еще важнее то, что мы можем быть как в сознании, так и без него. В лаборатории Кристофа испытуемые находятся в сознании на протяжении всего эксперимента, следовательно, манипуляции производятся не с самим сознанием, а с его содержанием. Любой полученный результат таких испытаний будет, по сути, попыткой ответить совсем на другой вопрос: «Что такое внимание?». Он, безусловно, правомерен, однако отличается от вопроса «Что такое сознание?». Я настаиваю, что для выявления лучших НКС мы должны найти различия между сознательным и бессознательным состояниями.

Я считаю, что не существует никакого внутреннего волшебного

ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Как действует наркоз?



КОХ: Современные анестезиологи используют широкий спектр разнообразных веществ, отключающих сознание. Раньше ученые полагали, что анестетики взаимодействуют с липидами в клеточных мембранах нейронов. Теперь мы знаем, что данные соединения воздействуют на различные нейрональные процессы, связываясь с определенными мембранными белками. При этом не существует единого механизма, выключающего сознание. Одна из наиболее важных причин этого явления заключается в том, что наркоз усиливает синаптическое торможение или ослабляет синаптическое возбуждение в больших областях мозга. Активность отключается не полностью, однако способность групп нейронов образовывать устойчивые объединения сильно нарушается. Когда нейроны, представляющие передние и задние области коры больших полушарий, оказываются неспособными установить синхронизированную коммуникацию, сознание исчезает.

ГРИНФИЛД: Анестетики не выключают какую-либо конкретную область мозга, они подавляют нейронную активность во всем мозге. Следовательно, анестетики достигают своего эффекта, изменяя нейронные ансамбли. По мере того как уменьшается размер нейронных ансамблей, они снижают уровень сознания вплоть до его исчезновения. Этот сценарий также объясняет различие уровней сознания, сменяющих друг друга по мере того, как начинает действовать наркоз. Люди, в мозге которых недостаточно функционируют нервные связи и, следовательно, образуются слишком маленькие ансамбли, часто демонстрируют сильные эмоции и отсутствие здравого смысла. Ровным счетом то же самое наблюдается у пациентов в начале действия наркоза.

свойства, присущего каким-либо областям мозга или группам нейронов, отвечающим за сознание. Нам надо выявить некоторый процесс

в мозге; и для того, чтобы он был истинным коррелятом сознания, он должен объяснять множество явлений, с которыми мы регулярно ▶

ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Чем объясняется субъективная разница между сном и бодрствованием?



КОХ: Во время фазы сна с быстрыми движениями глаз закономерности распределения активности по областям мозга сильно отличаются от того, что наблюдается при бодрствовании. В частности, лимбическая система (система эмоций и памяти) очень активна, однако области лобных долей, участвующие в рациональном мышлении, подавлены. Объединения нейронов возникают как во время сна, так и во время бодрствования, однако они включают в себя нейроны из разных частей мозга. Во время бодрствования объединения могут включать значительно больше нейронов в префронтальной коре, где на восприятие накладывается логика и причинно-следственные связи, однако такая активность резко снижается во время сна. Именно этим объясняется причудливость и выраженная эмоциональная окраска сновидений.

ГРИНФИЛД: Сновидения связаны с ансамблями нейронов значительно меньшего размера, чем во время бодрствования. Размер ансамблей ограничен, т.к. нет сильных сенсорных стимулов, привлекающих большие количества нейронов. Следовательно, кратковременное вовлечение нейронов во время сна обусловлено только лишь реакциями на собственную спонтанную мозговую активность. И поскольку ансамбли не запускаются естественной по-следовательностью событий внешнего мира, то взаимосвязи между сменяющимися друг друга ансамблями делают хаотичными или вообще отсутствуют, в результате сновидения становятся случайным набором образов или событий. Отсутствие обширных действующих нервных связей также объясняет очевидное отсутствие самоконтроля, характеризующего в норме наше бодрствующее сознание.

сталкиваемся, например пробуждение от будильника, действие наркоза, сон и бодрствование, самосознание, разница между сознанием человека и животного.

Но где же ключ к нейронным механизмам этого процесса? Немецкий нейрофизиолог Вольф Зингер (Wolf Singer) продемонстрировал, что огромная популяция нейронов в таламусе и коре больших полушарий на некоторое время начинает синхронно разряжаться на частоте 40 раз в секунду. Но поскольку такая же активность может возникнуть в живой ткани, выращенной в чашке Петри, для возникновения сознания необходимо какое-то дополнительное условие.

Нейрофизиолог Родольфо Ллинас (Rodolfo Llinas) из Медицинского центра Нью-Йоркского университета недавно предположил, что координированный кратковременный разряд устанавливает две взаимодополняющие петли между таламусом и корой больших полушарий, которые обеспечивают сознание. Это «специфическая» система, связанная с содержанием сознания, и «неспецифическая», связанная с системой пробуждения и поддержания уровня бодрствования. Такая логика позволяет объяснить, почему сильный сенсорный вход от звука будильника полностью включает сознание. Более того, модель Ллинаса проводит различие между сознанием сновидений и бодрствования. Во время сновидений не существует сенсорного входа, поддерживающего петлю бодрствования, поэтому функционирует лишь петля содержания сознания.

Основная проблема состоит в том, что в модели, разработанной Ллинасом, сознание рассматривается как состояние, возникающее по закону «все или ничего». Она не способна учесть, как в мозге происходят приливы и отливы непрерывно меняющегося сознания. Я склоняюсь к альтернативному объяснению. На протяжении более чем десяти лет ученые знают, что активность десятков миллионов нейронов может синхронизироваться на не-

сколько сотен миллисекунд, а затем менее чем за секунду синхронизация распадется. Такие «ансамбли» клеток со скоординированной активностью способны непрерывно видоизменяться, причем пространственная и временная шкала этого процесса как раз подходит для череды впечатлений сознания, происходящих «здесь и сейчас». Широко распределенные сети нейронов собираются, разъединяются и вновь соединяются в ансамбли. Согласно моей модели, уровень сознания постоянно меняется, и количество активных нейронов коррелирует с уровнем сознания в каждый данный момент времени.

Такой нейронный коррелят сознания — кратковременный ансамбль — удовлетворяет всему перечню перечисленных выше явлений. Действие звука будильника объясняется тем, что сильнейший сенсорный вход включает мощный синхронный ансамбль. Сновидения и бодрствование различаются, поскольку сны являются результатом работы маленьких ансамблей, иницируемых слабыми внутренними стимулами, в то время как в основе бодрствования лежат большие ансамбли, поддерживаемые более сильными внешними стимулами. Наркоз уменьшает размер ансамблей, и тем самым отключает сознание. Самосознание может возникнуть только в том случае, если мозг достаточно велик и обладает значительным количеством внутренних связей, чтобы могли образовываться обширные нейронные сети. Степень сознания животного или человеческого плода также зависит от размеров ансамблей.

Заметьте, что и Кристоф, и я ищем корреляцию — способ показать, как соотносятся мозговые явления и субъективные впечатления, однако не стремимся выявить промежуточное звено — как именно одно превращается в другое. Нервные ансамбли не «создают» сознание, они служат указателями его уровня. Поскольку размер ансамбля и соответствующая ему степень сознания зависят от большого коли-

чества физиологических факторов (количества связей, силы стимула и конкуренции), каждым из них можно управлять в эксперименте. Способность ансамблевой модели генерировать фальсифицируемые гипотезы и объяснять целый ряд феноменов, связанных с сознанием, делает ее особенно убедительной.

Однако решающие тесты на людях придется отложить до появления более совершенных нейн-вазивных методов визуализации с миллисекундным разрешением, соответствующим временной шкале образования и распада нейронных ансамблей. Когда появятся подобные технологии, мы сможем наблюдать ансамбли, коррелирующие с такими субъективными явлениями, как, например, невралгическая боль, депрессия и шизофрения.

Нет никакой необходимости в наличии «центра» для любой функции мозга, а в особенности для сознания

Тем не менее, исследователи уже наблюдали ансамблевую модель в действии. В 2006 г. Тоби Коллинз (Toby Collins) и другие сотрудники моей группы в Оксфорде показали на крысах, что образование, активность и длительность существования ансамблей избирательно коррелируют с действием веществ, вызывающих наркоз. Еще не опубликованные результаты исследований, проведенных в моей лаборатории, показывают, что количество нейронов, активных в составе ансамблей в сенсорных областях коры крыс, отражает глубину наркоза. Недавно мы продемонстрировали, что у грызунов ансамбли в зрительной и слуховой коре могут служить хорошей основой для разделения субъективного зрительного и слухового восприятия.

Можно возразить, что ансамблевая модель никак не привязана к пространству. Однако часто мы уделяем слишком много внимания самой локализации. Нет никакой необходимости в наличии «центра»

для любой функции мозга, а в особенности для сознания.

Мне кажется более правдоподобным, что множество областей мозга, создавая короткоживущие ансамбли, объединяются в некотором многомерном пространственно-временном континууме. Сложность заключается в том, что мы не можем описать это многомерное пространство с помощью имеющихся в нашем распоряжении методов. Возможно, когда-нибудь и удастся создать его математическую модель.

И, наконец, проблема, касающаяся самого базового уровня НКС — каким образом эти модели могут быть использованы для определения того, как физиологические события в мозге превращаются в то, что мы воспринимаем как сознание. И мы не сможем искать решение до

тех пор, пока не будем знать, какие доказательства нас удовлетворят: томограмма мозга, поведение крысы, сконструированный робот или же выведенная формула? ■

Перевод: Б.В. Чернышев

В редакции журнала «В мире науки» можно приобрести CD-диск «Мозг и сознание». Подробности по тел.: 105-03-72

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Private Life of the Brain. Susan Greenfield. John Wiley & Sons, 2000.
- A Framework for Consciousness. Francis Crick and Christof Koch in Nature Neuroscience, Vol. 6, pages 119–126; February 2003.
- The Quest for Consciousness: A Neurobiological Approach. Christof Koch. Roberts & Company Publishers, 2004.
- A Neuroscientific Approach to Consciousness. Susan A. Greenfield and T.F.T. Collins in Progress in Brain Research, Vol. 150, pages 11–23; 2005.



Дэвид Ошалом, Рональд Хэнсон и Райан Эпстейн

АЛМАЗЫ ДЛЯ СПИНТРОНИКИ

Алмаз обладает целым рядом уникальных свойств: сверхтвердостью, самой высокой теплопроводностью и прозрачностью для ультрафиолетового света. Уже разработаны методы выращивания высокочистых монокристаллов синтетических алмазов с введением нужных примесей (легированием), что делает их весьма перспективным материалом для использования в электронике. Чистый алмаз — диэлектрик, но после легирования он может стать полупроводником с исключительными свойствами. Его можно использовать для изготовления ультрафиолетовых светодиодов и оптики, а также в мощной микроволновой электронике. Но есть еще одна область применения алмаза — квантовая спинтроника. Результатом исследований в этой области может стать создание квантового компьютера, способного решать задачи, непосильные для обычных компьютеров.

Спинтроника — новейшее направление электроники, в котором рассматривается не только электрический заряд электронов (как в обычной электронике), но и спин — свойство, благодаря которому электроны ведут себя как крошечные стержневые магниты. Ваш компьютер, возможно, уже содержит первое и самое простое спинтронное устройство: с 1998 г. в считывающих головках накопителей на жестких дисках используется эффект так называемого гигантского магнетосопротивления, позволяющий обнаруживать микроскопические магнитные домены на диске, хранящие единицы и нули данных.

Еще одно спинтронное устройство, которое появится в компьютерах в недалеком будущем, — магниторезистивная память с произвольным доступом (MRAM). Как и в накопителях на жестких дисках, MRAM хранит информацию как намагничивание и поэтому энергонезависима (т.е. данные в ней не теряются при выключении питания уст-

ройства). Считывание производится электрическим путем, точно так же, как в любых других накопителях с хранением заряда. Благодаря *Free-scale Semiconductor*, отделению фирмы *Motorola*, в 2006 г. в продажу поступили первые MRAM.

Использование в компьютерах энергонезависимых чипов памяти поможет избежать трудоемкой перезагрузки программ с жесткого диска при каждом включении. Через доли секунды компьютер с чипом может продолжить работу с того места, на котором его прервали (подобно современному карманному компьютеру), т.к. все необходимые программы и данные будут сохраняться в чипе.

Более продвинутые методы спинтроники, которые находятся на ранних стадиях исследования, например «спиновые» транзисторы, использующие спин для управления током, можно было бы применить при создании компьютерных микросхем с динамическим изменением конфигурации логических схем.

Возможно, когда-нибудь будут созданы квантовые компьютеры, работающие при комнатной температуре, незаменимыми элементами которых будут устройства, использующие спин электронов и алмазы

Квантовая электроника

Устройства типа считывающих головок и чипов MRAM представляют один класс спинтроники. Здесь спины большого числа электронов выстроены в одном направлении (как игрушечные волчки, вращающиеся в одну сторону). Эти так называемые электроны с поляризованным спином обычно проходят через некоторую часть устройства, образуя спиновый ток, напоминающий поляризованный пучок света. За последние годы исследователи сделали несколько открытий в этой области, включая способы создания и управления поляризацией спина в полупроводниках, когда для создания магнитного поля не требуются магнитные материалы или относительно большие обмотки. В частности, и наша, и другие группы обнаружили весьма потенциально полезное явление, названное спиновым эффектом Холла (врезка справа на стр. 57).

Значительно дальше от практического применения находится пока

второй класс, квантовая спинтроника, в которой применяется манипулирование индивидуальными электронами для использования квантовых свойств спина. Квантовая спинтроника может дать практический способ выполнения квантовой обработки информации, при которой нули и единицы обычных вычислений заменяются на квантовые биты, или кубиты, способные одновременно иметь значения 0 и 1 (такое состояние называют квантовой суперпозицией) (см.: Нильсен М. *Правила для сложного квантового мира* // ВМН, № 3, 2003).

В квантовых компьютерах, если их можно было бы создать, суперпозиции кубитов использовались бы для выполнения своего рода параллельной обработки данных, чрезвычайно эффективной для решения определенных задач, например поиска в базах данных или разложения больших чисел на множители. Такая технология представляет определенную угрозу для безопасности, так как современные шифровальные коды, широко использующиеся в том числе при защищенной связи через Интернет, стали бы ненадежными. Любой человек, имеющий доступ к квантовому компьютеру, был бы в состоянии при желании расшифровать любые секретные сообщения.

Возможно, самой перспективной областью применения будущего квантового компьютера могло бы стать моделирование других квантовых систем — задача, недоступная для современных компьютеров. Понять, как ведут себя вещества в нанометровых масштабах, позволит квантовое моделирование. В дальнейшем это приведет к новым

открытиям в физике, химии, материаловедении и биологии.

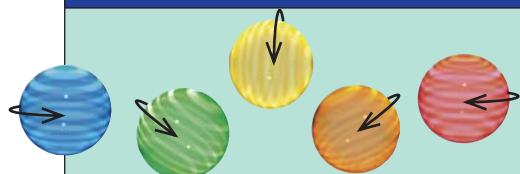
Столь захватывающая перспектива дала старт международной гонке за первенство в разработке самой подходящей системы для хранения и обработки квантовой информации. Возможно, на сегодняшний день наиболее продвинутые квантовые устройства обработки информации — спины ионов, удерживаемых в электромагнитных ловушках. Но подобные системы имеют свои недостатки, они требуют сверхвысокого вакуума, сложного устройства для удержания индивидуальных частиц и изоляции их от возмущений. Разработка чипов с большим количеством таких ловушек — задача сложная. Напротив, кубиты, которые располагаются непосредственно на твердой подложке, могли бы дать разработчикам возможность использовать многолетний опыт изготовления полупроводниковых чипов.

И все же у исследователей, надеющихся осуществить квантовые вычисления на основе твердого тела, еще осталось немало вопросов. Можно ли индивидуально менять направление движения спинов и их знак? Могут ли ученые придумать (найти или подобрать) подходящие взаимодействия, чтобы надежные квантовые логические клапаны стали реальностью? Могут ли спины в твердых телах сохранять квантовую информацию настолько долго, чтобы стало возможным выполнить достаточное число полезных операций над этой информацией? За последние несколько лет на все эти вопросы были получены положительные ответы. Удивительно, что одним из самых многообеща-

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

- Электроны обладают как зарядом, так и спином, но только в устройствах спинтроники оба свойства используются одновременно, что открывает совершенно новые возможности.
- Уже сегодня спинтроника дает нам считывающие головки для дисководов и энергонезависимые чипы памяти и, возможно, завтра — мгновенно включающиеся компьютеры на чипах с динамически меняющейся конфигурацией.
- Синтетический алмаз-полупроводник в грядущую эру квантовой спинтроники может сыграть роль кремния наших дней, что позволит, быть может, управлять отдельными спинами, построить квантовые компьютеры и другие квантовые информационные устройства

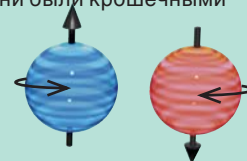
СПИН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ



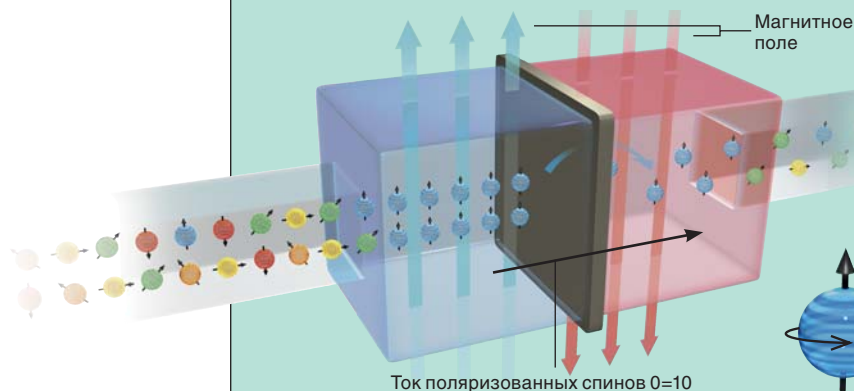
ЧТО ТАКОЕ СПИН?

Кроме массы и электрического заряда, электроны имеют присущий им угловой момент, называемый спином, почти так, как если бы они были крошечными вращающимися волчками.

Ученые изображают спин как вектор. Для сферы, вращающейся с «запада на восток», вектор указывает «на север», или вверх. При вращении в противоположном направлении вектор указывает вниз.



Магнитный туннельный переход



ДВА ВИДА СПИНТРОНИКИ

В первом классе устройств спинтроники используются электрические токи поляризованных спинов, в которых спины электронов направлены в одну сторону. В самых первых из этих устройств, таких как магнитный туннельный переход (слева), для поляризации электронов используются магнитные поля, и такие устройства уже можно купить.

Во втором классе производится управление индивидуальными электронами, которые используются, чтобы представлять квантовые биты (кубиты) и производить квантовую обработку информации. Если спин, направленный «вверх», соответствует 1, а «вниз» — 0, то наклоненный спин электрона — квантовая суперпозиция 0 и 1. Эти устройства (в том числе и на основе алмаза) пока остаются только экспериментальными.



ющих материалов для работы со спинами оказался алмаз.

Блеск алмазов

Алмазы, используемые в наших экспериментах, сильно отличаются от сверкающих драгоценных камней в ювелирных изделиях. Недавние достижения в материаловедении позволяют синтезировать тонкие алмазные пленки толщиной в несколько сотен нанометров и площадью во много квадратных сантиметров, что достигается химическим осаждением из газовой фазы. Суть процесса заключается в том, что газ, состоящий из смеси углеродсодержащих молекул (часто это метан) и водорода, разлагается на отдельные атомы (мощным микроволновым излучением), позволяя атомам углерода осажаться на кремниевой подложке.

Полученные таким способом алмазы могут быть очень чистыми, но часто они представляют собой множество мелких кристаллов, или зерен, с размерами в пределах от нанометров до микронов, в зависимости от технологии. Устройства с лучшими характеристиками получаются обычно при использовании монокристаллического алмаза, в котором характерная тетраэдрическая решетка углеродных атомов не нарушается беспорядочными границами зерен, ухудшающими качество материала. Возможность придавать алмазу множество форм, вероятно, сильно повлияет и на обычную, и на квантовую электронику.

Важнейшее свойство алмаза для квантовой электроники — это большая энергия, необходимая для выбивания электрона из связанного со-

стояния, чтобы он мог участвовать в создании тока через материал. Физики изображают состояния электронов в твердом теле как полосы (зоны) с различной энергией, образующие лестницу с неравными расстояниями между ступеньками. Для полупроводников существуют две главные зоны — валентная, самая верхняя, заполненная электронами, и пустая зона проводимости, расположенная прямо над валентной, в которой электроны могут течь свободно. Энергетический зазор («запрещенная зона»), или щель между этими двумя полосами, в алмазе составляет 5,5 эВ, что примерно вдвое больше энергии фотона видимого света и в пять раз превышает зазор между зонами в кремнии.

Собственно, электроны в полупроводнике не могут иметь энергии, но добавление к материалу атомов

примеси может создать дискретные состояния, лежащие в зазоре, как дополнительные тонкие ступеньки в лестнице. Энергетический зазор алмаза достаточно велик, два этих состояния отличаются по энергии на величину энергии фотона видимого света. Таким образом, свет с оптической длиной волны может возбуждать электрон атома примеси из одного дискретного состояния в другое, не переводя его в зону проводимости. Когда электрон возвращается в свое более низкое энергетическое состояние, он испускает фотон с частотой,

соответствующей разности уровней энергии, — процесс, который обычно называют флуоресценцией. При непрерывном освещении оптическое возбуждение и релаксация повторяются снова и снова, и атомы примеси могут испускать миллионы фотонов в секунду. В 1997 г. группа во главе с Йоргом Врахтрупом (Jörg Wrachtrup), который тогда работал в Технологическом университете в Кемнице, Германия, обнаружила отдельные примеси в алмазе, флуоресцирующие именно таким образом. Это открытие вызвало волну исследований

СПИНТРОНИКА ОБЕСПЕЧИВАЕТ

Очень высокие плотности хранения данных на жестких дисках

Энергонезависимые чипы памяти

«Мгновенно запускающиеся» компьютеры

Чипы, которые и хранят и обрабатывают данные

Чипы, работающие с более высокими скоростями и потребляющие меньшую мощность, чем обычные

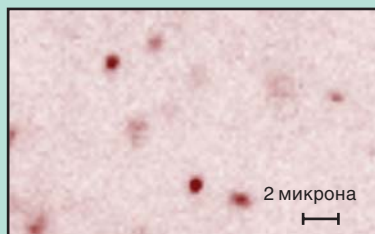
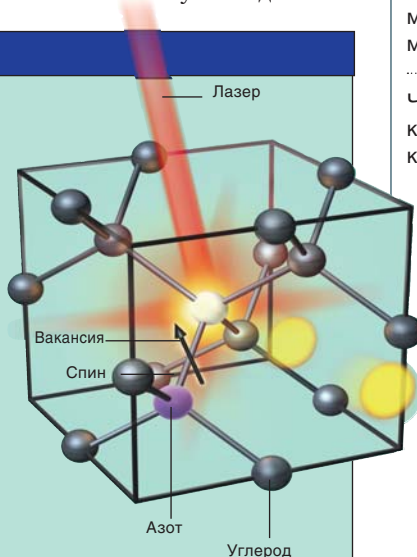
Чипы с логическими клапанами, которые могут изменять конфигурацию «на лету»

Квантовая криптография и квантовые вычисления при комнатной температуре

ВОЛШЕБНАЯ ПРИМЕСЬ

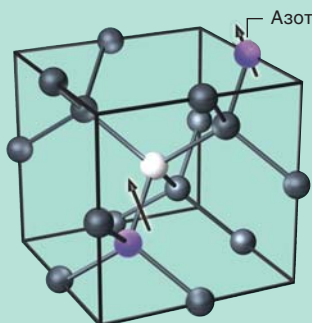
Как в полупроводниках в обычной электронике, ключ к использованию алмаза в квантовой спинтронике — введение в него примеси для создания так называемого центра азот-вакансия ($N-V$ центр). В случае формирования такого центра, атомы углерода в двух смежных узлах тетраэдрической решетки алмаза заменяются атомом азота и вакансией (пустым местом). Электроны движутся по орбите, охватывающей вакансию и четыре смежных атома, и несут спин, который можно использовать в квантовой спинтронике.

Например, лазер может многократно возбуждать электрон в $N-V$ центре, который каждый раз, возвращаясь в свое невозбужденное состояние, испускает один фотон, находящийся в определенном квантовом состоянии. Исследователи использовали алмаз таким образом, чтобы продемонстрировать опытные примеры квантовой криптографии, основанные на стабильном источнике единичных фотонов.



При накачке лазером $N-V$ центры в алмазе видны как яркие пятна (красные). Центры, спин которых находится в состоянии 1, намного ярче, чем центры, спин которых находится в состоянии 0. Радиоволны, точно настроенные на нужную частоту, переключают центры $N-V$ вперед и назад между 0 и 1, проходя через переходные состояния — квантовые суперпозиции 0 и 1.

Введение второго атома азота вблизи центра $N-V$ создает систему из двух связанных кубитов, которая позволяет вести логическую обработку сигналов. Частота, необходимая для переворачивания кубита $N-V$ центра, теперь немного ниже или выше, в зависимости от состояния второго атома азота. Поэтому применение волн более высокой частоты может перевернуть $N-V$ кубит, только если другой кубит равен 1. Такая операция известна как логический клапан «управляемое НЕ», позволяющий производить произвольные квантовые вычисления.



по оптическому обнаружению индивидуальных примесей.

Атом азота, обнаруженный группой Врахтрупа в тех первых экспериментах, занимал в кристалле место одного атома углерода и смежного пустого места, где должен был находиться другой атом углерода. Такая конфигурация известна как «центр азот-вакансия» ($N-V$). Центр $N-V$ в алмазе обладает множеством свойств, которые превращают его в любимый предмет исследований во всем мире. Интересно, что пустое место играет решающую роль: центр $N-V$ весьма отличается от отдельного атома азота без соседней вакансии. Электроны в $N-V$ центре движутся по орбитам, которые охватывают вакансию и три соседних атома углерода и около азота проводят совсем мало времени. Из-за этих орбит, похожих на молекулярные, центр $N-V$ удобно

УПРАВЛЕНИЕ СПИНАМИ

Юиhiro Като

В устройствах спинтроники используется спин — свойство электронов, благодаря которому они ведут себя как крошечные стержневые магниты. Есть два класса таких устройств — те, в которых управляют спинами единичных электронов, и те, в которых производится управление большими группами электронов с поляризованным спином, текущих в полупроводниках как единое целое (спиновые токи). Наряду с изучением устройств на единичных электронах, исследователи делают захватывающие открытия и в управлении спиновыми токами.

Участие в этих работах было большой удачей для меня, когда с 2000 до 2005 г. я, будучи аспирантом, числился в группе Дэвида Ошаломы в Калифорнийском университете в Санта-Барбаре. В частности, мы нашли новые способы для создания поляризации спинов и управления ею. Мы также впервые наблюдали явление, названное спиновым эффектом Холла, который может обеспечить возможность сортировки и изменения пути движения электронов в зависимости от направления их спинов.

Поскольку спины ведут себя как крошечные магниты, люди управляют ими с помощью магнитных полей, для создания которых обычно требуются магнитные материалы или внешние магниты. Использование электрических полей могло бы позволить создавать меньшие и более быстрые спинтронные устройства, которые проще изготовить, потому что электрические поля легче ограничивать малыми областями и легче создавать с высокими частотами изменений (что позволяет проводить более быстрые операции). К сожалению, спины, как все магниты, при нормальных условиях не реагируют на электрические поля.

На помощь приходит релятивистский эффект: электроны, которые движутся перпендикулярно к электрическому полю, «видят» слабое магнитное поле, смешанное с электрическим. Магнитное поле влияет на спин электрона. Этот эффект называют спин-орбитальным взаимодействием, потому что физики сначала изучили его для электронов, «движущихся по орбите» в электрическом поле атомных ядер.

Группа в Санта-Барбаре вначале изучала это явление в арсениде галлия, т.е. в полупроводнике, широко используемом в электронике. Мы наблюдали, что при перемещении пакетов электронов с поляризованным спином через этот материал спины поворачивались так, как будто они были в магнитном поле. Это фантомное магнитное поле могло также выстраивать спины неполяризованных электронов.

Спин-орбитальное взаимодействие создает также спиновый эффект Холла, который был предсказан в 1971 г. Михаилом Дьяконовым и Владимиром Перелем из Физико-технического института им. Иоффе в Ленинграде. Его назвали по аналогии с эффектом Холла (обнаруженным в 1879 г. Эдвином Холлом), когда в образце, который помещен в магнитное поле,

ЭФФЕКТ ХОЛЛА

Электроны текут через проводник, образуя ток. Перпендикулярное магнитное поле отклоняет электроны к одной стороне, где они накапливаются. Дырки (отсутствие электронов) накапливаются с другой стороны. Таким образом, возникает поперечное напряжение.

Проводник
Поперечное напряжение

СПИНОВЫЙ ЭФФЕКТ ХОЛЛА

Электроны текут через проводник, образуя ток. Их спины ориентированы случайным образом. Электрические поля около атомов в проводнике отклоняют электроны в противоположных направлениях согласно ориентации их спинов. Таким образом, возникает поперечная поляризация спинов.

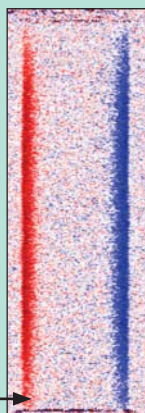
Поперечная поляризация спинов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ СПИНОВОГО ЭФФЕКТА ХОЛЛА

В ИЗМЕРЕНИЯХ, проведенных в 2005 г., были обнаружены электроны с противоположными направлениями поляризации спинов (красные и синие), накапливающиеся на боковых краях проводника, по длине которого проходил ток

50 мк

Край проводника



и через который проходит электрический ток, на боковых сторонах возникают противоположные заряды (вверху справа). В спиновом эффекте Холла, на боковых сторонах материала, несущего электрический ток (справа внизу), накапливается небольшая поляризация спинов и в отсутствие магнитного поля. Этот эффект может быть еще одним немагнитным способом создания поляризации спинов и изменения направления движения электронов в соответствии с ориентацией их спинов.

В конце 2004 г. Роберт Майерс (Robert C. Myers), Артур Госсард (Arthur C. Gossard), Ошалом и я сообщили о наблюдении ожидаемой поляризации спинов на краях образца из арсенида галлия, охлажденного до 30° К. Несколько месяцев позже группа во главе с Йоргом Вундерлихом (Jorg Wunderlich) из лаборатории фирмы Хитачи в Кембридже, Англия, опубликовали наблюдения спинового эффекта Холла на дырках (отсутствие электронов). Приблизительно год назад группа Ошаломы продемонстрировала спиновый эффект Холла при комнатной температуре в полупроводнике — селениде цинка.

Все эти результаты открывают захватывающие перспективы для разработки технологии полупроводников с использованием свойства спинов.

Юиhiro Като (Yuichiro K. Kato) — адъюнкт-профессор Института новейших разработок Токийского университета.



ГРАНИ АЛМАЗА

Название «алмаз» происходит от древнегреческого слова *adamas*, что значит «непобедимый»

Алмаз — самое твердое из известных веществ естественного происхождения. Самое твердое из известных веществ вообще — агрегированные наностержни алмаза, которые в 1,11 раза тверже монокристалла алмаза

Алмаз проводит тепло лучше, чем любой другой твердый материал

Алмаз имеет высокий коэффициент преломления (2,4, по сравнению с 1,5 для стекла)

Чистый алмаз — диэлектрик, но при введении примесей он может стать полупроводником

Поскольку энергетический зазор (ширина «запрещенной зоны») между зонами связанных электронов и электронов проводимости в полупроводящем алмазе велик, он прозрачен для ультрафиолетового света, это позволяет использовать его при производстве ультрафиолетовых датчиков и светодиодов. Мощная электроника — еще одно его применение

Широкая «запрещенная зона», позволяющая атомам примеси возбуждаться, не доходя до ионизации, — один из ключей к применению квантовой спинтроники

Квантовые состояния спинов примесей в алмазе могут сохранять свой квантовый характер в течение достаточно продолжительного времени (около 1 мс) даже при комнатной температуре

рассматривать как единую примесь, а не как несколько странное соединение атома азота и вакансии.

Единичные примеси типа центра азот-вакансия испускают один фотон за раз, а это важное свойство для дальнейшего развития квантовой криптографии (см.: *Стикс Г. Совершенно секретно // ВМН, № 4, 2005*). Системы квантовой криптографии передают информацию в виде отдельных фотонов, несущих по одному кубиту. Согласно законам физики, перехватить фотоны, не исказив кубиты, невозможно, таким образом факт перехвата сразу будет обнаружен получателем. В 2002 г. Филипп Гранжье (Philippe Grangier) и его сотрудники в Институте оптики в Орсе, Франция, продемонстрировали опытный образец первой системы квантовой криптографии, основанной на импульсном источнике единичных фотонов. Подобное достижение стало возможным при использовании чрезвычайно устойчивого и надежного источника единичных фотонов — центра *N-V* в алмазе.

Электроны этого центра несут также состояние спина, которое легко можно поляризовать с помощью света оптического диапазона. Тогда как другие системы спинов в твердом теле, подлежащие поляризации, обычно приходится охлаждать до очень низких температур, спин центра *N-V* в алмазе переходит в определенное спиновое состояние под действием оптического излучения даже при комнатной температуре. Кроме того, экспериментаторы обнаружили, что одно из спиновых состояний флуоресцирует намного ярче других. Таким образом, интенсивность флуоресценции можно использовать для считывания состояния спина, яркое свечение соответствует состоянию 1, слабое — состоянию 0.

Алмазы — это навсегда

За последние несколько лет нашей группой в Калифорнийском университете в Санта-Барбаре была разработана методика отображения состояния единичных фотонов, что позволило не только наблюдать ин-

дивидуальные спины и их ориентацию в решетке алмаза, но и управлять ими. Так, удалось выяснить, как единичные спины взаимодействуют с окружающей средой, в данном случае с решеткой алмаза, в которой они находятся. Это ключевая проблема при разработке устройств с использованием квантовых свойств. Взаимодействия центров *N-V* с соседними атомами позволили нам обнаружить так называемые «темные спины» в примесных атомах азота в алмазе, не имеющих связанной с ними вакансии, которые сами по себе остаются невидимыми при использовании методов оптического обнаружения.

Самое важное то, что спины в алмазе чрезвычайно устойчивы к возмущениям в окружающей среде. Действительно, одно из самых захватывающих свойств центра *N-V* — то, что он проявляет квантовое поведение даже при комнатной температуре. Квантовые явления имеют тенденцию нарушаться под воздействием тепловых возбуждений, и многие квантовые эффекты в твердом теле требуют чрезвычайно низких температур, что затрудняет их изучение и тем более усложняет их внедрение в практическую технологию.

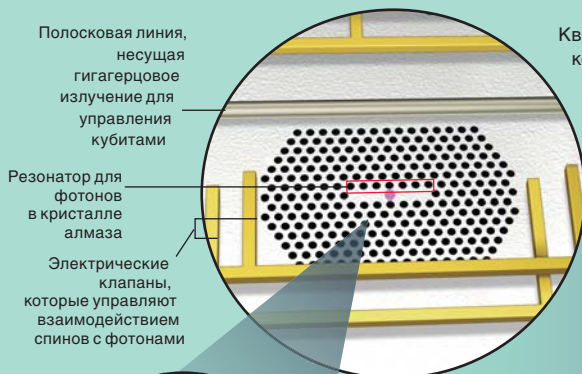
Исследователи, работая со спинами в твердых материалах, обычно сталкиваются с двумя проблемами. Первая — явление, названное спин-орбитальным взаимодействием, которое связывает спин электрона и его орбитальное движение. Вторая — магнитные взаимодействия с другими спинами, такими как спины ядер, образующих решетку. ►

ОБ АВТОРАХ

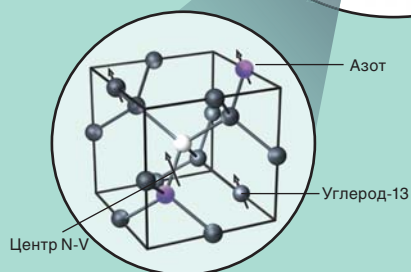
Дэвид Ошалом (David D. Awschalom), **Рональд Хэнсон** (Ronald Hanson) и **Райан Эпстейн** (Ryan Epstein) работают в Центре спинтроники и квантовых вычислений в Калифорнийском университете в Санта-Барбаре. Ошалом — директор центра, профессор физики, компьютерной и электротехники в Санта-Барбаре. Его группа занимается главным образом исследованием динамики электронного спина в разнообразных полупроводниковых системах. Хэнсон только что стал доцентом физики в Институте нанотехники Кэвли в Делфте, Нидерланды. Работая над диссертацией, он изучал единичные электронные спины в квантовых точках арсенида галлия в Делфтском технологическом университете. Эпстейн получил степень доктора философии в группе Ошалома, изучая центры азот-вакансия в алмазе. Теперь он ведет исследование захваченных в ловушку ионов в Национальном институте стандартов и технологии (NIST) в Боулдере, штат Колорадо.

МИКРОПРОЦЕССОР НА АЛМАЗЕ

В будущем люди, желающие решать определенные специализированные задачи, смогут использовать квантовые компьютеры, основанные на алмазной спинтронике.



Квантовый чип, который и обеспечивает уникальные возможности компьютера, содержит миллионы оптических резонаторов, каждый из которых представляет собой массив отверстий, вытравленных в алмазе. Эти резонаторы усиливают взаимодействие между спинами, внедренными в центр резонатора (фиолетовая точка) и фотонами, которые переносят квантовую информацию к другим местам на чипе. Этим взаимодействием управляют напряжение на электродах. Гигагерцовые радиоволны, направляемые по «полосковым линиям», управляют индивидуальными состояниями спинов (кубитами).



Различные спины в каждом резонаторе выполняют свои функции: Центры N-V и спины азота обрабатывают данные; центры N-V взаимодействуют с фотонами и спинами атомов углерода-13 для хранения данных в течение секунд.



В алмазе оба этих эффекта очень слабы. Например, ядра углерода-12, из которого на 99% состоит естественный углерод, имеют нулевой спин и, таким образом, не оказывают влияния на спин центра N-V. Поскольку квантовое состояние спина центра N-V настолько нечувствительно к такого рода внешним возмущениям, его можно использовать для кодирования квантовой информации даже при комнатной температуре.

Конечно, эта «нечувствительность» относительна. Квантовая информация, сохраненная в состоянии спина центра N-V в алмазе высокой чистоты и при комнатной температуре теряется примерно через одну миллисекунду (1 мс). Эта потеря равноценна изменению значения бита в обычном компьютере. Ошибки в кубитах можно исправлять так же, как подобные ошибки в обычных компьютерах, если их частота достаточно мала. Согласно эмпирическому правилу, их число не должно превышать одной на 10 тыс. операций. При большем их количестве процедура теряет смысл, так как дополнительные данные

и операции, которые должны были бы исправлять ошибки, сами вносят слишком много новых.

Как N-V центр в алмазе удовлетворяет критерию 1/10000? Радиочастотное излучение, направляемое на него через расположенные на чипе волноводы, может преднамеренно изменить спин центра N-V в течение 10 нс. За время жизни квантового состояния спина (1 мс) можно произвести приблизительно 100 тыс. таких операций, и поэтому частота ошибок будет примерно равна одному отказу на 100 тыс. операций. Это значительно ниже порога и на сегодняшний день лучший результат по сравнению с любой системой кубитов в твердом теле.

Для квантовой криптографии требуется только последовательность индивидуальных кубитов, но для квантовых вычислений кубиты должны взаимодействовать, чтобы создавать новые кубиты, — процесс, похожий на то, как в обычных компьютерах логические клапаны обрабатывают входные пары битов, чтобы создать выходные данные. Например, клапан AND («И») созда-

ет выходной сигнал, равный 1, если на оба входа поданы 1, и 0 при других комбинациях. Квантовые логические клапаны должны выполнять подобные операции: воспринимать квантовые суперпозиции битов как входные данные и создавать выходные суперпозиции. Следующий шаг к квантовой обработке информации с помощью спинов примеси — это управление связью между двумя спинами для выполнения операций квантовой логики.

Группы Врахтрупа и наша изучили взаимодействие, которое могло выполнять операции квантовой логики при использовании двух спинов, близко расположенных друг к другу в решетке алмаза. Конкретно, мы измеряли, как спин на центре N-V взаимодействует с другим спином на соседнем атоме примеси-азота (без вакансии). Взаимодействие — в основном магнитная дипольная связь, по существу такое же, как сила, заставляющая два макроскопических стержневых магнита направлять их северные полюса к южным полюсам соседа.

Взаимодействие происходит следующим образом. Состояния 0 и 1 центра *N-V* имеют несколько различные энергии. Разница энергий, или расщепление между 0 и 1, значительно меньше, чем энергия оптического фотона, и радиоволны с частотой порядка гигагерц будут переводить спины вперед и назад между 0, 1 и их суперпозициями. Когда центр *N-V* близок к другому атому азота, расщепление между состояниями 0 и 1 зависит от состояния спина этого атома. Такая зависимость делает возможным создание логического клапана *CNOT* («управляемый НЕ»), в котором кубит инвертируется, если и только если другой кубит равен 1. Клапан мог бы работать при использовании радиоволн, настроенных на частоту, которая вызывает опрокидывание спина центра *N-V*, только если спин атома азота равен 1. Если спин азота будет равен 0, то расщепление уровней энергии центра *N-V* будет иным, и радиоволны не будут воздействовать на спин.

Клапан *CNOT* имеет важную особенность: на его основе можно построить любую квантовую операцию с любым числом кубитов, объединяя клапаны *CNOT*, действующие на пары кубитов и повороты индивидуальных кубитов (которые также можно осуществлять с помощью радиоволн, действующих на спины; к конкретным спинам можно было бы обращаться с помощью облучения радиоволнами, подводимыми к ним по специальным цепям, называемым полосковыми линиями). Поэтому главные цели исследования — демонстрация клапанов *CNOT* и поворотов кубитов.

Взаимодействия между спинами *N-V* на больших расстояниях в алмазе могут быть возможны при использовании фотонов как посредников. Оптические устройства, такие как волноводы, расположенные на чипе и состоящие из той же алмазной подложки, могут направлять фотоны к нужным местам. Объединение центров *N-V* в структуры, называемые оптическими резонаторами, в которых свет образует стоячие вол-

ны, увеличивает силу взаимодействия между спинами и фотонами. В Санта-Барбаре в сотрудничестве с Ивлин Ху (Evelyn Hu) и ее студентами, мы недавно продемонстрировали существование резонатора в фотонном кристалле. Каждый «оптический резонатор» состоит из участка алмаза с созданной на нем сеткой отверстий, напоминающей соты. Отверстия служат для того, чтобы ограничивать распространение света и усиливать свет в центре структуры (см.: *Photonic Crystals: Semiconductors of Light by Eli Yablonovitch; Scientific American, December 2001*). Пока, однако, эта работа находится в самой начальной стадии: центры *N-V*, которые беспорядочно распределены в алмазе, а не находятся точно в резонаторах, оказываются в наших исследованиях «сторонними наблюдателями», не участвующими во взаимодействиях.

Введение примесей

До настоящего времени эксперименты на центрах *N-V* проводились с синтетическими алмазами, такими же, как в наших оптических резонаторах: центры *N-V* формировались в процессе роста алмаза, естественным путем, в случайных точках. Исследователи из Австралийского Национального университета, Университета города Бохум в Германии и из Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли достигли больших успехов при введении единичных примесей в фиксированные места. Используя передовые методы, они вводят отдельные ионы азота с точностью более микрона. Затем алмаз нагревают до 850° С, что заставляет вакансии в алмазе мигрировать. Встречая атом азота, вакансия остается рядом с ним, образуя центр *N-V*.

Центры *N-V* представляются многообещающей технологией для обработки квантовой информации, но как быть с хранением данных дольше 1 мс времени распада состояний спина электрона? Группа Михаила Лукина в Гарвардском университете исследовала подход, при котором используется спин ядер углерода. Поскольку ядро

обычного изотопа углерода-12 имеет нулевой спин, группа использовала атомы углерода-13, ядра которых имеют спин за счет дополнительного нейтрона. Ученым удалось передать информацию, записанную на одном спине центра *N-V*, на один спин ядра углерода-13 и восстановить ее через 20 мс. На спине ядра не было заметно никакого признака спада, что говорит о возможности сохранения квантового состояния в течение нескольких секунд. Таким образом, ядерные спины, похоже, указывают удачный путь к хранению кубитов. Исследователи из Гарварда также предложили проект создания квантового ретранслятора, основанный на этой работе. Квантовые ретрансляторы — основной элемент, необходимый для квантовой связи (обеспечивающий передачу кубитов на большие расстояния).

Наши дни — увлекательное время для исследования квантовой информации, когда множество различных архитектур вычислений соперничают за превосходство. Если принимать во внимание успехи последних лет, достижения в исследовании спинов на основе алмаза и включение в эту работу таких компаний, как *Hewlett-Packard*, то перспектива создания квантовых информационных устройств, работающих при комнатной температуре, перестает казаться научной фантастикой. «Бриллиантовый век» квантовой электроники может начаться с минуты на минуту. ■

Перевод: Б.А. Квасов

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- A Hall of Spin. Vanessa Sih, Yuichiro Kato and David D. Awschalom in *Physics World*, Vol. 18, pages 33—37; 2005.
- Two Groups Observe the Spin Hall Effect in Semiconductors. Charles Day in *Physics Today*, Vol. 58, No. 2, pages 17—19; February 2005.
- Challenges for Semiconductor Spintronics. David D. Awschalom and Michael E. Flatte in *Nature Physics*, Vol. 3, pages 153—159; 2007.



Берил Лайеф Бендерли

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ лекарства

Судебное разбирательство ставит
под сомнение научные основы методики
тестирования новых лекарств

Эбигейл Берроуз умерла от рака, когда ей был всего 21 год. А между тем, если бы ее пожелания были выполнены, она вошла бы в число «бессмертных», к которым относятся Браун, Гризуолд, Роу и Миранда, обычные люди, чье мужество спасло жизни многих американцев.

Судебный иск «Общество друзей Эбигейл за доступность для больных экспериментальных лекарственных препаратов против Эндрю фон Эшенбаха» предъявляет претензии к государственным регулирующим органам, лишившим Берроуз возможности пройти курс химиотерапии с использованием экспериментальных противораковых лекарств. Эти средства рекомендовал девушке ее лечащий врач и, возможно, они помогли бы ей. Истцы полагают, что было нарушено конституционное право Эбигейл на защиту своей жизни. В августе 2007 г. Апелляционный суд округа Колумбия вынес решение не в пользу истцов, и теперь они намереваются обратиться в Верховный суд США (колонка на следующей стр.). Ответчиком в этом судьбоносном деле выступает Эндрю фон Эшенбах, полномочный представитель Управления по контролю

над продуктами и лекарствами США (FDA). Окончательный исход процесса может стать одним из самых важных решений, принятых когда-либо в сфере медицины, и разрешить конфликт, тлеющий еще со времен начала эпидемии СПИДа. С одной стороны — умирающие больные, готовые пойти на риск и испытать на себе действие экспериментальных лекарственных препаратов. С другой — ученые, твердо отстаивающие давно апробированный метод тестирования препаратов, в основе которого лежат клинические испытания, длящиеся иногда до 10 лет. Устремления обеих сторон одинаковы, но пути достижения благородной цели они видят по-разному.

Очевидно, что победа «Общества друзей Эбигейл» значительно расширит возможности применения препаратов, чья эффективность до конца не доказана. Такие перемены могут полностью разрушить систему клинических испытаний, обеспечивавшую стабильный прогресс в медицине в течение 45 лет. Если пациенты получат доступ к экспериментальным лекарствам еще до того, как те пройдут жесткую проверку, их перестанут волновать сами испытания, и в таком случае надежная система оценки пригодности препаратов рухнет.

Многие больные решаются на участие в испытаниях в надежде, что им помогут экспериментальные средства. Однако у исследователей ▶

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Крупномасштабные клинические испытания — «золотой стандарт» при тестировании новых лекарственных препаратов. Однако такие испытания дороги и занимают много времени. А между тем больные, лишенные адекватного лечения, могут и не дождаться результатов.
- Недавнее судебное разбирательство ставит под вопрос правомочность строгих требований FDA к процедуре тестирования. Истцы добиваются того, чтобы экспериментальные препараты были доступны более широкому кругу больных.
- Но если каждый желающий сможет самостоятельно получать любой препарат, еще не прошедший тестирования (а большинство из них неэффективны и даже опасны), наберется ли после этого достаточное число добровольцев для клинических испытаний? И смогут ли исследователи разобраться, какие из новых лекарств действительно эффективны, а какие нет?

СУДЕБНОЕ РАЗБИРАТЕЛЬСТВО

Верховный суд США должен вынести решение о том, расширять ли круг больных, имеющих право на применение экспериментальных лекарственных средств

ИСТЕЦ И ОТВЕТЧИК

Общества друзей Эбигейл против Эндрю фон Эшенбаха (полномочного представителя *FDA*)

СУТЬ ПРЕТЕНЗИЙ

Правила, которых придерживается *FDA* в своей работе, не позволили Эбигейл Берроуз получить потенциально эффективные противораковые препараты, которые были рекомендованы ей лечащим врачом, но не прошли все стадии клинических испытаний. Тем самым девушка была лишена конституционного права на защиту своей жизни

ХОД ДЕЛА

Июль 2003 г. «Общество друзей Эбигейл» и Washington Legal Foundation обратились в суд

Август 2004 г. Окружной суд США отклонил иск на том основании, что «у суда нет уверенности в правомочности претензий истца»

Май 2006 г. Апелляционный суд США округа Колумбия подтвердил, что «находящийся в здравом уме взрослый смертельно больной человек» имеет конституционное право принимать по совету врача любое лекарственное средство, прошедшее первую из трех стадий испытаний (*врезка вверху на стр. 67*)

Март 2007 г. Повторное слушание дела в Окружном суде

Август 2007 г. Окружной суд вынес решение не в пользу истца (восемь голосов против двух)

Эрбитакс, разработанной компанией *Bristol-Myers Squibb*, был разрешен к применению в 2004 г., а иресса, продукт компании *AstraZenica*, — в 2003 г.

другая задача — оценить безопасность и эффективность препаратов. Об этом, а также о среднестатистической вероятности пользы и реальном риске при приеме непроверенных химических веществ, медики обязаны предупреждать всех добровольцев. Однако практика показывает, что большинство из них все же втайне полагают, что цель испытаний — вылечить больных, и надеются на счастливую случайность. А между тем, по мнению специалиста по биоэтике Адилы Шаму (*Adil Shamoo*) из Мэрилендского университета, участие в клинических испытаниях — это что-то вроде поездки в Лас-Вегас: «Каждый, кто туда направляется, надеется разбогатеть. Но подавляющее большинство в лучшем случае остается ни с чем».

Долгая дорога к «золотому стандарту»

В основе современной системы клинических испытаний лежит необходимость уберечь больных от приема вредных для здоровья химических веществ. В 1938 г. в Законе о продуктах питания, лекарственных веществах и косметических средствах появился пункт о проверке лекарственных препаратов, продаваемых в США, на безопасность. Поправка была введена после того, как новое «чудодейственное» средство, «Эликсир сульфаниламида» унесло жизни 107 человек. Как оказалось, «зелье» содержало ядовитое вещество диэтиленгликоль, входящий в состав антифриза. В 1962 г.

проверка новых препаратов на эффективность стала обязательной. Стимулом послужила нашумевшая история с талидомидом, лекарством, широко использовавшимся в разных странах как средство против бессонницы и чувства разбитости по утрам. Следствием его приема стало появление на свет 10 тыс. младенцев с серьезными пороками развития.

Через 25 лет в результате мощного давления активистов движения в защиту больных СПИДом *FDA* вынуждено было в исключительных случаях давать согласие на применение новых препаратов, не прошедших все стадии клинических испытаний. Когда альтернатива — неизбежная смерть, соотношение между риском и вероятностью, что больному повезет, кардинально меняется. Однако законы США никогда не позволяли самостоятельно использовать непроверенные лекарства.

По оценкам *FDA*, разработка нового препарата и его всесторонняя проверка занимают в среднем восемь с половиной лет, при этом совсем небольшая часть претендентов доходит до финиша. Только пять из



Последней надеждой Эбигейл Берроуз, умершей от рака в 2001 г. в возрасте 21 года, было участие в клинических испытаниях не до конца апробированных в то время противораковых препаратов эрбитакс (цетуксимаб) и иресса (гефитиниб)



COURTESY OF FRANK BURROUGHS (left); IMCLONE SYSTEMS, INC. (right)

каждых 5 тыс. веществ, принятых к доклиническому тестированию, допускаются до испытаний на людях и лишь одно получает разрешение на продажу. «Золотой стандарт» процедуры тестирования включает метод двойного слепого контроля, когда сравнивается действие нового препарата и либо средства, лучшего на данный момент, либо плацебо. До окончания эксперимента никто не знает, что именно получают те или иные участники. Группы испытуемых и контрольные группы формируются случайным образом.

Клинические испытания проходят в три этапа и организуются таким образом, чтобы получить статистически значимые сравнительные данные; в их задачи не входит лечение пациентов. «Клиническое испытание — это не терапевтическое мероприятие, а научный эксперимент, поставленный для получения обобщенных данных», — комментирует специалист по биоэтике Франклин Миллер (Franklin G. Miller), работающий в системе Национальных институтов здоровья.

В испытаниях на стадии I участвуют от 20 до 80 человек, иногда в их число входят здоровые добровольцы. В случаях, когда тестирование проходят высокотоксичные вещества, например противораковые, испытуемыми обычно являются тяжело больные, не поддающиеся лечению люди. На этой стадии определяются безопасные дозы, выявляются побочные эффекты, влияние препарата на метаболизм и механизм его действия на уровне организма. Вещества, прошедшие предварительный тест на безопасность, далее проверяются на эффективность (стадия II).

В испытаниях на стадии II принимают участие несколько сотен человек с конкретным заболеванием. Определяется действенность препарата, оцениваются риски, связанные с его приемом, и краткосрочные побочные действия. Если результаты удовлетворительны, переходят к стадии III с участием нескольких тысяч человек и применением метода двойного

слепого контроля. Теперь данные о безопасности и эффективности носят исчерпывающий характер, и на их основании FDA делает окончательный вывод.

Слишком долго ждать!

Когда речь идет о неизлечимых больных, процессуальные нормы допускают применение экспериментальных препаратов, прошедших стадию II. Отказ в такой возможности и побудил отца Эбигейл, Фрэнка Берроуза, организовать в ноябре 2001 г. Общество друзей его погибшей дочери. Ее лечащий врач, онколог из Университета Джонса Хопкинса, полагал, что девушке, страдающей раком кожи в области головы и шеи, помогут препараты эрбитакс (цетуксимаб) или иресса (гефитиниб), блокирующие рецепторы фактора роста эпидермиса, которыми изобиловала опухоль. К сожалению, ни тот, ни другой еще не получили разрешения к применению в клинике.

Прежде чем какое-либо потенциальное лекарственное средство дойдет до клинических испытаний, его разработчики должны представить результаты тестирования, из которых следует, что их продукт имеет шанс пройти тесты на безопасность и эффективность. Далее необходимо подобрать группу добровольцев, и если речь идет о лекарстве для лечения серьезных или смертельно опасных заболеваний, то это будут пациенты на терминальной или близкой к ней стадии болезни. Участие в испытаниях дает им шанс, однако успех зависит от того, на каком этапе проверки препарата их включили в группу, и от организации самих исследований.

«Самое серьезное препятствие на пути к преждевременному применению экспериментальных лекарственных средств — это нежелание некоторых компаний выпускать свой продукт из рук», — говорит Скотт Готтлиб (Scott Gottlieb), бывший помощник полномочного представителя FDA по медицинским и научным вопросам, а ныне врач, занимающийся частной практикой.



ОТОЗВАН

Эликсир сульфаниламида, который содержал ядовитое вещество, обнаруженное в антифризе, унес жизни 107 человек за один только 1937 г. Трагедия послужила стимулом к введению в 1938 г. в Закон о контроле пищевых продуктов, лекарственных препаратов и косметических средств особой поправки. Теперь разработчики новых продуктов обязаны были доказать их безопасность, прежде чем выпускать на рынок

ОБ АВТОРЕ

Берил Лайеф Бендерли (Beryl Lief Benderly) — лауреат премии журналистов за публикации на научные темы; живет в Вашингтоне.



РЕШЕНИЕ ПЕРЕСМОТРЕНО

Таллоמיד (талидомид), разработанный компанией *Celgene*, поступил на рынок в 1998 г. Он предназначался для лечения воспалительных процессов, возникающих при болезни Гансена (лепры). В начале 1960-х гг. полномочный представитель *FDA* отклонил предложение фирмы открыть рынок США для их продукта и тем самым предотвратил появление на свет младенцев с серьезными патологиями, чьи матери принимали талидомид. В странах Европы этот препарат назначали для снятия чувства разбитости по утрам



ОТКЛОНЕН

Лазтрил, продававшийся во многих странах как противораковое средство, был отклонен *FDA*, поскольку производители не представили убедительных доказательств его эффективности. Кроме того, он обладал побочным эффектом, сходным с таковым у цианидов

Например, группа пациентов, страдающих болезнью Паркинсона, не смогла добиться от компании *Amgen Corporation*, чтобы она по-прежнему снабжала их своим экспериментальным продуктом, который они получали в рамках клинических испытаний, поскольку компания решила завершить испытания. *FDA* тоже прекращает испытания, когда возникает серьезная угроза здоровью испытуемых, или же доказательства эффективности настолько убедительны, что становится неэтичным ограничивать круг больных, принимающих новый препарат.

Эбигейл не хватило места в группе добровольцев, на которых проводились клинические испытания иресссы, а эрбитакс проходил тестирование только на эффективность при раке прямой кишки. Она умерла вскоре после того, как ей было гарантировано участие в испытаниях третьего ингибитора рецепторов фактора роста эпидермиса. Препараты, на которые так надеялась Эбигейл, впоследствии были одобрены *FDA*. Эрбитакс сегодня

широко используется для лечения именно той формы рака, которой страдала девушка. Один из основателей «Общества друзей Эбигейл» и его главный консультант Стивен Уокер (Steven Walker) ощутил ответственность подобных лекарств, можно сказать, на себе. Его жена принимала эрбитакс в ходе клинических испытаний в сентябре 2002 г. и буквально «воскресла», превратившись из лежащей больной во внешне здоровую женщину, которая каждый день ходила на лыжах, много гуляла и работала. Однако довольно скоро у нее возникли серьезные проблемы с печенью, прием лекарства пришлось прекратить, и в июне 2003 г. она умерла.

Лучшее — враг хорошего?

Дискуссии по поводу новых препаратов, не прошедших все стадии тестирования, сводятся по существу к одному фундаментальному вопросу, сформулированному Готлибом в заметке, опубликованной в бюллетене некоммерческой организации *Food and Drug Law Institute*.

«Что, в конце концов, больше отвечает интересам больных: раннее применение потенциально эффективных экспериментальных препаратов, которое может поставить под угрозу проведение строго регламентированных клинических испытаний, или же обязательное следование прежним правилам? Полномасштабные испытания занимают много времени, но позволяют сделать обоснованные выводы и обезопасить больных».

По мнению Шаму, «вместо четко организованного тестирования мы получим неконтролируемые попытки лечения, в ходе которого пациенты будут подвергаться действию химических веществ с плохо изученными свойствами. Кроме того, из пула больных выпадает большое количество потенциальных участников настоящих испытаний, что еще более замедлит работу. Далее, людям придется платить за лекарства, получаемые вне официальных мероприятий, что подтолкнет спонсоров тратить деньги на производство не до конца апробированных

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЦИФРАХ

Новые лекарственные препараты вначале проходят три этапа клинических испытаний и лишь затем поступают на рынок. До «финиша» доходит лишь небольшая часть претендентов, а сами испытания занимают примерно восемь с половиной лет

Стадия I: Тесты на безопасность в терапевтических дозах и наличие побочных эффектов. Участвуют от 20 до 80 человек. Оценивается также влияние на метаболизм и уточняется механизм действия

Стадия II: Проверяется эффективность, оцениваются риски и побочные действия в краткосрочной перспективе. Участвуют несколько сотен человек

Стадия III: Уточняются данные об эффективности. Участвуют до нескольких тысяч человек



препаратов, а не на финансирование дорогостоящих и длительных испытаний». Если разрешить пациентам принимать лекарственные средства по их выбору, то это нанесет громадный ущерб медицине. Неадекватная терапия может вызвать у тяжело больных серьезные побочные реакции, что заставит FDA отказать от дальнейших исследований препаратов, которые, возможно, оказали бы неоценимую помощь другим людям.

Уокер же считает, что открытый доступ к экспериментальным лекарствам поможет отчаявшимся больным, не попавшим в число испытуемых. Он не видит никаких проблем с набором добровольцев, ссылаясь на ситуацию с Эбигейл. Любой, кто хотел бы найти подходящий экспериментальный препарат, сразу согласится принять участие в официальных испытаниях. Никто не станет рекомендовать больному принимать опасные или заведомо бесполезные вещества. Речь может идти только об экспериментальных средствах, известных лечащему врачу, относительно которых имеются предварительные сведения об их безопасности и действенности.

Перри Коэн (Perry Cohen), основатель и директор Проекта по скорейшему клиническому применению новых противопаркинсонических средств, тоже уверен, что больные должны иметь свободу выбора. «Даже если речь не идет о жизни или смерти, — говорит он, — тяжело больные люди, которых впереди не



ОДОБРЕН

Пенициллин, «чудодейственное противомикробное средство», вначале получил разрешение FDA на применение в военных госпиталях, а позже стал препаратом №1 при лечении инфекционных заболеваний

«КАЧЕСТВО НА РИСКЕ ПОКУПАТЕЛЯ»
(юридический термин)

Наклейки на флаконах с такими средствами «беспатентных» времен (до 1906 г.), как «Новое изобретение Купера» или «Успокоительный сироп миссис Уинслоу», обычно изобиловали многообещающими рекламными текстами и даже картинками



ОДОБРЕН

Гумулин (человеческий инсулин) фирмы Eli Lilly стал первым генетически модифицированным лекарственным препаратом, получившим одобрение FDA (это произошло в 1982 г.)

КАК СОКРАТИТЬ ПУТЬ К ЦЕЛИ?

Система клинических испытаний под эгидой *FDA* пока считается «золотым стандартом» проверки новых лекарственных средств, медицинских приборов и инструментов на безопасность и эффективность. Однако само Управление осознает, что существует немало возможностей усовершенствовать методы тестирования. В 2004 г. в рамках *FDA* была организована группа, цель которой — модернизация всех этапов процесса: от включения потенциального препарата в список подлежащих дальнейшему исследованию до его одобрения. Это помогло бы повысить качество проверки и ускорить выход лучших образцов на рынок. Был составлен список из 75 приоритетных проектов, предусматривающих применение новейших научных методов и инструментов, с тем чтобы на самых ранних этапах отбраковать недействительные или токсичные вещества и ускорить проверку самых перспективных.

Например, многие препараты «сходят с дистанции», поскольку они оказывают токсическое действие на печень. По этой же причине из продажи иногда изымаются даже прошедшие проверку средства. Чтобы избежать подобных случаев, *FDA* в сотрудничестве с одной компьютерной фирмой создало «виртуальную печень», с помощью которой можно предугадать, будет ли лекарство токсично для человека — само по себе или в сочетании с другими веществами. Во многих проектах предлагается использовать биомаркеры, позволяющие так или иначе судить о биологической актив-

ности тестируемого соединения. Такими маркерами могут быть содержание определенного белка, активность того или иного гена, результаты визуализации внутренних систем организма — все, что позволит судить об эффективности препарата, не дожидаясь результатов полномасштабных клинических испытаний. В прошлом году *FDA* ввело в систему испытаний «фазу 0», на которой с помощью биомаркеров предполагается получать сведения о действии вещества-кандидата на орган-мишень. Первым шагом в деятельности группы стало испытание соединения *ABT-888*, поступившего из Национального института по изучению рака. Крошечные дозы этого соединения получили шесть больных раком на последних стадиях; обнаружилось, что содержание одного из важных белков в организме упало на 90%. Это означало, что *FDA* и создатели препарата могут сократить время от первого тестирования до начала масштабных испытаний.

Еще одна важная задача — уменьшить время испытаний на каждом этапе и сделать их более информативными. Для этого следует адаптировать систему испытаний отдельно к каждому препарату, с тем чтобы получать предварительные данные по ходу испытаний. Еще один подход — тестирование препаратов в разных сочетаниях, как это обычно и бывает в химиотерапии. Использование компьютерной обработки данных, полученных на ранних стадиях, поможет определить оптимальные дозы препарата и работать с ними на более поздних стадиях.

ждет ничего хорошего, имеют право на рискованное решение, получив квалифицированную консультацию специалистов».

Скептики не разделяют такую точку зрения. «Пока не проведены широкомасштабные исследования, многие побочные эффекты новых средств остаются не выявленными, — говорят они. — То, что помогло нескольким пациентам, для других может оказаться неприемлемым».

числа испытуемых на каждой стадии. Далее, «есть реальная возможность усовершенствовать методы определения эффективности препаратов и оптимизировать сам процесс клинических испытаний. «Золотой стандарт — совсем не монолит», — добавляет Коэн. Как и Уокер, он ратует за ускорение процедуры тестирования лекарств и тщательный последующий мониторинг. Большие надежды возлага-

как виокс (противовоспалительное и болеутоляющее) и резулин (противодиабетическое средство) и вынуждена была отозвать их как опасные для здоровья.

«Байесова статистика не требует проведения тщательных экспериментов, — поясняет Готлиб, — она оперирует предварительными результатами и оценивает вероятности исходя из нерандомизированных наборов данных». Испытания организованы так, что можно вносить изменения по их ходу. Например, можно увеличить число испытуемых, что повысит точность прогнозов, или привлечь пациентов, которым тестируемый препарат предположительно наиболее показан. И Готлиб, и Уокер, и Коэн являются сторонниками многократного подведения промежуточных итогов — определения «суррогатных» маркеров взамен физиологических, которые позволяют предугадать окончательный результат. Такой подход «сократит процедуру разработки лекарственных средств и сделает клинические испытания более прицельны-

Сторонники расширения круга больных, получающих экспериментальные препараты, ратуют за сокращение сроков клинических испытаний и последующий тщательный мониторинг

И все же компромисс возможен. «В конце концов, предмет спора — не высокотоксичный яд, когда не приходится говорить ни о каких уступках», — считает Готлиб. По его мнению, следует ожидать скорых изменений в организации исследований, например уменьшения

ются на применение современных информационных технологий, оптимизацию научных исследований и использование байесовой статистики. По иронии судьбы, *FDA* подверглась серьезной критике как раз за то, что слишком быстро выпустила на рынок такие препараты,



ОТОЗВАН

Виокс (рофекоксиб), противовоспалительное и болеутоляющее средство, получил разрешение на клиническое использование в 1992 г. и вскоре стал очень популярен. В 2004 г. был изъят из продажи фирмой-производителем *Merk&Company*, поскольку появились данные об увеличении риска инфарктов и инсультов при его приеме

ПОД ПОДОЗРЕНИЕМ

Авандиа (розиглитазон), продукт компании *GlaxoSmithKline*, появился на рынке в 1999 г. как средство для лечения диабета II типа. В мае *FDA* сообщило о возможности повышения риска инфаркта при его приеме, но пока окончательное решение не вынесено. Данный препарат относится к тому же классу, что и резулин (троглитазон), который в 2000 г. был отозван отделением *Parke-Davis* компании-производителя *Warner-Lambert* по требованию *FDA*, получившей свидетельства его токсичности для печени

ми», — говорит Готлиб. Сейчас *FDA* занимается оценкой эффективности новых подходов (вставка на предыдущей стр.).

Однако Колин Бегг (Colin Begg), заведующий отделом эпидемиологии и биостатистики Мемориального онкологического центра Слоуна и Кеттеринга в Нью-Йорке и глава комитета Общества по проведению клинических испытаний, не считает данное направление перспективным. Он полагает, что байесова статистика лишь незначительно улучшает процедуру рандомизации и структуру клинических испытаний. «Она не ускоряет получение ответа, а напротив, растягивает процесс», — утверждает Бегг. «Суррогатные» маркеры далеко не всегда позволяют сделать правильный вывод.

«Долгая история медицинских исследований знает несколько примеров, когда лекарственные вещества, вселяющие надежду в больных, врачей и особенно разработчиков после проведения полномасштабных испытаний оказывались бесполезными и даже вредными», —

утверждается в статье, опубликованной Обществом по проведению клинических испытаний. Одним только раковым больным принесли горькое разочарование такие препараты, так лаетрил, показавший блестящие результаты в опытах на животных, и такой метод лечения рака молочной железы, как жесточайшая химиотерапия в сочетании с пересадкой костного мозга или трансплантацией стволовых клеток. Тысячи женщин перенесли эту мучительную дорогостоящую экспериментальную процедуру, и в конце концов оказалось, что она нисколько не лучше стандартной химиотерапии.

И, наконец...

Задача судов заключается не в том, чтобы вынести суждение относительно инноваций в организации экспериментов или методов оценки соотношения между риском и пользой. Они должны дать оценку легальным прецедентам и выводам. Как считает Джон Робертсон (John A. Robertson) из университета штата Техас в Остине, решение суда

в пользу «Общества друзей Эбигейл» может привести к отмене запрета на получение эмбриональных стволовых клеток. «Приняв сторону Общества, судам придется решать, имеют ли право власти какого-либо штата запрещать использование эмбрионов, если ценой запрета может стать человеческая жизнь», — аргументирует Робертсон.

Но даже если *FDA* одержит победу, изменения неизбежны. В настоящее время в Управлении разрабатываются новые правила, регулирующие применение экспериментальных препаратов вне рамок клинических испытаний. «Ученые должны задуматься о том, что в обществе наблюдается кризис доверия к стандартной процедуре испытаний, и одна из его причин — нежелание что-либо в ней менять», — говорит Коэн. Каким бы ни был исход дела, «состояние здоровья» системы клинических испытаний, а значит, и здоровье жителей США зависят от восстановления доверия. ■

Перевод: Б.В. Чернышев

Чарлз Чой

БОЛЬШАЯ ЛАБОРАТОРИЯ В МАЛЕНЬКОМ ЧИПЕ

Миниатюрная химическая лаборатория
позволит проводить медицинские тесты
за считанные минуты



Все большее число компаний и университетов сообщает о создании миниатюрных лабораторий, позволяющих проводить анализы и обнаруживать присутствие следов биологического оружия в крови солдат, выявлять токсины в испорченном мясе гамбургера. Однако все эти новые устройства далеки от того, чтобы считаться портативными. Датчик для исследования капли крови или кусочка мяса действительно может уместиться в руке, но оборудование, необходимое для перемещения жидкой пробы по капиллярам чипа, может занимать целый стол, а то и больше места.

Исследователям удалось преодолеть данное препятствие, применив микрофлюидику — технику прецизионного манипулирования микроскопическими каплями. Используя

перемещение микрокапель с помощью воздуха или электрического поля, они сумели объединить средства отбора проб, их анализа и составления отчета в устройстве размером с USB-флешку. Несмотря на то что устройства собираются пока вручную, конструкция позволяет со временем наладить их массовое производство. Благодаря чип-лаборатории можно будет быстро выявлять ВИЧ, бациллы сибирской язвы или бактерии *Escherichia coli*. Чип можно даже имплантировать в тело больного диабетом для мониторинга уровней глюкозы и инсулина.

Перемещение сжатым воздухом

Чип-лаборатория приобретает все большую популярность у исследователей, поскольку она позволяет про-

водить одновременно сотни экспериментов при минимальном количестве времени, места и денег, т.е. меньше, чем применяя обычное настольное оборудование. Микроканалы и затворы в чипе могут использоваться для нагрева или охлаждения, для смешивания микропроб с микродозами реактивов и даже для таких экзотических процедур, как электростимуляция. Однако из-за особых свойств текучих сред внешнее оборудование, необходимое для нагрева, охлаждения или смешивания, часто оказывается слишком объемным. В микроскопических каналах даже водные растворы ведут себя подобно вязкому сиропу, который трудно перемещать. Кроме того, в них практически отсутствует турбулентность, что очень затрудняет смешивание их с реактивами для проведения реакций. Для продвижения жидкостей по каналам чипа сжатым воздухом необходима сложная система воздушных линий, а для перемещения их с помощью электрических полей — источник высокого напряжения.

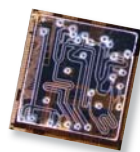
Сложность тестов, которые способны проводить настольные чип-лаборатории, непрерывно растет. В 1998 г. инженер-химик Марк Бернз (Mark Burns) и генетик Дэвид Берк (David Burke) из Мичиганского университета в Анн-Арборе продемонстрировали первый чип, позволявший

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Ученые разрабатывают маленькие портативные чипы, способные быстро обнаружить патогены или биологическое оружие в пробе крови человека.
- Ключ к практическому осуществлению такой лаборатории в кристалле — микрофлюидика: использование давления воздуха для проведения капли через сложные химические реакции.
- В Мичиганском университете в Анн-Арборе создан чип, позволяющий проводить тесты на грипп. В Массачусетском технологическом институте разработан электрический транспортер, способный эффективно перемещать микрокапли.
- Потребители могут получить домашнюю чип-лабораторию для быстрого выявления распространенных заболеваний.

НАТУРАЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА

Созданный в Мичиганском университете чип для теста на грипп имеет размеры 15х16 мм



Работа Бернза была начата в 1993 г., и к 1998 г. его группа разработала способы перемещения жидкостей через микроканалы чипа с помощью небольших порций воздуха. Последующая конструкция, вмещенная в чип шириной около 5 мм и длиной около 30 мм, т.е. размерами в половину пластинки жевательной резинки, позволяла контролировать температуру и осуществлять размножение, электрофорез и люминесцентное детектирование.

Однако оборудование, обеспечивающее выполнение всех этих операций, все еще размещалось вне чипа, вокруг него. На его миниатюризацию Бернз и Берк потратили семь лет. Попутно они заменили применявшийся для размножения ДНК метод амплификации замещением цепей (*strand displacement amplification, SDA*) быстро набирающим популярность методом полимеразной цепной реакции (*polymerase chain reaction, PCR*). Для *PCR* необходим только один фермент, а не два, как для *SDA*, что значительно упрощает анализ «на плате», но зато требуется очень сложная последовательность изменений температуры. В случае *SDA* нужно только нагреть кристалл до 50° С и поддерживать его при этой температуре, а в случае *PCR* необходимо выполнить 35 циклов изменения температуры с 9° С до 50° С, а затем до 70° С. Исследователям нужно было задать в устройстве больше 100 температурных точек.

Более того, необходимо было обеспечить теплоизоляцию каждого участка, где проводился очередной этап процесса, от других участков, — труднейшая задача, если весь процесс проводится в микрочипе. Бернз и Берк потратили не один месяц на эксперименты с различными материалами и структурами затворов, формируя соединения каналов и испытывая покрытия, и в итоге смогли

добиться возможности перемещения и смешивания молекул и удаления избытка жидкости, образующейся при некоторых реакциях.

К 2005 г. их группа объединила достижения электроники, чувствительные элементы, нагреватели и компоненты системы электрофореза в одной кремниевой шайбе размером с монету. Каналы для жидкостей были размещены в стеклянной подложке. Вместо множества вводов для воздуха, обеспечивающего открывание и закрывание затворов и продвижение жидкостей по каналам, их система требовала только двух вводов, что позволило намного уменьшить ее объем. А когда Бернз и Берк поняли, что многие затворы можно сделать из парафина, стало возможным обойтись всего одним пневмовводом. Благодаря электронике системы каждый затвор нагревается независимо и в нужное время, делая парафин достаточно пластичным, чтобы давление воздуха могло открывать и закрывать затворы.

Своему генетическому анализатору в чипе группа дала название *VIPER (Valved Integrated PCR Electrophoresis Restriction digest)*, поскольку его назначение — различать варианты генов вируса гриппа. Система может выполнить генетический анализ всего за 15 мин — в 10 раз быстрее, чем требуется для *PCR*-анализа в обычной лаборатории. Как отмечает Бернз, «простая замена реактивов позволит выявлять и другие болезни, как замена программ компьютера дает возможность решать разные задачи. Малые размеры устройства предполагают, что при массовом производстве себестоимость таких устройств может быть меньше доллара».

Главной трудностью остается питание сжатым воздухом, источник которого располагается вне чипа. Для подачи газа к затворам можно использовать маленький баллончик с CO_2 невысокого давления, а для управления его распределением — внешнюю электронику. Другими внешними компонентами являются синие светодиоды, освещающие генетический материал ▶

идентифицировать конкретный ген или его вариант. С тех пор ученые постоянно стремятся миниатюризировать и интегрировать внешнее оборудование. «Устройство должно быть доступным всем, кто в этом нуждается», — считает Бернз. Например, если ночью заболел ребенок, то используя чип, родители смогут быстро проверить, не грипп ли у него, вместо того чтобы везти его в пункт скорой помощи и ждать результатов из лаборатории.

Анализ генов в капле начинается с размножения: нагрев и добавление определенных ферментов облегчает создание миллионов копий генетического материала. Полученные клоны смешиваются затем с гидролитическими ферментами, которые отыскивают и вырезают определенные последовательности в ДНК. К выделенным фрагментам ДНК прикрепляются молекулы люминесцентного красителя. Затем эти фрагменты с помощью электрического поля перемещаются за счет геля (такой процесс называется электрофорезом). Скорость их перемещения зависит от их размеров и электрического заряда, и наблюдение этого процесса в свете позволяет получить важную информацию о ДНК, например узнать, каким микроорганизмам соответствуют данные сегменты — смертельно опасным или безвредным.

в ходе электрофореза. Бернз говорит, что их можно будет встроить в другой чип и уместить оба чипа в корпус величиной с флешку. «Попытки втиснуть прибор в предмет столь малого размера вызывают у меня клаустрофобию, но сделать это можно. Однако легче будет построить прибор размерами с *iPod*, в котором можно будет разместить и внутренний газовый баллончик, и несколько чипов».

Перемещение с помощью электричества

Как показывает история Бернза, самая трудная задача при разработке чип-лаборатории состоит в том, чтобы найти способ перемещения жидкости по каналам чипа при возможно меньшей затрате энергии. Пытаясь создать конструкцию миниатюрного насоса для такой лаборатории, специалисты, сотрудничающие с Массачусетским технологическим институтом в рамках программы «военных нанотехнологий» (*Soldier Nanotechnologies*), сделали важный шаг к решению данной задачи.

Мартин Базант (Martin Bazant), специалист по прикладной математике, возглавивший работу в Массачусетском технологическом институте, выбрал в качестве движущего начала не сжатый воздух, а электричество, что позволило обойтись без движущихся частей и тем упростить конструкцию. Для насоса, который разрабатывает группа Базанта, требуется напряжение всего в несколько вольт, которое может обеспечить батарейка для наручных часов.

Базант изучает электроосмотические потоки, в которых электрическое поле приводит в движение заряженные молекулы в растворе. Многие годы электроосмотические насосы работали при питании постоянным напряжением не менее 100 В, неприемлемым в портативных чип-лабораториях. В 1999 г. появились сообщения об электроосмосе на переменном токе. Системы переменного тока требуют гораздо меньших напряжений, т.к. в них можно использовать множество электродов, распределенных вдоль канала, тогда как в системах постоянного тока используются

только два больших электрода — по одному на каждом конце канала.

Систему переменного тока можно представить как часть железнодорожного полотна. Плоские шпалы малой высоты — электроды, а жидкость покрывает их в пространстве между рельсами. Если потенциалы электродов будут периодически принимать то положительные, то отрицательные значения, жидкость будет течь в одну сторону. На первый взгляд это представляется невозможным: кажется, что молекулы должны при этом совершать только колебательные движения между электродами, поэтому итогового одностороннего движения не будет. Но введение нерегулярностей в форме электродов, их шаге или покрытии делает одно из двух направлений движения предпочтительным.

Однако в случае чип-лаборатории возникает проблема, состоящая в том, что электроосмотические насосы переменного тока перемещают жидкости слишком медленно. В 2003 г. Базант с коллегами предположили, что придание сечению электродов ступенчатой формы позволит

ДЕТЕКТОР ГРИППА

Опытный образец Мичиганского университета, где капли пробы проводятся через систему микроканалов. Анализ пробы крови позволяет выявить вирус гриппа или иные патогены всего за 15 мин.

1 ВВОД

Проба крови (желтая) и доза реактива-размножителя (зеленая) вводятся в чип и перемещаются по микроканалам давлением воздуха

3 РЕАКЦИЯ

Размноженная ДНК смешивается с реактивом (золотой), который взаимодействует с вирусом гриппа в реакционной камере (зеленая)

2 РАЗМНОЖЕНИЕ

Любая ДНК, содержащаяся в пробе, размножается в *PCR*-камере (красная), которая подвергается 35 циклам нагрева и охлаждения

Нагреватели

Управляющая электроника

4 АНАЛИЗ

Электрофоретический канал, облучаемый УФ-излучением, выявляет сигнатуру патогена, если тот присутствует

Порт ввода Воздушный порт

Сигнатура патогена

Считывающие фотодиоды

создать сложный трехмерный поток, который обеспечит более высокую скорость итогового течения. Но не будет ли ступенька мешать потоку?

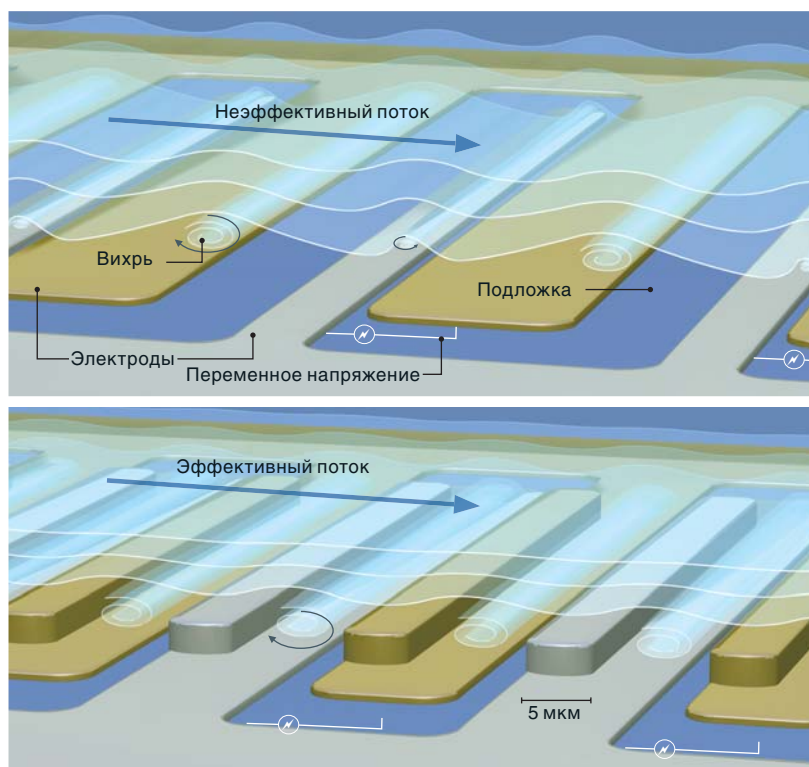
Базант понимал, что данную помеху можно выгодно использовать. Системы переменного тока работали медленно, поскольку переменный ток заставлял молекулы смещаться назад между плоскими электродами, т.е. против основного потока. Однако ступенька должна заставлять молекулы, смещающиеся назад между соседними электродами, двигаться по кругу, создавая вихрь. Цепочка таких вихрей между электродами может действовать подобно роликам под транспортной лентой, способствуя потоку жидкости над ними (илл. справа).

В 2006 г. группа Базанта представила электроосмотический «транспортёр» переменного тока, скорость потока в котором при том же напряжении была в 10 раз больше, чем в прежних конструкциях. Расход «приближался к тому, какой бывает в системах, где поток создается давлением воздуха», — говорит Базант. Более того, оказалось, что молекулы захватываются вихрями на очень короткое время. Большинство их диффундирует в поток за считанные миллисекунды. Такая циркуляция гарантирует, что все молекулы пробы будут двигаться с потоком и участвовать в реакциях. Это сняло опасения, что некоторые молекулы пробы будут «теряться», удерживаясь в вихрях.

Есть, правда, и другое опасение: что у поверхности электродов ионы могут сцепляться друг с другом, препятствуя потоку. Однако Базант считает, что сможет решить проблему, разбавляя раствор, добавляя в поток молекулы, препятствующие сцеплению ионов, или нанеся на электроды специальное водоотталкивающее покрытие. Работу по добавлению к этому транспортеру аналитических компонентов для завершения создания чип-лаборатории его группа только начала. «Наша цель, — говорит Базант, — состоит в том, чтобы предоставить устройство размером с наручные часы, которое могло бы

МИКРОТРАНСПОРТЕР

Переменное напряжение, подаваемое на систему электродов, позволяет «прокачивать» жидкость по микроканалу. Однако турбулентность, возникающая в межэлектродных промежутках (верхний рисунок), тормозит поток. Новая конструкция, созданная в Массачусетском технологическом институте (нижний рисунок), позволяет увеличить скорость потока в 10 раз. Придание электродам ступенчатой формы позволило формировать вихри, которые действуют подобно роликам под транспортной лентой



обнаруживать в слюне или крови признаки, например определенные последовательности РНК, свидетельствующие о реакции организма на различные виды бактериологического оружия».

А нужно ли это?

Появление эффективных чип-лабораторий представляется неизбежным, но некоторые сомневаются, что они понадобятся. В США врачи передают взятые у пациентов пробы в специальные лаборатории, где анализ проводится эффективно и экономично. У больниц есть свои лаборатории. А большинство тестов не требуют срочности.

Тем не менее, чип-лаборатории могут широко применяться в домашних условиях пользования. Они позволят проводить диагностику в развиваю-

щихся странах, где не хватает лабораторий, а врач часто видит пациента один раз в его жизни.

Медики, работающие в условиях военных действий, смогут быстро отправить пробу в лабораторию. Кроме того, работник службы первой помощи может получить результат анализа пробы в машине при доставке больного в больницу. Если удастся сделать чип-лаборатории достаточно миниатюрными, их можно будет даже имплантировать. Такая лаборатория, вживленная рядом с опухолью, позволит контролировать ее рост или определять, как воздействуют на нее лекарства. Поэтому исследователи продолжают работу, стремясь доказать, какими интеллектуальными и действенными могут стать эти устройства. ■

Перевод: И.Е. Сацевич



Лимонная акула закусывает подвернувшейся рыбешкой



Дуглас Филдс

электрическое ЧУВСТВО У АКУЛ

Невероятно чувствительные детекторы электрических полей помогают акулам точно нацеливаться на добычу

Угрожающий плавник прорезал поверхность моря и молниеносно заскользил к нам. Трехметровая синяя акула (*Prionace glauca*) устремилась на запах крови подобно торпедо. Когда мы наблюдали за несколькими огромными хищниками, кружащими вокруг семиметровой лодки *Boston Whaler*, серебристо-голубое рыло неожиданно высунулось из квадратного отверстия в палубе. Мы оба инстинктивно отшатнулись, хотя были в полной безопасности. Акула показала нам свои зубастые челюсти и скользнула обратно в воду.

Мы вышли в море для того, чтобы приступить к изучению загадочного «шестого чувства» у акул. В лабораторных экспериментах было показано, что эти рыбы способны ощущать чрезвычайно слабые электрические поля — наподобие тех, что производит живая клетка в морской воде. Однако требовались доказательства того, что они действительно пользуются данным чувством.

До 1970-х гг. ученые даже и не подозревали, что акулы способны

ощущать слабые электрические поля. Сейчас мы знаем, что электрорецепция помогает им находить пищу даже когда обычные пять чувств — зрение, обоняние, вкус, осязание и слух — становятся бесполезными. Электрорецепция работает в мутной воде, в полной темноте и даже помогает обнаружить жертву, зарывшуюся в песок.

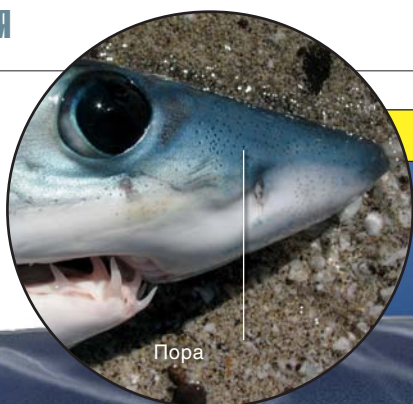
Тайное чувство

В 1678 г. итальянский анатом Стефано Лоренцини (Stefano Lorenzini) описал у акул поры, которые усеивают переднюю часть их головы и придают им несколько «небритый» вид. Он отметил, что поры концентрируются вокруг рта рыбы, и обнаружил, что каждое отверстие ведет в длинную трубочку, заполненную прозрачным гелем. Некоторые из них — тонкие и короткие, в то время как другие достигают толщины спагетти и тянутся на несколько сантиметров. Лоренцини обнаружил, что глубоко в тканях головы эти трубочки сходятся в несколько больших полостей, заполненных прозрачным желе. Он рассмотрел

и отверг возможность того, что поры являются железами, выделяющими слизь. Позднее он предположил, что они могут иметь другую, «более скрытую» функцию, однако их настоящая роль продолжала оставаться неясной на протяжении нескольких столетий.

Назначение пор стало чуть более понятным в середине XIX в., когда исследователи начали разгадывать функцию так называемой боковой линии — органа, который имеет некоторое сходство с системой пор и трубочек, открытых Лоренцини. Боковая линия представляет собой полосу, проходящую по боковой стороне тела многих рыб и амфибий от жабр до хвоста, и предназначена для детекции движения воды. У рыб она состоит из специализированного ряда перфорированных чешуек, каждая из которых открывается в трубку, идущую под кожей вдоль всего тела. В расширениях, располагающихся по длине трубки, находятся чувствительные волосковые клетки (тончайшие выросты или реснички), которые обращены в полость трубки наподобие щетки. ▶

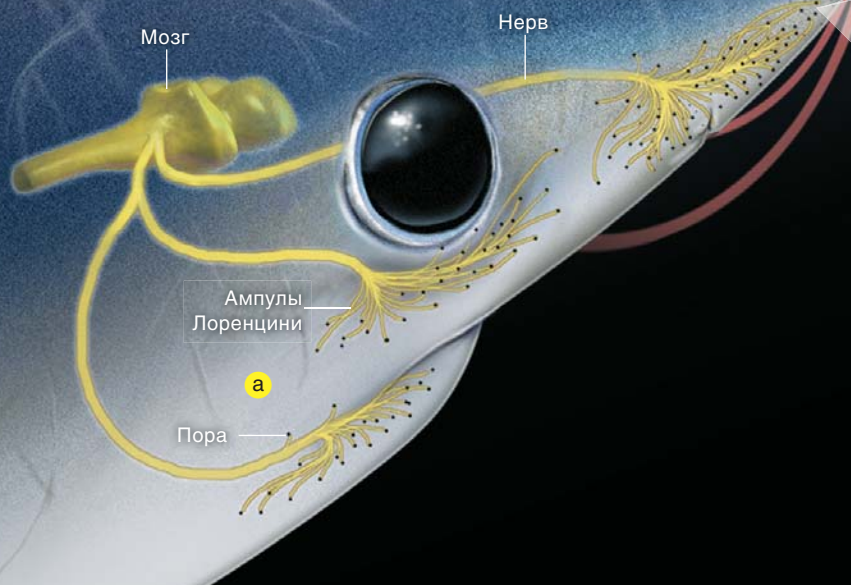
ЭЛЕКТРОРЕЦЕПЦИЯ В ДЕЙСТВИИ



Пора

АТЛАНТИЧЕСКАЯ СЕРО-ГОЛУБАЯ АКУЛА

Акулы и родственные им виды ощущают чрезвычайно слабые электрические поля, генерируемые другими животными в морской воде, благодаря сотням или даже тысячам специализированных детекторов на рыле, называемых ампулами Лоренцини (a). Электрическое поле проводится по хорошо изолированным каналам (b), которые заполнены гелем и тянутся от поверхности кожи к луковичеобразным ампулам (c), выстланным одним слоем чувствительных клеток (d). Эти клетки, реагирующие даже на незначительные изменения электрического заряда геля в канале, в свою очередь активируют нервы, по которым в мозг отправляется информация о присутствии электрического поля



Слабейшие движения воды, возникающие, например, когда другая рыба плавает на расстоянии одного метра, сгибают реснички подобно тому, как по пшеничному полю гуляют волны от ветра. При этом по нервам передаются импульсы, сообщаемые мозгу о силе и направлении движения воды.

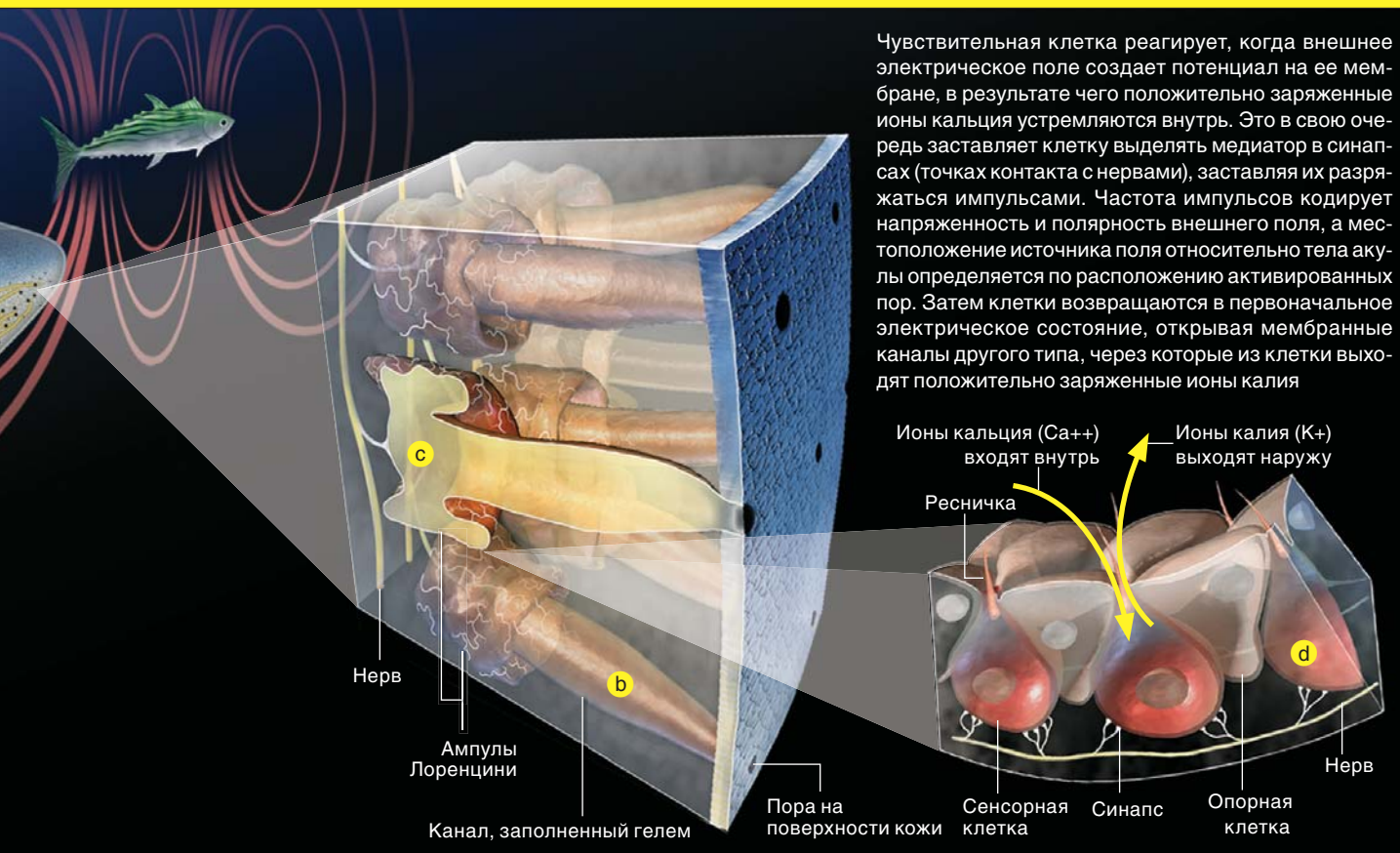
К концу XIX в. с помощью новых усовершенствованных микроскопов было обнаружено, что поры на рыле акулы и необычные структуры под ними, которые мы сейчас

Акула способна обнаружить одну миллионную долю вольта на сантиметр морской воды. Такой же градиент потенциала могла бы создать полувольтовая пальчиковая батарейка, один конец которой был бы погружен в море в проливе Лонг-Айленд, а другой — в водах около Джэксонвилла в штате Флорида

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Акулы и родственные им рыбы обладают редкой способностью ощущать чрезвычайно слабые электрические поля, возникающие в воде вокруг живых организмов.
- Это чувство обеспечивается уникальными электрорецептивными образованиями, названными ампулами Лоренцини в честь впервые описавшего их анатома XVII в.
- Акулы используют свое «шестое чувство» для того, чтобы точно нацеливаться на добычу в заключительной фазе нападения. Роль электрорецепции в других видах поведения пока остается не изученной.

называем ампулами Лоренцини, представляют собой сенсорные органы. Каждая трубочка заканчивается карманом в форме луковичи, или ампулой, от которой отходит тонкий нерв, соединяющийся с другим нервом, идущим от боковой линии. Ученые проследили ход этих нервов до основания черепа, где они попадают в мозг через дорсальную



Чувствительная клетка реагирует, когда внешнее электрическое поле создает потенциал на ее мембране, в результате чего положительно заряженные ионы кальция устремляются внутрь. Это в свою очередь заставляет клетку выделять медиатор в синапсах (точках контакта с нервами), заставляя их разряжаться импульсами. Частота импульсов кодирует напряженность и полярность внешнего поля, а местоположение источника поля относительно тела акулы определяется по расположению активированных пор. Затем клетки возвращаются в первоначальное электрическое состояние, открывая мембранные каналы другого типа, через которые из клетки выходят положительно заряженные ионы калия

поверхность продолговатого мозга. Внутри каждой ампулы был выявлен одинарный слой крошечных волосковых клеток, сходных с аналогичными клетками внутреннего уха человека и боковой линии рыб. Однако оставалось не ясным, какие же стимулы воспринимаются с помощью данных органов.

Электрорецепция подтверждена

Исследователи столкнулись с проблемой: как определить функцию совершенно чуждого нам органа? В конце концов, благодаря сочетанию хорошей аппаратуры и богатой фантазии решение было найдено.

В 1909 г. биолог Г.Х. Паркер (G.H. Parker) из Гарвардского университета удалил у морских собак кожу вокруг отверстий, соединявших ампулы с окружающей средой. Он обнаружил, что несмотря на операцию рыбы реагировали на

легкое прикосновение к трубкам. Наличие такой реакции могло свидетельствовать о том, что благодаря этим органам они способны ощущать движение или давление воды. (В конце концов, наличие рефлекторной реакции на удар в глаз вовсе не означает, что этот орган развился специально для того, чтобы воспринимать неожиданные тычки).

В 1938 г. Александру Сэнду (Alexander Sand) из Морской биологической ассоциации в Плимуте, Великобритания, удалось усилить и записать нервные импульсы, идущие от ампул Лоренцини в мозг. Он обнаружил, что импульсы направлялись непрерывным потоком, но определенные стимулы резко повышали или снижали их частоту. Сэнд, как и Паркер, отметил, что эти органы отвечают на прикосновение и давление, а при охлаждении частота разряда повышается. Ампулы Лоренцини оказались

настолько чувствительны к температуре, что могли воспринимать изменения во внешней среде всего на 0,2° С. Тогда исследователи решили, что эти органы являются тепловыми рецепторами.

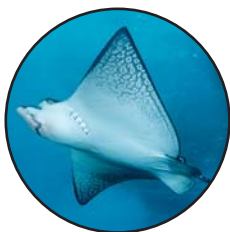
В начале 1960-х гг. биолог Р.У. Мюррей (R.W. Murray) из Бирмингемского университета в Англии повторил эксперименты Сэнда с помощью современных электрофизиологических приборов и подтвердил наличие реакций на изменения температуры и давления, а также на прикосновения. Однако он заметил, что исследуемые органы чувствительны к слабым изменениям солености воды. Когда он случайно создал электрическое поле около места выхода трубки, соединяющейся с ампулой, паттерн разряда изменился. Более того, импульсация менялась в соответствии с интенсивностью и полярностью поля. Если к отверстию ампулы приближался ▶

РЫБЫ С ШЕСТЫМ ЧУВСТВОМ

ПОМИМО АКУЛ АНАЛОГИЧНЫМИ АМПУЛЯРНЫМИ ЭЛЕКТРОРЕЦЕПТОРАМИ ОБЛАДАЮТ И НЕКОТОРЫЕ ДРУГИЕ РЫБЫ

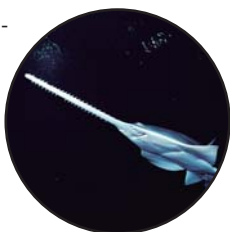
ОБЫКНОВЕННЫЕ СКАТЫ

в поисках пищи планируют на своих грудных плавниках над морским дном



РЫБА-ПИЛА

имеет пилообразный рострум (выrost верхней челюсти), покрытый порами, которые чувствительны к движению и к электрическим полям. Это позволяет рыбе находить пищу на океанском дне под слоем песка



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СКАТЫ

обладают органами, способными произвести электрический разряд, оглушающий жертву



ОСЕТРЫ

пользуются своим клинообразным рострумом и чувствительными усами для поиска пищи в донном иле



ДВОЯКОДЫШАЩИЕ РЫБЫ

способны дышать воздухом и приспособлены к жизни в мутной пресной воде



положительный полюс, частота разряда снижалась; если же ближе оказывался отрицательный полюс, разряд становился более частым.

Поразительно, но, согласно данным Мюррея, эти органы способны реагировать на очень слабое поле — всего в одну миллионную долю вольта на сантиметр морской воды. Примерно такой же градиент потенциала могла бы создать полувольтовая пальчиковая батарейка, один конец которой был бы погружен в море в проливе Лонг-Айленд, а другой — в водах около Джэксонвилла в штате Флорида. Теоретически, акула, плавающая между этими двумя точками, могла бы с легкостью определить, включена батарейка или выключена. (Проведенное позднее исследование реакций в мозге показало, что эти хищники могут различать всего 15 миллиардных долей вольта.) Ни одна другая ткань, орган или животное не обладают подобной чувствительностью к электричеству. Даже инженерам, вооруженным современным оборудованием, сложно измерять столь слабые поля в морской воде.

В поисках функции

Почему акулы ощущают слабые электрические поля? Ответить на этот вопрос помогли проводившиеся ранее исследования «биоэлектричества» других рыб. Например, электрические угри поражают свою жертву сильным ударом электрического тока, вырабатываемого специализированным органом. Однако некоторые другие виды рыб, видимо, специально, генерируют значительно более слабые электрические поля, слишком безобидные, чтобы служить оружием. Эволюция данных органов, кажущихся бесполезными, озадачила в свое время даже Чарлза Дарвина, пытавшегося разгадать биологическую загадку в «Происхождении видов».

Зоолог Ганс Лиссманн (H.W. Lissmann) из Кембриджского университета совместно с другими учеными в 1950-х гг. обнаружил, что рыбы, генерирующие электрическое поле, способны его и воспринимать.

Их сенсоры (бугорковые рецепторы) значительно отличаются от ампул Лоренцини: у них отсутствуют длинные трубочки и они не столь чувствительны к электрическим полям.

Действуя совместно, электрические органы и бугорковые рецепторы функционируют как излучатель и приемник радара. Такая система чрезвычайно полезна, скажем, при передвижениях в мутной воде Амазонки или при охоте в ночное время. Объекты в воде искажают форму излучаемого электрического поля, бугорковые рецепторы улавливают разницу и тем самым позволяют обнаруживать объекты.

Акулы и скаты не имеют специализированных органов для создания электрического поля. Исследователи предположили, что чрезвычайно чувствительные ампулы Лоренцини работают как пассивный радар, определяя слабейшие электрические поля, которые возникают в окружающей среде естественным образом — примерно так же, как прибор ночного видения позволяет разглядеть ночное поле боя, усиливая слабый свет звезд.

Возможно, эти животные ощущают быстрые и слабые формы биоэлектричества, подобные электрическим волнам мозга или потенциалам, возникающим при сокращении сердца. Казалось маловероятным, что с помощью ампул Лоренцини акулы обнаруживают электрические импульсы длительностью всего в несколько тысячных долей секунды. Скорее наоборот, эти органы способны воспринимать лишь медленно изменяющиеся электрические поля, подобные тем, которые возникают в электрохимических батарейках.

Такой вариант восприятия также может иметь смысл, поскольку все клетки организма по своей природе подобны батарейкам. Потенциал возникает в том случае, когда два различных раствора солей оказываются разделены в электрохимической ячейке. Противоположные заряды притягиваются, и возникающее при этом движение зарядов

FRED BAVENDAM Minden Pictures (ray); NORBERT WU Minden Pictures (sawfish); STEPHEN FRANK Corbis (electric ray); WIL MEINDERTS Foto Natura/Minden Pictures (sturgeon); JEAN-PAUL FERRERO Auscape/Minden Pictures (lungfish)

ИССЛЕДУЕМ ДРЕВНЕЕ ЧУВСТВО

Химера ощущает происходящее в окружающей воде с помощью электрорецепторов. Авторы установили данный факт с помощью кольцевого аквариума (рис.)



Акулы были не первыми рыбами, воспринимавшими электрические поля. Ранее эту способность имели их давно вымершие предки. В начале своих исследований меня заинтересовало, обладает ли электрорецепцией диковинная рыба, произошедшая от тех же давно исчезнувших видов, — примитивный житель глубин океана, называемый химерой.

Впервые я столкнулся с этими странными рыбами в конце 1970-х гг. на коммерческом рыболовном траулере, будучи студентом Морской лаборатории в Мосс-Лендинге в Калифорнии. Химеры имеют большие передние зубы, которые не позволяют рту плотно закрываться. Такая особенность и большие глаза делают их немного похожими на кролика или крысу.

Поскольку химера не имеет никакой коммерческой ценности, капитан позволил мне взять ее домой для исследования. Вскоре я заметил, что пространство внутри ее головы между кожей и мышцами заполнено прозрачной желеобразной массой. Направив свет, я увидел переплетение прозрачных, заполненных гелем трубочек, расходящихся к порам на поверхности головы, которые напоминали ампулы Лоренцини у акул. Я подумал, что химеры тоже обладают подобными органами. Для подтверждения данного предположения мне нужно было поймать неповрежденный экземпляр и содержать его живым во время экспериментов.

Я обратился за помощью к командам коммерческих рыболовных судов, бороздящих воды залива Монтерей. Одним туманным утром корабль «Холидей-II» доставил мне живую химеру. Вернувшись в лабораторию, я поместил рыбу в аквариум кольцевой формы, в котором непрерывно циркулировала морская вода (рис.). Центр кольца был достаточно просторным, чтобы я мог стоять посередине и наблюдать, как рыба плавает против течения воды (предпочитаемое ими направление).

Вскоре я понял, что данная склонность химеры поможет ответить на мои вопросы. Сначала я зарыл электроды в песок. Когда рыба проплывала над ними, я включал электрическое поле и одновременно слегка дотрагивался до рыбы стеклянной палочкой, заставляя ее разворачиваться и плыть по течению воды. Вскоре она вновь выбирала свое любимое направление. Я предположил, что если химера способна ощущать слабое электрическое поле, то начнет ассоциировать его с досаждающей ей стеклянной палочкой. В таком случае она бы сама поворачивала сразу, как

только я щелкну выключателем. Если животное так бы этому и не научилось, то это означало бы, что либо оно не может ощущать слабые электрические поля, либо неспособно к обучению.

Наконец я добился искомого результата. Я нажимал на выключатель, и химера сразу же изменяла направление движения. Она чувствовала электрическое поле и усвоила закономерность сочетания стимулов. С тех пор каждый раз, как только я включал электрический стимул, рыба поворачивала, однако проплывала над теми же электродами без малейших колебаний при выключенном поле. Изменяя интенсивность и частоту поля, я обнаружил, что химеры могут с легкостью воспринимать поля столь же слабые, как и те, которые образуются вокруг тела рыб в морской воде.

Итак, эксперимент показал, что химера способна воспринимать слабые электрические поля. Однако еще требовались доказательства того, что рыба использует те же структуры, которые напоминают ампулы Лоренцини. Мы вместе с электрофизиологом Дэвидом Лэнджем (David Lange) из Скриппсовского института океанографии приступили к изучению данного вопроса. Повторяя подход, примененный Александром Сэндом (Alexander Sand) в 1938 г., мы регистрировали активность нервов, идущих от ампул. Когда от этих таинственных органов в мозг устремлялся нервный импульс, по экрану осциллографа проносилась зеленая фосфоресцирующая волна, и в громкоговорителе раздавался громкий щелчок.

Пока рыба мирно спала под наркозом, частота разряда нерва слегка пульсировала в такт с дыханием. Однако когда около места выхода поры на поверхность мы создавали электрическое поле, лаборатория немедленно наполнялась громким треском, отражающим поток нервных импульсов, бегущих в мозг. Затем мы сделали электрическое поле пульсирующим, и импульсы четко следовали за ним, будто морские пехотинцы на параде. Изменяя полярность, мы показали, что отрицательный полюс возбуждает орган, в то время как положительный — тормозит. Теперь уже не оставалось сомнений в том, что химеры обладают электрорецепторами. Дальнейшие исследования показали, что электрочувствительные органы этих рыб идентичны таковым у акул.

МАГНИТНЫЕ РЕПЕЛЛЕНТЫ?

Ученые ищут способ отгонять акул от рыболовных снастей и даже от пловцов, нарушая работу их чувствительных электрорецепторов с помощью сильных магнитов. Идея состоит в том, чтобы сбить с толку электрорецепторы акулы, вызывая генерацию электрического поля внутри них при перемещении в магнитном поле.

«Наша цель — спасти акул, а не людей», — объясняет Сэмюэл Грабер (Samuel Gruber), морской биолог из Университета Майами. По оценкам Всемирного фонда дикой природы, 20% видов этих хищников находятся под угрозой исчезновения. «Если укрепить такие устройства на коммерческих орудиях лова, то они помогут спасти 50 тыс. акул за одну ночь», — говорит Грабер.

создает электрический ток. Аналогично живые клетки организма содержат солевой раствор, отличающийся по составу от морской воды, что порождает на границе между ними электрический потенциал. Следовательно, тело рыбы в морской воде действует как батарейка, создающая вокруг себя электрическое поле (причем оно медленно колеблется, когда рыба прокачивает воду через свои жабры).

В 1970-х гг. биолог Адрианус Калмийн (Adrianus Kalmijn) из Скриппсовского института океанографии, воспользовавшись электронным усилителем, показал, что животные, находящиеся в морской воде, излучают вокруг себя биоэлектрическое поле, которое со временем незначительно меняется или же остается неизменным. Ученый также обнаружил, что в неволе акула находит и атакует электроды, зарытые в песок на дне аквариума, — при условии, что они генерируют электрические поля, имитирующие излучение от обычной добычи хищника.

Электрорецепция на свободе

Показать, что рыбы с ампулами Лоренцини реагируют на электрические поля в контролируемых лабораторных условиях, — одно дело, однако еще необходимо определить,

используют ли они это чувство в привычной для них среде обитания, и если да, то как именно. Такая задача непроста отчасти потому, что слабые электрические сигналы от добычи возникают на фоне электрического шума, обусловленного природными явлениями — соленостью, температурой, током воды, кислотностью и т.д. В океанской воде даже кусок металлической проволоки создает потенциал, легко улавливаемый акулой.

Для того чтобы посмотреть, как рыбы применяют эту сенсорную способность в природе, в том числе во время охоты, мы должны были наблюдать за ними в море — поэтому мы и оказались в небольшой лодке из стеклопластика (а не из металла) с квадратным отверстием в палубе.

Выйдя в море, мы опустили T-образный аппарат с электродами на концах через квадратный вырез и бросили в воду рыбный фарш. Затем подали на электроды ток, чтобы симитировать электрические поля, создаваемые рыбами, служащими обычной добычей акул. Один из нас активировал электроды по очереди в случайном порядке, в то время как другой (не зная, какой именно электрод активирован в данный момент) наблюдал за поведением акул. Если бы животные

преимущественно атаковали активированный электрод, то мы бы получили подтверждение того, что они пользуются своим электрическим чувством при ловле добычи.

В первую ночь гигантская голубая акула кружила поблизости от лодки, а затем ринулась на запах рыбного фарша. Она плыла прямо на источник запаха и в последний момент резко приняла вправо, схватив зубами правую штангу нашего аппарата, после чего резко дернула и отпустила ее. В последний момент нападения хищник перестал обращать внимание на приманку и принялся кусать активированный электрод. Мы наблюдали множество подобных атак, в которых животные явно отдавали предпочтение активированному электроду по сравнению с неактивированным, а также с источником пищевого запаха.

В последние моменты нападения электрорецепция для акулы имеет даже большее значение, чем воздействие на системы обоняния и вкуса. Данное открытие может объяснить некоторые наблюдения, сделанные во время реальных случаев нападения этих рыб на людей. Сообщалось о том, что жертва акул подвергалась повторным атакам, в то время как хищник совершенно игнорировал другого человека, занятого буксированием пострадавшего. Акула теряет след своей первоначальной жертвы, когда кровь нарушает ее зрительное и обонятельное восприятие. Именно электрорецепция позволяет ей видеть сильные электрические поля, возникающие из-за разницы в солевом составе морской воды и крови, вытекающей из раны жертвы.

Во время охоты акулы используют все органы чувств, у каждого из которых есть свои преимущества и особенности восприятия (врезка на противоположной стр.). Обоняние и слух необходимы для обнаружения жертвы на больших расстояниях. Зрение, чувство боковой линии и вкус важны на более коротких дистанциях. Однако в последней фазе атаки, когда акула приближается к своей добыче при-

ОБ АВТОРЕ

Дуглас Филдс (R. Douglas Fields) — нейробиолог, работает в системе Национальных институтов здоровья, имеет степень магистра в Морской лаборатории в Мосс-Лендинге в Калифорнии, а также докторскую степень в области биологической океанографии в Скриппсовском институте океанографии. Филдс исследует акул, а в свободное от работы время занимается скалолазанием, подводным плаванием и изготовлением гитар.

ЧУВСТВА АКУЛЫ ВО ВРЕМЯ ОХОТЫ

На охоте акула использует все свои органы чувств

На значительных расстояниях от потенциальной жертвы большую роль играют обоняние и слух. Раненая, а потому и более уязвимая рыба оставляет след с запахом крови и производит шум

Мозг

Ухо

Нос

Когда хищник подплывает к жертве ближе, более важными становятся его зрение, вкус и способность улавливать движение воды (с помощью боковой линии)

Боковая линия

Электрорецепторы

В заключительной фазе нападения, когда акула приближается к жертве ближе 1 м, электрорецепция становится основным чувством, позволяющим точно определить местонахождение жертвы и правильно сориентировать челюсти. Теперь акула совершает свой заключительный смертельный бросок

мерно на 1 м, электрорецепция позволяет ей точно засечь местонахождение жертвы и правильно сориентировать на нее свои челюсти. Это открытие, возможно, когда-нибудь позволит создать устройства, отпугивающие акул от пловцов.

Несомненно, акулы, обладая электрорецепцией, используют ее и для других целей. Мы можем лишь догадываться, как они воспринимают мир с помощью такого странного и совершенно чуждого нам чувства. ■

Перевод: Б.В. Чернышев

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Electric Sense of Sharks and Rays. A.J. Kalmijn in Journal of Experimental Biology, Vol. 55, pages 371—383; 1971.
- Electoreception in the Ratfish (*Hydrolagus coliei*). R.D. Fields and G.D. Lange in Science, Vol. 207, pages 547—548; 1980.
- Ampullary Sense Organs, Peripheral, Central and Behavioral Electoreception in Chimaeras (*Hydrolagus*, *Holocephali*, *Chondrichthyes*). R.D. Fields, T.H. Bullock and G.D. Lange in Brain, Behavior and Evolution, Vol. 41, pages 269—289; 1993.

Марк Фишетти

тепло ЗЕМЛИ

Более 30 стран мира уже приняли или рассматривают «Пакет стандартов на возобновляемые источники энергии», согласно которому часть энергии должна производиться с использованием возобновляемых источников.

Многие энергетические компании не занимаются геотермальной энергией в основном из-за того, что для ее освоения требуются большие первоначальные затраты, в частности на бурение глубоких разведочных скважин. Но введенные в эксплуатацию геотермальные станции не потребляют топлива и практически не дают выбросов. «Общие затраты за весь срок эксплуатации по экономической эффективности оказываются на уровне, а то и ниже, чем у электростанций, работающих на угле, — самых дешевых из традиционных», — говорит Джералд Никс (Gerald Nix), менеджер Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии в Голдене, штат Колорадо. Более того, исследования, проведенные недавно Массачусетским технологическим институтом, показали, что доступного подземного тепла удивительно много во всей стране. «Геотермальная энергия практически не используется», — заключает Никс.

Уже ряд лет во многих местах работают геотермальные электростанции нескольких типов, в зависимости от температуры подземных вод. Наиболее распространены электростанции с мгновенным испарением (главный рис. справа), однако в будущем «ключевую роль будут играть бинарные электростанции», — говорит Никс. Эти станции, в которых горячая вода используется для испарения вторичной жидкости, могут работать на геотермальных водах с менее высокой температурой, а значит, могут оказаться рентабельными в большем количестве мест.

Некоторых критиков тревожит, что запасы геотермальных вод могут со временем истощиться, поскольку часть воды может теряться в процессе мгновенного испарения и при последующем охлаждении пара. Однако земные недра будут естественным образом восполнять убыль воды, если не слишком интенсивно ее отбирать. А на бинарных станциях практически вся извлекаемая вода возвращается обратно в подземный резервуар, хотя в эксплуатации они могут быть дороже станций с мгновенным испарением. В будущем энергетики смогут использовать даже «усовершенствованные» методы «добычи» пара из горячих сухих горных пород (рис. на этой стр.). Тепло земли будет доступно и домовладельцам. На глубине всего 3 м грунт круглый год сохраняет температуру +10—16° С. Уложенные на этой глубине трубы с водой могут питать тепловой насос, зимой обогревающий дом, а летом обеспечивающий охлаждение. «В процессе строительства такая система с тепловым насосом может обойтись вам дороже обычного отопительного котла», — говорит Никс. Но зато она будет энергоэкономной, потребляя лишь небольшое количество электроэнергии. «За четыре-пять лет она окупится, и вы начнете экономить деньги», — указывает он. ■

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

МНОГО, НО МАЛО. Геотермальные электростанции есть в 28 странах, и их суммарная мощность составляет 8 900 МВт. Наибольшая доля этой мощности, 2 850 МВт, приходится на США (в том числе 2 490 МВт на Калифорнию), но это составляет лишь 0,36% всего производства электроэнергии в стране. С 2000 г. производство геотермальной электроэнергии во Франции, в Кении и в России утроилось.

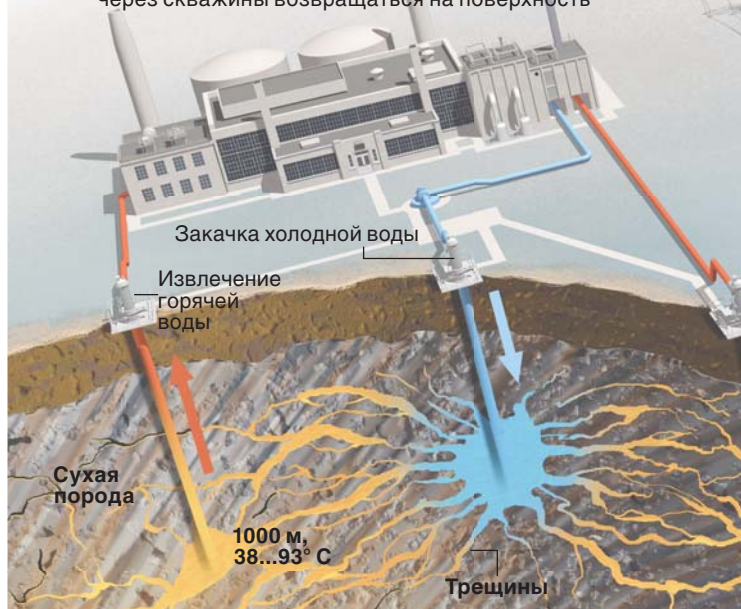
СТАРЫЕ ДОБРЫЕ. Самый крупный в мире комплекс геотермальных электростанций «Гейзеры» находится в 116 км к северу от Сан-Франциско. Его строительство началось в 1960 г., и сегодня в нем работает 21 электростанция суммарной мощностью 750 МВт. Город Санта-Роза переправляет сюда по трубам очищенные сточные воды, что очень удобно для него. Эти воды закачиваются в подземный резервуар, что увеличивает возможный срок его эксплуатации.

НЕ ВСЕ ЧИСТО. Некоторые глубинные воды насыщены газами, в том числе углекислым газом и сероводородом, а также содержат некоторые минералы, в частности цинк. На станциях с мгновенным испарением эти примеси должны улавливаться или перерабатываться. На бинарных станциях все эти вещества закачиваются обратно в подземный резервуар.



УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

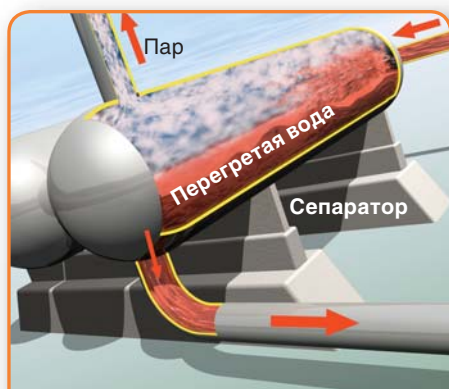
будущего будет закачивать холодную воду под высоким давлением в трещины сухих горных пород, где она будет способствовать их дальнейшему растрескиванию и нагреваться. Нагретая вода будет через скважины возвращаться на поверхность



ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

работает на горячих подземных водах. Наиболее распространены станции с мгновенным испарением, но в будущем основными могут стать бинарные станции. На станции получается водяной пар высокого давления или пар иной жидкости, который вращает турбину. Оставшаяся вода закачивается обратно в подземный резервуар

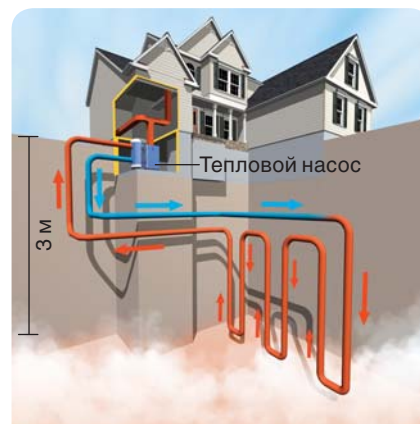
NICK ROTONDO



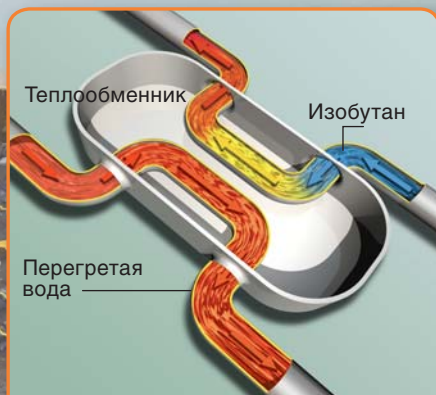
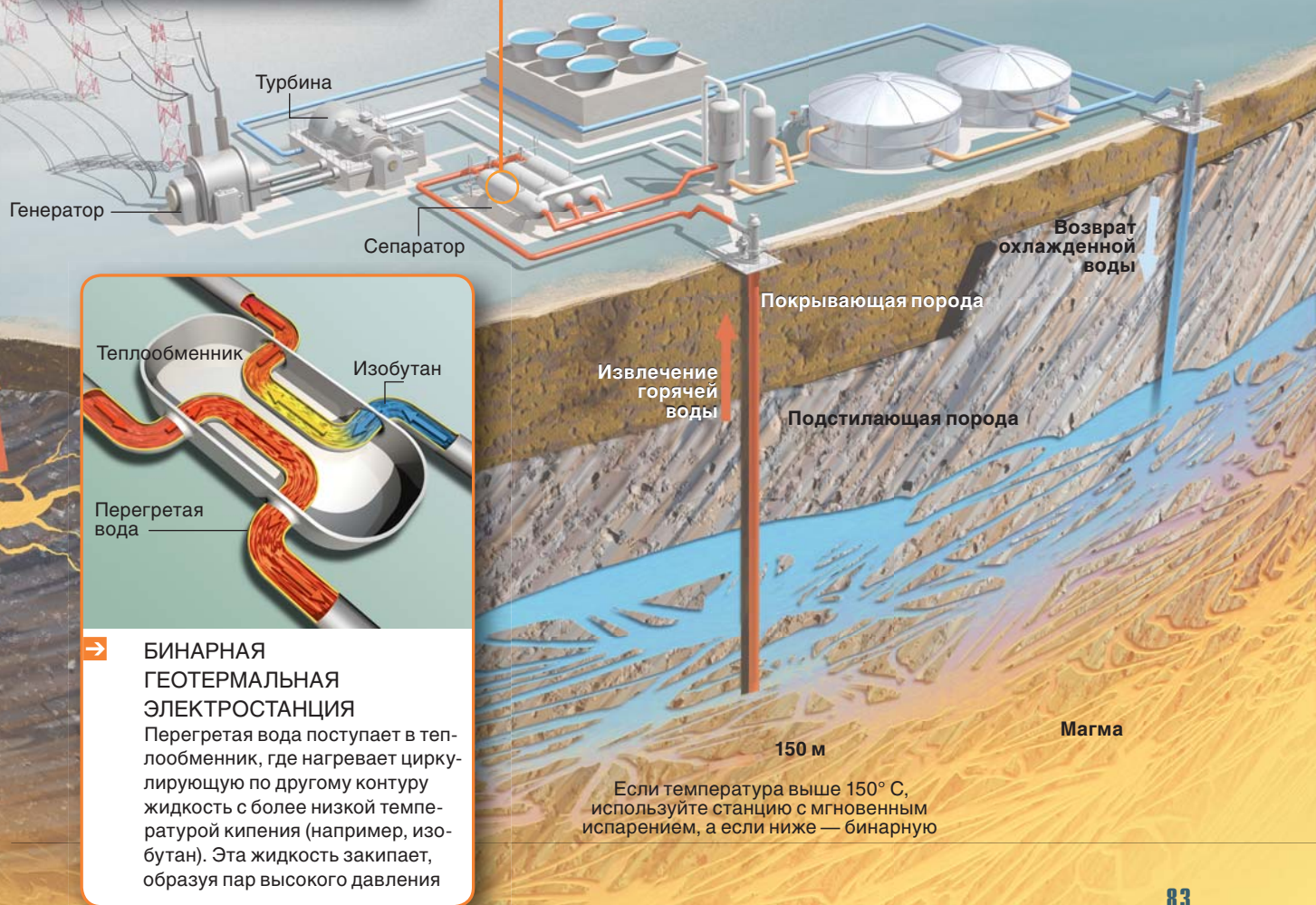
→ **ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С МГНОВЕННЫМ ИСПАРЕНИЕМ** Перегретая вода под естественным высоким давлением поступает в сепаратор, где давление ниже. Спад давления вызывает мгновенное испарение части воды. Оставшаяся вода поступает в следующую камеру, где давление еще ниже, и процесс повторяется



→ **ЗДАНИЯ** могут непосредственно обогреваться подаваемыми по трубам горячей водой или паром, которые в отдельных местах поднимаются близко к поверхности земли



→ **ДОМАШНИЙ** тепловой насос прокачивает воду по системе труб или скважин, заложенных на небольшой глубине, где температура круглый год держится на уровне 10...16° С. Летом сравнительно холодная вода охлаждает помещения, а зимой сравнительно теплая вода подает тепло в дом



→ **БИНАРНАЯ ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ** Перегретая вода поступает в теплообменник, где нагревает циркулирующую по другому контуру жидкость с более низкой температурой кипения (например, изобутан). Эта жидкость закипает, образуя пар высокого давления

Если температура выше 150° С, используйте станцию с мгновенным испарением, а если ниже — бинарную

ВИНА РУССКОЙ ШАМПАНИ

Карина Тиванова

Завод шампанских вин «Новый Свет» основан в 1878 г. князем Л.С. Голицыным, большим ценителем классических игристых вин. Российский винодел досконально изучил искусство приготовления виноградных вин во Франции и организовал их производство в Крыму

Завод шампанских вин «Новый Свет» основан в 1878 г. князем Л.С. Голицыным, большим любителем классических игристых вин. В свое время великий российский винодел стал изучать искусство приготовления виноградных вин во Франции.

Эти знаниягодились ему, когда в 1878 г. после долгих и тщательных поисков местности, подходящей по агроклиматическим условиям для производства шампанских вин, князь приобрел обширное имение Новый Свет (230 га) на Черноморском побережье Крыма. В первую очередь он заложил питомник, где культивировал до 500 сортов винограда и занимался селекционной работой. Кроме того, русский винодел разбил другие виноградники в Крыму, недалеко от Феодосии, у деревни Токлук (ныне село Богатое), а также на Кавказе в местечке Алабашлы Елизаветпольской губернии. Но самый главный этап его жизни начался в конце 1880—1890-х гг., когда в Новом Свете был построен винодельческий завод и созданы наиболее протяженные в России подвалы

в горе Коба-Кая. Игристые вина на новом заводе решено было выпускать классическим французским бутылочным методом (насыщение вина натуральным диоксидом углерода), который характеризуется присущими только ему технологическими операциями: выдержкой вина, разлитого в бутылки для шампанского, ремюажем (сведением в течение трех месяцев осадка к пробке) и, наконец, дегоржажем (сбрасыванием осадка).

Долгие годы кропотливой и плодотворной работы дали неплохие результаты. Был установлен сортовой состав винограда: группа Шардоне, Пино, Алиготе, Каберне, Рислинг Рейнский. 1896 г. отмечен и знаменательным событием: шампанское «Коронационное» украшало царский стол во время торжеств по случаю восшествия на престол государя Николая II. В том же году на Всемирной промышленной и художественной выставке в Нижнем Новгороде князь Л.С. Голицын получил право изображать на этикетках своих вин государственный герб, а в 1900 г. на Всемирной парижской выставке шампанское «Парадиз»



КАК И С ЧЕМ ПЬЮТ ШАМПАНСКОЕ

Бутылка хорошего шампанского — лучшее украшение праздничного стола, особенно новогоднего. Каждый сорт этого вина предполагает определенный вид закуски. Высококласное же шампанское любит, когда его пьют в сочетании с черной икрой.

Вопреки бытующему в советские времена обычаю, вкушая напиток богов, не принято закусывать его шоколадом. Считается, что даже к легкому завтраку не повредит небольшой бокал. Шампанское «брют», охлажденное до $+6—8^{\circ}\text{C}$, в сочетании с жирными сливочными сырами поднимет настроение в начале дня.

С устрицами, морепродуктами, дичью хорошо сочетается выдержанное коллекционное вино, при этом его температура должна быть не выше $+6—8^{\circ}\text{C}$. А к мясным блюдам можно подать выдержанное красное, или «брют» ($+10—12^{\circ}\text{C}$).

Вечером обязательно побалуйте себя охлажденным до $+6—8^{\circ}\text{C}$ полусухим вином с несладким десертом.



завоевало высшую награду — кубок Гран-При.

Спустя более чем 130 лет «Новый Свет» по-прежнему верен классическим традициям.

Одна из отличительных особенностей новосветского шампанского — оно созревает и после прохождения всех технологических обработок поступает на стол потребителя в той же самой бутылке, в которую было заложено. Процесс производства шампанского начинается с подбора сортов винограда, из которых затем рождается вино. Сам князь Голицын называл Крым «русской Шампанью», где почвы и климат идеально подходят для выращивания винограда.

Не менее важны место и условия вызревания и хранения вина. Классическое шампанское выдерживают в течение трех лет при температуре $+12—14^{\circ}\text{C}$ в бутылках под давлением до 17 атм. В старых, построенных еще при Голицыне семикилометровых подвалах поддерживается идеальная температура (от $+10—12^{\circ}\text{C}$) для получения качественного напитка. За три года хранения бутылки четыре раза перекадываются, а вино в них взбалтывается.

Немаловажную роль в создании новосветского игристого вина играют дрожжевые культуры. Уже более полувека в «Новом Свете» применяют выведенные в 1954 г. штаммы — эксклюзивные материалы, исполь-

зуемые только на этом заводе. Для поддержания высокого качества шампанского необходимо постоянно следить за чистотой расы дрожжей. О последнем заботятся сотрудники украинского НИИ виноградарства и виноделия «Магарач», много лет работающие с заводом «Новый Свет» и другими винодельческими предприятиями.

Создание шампанского вина — это не только искусство виноделия, но и кропотливая научная работа. Из лучших образцов, хранящихся в подвалах завода, составляют коллекцию (энотеку). Чтобы создавать новые, эксклюзивные сорта вина, необходимо точно знать, как оно ведет себя в определенных условиях в течение длительного времени. В этом же направлении работают и селекционеры НИИ «Магарач», разработавшие методику клоновой селекции высокоценных технических сортов винограда: Рислинг Рейнский, Каберне-Совиньон, Мускат белый, Мускат черный, Мускат розовый, Серсилаль и др.

Производство классического шампанского — долгий и сложный технологический процесс, для которого требуются высококачественное сырье (выращиваемое в ограниченных количествах), специализированные производственные площади. Вино находится в резервуарах под повышенным давлением до трех месяцев. Затем его разливают по бу-

тылкам емкостью 0,75 л. и герметически закупоривают. Образующийся углекислый газ, лишенный возможности вырваться наружу, насыщает вино. После завершения ферментации белое шампанское выдерживают до трех лет, красное игристое — до одного. Затем в течение еще 2—3 месяцев в деревянных пюпитрах осадок сводится к пробке (т.е. осуществляется ремюаж). Дегоржаж (избавление от осадка) происходит вручную, с помощью дозировкой экспедиционного ликера. Его количество определяет марку шампанского. Изысканность, богатство и сложность вкуса шампанскому придает то, что в процессе автолиза образуются аминокислоты, от которых зависит аромат будущего напитка. В конце процесса пластмассовую пробку заменяют пробковой, а на бутылку надевают сверху металлический колпачок с маркировкой и уздечку.

Важно, что определенные операции проводятся на заводе вручную, еще по голицынским технологиям. Несложно догадаться, что в больших объемах подобное вино производиться не может. Но чтобы наполнить рынок качественным продуктом, с середины прошлого века появилось новое направление вторичного виноградарства — производство высококачественных ординарных вин с сокращенным технологическим циклом. ■



Компьютерное конструирование

Монография посвящена новому быстро развивающемуся направлению теоретической химии. Термин «компьютерное конструирование соединений» был введен примерно четверть века назад в связи с проблемой получения веществ с заданными свойствами. Появилась возможность компьютерного анализа многочисленных экспериментальных данных

и прогнозирования молекулярной структуры еще не полученных соединений. В книге большое внимание уделяется базам данных по неорганическим соединениям, которые имеют огромное значение при компьютерном конструировании — автоматизации поиска новых материалов.

В издании приведены результаты разработки баз данных по свойствам веществ и материалов в ИМЕТ РАН (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова), а также методы конструирования неорганических соединений с привлечением искусственного интеллекта.

Киселева Н.Н. Компьютерное конструирование неорганических соединений: использование баз данных и методов искусственного интеллекта. М.: Наука, 2005.

Языковые способности обезьян

Появилась еще одна увлекательная книга — детальное описание результатов исследований последней трети XX в. языковых способностей обезьян. Издание и две не менее интересные статьи в приложении возвращают читателя к задаче, поставленной еще в Древней Греции, — «Познай самого себя». Что такое язык для человека? Какую роль он играет в нашей жизни? Как он возник? Окончательных ответов на все эти вопросы пока нет, но в том и суть новой книги, что она знакомит читателя с современным уровнем исследований в этой области.

Многолетний труд нескольких научных коллективов, которые общались с приматами на так называемых языках-посредниках, использующих жесты (язык глухонемых) или современную компьютерную технику (выбор соответствующих лексикограмм с помощью клавиатуры), убедительно доказал, что представители нескольких видов обезьян

с разной степенью легкости осваивают языковое общение как с человеком, так и друг с другом. Предел — уровень двухлетнего ребенка. Наблюдаемое последующее отставание обезьян от людей в развитии речи большинство исследователей объясняют принципиальным различием внутреннего мира человека и близких к нему видов антропоидов, точнее, наличием у человека интеллекта — особой способности активно создавать системные представления об окружающем мире. В возрасте около двух лет, по предположению классика отечественной психологии Л.С. Выготского, линии развития речи и интеллекта сходятся. Далее совместное развитие речи и интеллекта создает то богатство представлений об окружающем мире, которое составляет индивидуальный внутренний мир каждого человека, а объединенными усилиями многих поколений — неповторимый мир общечеловеческой культуры.



**З. А. Зорина
А. А. Смирнова**
о чем рассказали

**«говорящие»
обезьяны**

Зорина З.А., Смирнова А.А. О чем рассказали «говорящие» обезьяны: способны ли высшие животные оперировать символами? М.: Языки славянских культур, 2006.

Восточнославянские Север и Юг

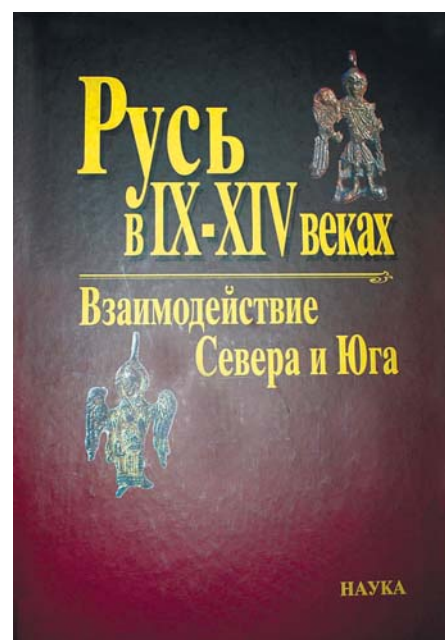
Противоречивые тенденции интеграции и обособления, взаимодействия и соперничества восточнославянских Севера и Юга — одно из важнейших явлений, характеризующих развитие древней Руси в IX—XII вв. В сборнике рассматривается культурное своеобразие обеих областей, превращение «северных» и «южных» элементов культуры в общедревнерусские.

Культурное единство древней Руси было во многом вызвано взаимодействием людей, обменом культурными достижениями и материальными ценностями. Статьи сборника основаны на сравнительном анализе археологических материалов, характеризующих состояние отдельных областей, а также на новейших археологических данных, раскрывающих ранее не известные аспекты взаимного влияния между восточнославянскими

Севером и Югом. В книге представлены точные свидетельства проникновения с юга на север византийской керамики, шелковых тканей, предметов христианского культа, традиций ювелирного мастерства и возведения оборонительных сооружений. Не менее важны новые исследования погребальных комплексов Киевского и Шестовицкого некрополей и последние находки скандинавского происхождения на Верхней Волге, отражающие встречное движение с севера.

Издание посвящено памяти академика Б.А. Рыбакова, который одним из первых, опираясь на археологические материалы в исследовании русского средневековья, привлек внимание к проблеме взаимодействия Севера и Юга.

Книгу дополняют многочисленные иллюстрации и карты, а также краткое содержание статей на английском языке.



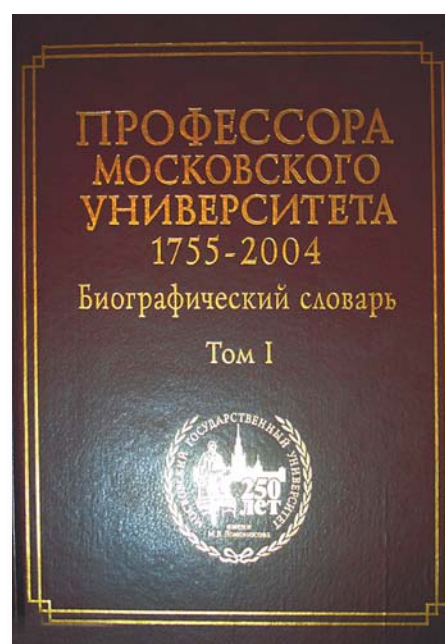
Русь в IX—XIV веках. Взаимодействие Севера и Юга / Отв. ред. Н.А. Макаров, А.В. Чернецов; Ин-т археологии РАН. М.: Наука, 2005.

Профессора Московского университета

Неоценима роль Московского университета в развитии образования в России и формировании ее интеллектуальной элиты. Многие важнейшие события связаны с именами профессоров МГУ — высшего звена университетской иерархии. На счету профессоров Московского университета множество культурных и научных побед, ставших национальным достоянием России. В 1855 г. к 100-летию университета был подготовлен словарь, который содержал 256 имен. Затем в биографической летописи университета образовался почти 150-летний разрыв. За прошедшее время список профессоров достиг 4 тыс. Данный двухтомный словарь издан к 250-летию юбилею университета. В алфавитном по-

рядке представлены профессор университета с 1755 г. до наших дней с кратким изложением биографических сведений и указанием научных достижений. В книге собраны имена людей, которые на протяжении 250 лет были цветом нашей интеллектуальной элиты, тех, кто с полной отдачей сил служил нашему отечеству.

Профессора Московского университета. 1755—2004: Биографический словарь / Авторы-составители А.Г. Рябухин, Г.В. Брянцева. М.: Изд-во МГУ, 2005.



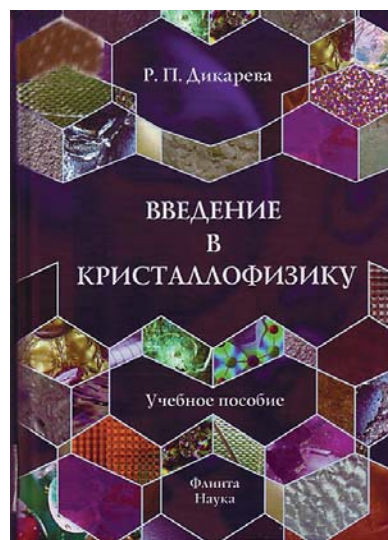
Основы кристаллографии

Главное содержание учебного пособия — изложение основ классической кристаллографии и представление связи закономерностей строения кристалла с проявлением его физических свойств. Кристаллофизика — теоретическая основа таких областей техники, как полупроводниковая электроника, пьезотехника, квантовая электроника, нелинейная оптика и др. В работе рассматриваются вопросы симметрии кристаллических структур, приведены данные о связи физических свойств с внутренним строением кристаллов, уделяется внимание представлениям геометрии дефектов в реальных структурах, приведены математические методы описания структуры кристаллов. В главе «Тензорное описание физи-

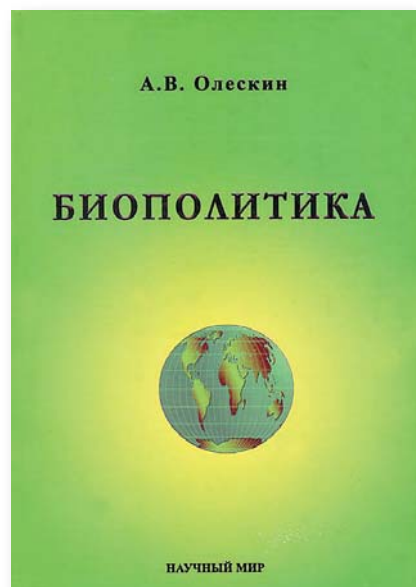
ческих свойств» рассматривается описание тензоров 2-го, 3-го, 4-го рангов, взаимная связь физических свойств кристаллов.

В приложениях приведены задачи ко всем разделам учебного пособия с примерами решений.

Учебное пособие написано для студентов, которые будут специализироваться в различных областях физики твердого тела.



Дикарева Р.П. Введение в кристаллофизику. Избранные вопросы: Учебное пособие. М., 2007.



Олескин А.В. Биополитика. Политический потенциал современной биологии: философские, политологические и практические аспекты. М., 2007.

Современная биополитика

Издание посвящено социально-политическим вопросам современной биологии и представляет собой монографию, которая может быть рассмотрена в качестве учебного руководства.

Концепции и факты современного подхода к обозначенной проблематике позволяют по-новому взглянуть на вопросы о месте и роли человека в планетарном многообразии живого, на нормы и рамки его допустимого поведения по отношению к этому многообразию, на сходство человека и других форм живого в плане потребностей, поведения и социальных структур, и в то же время на уникальность человека и его роли в мире.

Биологические знания помогают нам в выработке новой системы этических и политических идей и ценностей, способствующих пре-

одолению сложившегося в наше время идеологического вакуума. Книга открывается кратким разделом, дающим общее представление о предмете, истории и основных направлениях современной биополитики. Далее идет речь о текущем состоянии знаний по различным областям биополитики и смежным с ней дисциплинам. Заключительный раздел посвящен биополитике в условиях современной России.

Книга может быть полезна студентам университетов, колледжей и других учебных заведений, специализирующимся на биологии, философии, политологии, менеджменте, социологии, праве, экономике, журналистике, лингвистике, гуманитарным наукам, а также широкому кругу читателей.

Неограниченные возможности и возможные ограничения

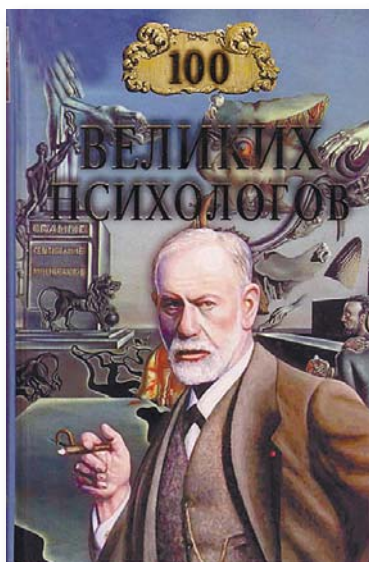
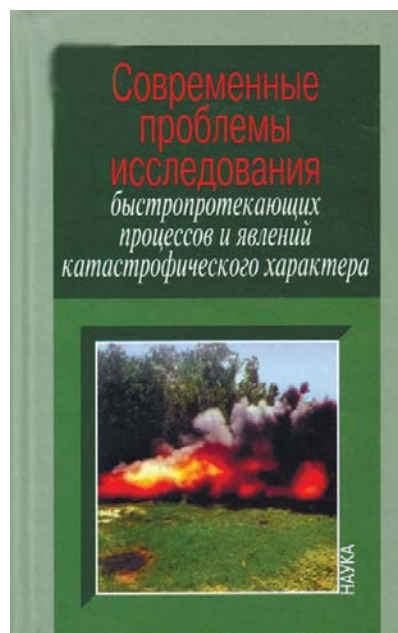
Издание вышло в серии «Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения» и представляет собой сборник статей, которые были представлены на конференции, посвященной памяти выдающегося русского ученого В.П. Коробейникова.

Тематика статей включает в себя следующие направления: физические и математические модели сложных процессов в природе и технике, теория взрыва, инициирования и распространения детонационных волн в газах и пылегазовых смесях, воздействие лазерного излучения на вещество, моделирование многомерных турбулентных течений, исследование вопросов вхождения космических тел в атмосферы планет и многие другие направления современного математического моделирования.

В статьях рассматривается широкий круг проблем, касающийся фундаментальных вопросов механики сложных систем в природе и технике: взрывной распад метеоритов в атмосфере планет, вопросы формирования автомобильного движения, теоретические модели процесса торошения морских льдов, численное моделирование многомерных турбулентных течений и априорная оценка точности численных методик.

Современные проблемы исследования быстропротекающих процессов и явлений катастрофического характера: к 75-летию В.П. Коробейникова.

Сборник докладов. М., 2007.



100 великих психологов

История психологии как науки — памятник стремлению человека к самопознанию. Стремление заглянуть внутрь себя, понять, что движет поступками и даже мыслями, привело к поразительному разнообразию теорий, направлений, школ. Каждый ученый, исследовавший человеческую психику, находил что-то новое в результате своих изысканий, никогда не опровергая выводов своих предшественников. Этот процесс связан прежде всего

со сложностью и многомерностью объекта исследований психологии — человеческой души.

В книге приведены краткие биографии 100 великих психологов. Читатель, знакомясь с воззрениями и наиболее известными работами ученых, имеет уникальную возможность окунуться в мир тайн, которые привлекали и привлекают до сих пор просвещенные умы.

100 великих психологов / Автор-составитель В.А. Яровицкий. М.: 2007.

встраиваемые компьютерные системы

Научно-практический семинар «Встраиваемые компьютерные системы» (ВКС), прошедший в здании Президиума РАН осенью 2007 г., стал одним из наиболее значимых событий мировой *High-Tech* индустрии. Разработчики новых технологических решений и поставщики востребованной на рынке наукоемкой продукции собрались в российской столице для совместного рассмотрения актуальных вопросов отраслевого развития, в числе которых — многопроцессорные вычисления, промышленные и экстремально защищенные компоненты, проектирование ударо- и вибростойких комплексов.

Встраиваемые (*embedded*) системы более всего востребованы не только в промышленном производстве, но и в современных мегаполисах, в транспортной инфраструктуре — например авиации и судостроении. Технологии производства ВКС относятся к классу двойных, поэтому в числе их зарубежных потребителей — *DARPA* и *NASA*, *McDonald Douglas* и *Lockheed Martin*, *Boeing* и *BAE Systems*, *Northrop Grumman* и *Rockwell Collins, Inc.*

Одной из тем прошедшего семинара стали вопросы, связанные с повышением работоспособности многопроцессорных встраиваемых компьютерных систем. Несомненным

преимуществом их использования является механизм одновременно-го запуска на каждом из ядер своей операционной системы (в частности, *Windows* и *Linux*). Но многопроцессорность предполагает использование новых механизмов управления разделением ресурсов, встроенных в операционные системы, поэтому программное обеспечение прежних версий не позволяет применять многопроцессорные компьютерные системы в полном объеме.

На семинаре также рассматривался опыт создания бортовых систем для автоматизированного диспетчерского управления технологическими процессами в России, США и Европе.

перспективы развития микро- и наносистем



Академик К.А. Валиев

В 2007 г. законодательными и исполнительными органами власти РФ был предпринят комплекс мер по развитию отечественной наноиндустрии. Создание Правительственного Совета по нанотехнологиям, выделение значительных бюджетных средств на функционирование инфраструктуры и принятие закона о нанотехнологической корпорации способствуют формированию прочного фундамента академической наноиндустрии, стабильному финансированию инновационных наноразработок, оперативному выявлению и оптимальному решению основных отраслевых проблем с привлечением молодых ученых к фундаментальным и прикладным исследованиям в данной сфере.

Подробное рассмотрение современных проблем и перспектив развития наносистем и микросистемной техники состоялось на научной сессии Отделения информационных технологий и вычислительных систем РАН под председательством научного

руководителя Физико-технологического института Российской академии наук (ФТИАН) академика К.А. Валиева. В качестве иллюстраций основных принципов организации технологических центров на примере Московского государственного института электронной техники (МИЭТ) были представлены работы по развитию технологий производства микроэлектромеханических систем. В числе рассмотренных вопросов следует отметить проблемы создания матричных микромеханических резонансных акустических датчиков в Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, разработку оборудования и технологии плазменных процессов для микросистемной техники в ФТИАН, эксперименты с наноэлектромеханическими системами на базе квазиодномерных проводников с волной зарядовой плотности и ферромагнитными и композитными материалами с эффектом памяти формы в Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова. Инновационный характер российских разработок позволяет отечественным ученым регулярно принимать участие в работах, финансируемых ЕС по рамочным программам.

россия и экономический прогресс

История свидетельствует о том, что Россия с момента обретения государственности практически постоянно способствовала мировому экономическому и техническому прогрессу, развитию равноправных отношений со всеми странами на внешнем рынке. Восьмой торгово-экономический форум «Новая конкурентоспособная Россия и мировой экономический прогресс», проходивший в ноябре 2007 г. в Государственном Кремлевском Дворце, с одной стороны, отражал наблюдаемые сторонними экспертами позитивные изменения в российской экономике, с другой — фокусировал внимание на тревожных тенденциях, негативные последствия которых могут быть минимизированы благодаря своевременно принятым мерам.

Прежде всего, процессы глобализации характеризуются затяжными периодами дефицитной бюджетной политики ведущих стран — участник мирового рынка (МР) и деловых партнеров России, а также несбалансированностью инвестиционных потоков между крупнейшими экономическими центрами. Интеграция МР предполагает увеличение рисков финансовой безопасности и рост угроз дестабилизации мировой экономической системы. Наиболее ощутимы последствия колебаний индексов фондовых рынков, процентных ставок и курсов основных мировых валют.

Кроме того, темпы роста экономик ряда стран Азиатско-Тихоокеанского региона без соответствующей стратегической программы развития трансрегиональных энергетических рынков явились одной из причин, обусловивших увеличение и сохранение высокого уровня цен на энергоресурсы, дефицит которых также способствует формированию неустойчивой финансово-экономической ситуации с высокой степенью риска для долгосрочных капиталовложений. В последние десятилетия увеличился разрыв между лидерами и аутсайдерами



на мировом рынке, что предполагает возможное обострение конфликтов, в частности в социально-экономической и политической сферах.

Наконец, головная боль и камень преткновения законодателей — интеллектуальная собственность, защита которой проблематична даже в развитых странах по причине доступности объектов авторских прав в Интернете. Применение жестких мер к нарушителям должно соответствовать уровню безопасности обеспечивающих защиту информационных комплексов и систем, капиталовложения в которые должны быть одной из важных статей расходов бюджетов государств с новой, электронной экономикой.

В ходе форума прозвучали предложения по уточнению внешнеэкономического курса России и проведению мероприятий для совершенствования системы государственного учета, например по созданию Инновационной системы и инвестиционной стратегии РФ, по капиталовложениям в научные школы, проведе-

нию балансовой переписи экономики и созданию механизма правового регулирования средств амортизации. Также для ряда предприятий РФ целесообразны замена налога на прибыль налогом на активы, уточнение в нормативно-правовых документах определения термина «инновации», законодательное стимулирование работы служб патентования и защиты интеллектуальной собственности государственных академий. Для научно-исследовательских институтов и вузов допустимы обнуление ставки НДС при импорте наукоемкого оборудования, списание затрат на НИОКР и ускоренная амортизация оборудования. Повышению конкурентоспособности отечественных товаров за рубежом будут способствовать мобильные маркетинговые сети и сервисные центры, создаваемые в соответствии с современными достижениями в экономических и технических науках.

Разворот подготовил
Леонид Раткин

Моделирование исторических процессов

Математика и история — две принципиально различные системы научного мировосприятия. Но несмотря на видимые различия двух дисциплин в них много общего — основу составляют факты, формализуемые и сопоставляемые, а топология пространств учитывается вводимой метрикой. Математическому моделированию исторических процессов была посвящена Вторая международная конференция, проходившая осенью в Институте прикладной математики РАН им. М.В. Келдыша. Более полусотни докладов и выступлений, за каждым из которых — кропотливое исследование и работа научного коллектива, развивающего понятийный аппарат и новые междисциплинарные подходы.

Если представить основные направления научных исследований на конференции как многомерное пространство, то можно увидеть, что большая часть работ ученых сконцентрирована в нескольких областях. Археологическая, географическая и экономическая плоскости образуют трехмерное подпространство, в котором успешно решаются задачи пространственного моделирования процессов переселения народов, трудовой миграции и формирования устойчивых рынков, причем расчет возможен в обоих направлениях временной шкалы, с определением вероятности возможных значений ранее неизвестных фактов. Другое трехмерное подпространство образуется взаимным пересечением демографической,

историографической и культурной плоскостей — здесь находят объяснение периодические и аperiodические процессы изменения населения Земли, смены лидерства государств и общественных формаций. Наконец, третья триада — медицинская, военной и энергетической плоскостей — наиболее ориентирована на описание решения задач в системе здравоохранения, экологии и развития технических наук. И если не все проблемы находят разрешение в перечисленных подпространствах, дело не в том, что модель неверна, а в том, что пространство N -мерно, и модели в нем формируют континуум. Их поиск и представляет собой смысл научного исследования.

Леонид Раткин

ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ЯДЕРНАЯ
ЭНЕРГИЯ 2008



12-15 февраля 2008 года, г. Минск, Республика Беларусь

ВЫСТАВКА ПРОВОДИТСЯ БЕЛОРУССКОЙ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТОЙ (ОРГАНИЗАТОР - ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ УП «БЕЛИНТЕРЭКСПО»)

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ ВЫСТАВКИ - СОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССУ СТАНОВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ

ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ:

- Проектирование и строительство АЭС, монтажные и пусконаладочные работы основного оборудования, АЭС малой и средней мощности;
- Ядерные реакторы и оборудование;
- Топливный цикл: добыча и обогащение урана, материалы ядерной энергетики, фабрикация топлива, обращение с ядерными материалами и радиоактивными отходами;
- Энергетическое машиностроение (турбины, теплообменники, насосы, трубопроводы, запорная арматура);
- Системы управления, датчики, приборы, системы контроля;
- Ядерная и радиационная безопасность;
- Охрана окружающей среды;
- Медицинские аспекты ядерной энергетики;
- Подготовка кадров для ядерной энергетики, особенности трудовой деятельности в ядерной отрасли, правовые вопросы ядерной энергетики;
- Ядерная энергетика и общественное сознание

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ ПЛАНИРУЕТСЯ ПРОВЕДЕНИЕ ТЕМАТИЧЕСКИХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ, СЕМИНАРОВ И «КРУГЛЫХ СТОЛОВ» ПО АКТУАЛЬНЫМ ВОПРОСАМ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

ОРГАНИЗАТОР РОССИЙСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ - ОАО «АТОМЭКСПО»



АТОМЭКСПО

119017, г. Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24/26,
тел.: +7 (495) 645 23 27, факс: +7 (495) 952 99 49, e-mail: mail@rosatom.info, www.atomexpo.ru

Чарлз Чой

МОЖЕТ ЛИ ТАРАКАН ЖИТЬ БЕЗ ГОЛОВЫ

О тараканах, известных своей живучестью, часто говорят как о существах, способных выжить в ядерной войне. Некоторые знатоки даже утверждают, что эти членистоногие могут существовать без головы. Оказывается, это реальный факт: иногда безголовый таракан живет неделями.

«Для того чтобы понять, почему насекомые могут выжить после декапитации, необходимо разобраться, отчего это не происходит с людьми», — говорит физиолог и биохимик Джозеф Канкел (Joseph G. Kunkel) из Массачусетского университета в Амхерсте. Прежде всего, декапитация у людей ведет к потере крови и падению кровяного давления, что, в свою очередь, нарушает доставку кислорода и питательных веществ к жизненно важным органам. Кроме того, человек дышит через рот или нос, и эту жизненно важную функцию контролирует мозг, соответственно после декапитации дыхание прекращается.

Для того, чтобы кровь смогла пройти через обширную сеть кровеносных сосудов человека, в особенности через тончайшие капилляры, необходимо поддерживать давление на определенном уровне. У членистоногих же кровеносная система устроена иначе: она не столь обширна, в ней отсутствуют тонкие капилляры, что позволяет давлению быть существенно ниже. «Когда вы отрезаете таракану голову, сосуды шеи закупориваются свернувшейся кровью, — отмечает Канкел, — и никакого смертельного кровотечения не происходит».

Более того, эти живучие твари дышат через дыхальца — маленькие отверстия на

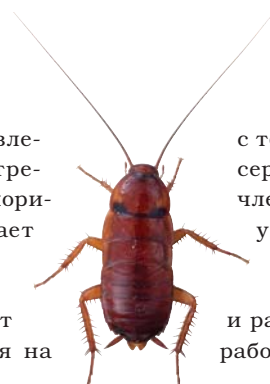
каждом сегменте тела. Мозг таракана не управляет дыханием, и кровь не разносит кислород по телу; воздух попадает к тканям непосредственно от дыхалец по трубочкам (трахеям).

К тому же тараканы — существа пойкилотермные, т.е. холоднокровные. Следовательно, они не тратят энергию на поддержание постоян-

ной температуры тела, и поэтому могут довольствоваться гораздо меньшим количеством пищи, чем люди. Поев один раз, они способны после этого жить неделями. «Если на них не нападет какой-нибудь хищник, они просто будут тихо и неподвижно сидеть», — утверждает Канкел.

Тараканы имеют в каждом сегменте тела ганглии — скопления нервной ткани, способные выполнять базовые рефлекторные нервные функции. И без головного мозга тело насекомого может функционировать на уровне простых реакций. Оно способно вставать, реагировать на прикосновение и двигаться. Одинокая голова также может продолжать функционировать и шевелить усами еще на протяжении нескольких часов. Если ее охладить, она просуществует еще дольше.

Обезглавливание таракана кому-то покажется жутковатым занятием, однако исследователи провели множество экспериментов с телами этих насекомых, чтобы ответить на ряд серьезных вопросов. Декапитация лишает тело членистоногого поступления гормонов, которые управляют созреванием и выделяются из желез, располагающихся в их головах. Это открытие позволяет ученым изучать метаморфоз и размножение у насекомых, а также раскрывает работу нейронов. ■



МОЖНО ЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ МЕЖДУНАРОДНУЮ КОСМИЧЕСКУЮ СТАНЦИЮ (МКС) КАК АНГАР ДЛЯ РЕМОНТА ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ИЛИ КАК ПРОМЕЖУТОЧНУЮ БАЗУ ДЛЯ АППАРАТОВ, ОТПРАВЛЯЮЩИХСЯ В ДАЛЕКИЙ КОСМОС?



Отвечает Джек Бэкон
(Jack Bacon)
из Группы сбора и анализа
данных Управления
программой
МКС (NASA)

Ремонтировать искусственные спутники Земли на борту МКС было бы весьма непрактично, а вот использовать МКС в качестве промежуточной базы при запуске некоторых аппаратов вполне возможно. Основным препятствием для проведения ремонтных работ является то, что спутник и станция, чтобы сблизиться друг с другом, должны двигаться в одной орбитальной плоскости, чего обычно не происходит. Поворот плоскости орбиты МКС всего на 1° требует затраты 12 т топлива, а ведь орбиты большинства спутников наклонены к плоскости движения МКС на много градусов. У самих спутников в большинстве случаев нет запаса топлива, чтобы перейти на орбиту МКС.

Проблемы возникли бы и при работе со спутником внутри МКС. Каждый аппарат, выйдя на орбиту, разворачивает разные устройства с помощью пиротехнических средств. Очень трудно было бы поместить развернутый спутник внутри станции, а держать запасные взрывные устройства на ней было бы опасно. К тому же, у астронавтов нет неограниченного запаса чистого воздуха, как у наземных рабочих, поэтому любая возможность загрязнения атмосферы станции (например, топливом) грозит катастрофой.

Но даже если мы пойдем на такой риск, то встанет проблема — как изготовить достаточно большой ангар с такими широкими люками, чтобы принять крупный спутник.

Аэродинамика ракеты-носителя ограничивает диаметр полезного груза (и камеры) примерно пятью метрами. Даже если между стенками камеры и спутником мы оставим рабочий зазор в несколько сантиметров, то не ясно, как помещать спутник внутрь и удалять его. Пятиметровый люк должен выдерживать давление почти в 200 т, а значит он сам и его механизмы должны быть прочными и массивными, что затрудняет их изготовление и запуск.

Значительно привлекательнее выглядит возможность использовать МКС как промежуточную базу для запуска аппаратов (например, космического телескопа «Джеймс Уэбб») на очень высокие орбиты, а также к Луне и Марсу. Правда, работать с аппаратом, пристыкованным к станции, астронавтам придется в скафандрах. К тому же, временные окна для запуска к Луне, Марсу или другому телу с МКС открываются значительно реже, чем при запуске с поверхности Земли. ■

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** №02 2008

**НУЖНО ЛИ МИРУ
НОВОЕ ЯДЕРНОЕ
ОРУЖИЕ?**



Спасти нейроны
Крылья бабочки
Солнечный витамин
Когда сталкиваются вселенные

ISSN 0269-0021
5 710259 100031

www.sciam.ru

Читайте в следующем выпуске журнала:

Специальный репортаж

ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ В НОВОМ МИРЕ Нужна ли миру новая угроза?

СПАСТИ НЕЙРОНЫ

Возможно, вскоре появятся новые терапевтические методы борьбы с боковым амиотрофическим склерозом

БОЛЬШИЕ КОСМИЧЕСКИЕ АМЕРИКАНСКИЕ ГОРКИ

Может ли космическое расширение служить признаком того, что наша Вселенная находится в намного более обширном пространстве?

СОЛНЕЧНЫЙ ВИТАМИН

Связаны ли между собой дефицит витамина D в организме и развитие некоторых серьезных заболеваний?

ЯРКИЕ ДИСПЛЕИ

Новая технология способна сделать экраны сотовых телефонов хорошо видимыми даже под прямыми солнечными лучами

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 distr@sci.iam.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):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												
2003 г.												

Цена за один номер журнала **75 руб. 00 коп.**

Ф.И.О. _____
 Индекс _____
 Область _____
 Город _____
 Улица _____
 Дом _____ Корп. _____ Кв. _____
 Телефон _____
 E-mail: _____

БЛАНК ПОДПИСКИ

- Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу **540 руб. 00 коп.**
- Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу **1080 руб. 00 коп.**

Цена за один номер журнала по подписке в 2007 г. **90 руб. 00 коп.**

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		
Платательщик		

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		
Платательщик		

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.

