

ежемесячный научно-информационный журнал

В МИРЕ НАУКИ

В мире науки

scientific american

тема номера:

№5 2005

САМЫЙ МАЛЕНЬКИЙ ЧЕЛОВЕК

**Исчезающий вид
бактерий**

**Как сохранить
воспоминания**

**Атомные
микросхемы**

**Нанотрубки
в чистой комнате**

**Всеразрушающая
волна**



ISSN 0208-0621



9 770208 062001 >

www.sciam.ru

№5 2005

содержание

МАЙ 2005

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 26** **БИОТЕХНОЛОГИИ**
ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ
Мартин Блейзер
*Элиминация *Helicobacter pylori* – бактерии, издавна обитающей в желудке человека, – это хорошо или плохо?*
- 34** **ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА**
АТОМНЫЕ МИКРОСХЕМЫ
Якоб Райхель
Беспрецедентная доступность волн материй привлекла пристальное внимание к конденсату Бозе–Эйнштейна.
- 42** **ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЯ**
САМЫЙ МАЛЕНЬКИЙ ЧЕЛОВЕК
Кейт Вонг
Одновременно с предками современных людей на Земле жили причудливые крошечные человечки.
- 52** **ИНФОРМАТИКА**
КТО ИЩЕТ, ТОТ ВСЕГДА НАЙДЕТ
Джейвд Мустафа
С каждым днем количество веб-сайтов увеличивается в геометрической прогрессии, и найти нужную информацию во Всемирной Паутине становится все сложнее.
- 60** **НЕЙРОБИОЛОГИЯ**
КАК СОХРАНИТЬ ВОСПОМИНАНИЯ
Дуглас Филдз
Как осуществляется переход впечатлений в долговременную память?
- 70** **ИННОВАЦИИ**
НАНОТРУБКИ В ЧИСТОЙ КОМНАТЕ
Гэри Стикс
В микроэлектронику вернулся старый принцип механического хранения информации, который использовался в 50-х гг. прошлого века.
- 74** **ОКЕАНОЛОГИЯ**
ВСЕРАЗРУШАЮЩАЯ ВОЛНА
Леопольд Лобковский
Оперативная информация о надвигающемся цунами могла бы спасти сотни жизней.



Учредитель и издатель: ЗАО «В мире науки»

Главный редактор: С.П. Капица
Заместитель главного редактора: В.Э. Катаева

Зав. отделами:
Фундаментальных исследований А.Ю. Мостинская
естественных наук В.Д. Ардаматская

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

Спецкорреспондент: Д.В. Костикова

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

Секретарь редакции: Р.Л. Черемисов

Научные консультанты:
профессор А.С. Заседателей,
академик РАН С.И. Колесников,
профессор, доктор физ.-мат. наук А.И. Лобковский,
доктор физ.-мат. наук В.Г. Сурдин

Над номером работали:
Е.М. Амелин, В.И. Аршинов, Е.В. Базанов,
А.В. Банкрашков, В.Е. Барский, Ю. Белый,
Е.Г. Богадист, В.С. Бондарь, Н.Я. Вергелис,
И.А. Гурьянов, В.В. Зорина, Ф.С. Капица, Б.А. Квасов,
Д.В. Кислов, Ю.В. Кислова, Т.М. Колядин,
Д.А. Константинов, Т.Н. Крупа, Д.А. Мисюрлов,
М.Б. Молчанов, И.П. Потемкин, А.П. Пузырь,
Н.С. Савесью, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников,
В.В. Терских, К.Р. Тиванова, П.П. Худолей, Т.В. Черный,
Б.В. Чернышев, Н.Н. Шафрановская

Корректора: Ю.Д. Староверова

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

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

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

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

Курьер: А.В. Пфейфер

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

Препресс: Up-studio

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

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

© В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2004

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

Тираж: 25 000 экземпляров
Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

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

News Editor: Philip M. Yam

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

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: John Sargent

President and chief executive officer:
Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director,
international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

3 **ОТ РЕДАКЦИИ**
ПОД ЗНАКОМ ©

4 **50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

6 **СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

- *Предсказание последствий наводнения*
- *Слоны-лингвисты*
- *Последствия загрязнения земли в Коми ликвидировано*
- *Наноалмазы как лекарство*
- *Древние модницы*
- *Как спасти обожженные глаза*
- *«Глобальная энергия» в Санкт-Петербурге*

20 **ПРОФИЛЬ**
А НУ-КА, РОБОТЫ!
Чип Уолтер

Ханс Моравек уверен, что созданные им складские роботы станут первым звеном эволюции robo sapiens.

22 **МНЕНИЕ**
ЗАКОНОТВОРЧЕСТВО И ПРАКТИКА

Интервью с руководителем подкомитета по инновационной деятельности и интеллектуальной собственности Комитета Государственной думы РФ по образованию и науке академиком РАН Сергеем Ивановичем Колесниковым.

82 **КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ**

86 **ПРЕМИЯ**
СТУДЕНТЫ ПРОБУЮТ СВОИ СИЛЫ
Стив Мирски

Не перевелись еще студенты-изобретатели.

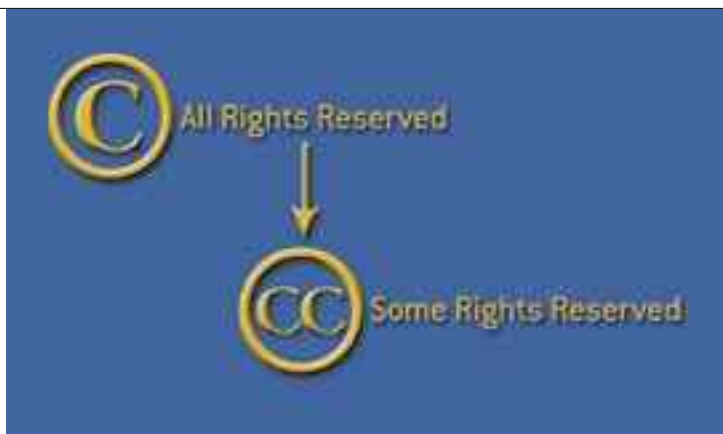
92 **ТЕХНИЧЕСКИЕ НЮАНСЫ**
ЗАБОТЛИВАЯ МАЙКА
Марк Алперт

Наденьте натпечканную различными датчиками майку, и лечащий врач всегда будет в курсе состояния вашего здоровья.

ОБЗОРЫ:

94 **СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ**

Сколько человек может прожить без пищи? Как поймать тяжелые элементы? Влияют ли магнитные бури на самочувствие?



ПОД ЗНАКОМ ©

Если бы Шекспир творил в наши дни, ему бы приходилось общаться с юристами. Ведь поэт позаимствовал сюжет «Ромео и Джульетты» из «Трагической истории о Ромеусе и Джульетте» Артура Брука, которая, в свою очередь, была написана по мотивам перевода на французский язык различных итальянских новелл, выполненного Пьером Бозуо.

На протяжении веков творчество было неразрывно связано с различными заимствованиями. Правозащитники интеллектуальной собственности обычно используют более резкое слово. А ведь творцы конституции США стремились ограничить монополию автора, чтобы общество было вправе создавать новые шедевры на основе старых.

Однако шли годы, и Конгресс, зачастую идущий навстречу медиакомпаниям, методично увеличивал как срок действия, так и сферу применения защиты авторских прав. Теперь автору не нужно регистрировать новое произведение. Любое четверостишие, любой, даже нарисованный ребенком, рисунок автоматически защищается законом об авторских правах, и для его переиздания или цитирования требуется официальное разрешение автора.

Закон об авторском праве не позволяет достичь равновесия между тотальным контролем над каждым произведением, когда «все права защищены», и анархией, когда пираты крадут все, что им заблагорассудится, не отдавая законным владельцам ни копейки. Слишком строгая защита авторских прав мешает динамичному творческому обмену, который стал возможен с появлением Интернета.

В 2001 г. профессор Стэнфордской юридической академии Лоуренс Лессиг (Lawrence Lessig) решил восстановить равновесие и основал некоммерческую организацию *Creative Commons*, которая создала юридическую основу, позволяющую владельцам отказываться от некоторых прав на свои произведения (см. «Некоторые права защищены», «В мире науки», №7, 2003 г.). Автор может выбрать одну из лицензий, опубликованных на сайте *Creative Commons*, и оговорить, какие из прав защищены. Одна из лицензий разрешает свободно использовать произведение, но обязывает указывать авторство; другая дает право на создание сэмплов, но запрещает использовать чужое творение целиком и т.д.

Сегодня действуют около 5 млн. лицензий *Creative Commons*. Ком-

пания *BBC* планирует разрешить британцам бесплатно использовать свои архивные материалы в некоммерческих целях. Массачусетский технологический институт использует подобные лицензии для предоставления бесплатного доступа к электронным версиям курсов лекций. Недавно *Creative Commons* начала работу над проектом *Science Commons*, цель которого – выработать открытые лицензии для запатентованных технологий. Публичная научная библиотека уже применяет одну из них, определяющую, на каких условиях можно бесплатно пользоваться статьями из научных журналов.

Интернет, как универсальное место для публикации всего на свете, должен быть не просто торговой площадкой. Зарождающему сообществу художников, ученых и некоммерческих организаций необходим простой механизм обмена интеллектуальной собственностью, не отягощенный драконовскими мерами по ее защите. В ситуации, когда медиамагнаты самоотверженно борются с музыкальным пиратством и судятся с десятилетними мальчишками, идея *Creative Commons* о защите лишь части авторских прав как нельзя более своевременна. ■

■ Экология заболевания ■ Угольный рог изобилия ■ Глупая Луна

МАЙ 1955

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ.

«По-видимому, микробиологическая теория возникновения болезней нуждается в уточнении. Необходимо учитывать, что в одних случаях патогенные агенты, присутствующие в организме, не вызывают никакого заболевания, а в других инициируют его даже при наличии специфических антител. Ранее считалось, что вирулентность микроорганизмов зависит исключительно от них самих, теперь полагают, что на нее влияют внешние факторы. Будет ли микроб мирно сосуществовать с человеком, или человек станет его жертвой, зависит от условий, в которых патогенный агент окажется в организме-хозяине. Экологическая концепция – это не просто досужий домысел; без нее немислимо правильное понимание проблемы инфекционных болезней и тем более успешная борьба с ними» – Рене Дюбуа (René J. Dubos).

ИНСУЛИН. Без сомнения, 1954 г. войдет в историю белковой химии. Группе исследователей наконец удалось полностью описать структуру молекулы инсулина, панкреатического гормона, регулирующего обмен сахара в организме. Цель была достигнута в значительной степени благодаря усилиям английского биохимика Фредерика Сангера и группы исследователей из Кембриджского университета. Еще в 1944 г., когда Сангер начал свои исследования, выяснилось, что функции инсулина как гормона определяются именно его структурой, т.к. он не содержит никаких особых компонентов, которые могли бы отвечать за специфику его поведения.

МАЙ 1905

УГОЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ. Заключение Королевской комиссии о запасах угля в недрах Великобритании противоречит заявлениям паникеров о том, что в ближайшее время его запасы истощатся и нужно будет искать другой вид топлива. Если уголь будет добываться ежегод-



Движущиеся платформы могли бы стать городским транспортом, 1905 г.

но в тех же объемах, как и в последние 34 года, то о его нехватке можно будет говорить лишь через 600 лет. Следовательно, истощение всемирных запасов угля наступит в столь далеком будущем, что об этом можно не беспокоиться.

АЭРОПЛАН АРХИДЬЯКОНА.

Недавно француз Эрнесту Архидьякону с помощью мощного автомобиля с двигателем в 60 лошадиных сил удалось поднять в воздух аэроплан. Когда аппарат,

нагруженный балластом весом со взрослого человека, изящно поднялся на 300 м, веревку отрезали. К сожалению, из-за поломки одного из рулей аэроплан упал и разбился вдребезги. Летательный аппарат аналогичной конструкции запускали братья Райт, использовавшие вместо автомобиля ведущий самолет.

ТРАНСПОРТИРОВКА ЛЮДЕЙ. Поступило предложение проложить под 34-й улицей Нью-Йорка замкнутую в кольцо движущуюся платформу, которая пересекала бы весь Манхэттен. Она должна состоять из трех секций, перемещающихся со скоростями 4,8, 9,6 и 14,4 км в час (см. рис.). Комиссия по скоростному транспорту проголосовала против, поскольку сооружение находилось бы слишком близко к новой станции Пенсильванской железной дороги, одной из важнейших в будущей подземной транспортной системе города.

МАЙ 1855

ЛУННОЕ ВЛИЯНИЕ. Некоторые ученые уверены, что Луна никак не влияет ни на погоду, ни на урожай, ни на что-либо на Земле. Однако это противоречит верованиям и обычаям как диких, так и цивилизованных народов. Как спутник Земли действует на урожай, неизвестно, но многие фермеры абсолютно уверены, что время сева должно соответствовать фазам Луны. Возможно, во всем этом есть рациональное зерно, однако научного подтверждения этому мы пока не имеем.

ЭПОХА НАВОДНЕНИЙ НАЧАЛАСЬ

Российские математики установили вероятностные закономерности катастрофических наводнений.

Российские математики установили вероятностные закономерности катастрофических наводнений и рассчитали их повторяемость на различных реках мира. Результаты их работы одобрил Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ).

Сильные наводнения происходят довольно часто. От них страдают жители Китая, США, Европы (от разливов Дуная, Тиссы, Эльбы и Рейна) и практически все российские регионы. Ежегодно только в России под водой оказывается около

50 тыс. км² территории, 40% которой – сельскохозяйственные угодья, сотни городов и десятки тысяч более мелких населенных пунктов. За последние 70 лет только в бассейне Амура зарегистрировано около 600 наводнений, из них более 50 – крупномасштабные, подобные произошедшим на Северном Кавказе и в Европе в 2002 г., – могут повториться даже при жизни нынешнего поколения. Причиной тому может быть глобальное потепление, которое сопровождается увеличением испарения с поверхности Мирового океана, ростом количества осадков на суше и т.д.

Вероятность экстремальных гидрологических событий, в том числе и на территории России, увеличивается.

Доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией поверхностных вод Института водных проблем РАН В.И. Найденов и кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник кафедры математической статистики и случайных процессов МГУ им.

РАСЧЕТЫ

Знаменитое наводнение в Санкт-Петербурге 1824 г. по традиционной модели могло произойти один раз в 20 тыс. лет, а по новой – раз в 667 лет. Наводнение, случившееся там же в 1924 г., т.е. через сто лет, тоже считалось невероятным, но тем не менее оба катастрофических события произошли.

М.В. Ломоносова и И.А. Кожевникова разработали новую модель, учитывающую величину осадков и стока, их изменчивость и запасы влаги в почвах речного бассейна. Согласно расчетам, сильные наводнения должны происходить в десятки раз чаще, чем предполагает традиционный, закрепленный нормативами и рекомендациями подход к гидрологическим и водохозяйственным расчетам.

Поскольку изменения климата вызваны естественными природными процессами, неподвластными человеку, разумно пересмотреть величины расчетных максимальных уровней воды, характеризующих наводнения на реках с гидротехническими сооружениями. В бассейнах крупных рек (Волга, Дон, Кубань, Обь, Енисей) сложились мощные водохозяйственные системы с каскадами водохранилищ, запас устойчивости которых рассчитан исходя из уровня воды, вероятного один раз в 10 тыс. лет при чрезвычайных условиях эксплуатации. Однако за последние 60 лет ситуация изменилась. Например, уровень весенних половодий в Астрахани, характеризующий максимальный сток Волги и возможный один раз в 10 тыс. лет, рассчитанный с использованием новой модели, составляет 664 см, что на целый метр превышает уровень, полученный традиционными методами.

Игорь Потемкин



СЛОНЫ-ПЕРЕСМЕШНИКИ



Существа, живущие большими сообществами, используют для общения голосовые сигналы. С их помощью люди, птицы, летучие мыши и другие животные оповещают сородичей об опасности, готовности к спариванию, подтверждают знакомство после долгого отсутствия.

Млаика, десятилетняя африканская слониха, вместе с другими толстокожими сиротами живет в неволе в национальном парке Цаво, Кения. Ее загон находится в трех километрах от шумного шоссе. Питер Тьяк (Peter L Tyack) и его коллеги из Вудсхолского океанографического института проанализировали звуки, которые издает Млаика, и были очень удивлены, обнаружив, что они не похожи на обычные «позывные» африканских слонов. Они скорее напоминали шум движущегося

автомобиля. Однако слониха не просто воспроизводила только что услышанное, а имитировала звуки, которые в принципе могли издавать проезжавшие мимо машины. Исследователи предположили, что Млаика пользуется «языком автомобиля» как моделью для создания собственного.

Исследователи из швейцарского зоопарка изучали голос Калимеро, двадцатилетнего африканского слона, живущего там последние 18 лет. Подругами Калимеро стали две азиатские слонихи. Надо сказать, что в дикой природе африканские и азиатские слоны «говорят на разных языках» – «речь» последних больше похожа на щебет. Прислушиваясь к руладам Калимеро, ученые обнаружили, что они очень отличаются от тех звуков, что издают его сородичи. Огромный

слон пытался «щебетать» со своими азиатскими соседками на их родном наречии. Специалисты считают, что слоны – это единственные млекопитающие неприматы, способные к голосовой «мимикрии».

Сара Грэхем

НАНОТЕХНОЛОГИИ И СЕНСОРЫ

Американские ученые создали новый вид сенсора.

Американские ученые создали новый вид имплантируемого сенсора для мониторинга содержания глюкозы в крови. Устройство вводится под кожу и фиксирует изменения в составе крови в режиме реального времени.

Новый прибор представляет собой детектор, состоящий из нанотрубок, обработанных особым составом. Майкл Страно, профессор химии и биомолекулярной инженерии из Иллинойского университета, отмечает: «Обычно нанотрубки флуоресцируют в диапазоне, близком к инфракрасному, в то время как ткани человека выглядят прозрачными. Нам удалось синтезировать и нанести на поверхность нанотрубок химические соединения, которые характеризуются сродством к глюкозе и изменяют оптические свойства нанотрубок».

Во время проведенных исследований нанотрубки были помещены в небольшую ампулу из пористого стекла. Капсулу имплантировали в палец пациента-добровольца и воздействовали на нее лазером. Эксперименты показали, что, как только состав крови менялся, наблюдались изменения в флуоресценции импланта.

Следует отметить, что новый сенсор можно использовать для мониторинга различных веществ, содержащихся в организме человека.

Михаил Молчанов

Источник: Nanonetwork News

ПЕЧАЛЬНЫЕ рекорды

Завершилась ликвидация последствий аварии на Крайнем Севере, в результате которой вылилось огромное количество нефти.



КНИГА РЕКОРДОВ ГИННЕССА

САМОЕ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗЕМЛИ

«С февраля по октябрь 1994 г. тысячи тонн сырой нефти вылились в арктическую тундру в Республике Коми, Россия. По подсчетам, в образовавшемся нефтяном пятне, растянувшемся на 18 км, было потеряно 100 тыс. т».

Республика Коми – один из основных регионов северо-запада России по добыче нефти. По ее территории проходит более 15 тыс. км нефтепроводов. Естественно, возникает вопрос об экологической безопасности. Главные причины аварий – износ оборудования, коррозия трубопроводов (большая часть которых проходит по заболоченной местности), нарушения правил выполнения работ.

Авария, произошедшая в 1994 г., была признана крупнейшей в истории мировой нефтедобычи. Берега рек Усы, Колвы, Печоры вплоть до Баренцева моря оказались покрыты нефтяной пленкой. Выловленная рыба была несъедобна, вода непригодна для питья. По разным оценкам, было разлито от 14 до 100 тыс. т нефти, загрязнено 270 га земель. Ситуация в районе получила

статус чрезвычайной. Суммарный ущерб окружающей среде был оценен в \$400 млн. Ликвидация последствий растянулась на 10 лет. Средств, выделенных Всемирным банком и Европейским банком реконструкции и развития (\$124 млн.), хватило, чтобы очистить чуть более 100 га, и к 1998 г. работы были практически остановлены. В 1999 г. Лукойл стал владельцем «КомиТЭКа» и провел инспекцию территории ее деятельности. В результате было выявлено, что нефтью загрязнено 745 га земель.

По согласованию с руководством Республики Коми была разработана Корпоративная программа работ по экологической реабилитации нефтезагрязненных земель на 2000–2005 гг., на весь объем работ планировалось направить 700 млн. рублей. К работе подключились российские, французские и чешские ученые, разработавшие комплекс наукоемких технологий по локализации аварийных разливов, очистке и рекультивации почвы в суровых природно-климатических условиях Крайнего Севера.

За пять лет кропотливой работы рекультивировано и сдано республиканской комиссии 627 га нефтезагрязненных земель. Кроме того, 204 га возвращены Усинскому лесхозу после проведения лесовосстановительных работ. Переработано более 250 тыс. т нефтесодержащих отходов, возвращено в хозяйственный оборот более 157 тыс. т нефти.

© ОАО «ЛУКОЙЛ»



ПРОГНОЗ СОЛНЕЧНОЙ НЕПОГОДЫ

В будущем исследователи будут следить за рентгеновскими лучами от Юпитера, чтобы выяснить, что происходит на дальней стороне Солнца, невидимой с Земли, сообщает *New Scientist*.

В настоящее время международная космическая обсерватория *SOHO* изучает области высокой активности на видимой стороне Солнца, но она не может увидеть то, что происходит на обратной стороне светила. А с учетом того, что Солнце вращается, его невидимая с нашей планеты сторона в какой-то момент поворачивается к Земле, может преподнести неприятный сюрприз. Радиация от солнечных штормов способна разрушать спутники и повреждать земные системы связи. Поэтому очень важно уметь предсказывать солнечную непогоду.

Новую методику прогнозов предложил Анил Бхардвай (Anil Bhardwaj) из Центра космических полетов Маршалла, *NASA*, г. Хант-

свилл, шт. Алабама, в 2003 г., основываясь на данных о потоке рентгеновского излучения с поверхности Солнца и от планет Солнечной системы, полученных спутниковой обсерваторией *XMM-Newton*. Оказалось, что, чем активнее были вспышки на Солнце, тем больше излучения приходило от Юпитера.

Астроном подсчитал, что около одной тысячной части рентгеновского излучения, которое выплескивается из Солнца и бьет по верхним слоям атмосферы Юпитера, отражалось обратно. Поэтому, находясь за Солнцем, Юпитер играет роль зеркальца, в которое астрономы могут подглядывать за непогодой на обратной стороне светила.

После исследования Юпитера Бхардвай собирается изучать Сатурн, который, по его мнению, тоже должен отражать солнечную радиацию.

Павел Худoley

После научно-практических конференций, освещавших результаты проделанных Лукойлом работ, по рекомендациям ученых из России, Чехии, Франции и Норвегии с зоны аварии был официально снят статус чрезвычайной ситуации. Благодаря стараниям экологов возродилась природа. Сегодня можно утверждать, что выполненные работы по восстановлению окружающей природной среды на месторождениях нефти Республики Коми дали толчок к возрождению нефтяной отрасли. На Север вернулась жизнь.

Олег Чаплин

ЗАПРОГРАММИРОВАННЫЕ КРЫСЫ

Робот, имитирующий поведение детенышей крыс, может стать источником полезной информации, сообщают исследователи американского Центра Дэвиса, доцент машиностроения и авиационной техники Санджай Йоши (Sanjay Joshi) и доцент психологии Джеффри Шанк (Jeffrey Schank).

Крысам было от 7 до 10 дней от роду, в это время они слепы и глухи и не способны производить слож-

ные действия, даже находясь в обычных условиях. В лаборатории Йоши были созданы роботы, оснащенные датчиками для распознавания препятствий. Их запрограммировали на имитацию действий грызунов, чтобы выяснить, каким образом из набора врожденных инстинктов формируется поведение.

Поместив робота-крысу в прямоугольную арену, ученые увидели, что механизм перемещался вдоль

одной и той же стены, вместо того чтобы, подобно крысам, замереть, забившись в угол.

При повторном анализе данных о поведении детенышей крыс было обнаружено, что они также предпочитали перемещаться вдоль одной и той же стены. Таким образом, роботы указали ученым, на что нужно обратить внимание при изучении грызунов.

Роман Черемисов

алмазная пыль – яд или лекарство?

Помогут ли людям алмазы? Новое испытание на прочность.



В российской печати появились сообщения о том, что суспензии наноалмазов можно использовать для лечения онкологических, сердечных, кожных, сосудистых и иных заболеваний. Но так ли это?

Ученые красноярского Академгородка, специалисты Института биофизики СО РАН и Сектора

иммунологии КНЦ СО РАН, в сотрудничестве с коллегами из ЗАО «Алмазный центр» из Санкт-Петербурга исследовали влияние

алмазных наночастиц на клетки крови человека.

В экспериментах использовали девять образцов наноалмазов, синтезированных в разных институтах и разными способами очищенных от сопутствующих синтезу продуктов взрыва. Образцы крови для исследований брали из пальца или вены здоровых доноров и помещали в пластиковую посуду с гепарином. К суспензии клеток или цельной крови добавляли суспензию наночастиц, приготовленную на деионизированной воде. Многочисленные контрольные опыты показали, что наночастицы (независимо от того, где их синтезировали и каким способом очищали) повреждают белые кровяные клетки и вызывают гемолиз эритроцитов. За полтора часа от алмазной пыли погибают до 90% белых клеток и до половины эритроцитов.

Ученые предполагают, что алмазные частицы взаимодействуют непосредственно с белками клеточных мембран (что вполне может погубить клетку) или собирают на себя белки плазмы крови, в результате чего их концентрация на поверхности кровяных клеток становится меньше, чем внутри, и клетки разрушаются. Повреждающий эффект частиц зависит от концентрации наноалмазов в суспензии, их поверхностных свойств и агрегатного состояния.

Принимая во внимание полученные данные, исследователи считают, что вводить суспензию наноалмазов в кровь живого существа нельзя. Погибнут сначала кровяные клетки, а затем и сам организм. Как их использовать, пока неясно.

Сара Грэхем

Татьяна Черный

мягкие окаменелости

Найти окаменелые останки динозавра – редкая удача. В Национальном заказнике Чарльза Рассела были обнаружены останки тиранозавра (*Tyrannosaurus rex*) возрастом в 70 млн. лет, которые стали настоящей сенсацией даже для палеонтологов – в них сохранились мягкие ткани и кровеносные сосуды.

Образец (бедренную кость длиной 107 см), получивший индекс MOR 1125 или *B-rex*, изучала группа ученых из Университета Северной Каролины под руководством Мэри Швейцер (Mary Schweitzer). Работая с артефактом в лаборатории, исследователи попытались освободить часть образца от минеральных компонентов. После специальной обработки осталось некое эластичное

вещество, в котором под микроскопом удалось различить кровеносные сосуды и клетки, образующую костную ткань (остеоциты).

Ученые сравнили полученный биологический материал с аналогичными образцами костей страусов, самых близких из ныне живущих родственников динозавров. В ходе предварительных исследований в древних останках были обнаружены антитела, распознающие коллаген (фибробный белок, входящий в состав костной ткани). Если дальнейшие исследования подтвердят это, мы сможем больше узнать не только о самих динозаврах, но и о том, как и почему сохраняются их останки.

КЛЕТОЧНЫЕ метаморфозы

Согласно результатам исследования, опубликованным на сайте Национальной академии наук США, стволовые клетки, изъятые из волосяных фолликулов, могут превращаться в нейроны.

Волосной фолликул представляет собой маленький мешочек, в котором находится стволовая клетка. По мере роста и развития волосяных фолликулов стволовые клетки также меняются. Группа исследователей из онкологического центра *AntiCancer Inc.* под руководством Ясууки Амо (Yasuyuki Amon) получила стволовые клетки из фолликулов усов мышей и проверила их способность превращаться в клетки более сложных

типов. Наблюдая за развитием оргanelл на протяжении недели, ученые обнаружили, что они переросли в нервные клетки – нейроны, астроциты и олигодендроциты. Ученые уверены, что, продолжив эксперимент, они могли бы получить, например, клетки кожи и мышечной ткани.

На следующем этапе, имплантировав стволовые клетки под кожу мышам, исследователи обнаружили, что они способны изменяться и в этих условиях. Тот факт, что из стволовых клеток можно получить самые разнообразные типы клеток, открывает широкие возможности для их применения в медицине.

Сара Грэхем

ЗООПАРК НА МКС

■ Российские ученые надеются получить новые данные о функционировании вестибулярного аппарата человека в космосе с помощью 50 улиток, поскольку орган равновесия человека и животных принципиальных отличий не имеет.

■ В скором будущем на станцию будет доставлен аквариум с кубинскими голубыми раками, которым в орган равновесия будет вживлен микроэлектрод. Это поможет понять, как в невесомости работают чувствительные клетки, воспринимающие силу тяжести.

■ Весной планируется отправить на МКС особый род червей (планарий) и провести эксперимент по их регенерации. На Земле, если разрезать червяка на несколько фрагментов, то за несколько дней из каждого вырастет полноценная особь. А как будет в космосе?

■ В космической практике уже проводились эксперименты над животными. В частности, на советской орбитальной станции «Мир» был проведен успешный опыт по восстановлению конечностей тритонов.

Наталья Савеско

see more. learn more. know more.

2-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ ОБУЧЕНИЮ
eLearnExpo Moscow 2005
 26-27 мая 2005 | Центр Международной Торговли



eLearnExpo Moscow 2005 → это

- Крупнейшая выставка и конференция в Европе, посвященная дистанционному обучению.
- Международные семинары и тренинги по самым актуальным вопросам дистанционного обучения с участием ведущих международных специалистов, экспертов и аналитиков со всего мира.
- Более 100 зарубежных и российских экспонентов, представляющих широкий круг оборудования, программного обеспечения и услуг, предназначенных для малых, средних и крупных предприятий, а также университетов и школ.
- Возможность встретиться с представителями ведущих компаний, успешно внедривших дистанционное обучение в крупных международных корпорациях, быстро растущих компаниях, в правительственных учреждениях и школах.

www.elearnexpo.com

ОРГАНИЗАТОР:



ТЕЛ.: +7 (095) 935-73-50
 ФАКС: +7 (095) 935-73-51
 E-MAIL: ELEARN@ITE-EXPO.RU

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
 ИНФОРМАЦИОННЫЙ
 СПОНСОР:



ИНФОРМАЦИОННЫЕ
 СПОНСОРЫ:



Крылья – щелкунчики

Самцы красношапочного манакина способны махать крыльями быстрее, чем колибри, – они совершают более 80 взмахов в секунду. Однако они делают это не для того, чтобы зависнуть перед цветком и напиться нектара: с помощью крыльев самцы издают особые щелкающие звуки, привлекающие самок в брачный период. Кимберли Боствик (Kimberly Bostwick) из Корнелльского университета удалось запечатлеть на видеопленку бешеный ритм биения крыльев. Отснятый материал свидетельствует о том, что у каждого вида манакинов свой метод: белоголовый манакин хлопает крыльями у себя над спиной, а красношапочный бьет сам себя по хвосту. «Когда речь идет о влиянии полового отбора на формирование определенных признаков у птиц, прежде всего в голову приходят такие характеристики, как, например, окраска оперения», – говорит исследовательница. Но обнаруженные ею факты указывают на то, что особенности призывающих самку звуковых сигналов связаны у манакинов с различиями в строении скелетно-мышечного аппарата и расположения перьев на теле.

Чарлз Чой

НАМЕРЕНИЕ И действие

Зеркальные нейроны, впервые обнаруженные у обезьян, генерируют импульсные разряды, когда человек выполняет какое-либо действие или наблюдает, как его совершает другой человек. Возможно, эти клетки мозга помогают нам понять, какими намерениями продиктованы поступки других людей. Для проверки данного предположения исследователи из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе продемонстрировали 23 добровольцам три набора видеоклипов. Сначала участникам эксперимента предлагали посмотреть ролики, представляющие накрытые столы с расставленными чайными



чашками и разложенным печеньем – обстановка, в которой должно совершиться действие (чаепитие). Затем в видеофильме появлялся человек, который совершал действие – брал чайный прибор. В третьей группе кадров персонаж поднимал со стола чашку с намерением сделать глоток чая либо вымыть посуду. Исследователи установили, что группа зеркальных нейронов в нижней фронтальной коре правого полушария мозга испытуемых обнаруживала активность только во время просмотра видеоклипов, отображающих намерение человека на экране совершить действие.

Дж. Минкель

антарктика ПРИХОДИТ НА ПОМОЩЬ

Группа ученых под руководством Билла Бейкера (Bill Baker) из Университета Южной Флориды, Тампа, погружается в воды Антарктики в поисках организмов, которые могут оказать помощь в лечении рака кожи. Исследователи помещают ткани различных морских обитателей на лучи морских звезд. Если они пытаются удалить чужеродный объект, это означает, что образцы могут содержать активные токсичные соединения. Далее в лабораторных условиях проверяется воздействие отобранных образцов на штаммы раковых клеток.

Таким образом были обнаружены морские организмы *Synoicum adareanum*, которые эффективны в борьбе с различными штаммами меланомных клеток.

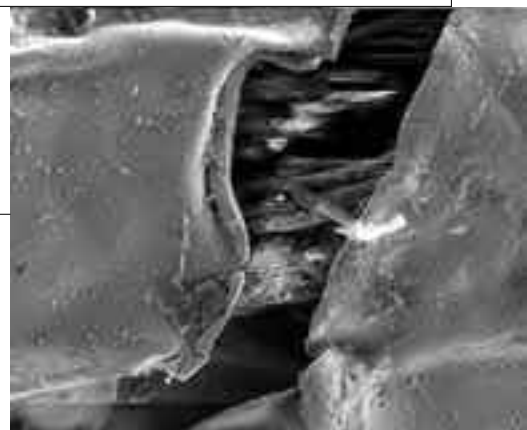


Согласно сообщениям сайта *New Scientist*, предварительные опыты, проведенные Национальным институтом по изучению раковых заболеваний, выявили токсин *Palmerolide A*, названный в честь Пальмерской научно-исследова-

тельской станции в Антарктике. Он способен оказать негативное воздействие на меланому в живой ткани. Полномасштабные опыты на животных начнутся уже в этом году.

Михаил Молчанов

ЗОЛОТОЙ ХИТОН для ГЕТЕРЫ



Фрагмент золотной нити под электронным микроскопом (увеличение – 700 раз).

Раскрыть одну из загадок нарядов античных красавиц удалось сотрудникам Харьковского национального университета им. В. Каразина.

В захоронении римского времени в Национальном заповеднике «Херсонес Таврический», расположенном на территории Севастополя, был обнаружен фрагмент златотканой парчи возрастом около 2 тыс. лет.

Двухслойная золотная нить состоит из органической основы, на которую раскатана фольга толщиной около полутора микрон, из сплава золота, серебра, меди. Археолог Т. Крупа и физик А. Крышталь, исследовавшие находку, считают, что такая нить могла быть изготовлена в кипрских ремесленных мастерских.

Находки даже отдельных фрагментов таких тканей в силу их недолговечности – большая редкость.

Археологи не располагают и письменными свидетельствами, которые давали бы представление о костюмах херсонеситов. Поэтому основными источниками для реконструкции одежды, обуви и головных уборов традиционно служат иконографические материалы: терракота, скульптура, полихромная

живопись, вазопись и произведения глиптики. Однако они не позволяют восстановить особенности кроя, технологию изготовления одежды и обуви, определить происхождение волокон текстиля и красителей. Поэтому драгоценный лоскут из херсонесского некрополя представляет для исследователей особый интерес.

Крой в древности был развит слабо (женщины носили двойной женский хитон и хитон, украшенный оборкой), разнообразие костюма достигалось за счет использования различных тканей. Широко использовалось искусство украшения одежды рисованным, вытканым, вышитым или нашитым орнаментом в виде пальметты, меандра, растений, а также золотое тканье или шитье. По свидетельству Тацита, хламиду, полностью сотканную из золотных нитей, носила императрица Агриппина. Апулей упоминал о плаще, затканном мерцающими звездами.

Сохранилось свидетельство Плиния Старшего, который указывал, что в I в. н.э. Херсонес Таврический сохранял греческие обычаи. Ткань (кстати, одного времени с эпохой Плиния Старшего) может служить подтверждением

этих модных тенденций того времени и в далеком от Рима Херсонесе.

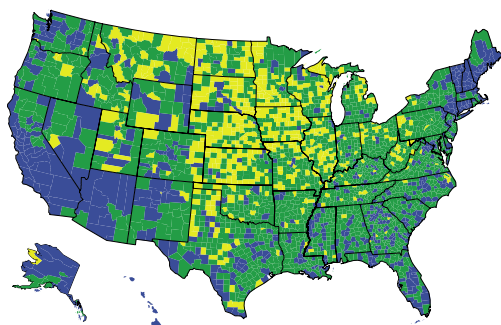
Найденный лоскут златотканой парчи мог быть фрагментом одежды знатной горожанки или гетеры, положение и заработок которой во многом зависел от внешней привлекательности и ума.

О том, что гетеры жили и в древнем Херсонесе, свидетельствует переписка управителей этой северночерноморской колонии и римской администрации на заре нашей эры. Администрация колонии решила повысить размер податей с гетер, что «нарушило вековые устои города» и создало целую проблему. Характерно, что образ жизни этих женщин не осуждался, а воспринимались они как неотъемлемые спутницы культа любви.

Павел Худoley



проблемы переписи



Распределение плотности проживания однополых пар на территории США

■ низкая ■ средняя ■ высокая

Источник: U.S. Decennial Census, 2000

Проводить перепись населения становится все сложнее.

Как и ожидалось, в лидерах оказался Сан-Франциско, за ним следует Вашингтон, Нью-Йорк. Удивительно, что однополые пары проживают практически по всей территории США, за исключением Среднего Запада, и не только в мегаполисах, но и в провинции, в том числе и в студенческих городках, таких как Блумингтон в штате Индиана, Айова в штате Айова, Корваллис в штате Орегон и Лоренс в штате Канзас. В число пятидесяти графств с наивысшим количеством геев и лесбиянок попали Пресидио, Техас, Лайон, Кентукки, Шенон и Южная Дакота.

Перепись показала, что, по меньшей мере, четверть миллиона детей проживают в однополых семьях, а один из пяти членов такой семьи старше 55 лет. Исходя из того, что 24% мужчин и 43% женщин состоят в однополном браке, можно сделать предположение о том, что гомосексуалистами являются 2,5% а лесбиянками 1,2% от населения США. Эти данные совпадают с проведенными ранее исследованиями.

Согласно данным статистики, желающих вступить в однополый сексуальный контакт среди мужчин – 7,7%, среди женщин – 7,5%. Трудно понять, почему так происходит. Гари Гейтс (Gary Gates) из Вашингтонского института урбанизации, являющийся соавтором недавно опубликованного «Атласа гомосексуалистов и лесбиянок», высказал предположение, что у женщин нетрадиционная сексуальная ориентация выражена не в столь явном виде, как у мужчин. Возможно, это связано с тем, что, ощущая пагубную страсть, они предпочитают избегать огласки.

Роджер Дейл

ROGER DOYLE

10 ГРАФСТВ, где проживает наибольшее количество гомосексуалистов и лесбиянок:

1. Лос-Анджелес
2. Кук, штат Иллинойс (Чикаго)
3. Нью-Йорк (Манхэттен)
4. Сан-Франциско
5. Харрис, штат Техас (Хьюстон)
6. Сан-Диего
7. Даллас
8. Марикоп, штат Аризона (Феникс)
9. Кинг, штат Вашингтон (Сиэтл)
10. Броуворд, штат Флорида (Лодердейл)

10 ГРАФСТВ с самым высоким удельным уровнем проживания гомосексуалистов и лесбиянок:

1. Сан-Франциско
2. Колумбия
3. Де-Калб, штат Джорджия (район Атланты)
4. Нью-Йорк
5. Саффолк, штат Массачусетс (Бостон)
6. Денвер
7. Мултномах, штат Орегона (Портленд)
8. Аламеда, штат Калифорния (Оукленд)
9. Кинг, штат Вашингтон (Сиэтл)
10. Фултон, штат Джорджия (Атланта)

Такая задача всегда была непростой. Не так много людей хотят обсуждать эту тему, но со временем сексуальная ориентация может измениться: тот, кто вчера был гомосексуалистом, сегодня в качестве сексуального партнера выбирает женщину. В переписи населения, проводившейся в 2000 г., собиралась информация о количестве однополых граждан, проживающих вместе. В анкету был включен вопрос о том, с кем, кроме родственников, проживает респондент. Последние были разбиты на следующие категории: домовладелец, компаньон, ребенок на иждивении, любовник и т.д. В том случае, если неженатый партнер и респондент оказывались одного пола, то с большой долей вероятности их можно было отнести к гомосексуалистам или лесбиянкам. В результате были получены данные о том, что в эти группы входят 0,6% мужчин и 0,5% женщин старше 18 лет. На карте представлено, каким образом распределяется плотность проживания однополых пар на территории США. Для простоты анализа данные по этой категории граждан представили на карте на трех уровнях.

ТКАНЕВАЯ инженерия

Московские ученые испытали в клинике новый метод лечения глубоких ожогов роговицы. Их работу поддержал РФФИ.

Специалисты Института биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН и НИИ глазных болезней им. Г. Гельмгольца предлагают лечить глубокие ожоги роговицы глаза, пересаживая на пораженный участок искусственный эквивалент стромы (ткани, лежащей непосредственно под роговицей). Исследователи разработали технологию приготовления и трансплантации живого эквивалента стромы (ЖЭС) и испытали ее в клинике на больных с тяжелыми ожогами глаз.

Доля ожогов среди всех глазных травм составляет около 38%, причем в значительной части случаев бывает повреждена роговица, опорой для которой служит соединительная ткань – стром. Если она отсутствует или разрушена, уцелевшие клетки роговицы не могут восстановить повреждение. Поэтому при лечении дефектов роговицы с помощью пересадки тканей восстанавливают строму. Зарубежные исследователи предлагают пересаживать на обожженный участок культуру клеток, взятых из соседнего, здорового гла-

за, что наносит дополнительную травму.

Московские же ученые создали живой эквивалент стромы – временный каркас, по которому клетки роговицы могли бы «переползти» на пораженный участок. ЖЭС представляет собой фибробласты человека, выделенные из фрагментов кожи, остающихся после косметических операций, или из 3–5-недельного абортинного материала, и заключенные в коллагеновый гель, который можно хранить в течение нескольких дней. Метод успешно прошел первые клинические испытания.

Исследователи пролечили 21 пациента с тяжелыми и особо тяжелыми ожогами глаз. Офтальмологи удаляли отмершие клетки, накладывали на рану трансплантат и закрывали его мягкой контактной линзой. Через 3–5 суток трансплантацию повторяли для усиления лечебного эффекта. С помощью ЖЭС удалось не только сохранить глаза, но и частично восстановить зрение. Эффективность лечения зависела от тяжести поражения стромы, состояния век и прилежащих к роговице тканей. Если веки или конъюнктивы не были задеты, а роговица не помутнела, рана затягивалась за две недели. В дальнейшем роговица



сохраняла прозрачность, что позволило достичь остроты зрения, максимально возможной при такой травме (0,2–0,7). Если же роговица была мутной, острота зрения впоследствии не превышала 0,06.

Основным преимуществом метода ученые считают его множественное действие. Пересаженные фибробласты защищают лежащие под роговицей ткани от негативного воздействия внешних факторов, создают временный матрикс, по которому клетки роговицы могут перемещаться и затягивать ожог, выделяют ростовые факторы, стимулирующие восстановление тканей. Со временем трансплантат замещают собственные клетки пациента. К преимуществам метода его авторы относят и возможное частичное восстановление прозрачности пораженной роговицы.

Татьяна Черный

ВАКЦИНУ ОТ СПИДА ИЩУТ В КОСМОСЕ

Недавно на Международной космической станции завершился первый этап эксперимента по разработке лекарства от СПИДа.

Материалы для исследований полгода назад доставили на корабле «Союз», стартовавшем с Байконура. В ходе одного из сеансов связи с подмосковным Центром управления полетами Салижан Шарипов сообщил, что на Землю уже переданы первые результаты экспериментов. В середине апреля завершится работа десятой экспедиции, но поиск вакцины против СПИДа на орбитальной станции продолжают космонавты следующих космических миссий.

Наталья Савесько

расширение КОНТАКТОВ



26–27 мая 2005 года в Москве в Центре международной торговли пройдет Российско-американский симпозиум «Обмены между США и Россией». Он станет самым крупным форумом, который соберет представителей более 100 российских и около 40 американских ведущих вузов, участвующих в образовательных, научных, профессиональных и других программах обмена. В частности, о своем желании принять участие в форуме заявили ректоры МГУ, Новосибирского, Ростовского, Омского университетов. Симпозиум проводится по инициативе посольства США в Москве при поддержке Министерства образования и науки РФ в контексте российско-американских инициатив по поддержке и расширению обменов между нашими странами. Презентация программ и прием в резиденции посла США помогут участникам установить новые контакты и обсудить конкретные идеи и предложения.

В мероприятии примут участие более 300 человек – представители правительств, деловых кругов и образовательных структур России и США.

Ивана Танина

Дополнительная информация на сайте: www.usembassy.ru/symposium2

проводник для ДНК



Питерские исследователи «вычислили» и синтезировали искусственные пептиды.



Сотрудники Института высокомолекулярных соединений РАН, Института акушерства и гинекологии им. Д.О.Отта РАМН и Института цитологии РАН (Санкт-Петербург) приступили к синтезу и исследованию пептидов (коротких белковых молекул), способных доставить ДНК в клетки высших организмов.

За все перемещения ДНК между клетками и внутри них ответственны белки. Питерские исследователи «вычислили» и синтезировали искусственные пептиды, которые способны компактно сворачивать ДНК и переносить ее через мембраны клетки. Чтобы полученные носители могли успешно связывать ДНК и взаимодействовать с мембранами клеток, в состав пептидов включили остатки аминокислоты лизина, соединенные с остатками декановой кислоты, ко-

торые имеют химическое сродство к клеточной мембране.

Свойства полученных растворимых в воде спиральных молекул были испытаны на клеточных культурах. Было показано, что сконструированные пептиды хорошо проходят через мембрану, связывают ДНК и защищают ее от действия разрушающих ферментов.

Самый эффективный пептид получил название *FP4*. Теперь исследователи собираются модифицировать его таким образом, чтобы он мог адресно проводить ДНК к определенным типам клеток, а затем непосредственно в клеточное ядро. Ученые надеются, что смогут существенно увеличить эффективность работы чужеродных генов в клетке.

Татьяна Черный

контроль над фагоцитом

Любой патогенный микроб, попав в организм, стремится взять под контроль защитную клетку иммунной системы – фагоцит. Для атаки на фагоциты они выбирают одну мишень – белки актинового комплекса, обеспечивающие движение клеток. Таково мнение специалиста ГУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи РАМН Ю. Белого.

Для уничтожения микроба фагоцит должен его поглотить, упаковать внутри себя в специальный пузырек (фагосому) и отправить к месту переваривания, что невозможно без участия актина (одного из основных белков клеточной двигательной системы) и ряда других белков, регулирующих его работу.

Патогенные бактерии размножаются или во внеклеточном пространстве, или же обитают внутри клеток, в том числе внутри фагоцитов. Внеклеточные паразиты, воздействуя на актин, обездвиживают фагоцит, а внутриклеточные стимулируют их поглощение хозяином и тем самым, способствуют размножению инфекционных агентов в организме.

Подтверждением этой гипотезы послужили данные о механизмах патогенности клостридий и легионелл. Патогенные бактерии рода *Clostridium* вызывают у человека кишечные заболевания или воспаления и некроз тканей и органов (гангрена, столбняк и т.д.). Токсины же клостридий подавляют фагоцитарную активность клеток и способствуют внеклеточному размножению паразитов.

Легионеллы известны как возбудители болезни легионеров (легочного инфекционного заболевания) и гриппоподобной понтиакской лихорадки. Ю. Белый обнаружил у них новый фермент, модифицирующий один из фагоцитарных белков, предположительно актин. Захват микроорганизмов стимулируют и другие внутриклеточные паразиты, например сальмонеллы и шигеллы.

По-видимому, актиновый аппарат, который выступает универсальной мишенью для атаки, играет важную роль в патогенезе различных инфекционных заболеваний.

Татьяна Черный

СОБЫТИЯ В МАЕ

05–06.05 2005 г.

Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы радиоэлектроники».

Красноярск

17–18.05 2005 г.

Научная конференция «Имиджелогия-2005».

Москва

17–19.05 2005 г.

VII Международная научно-практическая конференция «Экономика, экология и общество России в XXI веке».

Санкт-Петербург

19–21.05 2005 г.

II Всероссийская выставка-ярмарка научно-исследовательских работ и инновационной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых «Иннов-2005».

Новочеркасск

25–27.05 2005 г.

Симпозиум «Новые технологии в медицине».

Пермь

НЕОБХОДИМЫЕ МЕЛОЧИ

Канцтовары – скучное слово. Невольно представляются унылые стопки тетрадей и острые пики наточенных карандашей. Но посетители выставки «КанцЭкспо–Весна-2005» имели возможность убедиться в обратном. Большинство фирм-производителей представили экологичную и эргономичную продукцию – канцелярские изделия из

вторичного сырья. Школьные тетради из нервущейся и неразмокающей бумаги, ручки с невидимыми чернилами, проявляющимися только в свете ультрафиолетовой лампы, самоклеющаяся бумага для заметок с готовым текстом, блокноты и календари, куда можно впечатать логотип владельца на обычном принтере и многое другое.

Особенностью нынешней выставки стало обилие товаров для детского творчества. Это и плавающий пластилин, и фактурные краски, аква-грим, легко смывающийся водой, термопластик, из которого можно сделать забавную фигурку или брелок.

Федор Капица

наука и общество

В рамках встречи лауреатов Нобелевской премии и премии «Глобальная энергия» в Санкт-Петербургском научном центре РАН прошел международный симпозиум «Наука и общество».

В нем приняли участие представители всемирно известных научных центров России, Европы и США, таких как МГУ, Чикагский университет, РНЦ «Курчатовский институт», Калифорнийский университет, Институт Макса Планка, Институт физических проблем имени П.Л.Капицы, ФТИ им. А.Ф.Йоффе, Берлинский технический университет, Стэнфордский университет, а также видные деятели науки из России, США, Германии, Швеции, Великобритании, Испании, лауреаты Нобелевской премии Карло Руббиа (Karlo Rubbia) из Италии («Поиски темной материи»), Роберт Хубер (Robert Huber) из Германии («Молекулярные механизмы в биологии»), Айвар Джайвер (Ivar Giaever) из США («Как начать бизнес в области высоких технологий»), лауреаты премии «Глобальная энергия» Геннадий

Месяц («Водородная энергетика и топливные элементы»), Федор Митенков («Альтернативное энергообеспечение общества»), Леонард Кох (Leonard J. Koch) из США («Возможный вклад ядерной энергетике в решение глобальных энергетических проблем»).

На симпозиуме выступили академики Александр Андреев («Проявления дополнительных измерений пространства-времени в мезоскопических системах»), Василий Глухих («Контролируемый термоядерный синтез»), Евгений Велихов («Вращение во Вселенной»), Сергей Капица («О росте численности населения Земли»), Александр Румянцев («Утилизация выведенных из эксплуатации кораблей и судов с ядерными энергетическими установками») и др.

На встрече ученых обсуждались важнейшие вопросы развития науки, энергетике и экономики, такие как альтернативное энергообеспечение общества, новые пути взаимодействия науки, образования и инноваций, наука и кризисы, университет и будущее.



Победители молодежной программы «Глобальная энергия» на экскурсии в Санкт-Петербургском Доме ученых.

В рамках симпозиума состоялась презентация книги лауреата Нобелевской премии, председателя Международного комитета премии «Глобальная энергия» Жореса Алферова «Наука и общество», выпущенной накануне 75-летия автора. Свою лекцию «Физика и информационные технологии» Ж.Алферов прочитал на заключительном пленарном заседании. Тогда же прошла торжественная церемония награждения победителей конкурса исследовательских грантов Молодежной программы «Глобальная энергия». Было выделено 6 грантов коллективам молодых ученых для проведения исследований в сфере энергосбережения и окружающей среды, поиска нетрадиционных источников энергии. Именные сертификаты вручили лауреаты Нобелевской премии и премии «Глобальная энергия».

Валентина Рой

Победителей конкурса исследовательских грантов поздравил лауреат Нобелевской премии, председатель Международного комитета премии «Глобальная энергия» Жорес Алферов.



изучение МЕХАНИЗМОВ СТАРЕНИЯ



В Москве создается научная лаборатория по изучению молекулярных механизмов старения.

Ученые пока не могут с уверенностью ответить на вопрос, почему стареют живые организмы. Однако проблемы старения населения, увеличения продолжительности жизни человека и улучшения ее качества становятся очень актуальными. Созданная на средства фонда «Династия» в начале года лаборатория «Герон Лаб» в Москве, возглавляемая профессором Нью-Йоркского университета Евгением Нудлером, уехавшим из России 15 лет назад, будет решать не только сугубо научные, но и социальные задачи – создавать рабочие места для специалистов-биологов.

Ученый не исключает, что в перспективе удастся получить при-

нципиально новые лекарственные препараты, замедляющие процессы старения и предотвращающие связанные с этим болезни, например атеросклероз.

Сейчас в лаборатории работают девять человек, в том числе два профессора. В дальнейшем планируется ее расширение.

Проект Евгения Нудлера и фонда «Династия» рассчитан на четыре года. В этом году на исследования выделено \$250 тыс. Ожидается, что в дальнейшем «Герон Лаб» будет ежегодно получать примерно такую же сумму.

Никита Вергелис

Всероссийская выставка научно-технического творчества молодежи НТМ- 2005
29 июня - 3 июля 2005 г. Москва, ВВЦ
 под эгидой ЮНЕСКО

Организаторы: Правительство Москвы, ОАО "ГАО ВВЦ", Совет ректоров вузов Москвы и Московской области

При поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации

НТМ - 2005 - это демонстрация интеллектуальных возможностей современной молодежи; итог слетов и выставок научного и технического творчества студентов, школьников, учащихся центров дополнительного образования.

Экспозиция выставки познакомит с разнообразием научно-технических интересов и достижений молодежи по направлениям - естественные, технические, гуманитарные и социально-экономические науки.

Участниками выставки станут представители интеллектуальной молодежи в возрасте от 12 до 27 лет.

<http://www.vvcentre.ru>

Чип Уолтер

А НУ-КА, роботы!

Ханс Моравек уверен, что созданные им складские роботы станут первым звеном ЭВОЛЮЦИИ *robo sapiens*.

Когда прошел слух, что Ханс Моравек (Hans Moravec) основал робототехническую фирму, многие были поражены. Не тот ли это ученый из Университета Карнеги–Меллона, который говорил, что со временем люди уступят роботам звание самых разумных существ? Однако Моравек заявляет, что основал *Seegrid Corporation* не потому, что отрекся от своих предсказаний, а потому, что намерен помочь им сбыться.

Ханс Моравек знает, что говорит. Он уже 35 лет занимается теоретической и экспериментальной робототехникой. Еще будучи аспирантом Стэнфордского университета, он создал первого робота, способного видеть и самостоятельно передвигаться по незнакомой местности (хотя и очень медленно). Затем Моравек стал главной движущей силой в прославленном Институте роботов Университета Карнеги–Меллона.

Несколько лет подряд Моравек сопоставлял возможности компьютеров и их биологических эквивалентов. Так, первая ЭВМ ENIAC, созданная в 1946 г., своей вычислительной мощностью не уступала разве что бактерии, а в 1990 г. компьютер IBM PS/2 90 был уже не глупее червя. Недавно появились настольные машины, готовые поме-

ХАНС МОРАВЕК: БУДУЩЕЕ РОБОТОВ

- В 10 лет сделал своего первого робота из консервных банок, батареек, электромоторчика и лампочек. В детстве взахлеб читал научную фантастику, особенно книги Артура Кларка и ван Вогта.
- Считает, что к 2040 г. вычислительные мощности возрастут до такого уровня, что роботы займутся самоанализом и будут испытывать эмоции.
- Уверен, что для успешной эволюции роботов необходима робототехническая промышленность, поскольку многие университетские разработки не идут дальше одноразовых проектов.

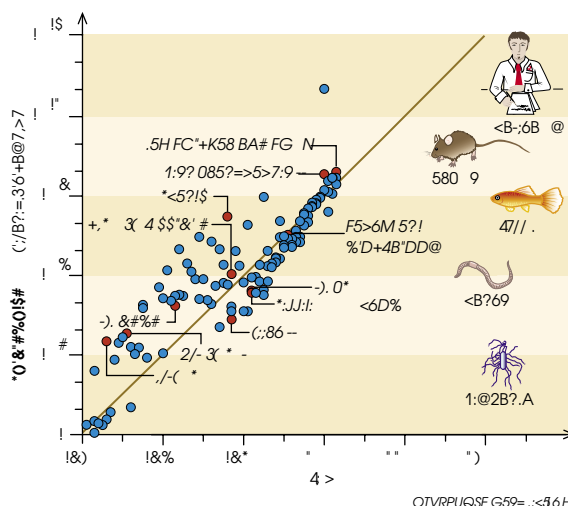
ряться интеллектом с пауками и гуппи (около 1 млрд. операций в секунду).

В 1998 г. Моравек составил претензионную заявку на грант, в которой описал программное обеспечение для системы машинного зрения. Управление перспективных исследований и разработок министерства обороны США (DARPA) сразу предоставило ему грант. Через три с половиной года Моравек представил действующий образец робота, истратив на его создание всего \$970 тыс.

Таким образом он доказал, что современный компьютер, наделенный стереоскопическим зрением, способен самостоятельно передвигаться в незнакомом пространстве. Но опытный образец – это только первый шаг. Эволюция роботов немислима без проб и ошибок. Поэтому в 2003 г. Моравек и питсбургский предприниматель Скотт Фридман (Scott Friedman) основали компанию *Seegrid Corporation*, которая должна занять свою нишу на неприметном, но весьма перспективном рынке складской техники.

Промышленные роботы широко применяются в строго формализованных средах, например, на сборочных линиях. Но в непредсказуемых условиях они непригодны. Поэтому *Seegrid Corporation* работает над системой машинного зрения, позволяющей простым механизмам двигаться по складам без помощи человека.

Моравек признает, что его детищам далеко до роботов из научной фантастики, но надо же с чего-то начинать. Почти все, что продается, сначала попадает на склад, а затем доставляется по заданному адресу – миллионы тонн товаров и материалов. Первое опытное устройство компании *Seegrid Corporation* представляет собой «зрячую» тележку, которую можно научить самостоятельно передвигаться по складскому помещению.



Эволюция компьютеров: на графике представлены 120 лучших для своего времени ЭВМ. Сегодня их вычислительные возможности соответствуют интеллекту гуппи. Ожидается, что примерно в 2040 г. компьютеры смогут сравниться с человеком.

В системе *Seegrid Corporation* используются стандартные ПЗС-камеры, простой сонар и инфракрасные датчики. Неточность информации, поступающей от этих устройств, компенсируется программным обеспечением, выполняющим обработку накапливаемых данных для составления четкой трехмерной карты. Если все время поступает одна и та же информация, то программа делает вывод, что она соответствует действительности. Точно так же человек с фонариком ориентируется в темной комнате, постепенно запоминая расположение мебели.

Может показаться, что, разрабатывая автоматизированные складские машины в надежде создать удивительный мир роботов, Моравек идет на уступки суровой действительности. Впрочем, те, кто хорошо знает изобретателя, говорят, что в нем поразительным образом сочетаются неординарное мышление и строгий прагматизм. «Некоторые идеи Ханса весьма скандальны, – признает Радж Редди (Raj Reddy), который, будучи директором Института робототехники Университета Карнеги–Меллона, привел туда Моравека в 1980 г. – Но его работы всегда очень практичны». Его компаньон считает, что Моравек отличается необычайной

проницательностью и непоколебимым упорством.

Рассуждая о будущем робототехники, Моравек отмечает, что естественная эволюция идет мелкими шажками, но создает удивительные вещи. Точно также эволюция машин понемногу подталкивает роботов от первоначальной примитивности к высотам человеческого интеллекта и приспособляемости. «Нам нужны не толпы Эйнштейнов, а множество инженеров, которые будут усердно работать над мелкими усовершенствованиями и затем проверять их на рынке, – утверждает Моравек. – В итоге роботы станут гораздо умнее нас и научатся гораздо лучше приспосабливаться к окружающему миру».

Похоже, вскоре люди будут занесены в Красную книгу. Речь идет не о том, что наши детища уничтожат нас, как в фильме «Терминатор». Когда эволюция отправит человечество на пенсию, роботы станут заботиться о людях, как заботливые дети о своих родителях. Что ж, будем надеяться. ■

Сейчас Чип Уолтер (Chip Walter) работает над своей третьей книгой «Шесть отличий, которые делают нас людьми» (Six Traits That Makes Us Human).

ЗАКОНОТВОРЧЕСТВО и практика

Интервью с руководителем подкомитета по инновационной деятельности и интеллектуальной собственности Комитета Государственной думы РФ по образованию и науке академиком РАН **Сергеем Ивановичем Колесниковым.**

– Сергей Иванович, как осуществляется инновационный процесс в нашей стране?

– Россия обладает колоссальным научным потенциалом, однако существующая государственная политика зачастую не позволяет его реализовать в полной мере. Президент В.В. Путин заявил, что создание экономики, основанной на знаниях, должно стать задачей государственной важности. Однако для ее успешного решения требуется соответствующая стратегия и тактика.

Опыт процветающих стран показывает, что необходимо прежде всего финансировать те отрасли, где происходит генерирование новых идей. В частности, речь идет о научных организациях, университетах, малых и средних предприятиях, которые активно внедряют инновационные проекты и т.д. Возникает неизбежный вопрос: где взять средства? Однако мы забываем, что Россия сегодня имеет профицитный бюджет, кроме того, существует стабилизационный фонд. Если мы хотим перейти от сырьевого варианта развития к экономике, базирующейся на знаниях, то свободные деньги следует расходовать именно на инновации. Государство потратило средства на то, чтобы расплатиться с внешними долгами. Разумеется, это очень благородно, однако стоит напомнить, что США, например, имеют дефицит бюджета и значительный внешний долг, но не спешат расплачиваться и вкладывают огромные средства в развитие высоких технологий.



Конечно, финансирование инноваций предполагает изрядную долю риска – можно лишиться 20–30% вложенных средств, но результатом будет новое производство, которое окупит все потери сторицей. Существуют разные варианты, позволяющие государству поддерживать инновационный процесс. Например, если из бюджета выделяются средства на создание некоего нового продукта, который выходит на рынок, имеет спрос, приносит прибыль и оказывает позитивное влияние на экономику, то можно считать, что долг погашен, и средства государству можно не возвращать. Второй вариант – предприятие получает низкопроцентный кредит и в случае удачного осуществления проекта возвращает кредит, не выплачивая проценты. Третий путь – создание налоговой ниши, своего рода свободной экономической зоны, практически освобождающей от налогов определенную отрасль или производство, где наметился прорыв и требуются средства для его реализации. Существуют и другие варианты – привлечение зарубежного инвестора, например, на правах концессии, раздела продукции и т.д. Кроме того, Россия недавно присоединилась к Киотскому протоколу, что также должно способствовать решению инновационных проблем, поскольку он подразумевает развитие новейших безопасных технологий и позволяет привлекать капитал из глобального экологического фонда.

Однако в России, к сожалению, ни один инновационный механизм реально не запущен, более того, ситуация усугубляется. Два года назад под предлогом снижения налогообложения как такового была ликвидирована льгота по налогу на прибыль, что позволяло половине полученных средств инвестировать в развитие производства. В результате у производителей пропал всякий интерес, зато посредники, торгующие готовой продукцией, получили привилегии. Кроме того, отменены все льготы по налогу на добавленную стоимость (НДС) высокотехнологичных предприятий, в частности, фармацевтической промышленности. Государство хотело ввести 20% НДС, с большим трудом удалось снизить ставку до 10%, тем не менее в результате доля производства отечественных лекарств сразу снизилась на 20%. Сейчас вновь бродят идеи снизить НДС с отменой льгот, т.е. опять пострадает жизненно важная и наукоемкая отрасль.

С 1 января будущего года отменяются фактически все льготы по налогу на землю, на имущество научных и образовательных организаций, государственных научных центров. Вся мощная инфраструктура, обеспечивающая генерацию новых знаний и технологий, отныне будет облагаться налогом. Предполагается, что они будут компенсироваться из федерального бюджета. Однако нет никакой уверенности, что это произойдет, а если и произойдет, то может быть представлено как увеличение ассигнований на науку. По разным оцен-

кам, налог может составить от 20 до 50% всех затрат на государственное учреждение. Что же касается негосударственных институтов, то им рассчитывать не на что, они вынуждены будут продавать свое имущество и разоряться. Таким образом, государство рубит сук, на котором сидит. Между тем во всем мире земли, на которых расположены университеты и научные учреждения, безвозмездно отдаются им в пользование, поскольку именно там закладывается будущее процветание любой страны.

Кроме того, муниципальной и региональной власти запретили касаться научно-технической сферы. В декабре с огромным трудом удалось восстановить право региональных властей финансировать научные и научно-технические программы, но им запрещено содержать научные комплексы, выделять средства на коммунальные платежи или что-либо другое.

Государственные научные центры также лишаются льгот, в частности, ликвидируется один из разделов программы поддержки новых разработок.

Малые предприятия, занимающиеся внедрением перспективных технологий, имеют единственную льготу – налогообложение по упрощенной схеме.

Комитет Госдумы по образованию и науке наладил контакты с Министерством образования и науки, ими совместно разработано несколько законопроектов, касающихся инноваций, которые, возможно, удастся провести через парламент. Если, конечно, не вмешается Министерство финансов или Министерство экономического развития и торговли.

– О каких законопроектах идет речь?

– Прежде всего о законе об интеллектуальной собственности, который должен стать одним из ключевых документов. Оппоненты утверждают, что существует закон об авторском праве. Но он регулирует в основном сферу культуры, а научные открытия все же имеют свою специфику, которую отстаивает пока только патентное право. Второй важнейший закон можно условно назвать «Об интеграции науки и образования». Согласно существующему ныне законодательству, стоит только ученому начать работать в лаборатории чужого института, у налоговых органов сразу возникает множество вопросов: где плата за аренду, за амортизацию оборудования, за электричество, воду и т.д. Предлагаемый закон призван исключить подобные проблемы, помочь научно-образовательным комплексам создать единую систему, позволяющую эффективно генерировать знания и готовить молодых специалистов. К сожалению, все попытки ученых внести поправки сталкиваются с противодействием Министерства финансов, которое считает, что они не соответствуют бюджетному кодексу, бюджету и т.д. Но законы должны организовывать правовое пространство, облегчать людям существование, а не чинить препоны. ▶

Однако чиновничий аппарат превращает законодательную систему в некое прокрустово ложе, на которое стремится уложить всех без разбора, а все, что не укладывается, – отсечь. Например, предлагается отменить все льготы без исключения – дескать, иначе возникнет коррупция. Но ведь существуют правоохранительные, финансовые органы, налоговая инспекция, призванные контролировать ситуацию. Кроме того, нельзя мерить одной меркой и предъявлять одинаковые требования, допустим, пивоваренному заводу и лаборатории, разрабатывающей уникальные технологии.

Сейчас в процессе подготовки находится очень важный закон о технопарках, о свободных экономических зонах. На их принятии настаивает Президент России после своего визита в новосибирский Академгородок, поэтому есть надежда, что данные вопросы удастся решить.

– Кто предлагает проекты законов в Госдуму?

– Сейчас 90% законопроектов вносятся правительством. К сожалению, чаще всего они «страшно далеки от народа» и от нашей действительности. Видимо, за основу берутся европейские или американские правовые документы и автоматически переносятся на нашу почву без учета реалий и особенностей страны. В результате законы принимаются, но не действуют. Мы 20 лет живем в состоянии перманентных реформ – это уже превратилось в некий социально-экономический казус. Нельзя все время и все подряд реформировать – надо иногда остановиться и подумать. В свое время наш нобелевский лауреат П.Л. Капица вспоминал свой разговор с великим Резерфордом, в лаборатории которого он стажировался. Как-то поздно вечером он застал П. Капицу в лаборатории и спросил с удивлением, что же он здесь делает. На гордый ответ П. Капицы: «Работаю!» – последовало молниеносное: «А когда же Вы думаете?» Очевидно, последнего нам и не хватает.

– Многие молодые и талантливые ученые уезжают за рубеж или уходят на ту работу, которая позволяет им содержать семью. Как вернуть молодых людей в научные институты?

– Молодежь пойдет в науку только в том случае, если им будут обеспечены достойные условия жизни и работы. Наша наука может дать ученым многое, но, как правило, не деньги. Финансирование отрасли рухнуло в 1991–1992 гг., уменьшившись в 10 раз. Некоторым ученым одно время удавалось получать средства от различных фондов, многие уехали за границу, чтобы не терять квалификации. С 1998 г. наметилась некая стабилизация, но очень зыбкая. Если сегодня Россия начнет создавать лаборатории, финансировать на должном уровне инновационную сферу, платить приличную зарплату – многие вернуться.

Только вкладывая средства в науку, страна может сохранить свой потенциал и реанимировать экономику. Президент поставил задачу удвоить ВВП за 10 лет. Как этого достичь? Перед нами два пути. Можно просто увеличивать добычу нефти и газа, истощать свои запасы и оставаться сырьевым придатком более благополучных стран. Но можно избрать путь стимуляции инновационных процессов. Например, Финляндия в кризисный период своей истории (совпавший с нашим кризисом 1991–1996 годов) вложила деньги в образование и науку: были созданы технопарки, научные бизнес-инкубаторы, государство взяло на себя создание и развитие инфраструктуры – финансировало строительство зданий, установку оборудования, при этом взималась низкая арендная плата, небольшие коммунальные платежи, проводилась грамотная налоговая политика. В результате Финляндия стала образцом успешного инновационного развития.

А в России, по статистике, только около 6% предприятий имеют инновационные проекты, хотя при нормально функционирующей индустрии их должно быть 70–80%. Конечно, у нас есть прекрасные университеты, тесно взаимодействующие с академическими институтами, развивающие науку, есть талантливые ученые, готовые работать над самыми сложными проектами. Но стране нужна продуманная государственная инновационная политика, направленная на форсированное развитие науки, поднятие ее престижа.

– Вы тесно связаны с Восточно-Сибирским научным центром Сибирского отделения РАН. Какими инновационными проектами он может похвастаться?

– Восточно-Сибирский научный центр предлагает множество новейших разработок. Например, в травматологии и ортопедии внедрены эффективные способы лечения, основанные на фундаментальных исследованиях закономерностей остеосинтеза. Благодаря этим разработкам костные кисты теперь можно вылечить за 3–8 месяцев, а раньше требовалось от 2 до 8 лет. Разработаны перспективные методы внутренней стабилизации позвоночно-двигательного сегмента, для чего применяются новые имплантационные материалы – пористые и литые сплавы из никелид-титана с эффектом памяти формы и сверхэластичности.

Сегодня широкий круг заболеваний лечится методом биорезонансной терапии, которая позволяет корректировать функции организма с помощью электромагнитных излучений строго определенных параметров, вступающих в резонанс со структурами организма. Причем воздействие может осуществляться как на уровне отдельных клеток, так и органов, систем и даже организма в целом. В частности, биорезонансная терапия используется для лечения остеохондроза, сколиоза, невритов, недостаточности мозгового кровообраще-

ния, задержки умственного развития у детей и т.д. Для этого разработаны и запатентованы портативные лазерные, ультразвуковые, микроволновые, магнитные, электрические и инфракрасные устройства. Одна из разработок, физиокабинет «ПОРТ-Ф», включает приборы микроволновой, ультразвуковой, лазерной магнитной и электротерапии, которые умещаются в кейсе. Причем эффективность этих компактных приборов в 1,5–2 раза выше, чем у привычных стационарных физиотерапевтических установок, поскольку они настроены в резонанс с электрическими ритмами органов и тканей человеческого организма и используют низкоинтенсивное излучение, не оказывающее отрицательного воздействия.

Другой пример: новые адъюванты – базы для создания вакцин и антител, применяемых для производства лечебных и диагностических препаратов. Так создаются эффективные защитные системы, необходимые для профилактики массовых инфекционных заболеваний, таких как гепатит, энцефалит, дифтерия и т.д. С экономической точки зрения выгодно использовать адъюван-

ты для иммунизации животных с целью получения специфических антител, необходимых для производства иммуно-диагностикумов.

На базе клиники Научного центра медицинской экологии ВСНЦ СО РАМН с использованием новых технологий проводится лечение больных с различной нейроэндокринной патологией.

Успешно развивается сомнология – уникальный метод исследования и мониторинга основных физиологических параметров (полисомнография), позволяющий на протяжении всей ночи диагностировать различные нарушения в организме.

Существует еще множество уникальных разработок – жизнь постоянно требует новых научных решений. Восточно-Сибирский и другие научные центры имеют колоссальный инновационный потенциал, который может выйти на качественно новый уровень и принести пользу и людям, и экономике страны. Но для этого необходима грамотная и целенаправленная государственная политика.

Беседовал Дмитрий Мисуров

ОЧЕВИДНОЕ



НЕВЕРОЯТНОЕ

НА КАНАЛЕ ТВЦ ПО ПОНЕДЕЛЬНИКАМ в 00:30

программа С.П. Капицы

ОЧЕВИДНОЕ – НЕВЕРОЯТНОЕ

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

А. Пушкин



Мартин Блейзер

под угрозой

ИСЧЕЗНОВЕНИЯ

Элиминация
Helicobacter pylori,
бактерии,
издавна обитающей
в желудке
человека, —
это хорошо
или плохо?

В начале 1875 г. немецкие анатомы обнаружили в слизистой желудка человека неизвестную спиралевидную бактерию. Культивировать ее им не удалось, и об открытии вскоре забыли. Только в 1982 г. австралийским врачам Барри Маршаллу (Barry J. Marshall) и Робину Уоррену (Robin Warren) удалось выделить *Helicobacter pylori* и изучить ее воздействие на организм человека. В последующие десять лет была установлена следующая закономерность: у носителей этой бактерии повышен риск возникновения язвенной болезни, характеризующейся повреждением выстилки желудка или двенадцатиперстной кишки, кроме того, у них чаще развивается рак этих органов.

Однако в последнее время *Helicobacter pylori* утрачивает свои позиции среди бактерий, населяющих желудочно-кишечный тракт человека. Ученые также отмечают, что случаев заболевания язвой и раком желудка стало меньше, вместе с тем шире распространились заболевания пищевода, такие как рефлюкс-эзофагит и одна из наиболее агрессивных форм рака пищевода.

Чтобы выяснить, как влияет *H. pylori* на здоровье человека, необходимо разобраться в ее взаи-

моотношениях с организмом-хозяином. Такие сведения помогут понять и роль других микроорганизмов-симбионтов, а также тех эволюционных процессов, в ходе которых устанавливаются тесные связи между бактериями и их носителем.

Многоликая бактерия

На первом этапе исследований *H. pylori* обнаружилось, что штаммы, полученные от разных индивидов, существенно отличаются друг от друга. Значительное разнообразие наблюдается даже в популяции бактерий, обитающих в желудке одного человека. Причем различия касаются не внешнего вида микроорганизмов, а их генетического материала. На сегодняшний день полностью секвенирована геномная ДНК двух разных штаммов *H. pylori*. У каждого из них имеется одна молекула ДНК длиной около 1,7 млн. нуклеотидов, насчитывающая 1550 генов. (Для сравнения: длина геномной ДНК *Escherichia coli*, обычного обитателя кишечника человека, составляет 5 млн. нуклеотидных пар, а геномной ДНК самого человека — примерно 3 млрд.) Около 6% генов у двух штаммов *H. pylori* совершенно различны, даже у одинаковых ▶

Тесными узлами связаны друг с другом человек и *Helicobacter pylori*, бактерия, вызывающая воспаление слизистой желудка и двенадцатиперстной кишки (красный цвет), но в то же время защищающая пищевод от серьезных повреждений (зеленый цвет). По мнению ученых, бактерия и клетки организма-хозяина обмениваются между собой информацией.

генов нуклеотидные последовательности не идентичны.

Такое разнообразие форм у одного и того же вида совершенно уникально. Например, геномы человека и шимпанзе совпадают на 99%, притом что эти организмы относятся к разным видам. Вариабельность генома *H. pylori*

свойственный лишь некоторым бактериальным штаммам.

Ген *cagA* локализован в области хромосомы *H. pylori*, где находятся гены, кодирующие белки секреторной системы типа IV. Бактерии используют эту систему для переноса в клетки хозяина крупных молекул. Например, одна из них, *Bordetella*

с определенными белками человека, что приводит к изменению формы клеток и высвобождению из них цитокинов, участвующих в запуске воспалительного процесса. Штаммы *H. pylori*, несущие ген *cagA*, вызывают более острое воспаление и более серьезное повреждение слизистой желудка, чем штаммы, у которых данный ген отсутствует. Возможно, именно с этим связано повышение риска развития язвенной болезни у людей, в организме которых преобладают *cagA*-содержащие штаммы.

В конце 1980-х гг. Тимоти Ковер (Timothy Cover), работавший в то время в моей лаборатории, занялся исследованием штаммов *H. pylori*, которые провоцируют образование в эпителиальных клетках объемных полостей – вакуолей. Оказалось, что действующим веществом в данном процессе служит токсин, названный *VacA*. Он не только участвует в формировании вакуолей, но и блокирует противомикробное действие лейкоцитов, ослабляя иммунную реакцию организма на *H. pylori*. В отличие от *cagA*, ген *vacA* есть у всех штаммов бактерий, но поскольку его нуклеотидная последовательность варьируется, функционально активный токсин синтезируется только некоторыми из этих штаммов. Джон Атертон (John C. Atherton), молодой ученый из Англии, идентифицировал четыре основных вариабельных сайта в гене *vacA*. Два из них (*m1* и *m2*) располагались в средней части гена, два других (*s1* и *s2*) – в области, кодирующей сигнальную последовательность белковой молекулы, которая обеспечивает проникновение белка через клеточную мембрану. Дальнейшие исследования показали, что *s1*-варианты представлены, по крайней мере, тремя подтипами: *s1a*, *s1b* и *s1c*.

Штаммы *H. pylori*, несущие и *m1*-, и *s1*- варианты, синтезируют наиболее опасную форму токсина *VacA*. Поэтому неудивительно, что наличие в организме бактерий с данным генотипом, содержащих помимо

В развитых странах *Helicobacter pylori* утратила свои позиции в популяции бактерий, населяющих организм человека.

предполагает, что ни одна из форм не имеет существенного преимущества перед другой.

В 1989 г. в моей лаборатории была создана библиотека генов *H. pylori*. В ходе ее создания мы встраивали отдельные фрагменты ДНК нашей бактерии в геном *E. coli*, клетки которой начали синтезировать соответствующие белки *H. pylori*. Для скрининга рекомбинантных *E. coli* использовалась сыворотка моей крови, поскольку в моем организме присутствует *H. pylori* и, следовательно, имеются антитела к некоторым белковым компонентам бактерий. В одном из образцов, на который среагировали антитела, был обнаружен ген, названный нами *cagA*. Это был первый ген *H. pylori*,

pertussis, вызывающая коклюш, транспортирует с ее помощью токсины в клетки дыхательной системы человека. В 2000 г. группа исследователей из Германии, Японии, Италии и США обнаружила, что некоторые из генов *H. pylori*, расположенные вблизи гена *cagA*, кодируют белки, образующие миниатюрные игольчатые структуры (см. рисунок на следующей странице). С их помощью бактерия внедряет молекулы *CagA*-белка в эпителиальные клетки желудка, поэтому мой организм и вырабатывал к нему антитела.

После проникновения молекул *CagA* в клетки эпителия ферменты организма-хозяина химически модифицируют их. Они приобретают способность к взаимодействию

ОБЗОР:

БАКТЕРИЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ДЕЙСТВИЯ

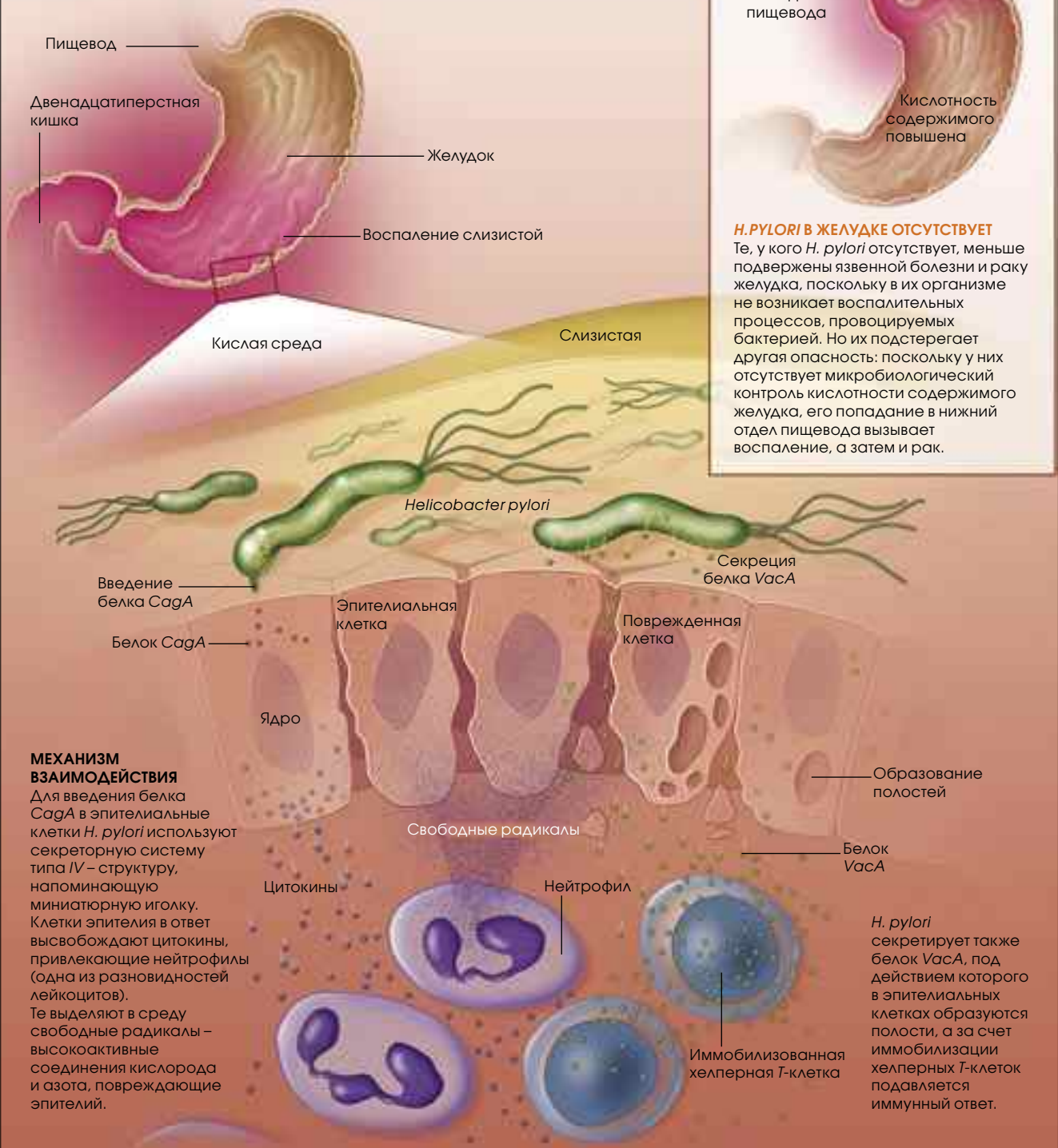
- *Helicobacter pylori* «колонизировала» организм человека очень давно, однако на протяжении последних 100 лет в желудках жителей развитых стран ее численность неуклонно уменьшается.
- У носителей *H. pylori* чаще развивается язвенная болезнь и рак желудка, зато реже возникают проблемы с пищеводом, в том числе такое серьезное заболевание, как рак пищевода.
- Исследование взаимодействия между *H. pylori* и организмом человека поможет разработать более совершенные методы лечения заболеваний пищеварительной системы, а также понять поведение других бактерий, захвативших внутренние среды *H. sapiens*.

Helicobacter pylori десятилетиями живет в желудке человека, несмотря на противодействие со стороны иммунной системы организма-хозяина. Полагают, что им позволяет сосуществовать механизм отрицательной

обратной связи, которая смягчает негативное действие *H. pylori* на ткани желудка и стабилизирует кислотность его внутренней среды.

ЖЕЛУДОК ЗАСЕЛЕН *H. PYLORI*

Один из способов воздействия *H. pylori* на организм хозяина – использование воспалительного процесса (выделено красным цветом) для регуляции кислотности среды в желудке. Когда среда становится слишком кислой для бактерии, штамм, несущий ген *sagA*, синтезирует большое количество белка *SagA*, вызывающего воспаление слизистой, что, в свою очередь, выключает механизм гормональной регуляции работы клеток выстилки желудка, секретирующих кислоту.



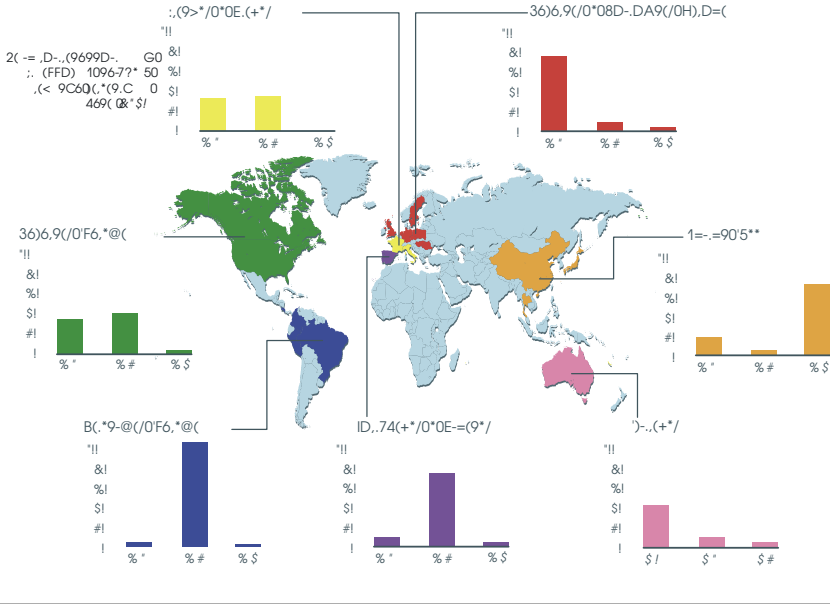
МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Для введения белка *SagA* в эпителиальные клетки *H. pylori* используют секреторную систему типа IV – структуру, напоминающую миниатюрную иглку. Клетки эпителия в ответ высвобождают цитокины, привлекающие нейтрофилы (одна из разновидностей лейкоцитов). Те выделяют в среду свободные радикалы – высокоактивные соединения кислорода и азота, повреждающие эпителий.

H. pylori секретирует также белок *VacA*, под действием которого в эпителиальных клетках образуются полости, а за счет иммобилизации хелперных T-клеток подавляется иммунный ответ.

H. pylori – древний микроорганизм, отличающийся удивительным генетическим многообразием. География распространения различных его форм отражает пути миграции человека. В Северной

Европе преобладает штамм, несущий *s1a*-вариант гена *vacA*, а в странах Средиземноморья и на востоке Азии – варианты *s1b* и *s1c*.



прочего ген *cagA*, сопряжено с очень высоким риском развития рака желудка. Хуже того, в генах некоторых людей имеются определенные модификации, усиливающие воспалительную реакцию на патогенные бактерии. Присутствие наиболее агрессивной формы *H. pylori* в организме хозяина, скорее всего, становится основной предпосылкой к развитию рака желудка.

Отслеживание путей миграции

Как только ученые нашли способы разграничения штаммов *H. pylori*, они занялись исследованием их распространения в разных регионах земного шара. Работая вместе с Лен-Яном ван Дорном (Leen-Jan van Doorn) из Диагностической лаборатории в Дельфте (Голландия), мы обнаружили, что штаммы с вариациями в гене *vacA* группируются в определенных регионах: так, *s1c*-штаммы преобладают на востоке Азии, *s1a* – на севере Европы, а *s1b* – в странах Средиземноморья.

Меня и моего коллегу Гульермо Переса-Переса (Guillermo I. Perez-Perez) особенно интересовали штаммы *H. pylori*, доминирующие в странах Латинской Америки, поскольку их изучение могло подсказать, когда и каким образом бактерия оказалась в Новом Свете. Вначале мы обнаружили, что чаще всего здесь встречается средиземноморский штамм *s1b*, и предположили, что *H. pylori* попала в Латинскую Америку вместе с колонистами из Испании и Португалии либо с рабами из Африки. Однако мы не учли важную вещь: все исследованные нами образцы происходили из прибрежных городов Латинской Америки, где коренное население давно перемешалось с выходцами из Европы и Африки. И тогда мы решили проанализировать образцы, взятые у жителей города Пуэрто-Аякучо, находящегося в глубине страны на р. Ориноко, где иноземное влияние слабее. Оказалось, что в этой группе преобладает штамм с генотипом *s1c*, который более всего распространен на востоке Азии.

Возможно, что *H. pylori* пересекла Берингов пролив вместе с предками современных индейцев и обитает в организме человека не менее 11 тыс. лет.

Затем в сотрудничестве с Марком Атманом (Mark Achtman) из Института Макса Планка по изучению биологии инфекционных заболеваний в Берлине мы установили, что все современные штаммы *H. pylori* восходят к пяти древним популяциям: две из них находились в Африке, две на западе и в центре Евразии и одна в Восточной Азии. Изучая происхождение генетических вариантов *H. pylori*, мы можем проследить пути миграции человека за последние 60 тыс. лет. При этом полученная картина будет гораздо более детальной, чем та, которую дает традиционный подход, т.е. анализ митохондриальной ДНК человека. Образно говоря, в последнем случае мы имеем почасовой хронометраж, а в первом – посекундный.

Под угрозой исчезновения

H. pylori обитает только в организме человека и передается с каплями слюны или частицами кала. Обнаружено также, что бактерии хорошо себя чувствуют в желудках жителей развивающихся стран, а во внутренних органах граждан цивилизованного мира ее с каждым годом становится все меньше. По мнению эпидемиологов, сокращение «поголовья» *Helicobacter pylori* связано с повышением за последние 100 лет уровня гигиены. Я же полагаю, что не меньшую роль в элиминации *H. pylori* играет широкое применение антибиотиков. Даже непродолжительный их прием может привести к полному уничтожению бактерии в организме человека. В развивающихся странах, где практика применения антибиотиков не очень развита, *H. pylori* обнаруживается у 70–100% детей, достигших 10-летнего возраста, у большинства из них бактерия остается в организме на всю жизнь. В США же только

LUCY READING-IKANDA

10% детей оказываются носителями бактерии. Таков наиболее яркий пример изменения микробиологии человека в современном мире.

Исчезновение *H. pylori* в некотором роде символично, т.к. указывает на возможную участь других представителей микрофлоры человека. Дело в том, что *H. pylori* – единственная бактерия, способная существовать в желудке, где высок уровень кислотности. Обнаружить ее в организме не составляет труда, достаточно сделать анализ крови, кала, выдыхаемого воздуха или содержимого желудка. Другие же органы и ткани (полость рта, толстая кишка, кожа или влагалище) населены множеством разных микроорганизмов, и исчезновение одного из них может пройти незамеченным.

Каковы же последствия устранения *H. pylori*? С одной стороны, как уже говорилось, уменьшается риск возникновения язвенной болезни и рака желудка. Оба заболевания (особенно последнее) развиваются на протяжении многих лет, поэтому данная корреляция проявляется только спустя много времени после исчезновения *H. pylori*. В 1990 г. в США рак желудка был одним из самых распространенных видов онкологических заболеваний, а к 2000 г. его частота уменьшилась на 80%, и теперь он встречается реже, чем рак толстой кишки, простаты, молочной железы и легких.

Однако неожиданно участились случаи заболевания пищевода. С начала 1970-х гг. эпидемиологи США, Великобритании, Швеции и Австралии отмечают существенное увеличение числа больных, страдающих аденокарциномой пищевода, агрессивной формой рака, который развивается в нижнем его отделе и прилегающей к нему области желудка. В США число подобных больных растет на 7–9% в год – быстрее, чем показатели любого другого вида онкологии. Причем после установления диагноза лишь 10% пациентов живут более 5 лет.



Естественная среда обитания *H. pylori* – слой слизи, выстилающий изнутри стенки желудка.

Какова же причина возникновения столь ужасной формы рака? Известно, что главным провоцирующим фактором служит рефлюкс-эзофагит, хроническое воспалительное заболевание, обусловленное периодическим попаданием кислого содержимого желудка в пищевод. Оно было описано в медицинской литературе лишь в 1930-х гг., и с тех пор отмечается неуклонное повышение его частоты. Иногда рефлюкс-эзофагит приводит к метаплазии тканей пищевода (метаплазии Барретта), патологии, описанной впервые в 1950 г. английским хирургом Норманом Барреттом. Этот недуг может инициировать патологи-

я заговорил об этой взаимосвязи, то столкнулся с полным непониманием со стороны коллег. Однако в последние годы стало появляться все больше свидетельств моей правоты, обнаружилось, в частности, что штаммы, несущие ген *cagA* (а именно они теснее всего связаны с возникновением язвенной болезни и рака желудка), лучше всего защищают пищевод. В 1998 г. мы вместе с учеными из Национального института по изучению раковых заболеваний обнаружили, что у людей, несущих *cagA*-штамм *H. pylori*, значительно ниже риск развития аденокарцином нижнего отдела пищевода и прилегающей к нему области желудка. Затем в сотрудничестве с Кливлендской клиникой и Медицинским центром Эразма в Голландии мы выявили аналогичную корреляцию для рефлюкс-эзофагита и метаплазии Барретта. Наши выводы подтвердились и независимыми исследованиями других ученых из Англии, Бразилии и Швеции.

Тесное взаимодействие

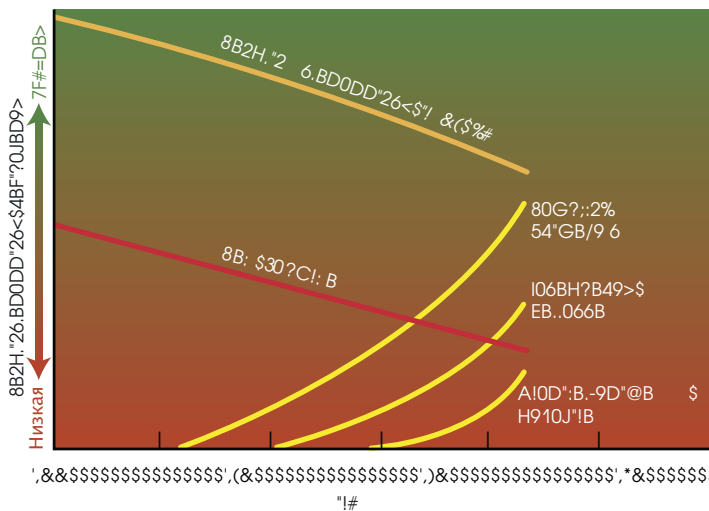
Итак, *H. pylori* повышает риск развития заболеваний желудка, но вместе с тем защищает пищевод. Возможно, это объясняется тем, что между

Изучая происхождение генетических вариантов *H. pylori*, можно проследить пути миграции человека за последние 60 тыс. лет.

ческий процесс, растягивающийся на 20–50 лет: вначале он медленно прогрессирует и переходит в метаплазию Барретта, затем развивается аденокарцинома, начинаются изменения в других эпителиальных тканях, которые тоже перерождаются в злокачественные образования.

Указанные заболевания стали распространяться одновременно с исчезновением из человеческого организма *H. pylori*. Когда в 1996 г.

бактерией и организмом-хозяином налажено тесное взаимодействие. *H. pylori* весьма необычный паразит: он может обитать в желудке человека десятилетиями вопреки противодействию иммунной системы и участию в развитии ряда серьезных заболеваний. Такое длительное сосуществование подразумевает наличие тонкого равновесия между процессами, вызывающими воспаление слизистой желудка, и теми, ▶



Уменьшение распространенности *H. pylori* среди жителей развитых стран за последние 100 лет сопровождается спадом распространенности рака желудка и повышением вероятности развития заболеваний пищевода, в частности рефлюкс-эзофагита. Последний иногда приводит к метаплазии Барретта, а затем к аденокарциноме пищевода, одной из наиболее агрессивных форм рака. Приведенный график иллюстрирует лишь наблюдаемые тенденции в развитии патологий, поскольку точные ретроспективные данные отсутствуют.

что препятствуют им. Между организмом-хозяином и бактерией как бы заключено перемирие, не будь которого, носитель бактерии погиб бы прежде, чем она обрела новое пристанище. Я полагаю, что конкурирующие формы жизни столь долго сосуществуют благодаря действию отрицательной обратной связи.

Подобный механизм широко используется живыми системами. В качестве примера можно привести цепь обратной связи с участием глюкозы и регуляторного гормона инсулина. Сразу после приема пищи уровень глюкозы в крови повышается, и поджелудочная железа начинает секретировать инсулин. В ответ концентрация сахара снижается, что служит сигналом для поджелудочной железы к прекращению выделения инсулина. Сглаживая взлеты и падения уровня глюкозы, система отрицательной обратной связи поддерживает равновесие в организме. Феномен поддержания постоянства внутренней среды организма (гомеостаза), впервые

описанный в XIX веке французским физиологом Клодом Бернаром, лежит в основе гормональной регуляции работы нашего организма.

По существу я использовал концепцию гомеостаза для системы «человек–бактерия», включив в цепь обратной связи бактериальные клетки. В разработке идеи участвовали математики Денис Киршнер (Denise Kirschner) из Мичиганского университета в г. Анн-Арбор и Гленн Уэбб (Glenn Webb) из Университета Вандербилта. В окончательном варианте ее можно сформулировать следующим образом: популяция *H. pylori* в желудке каждого отдельного человека представляет собой чрезвычайно неоднородную группу штаммов, которые конкурируют друг с другом за питательные вещества, ниши в желудке, факторы, защищающие их от стресса. Параллельная эволюция *H. pylori* и *H. sapiens* на протяжении многих десятков тысяч лет проходила под жестким давлением отбора на оба вида. Чтобы свести к минимуму последствия инфекции, организм

человека выработал способы воздействия на бактерию с помощью иммунной системы и изменения кислотности содержимого желудка. Но и *H. pylori*, в свою очередь, создала механизмы оповещения хозяина о необходимости снизить на нее давление.

Если среда в желудке становится слишком кислой, то бактерия погибает, однако даже менее существенное понижение кислотности не сулит ей ничего хорошего, поскольку ее начинают вытеснять микроорганизмы *E. coli*, лучше приспособленные к таким условиям. Борьба за выживание заставила *H. pylori* выработать механизм регуляции кислотности среды обитания. Например, штаммы, несущие ген *cagA*, используют для оповещения хозяина об отклонении уровня кислотности белок *CagA*. С повышением кислотности возрастает и уровень экспрессии гена *cagA*, и, следовательно, синтезируется больше белка, который им кодируется. *CagA* запускает воспалительный процесс, что приводит к снижению кислотности благодаря включению гормональной регуляции работы клеток, выстилающих стенку желудка, которые секретировать кислоту. При низкой кислотности, наоборот, синтез *CagA* подавляется, и воспалительный процесс затормаживается.

Характер влияния *H. pylori* на состояние здоровья человека зависит от того, насколько тесно связаны друг с другом эти два организма. Штаммы, несущие ген *cagA*, значительно повышают риск развития рака желудка, поскольку, десятилетиями инъецируя белок *CagA* в эпителиальные клетки, влияют на их жизнеспособность и склонность к воспалению. Штаммы, у которых ген *cagA* отсутствует, оказывают не столь радикальное действие и не провоцируют серьезных повреждений эпителия. С другой стороны, *cagA*-штаммы регулируют процесс секреции кислоты в желудок и предотвращают чрезмерное повышение

кислотности. И если *cagA*-штаммов в желудке нет, то микробиологическая регуляция ослабевает, а при полном отсутствии *H. pylori* исчезает вовсе. Резкие колебания кислотности в таких условиях могут играть ключевую роль в развитии заболевания пищевода, который в результате рефлюкса подвергается неблагоприятному воздействию слишком кислого содержимого желудка.

Отсутствие в желудке *H. pylori* может иметь и другие последствия. В этом органе вырабатываются два гормона, которые влияют на чувство насыщения: лептин, посылающий в мозг сигнал о том, что пора прекращать есть, и герлин, «подстегивающий» аппетит. Уничтожение *H. pylori* вследствие приема антибиотиков сопровождается уменьшением количества вырабатываемого лептина и повышением уровня герлина, и в результате пациенты начинают набирать в весе. Возможно, повышение числа больных диабетом и ожирением в развитых странах связано с изменением микрофлоры организма человека. Если эти предположения подтвердятся, клиницистам придется скорректировать свое отношение к *H. pylori* как к безусловному паразиту, который подлежит полному уничтожению. Необходимо учитывать, что влияние *H. pylori* на состояние здоровья людей носит двоякий характер, поэтому трудно однозначно ответить на вопрос, что лучше: уничтожить бактерию или, напротив, заселить ею внутреннюю среду желудка. Все зависит от возраста пациента, его истории болезни и генотипа.

Пробиотики

Если будет окончательно доказано, что в определенных случаях наличие *H. pylori* в организме полезно, возможно, стоит задуматься об искусственном введении микроорганизма в желудок нуждающихся в нем пациентов. Уже более 100 лет ученые занимаются созданием пробиотиков – микробиологичес-

ких препаратов, которые можно принимать, как обычные таблетки. Вначале большие надежды возлагались на кисломолочные бактерии (*Lactobacillus*), на основе которых изготавливают йогурты и многие сыры, но результат их реинтродукции был незначителен. Несмотря на многолетние усилия, ученым так и не удалось найти эффективные пробиотики.

Причина неудач в том, что микрофлора человека чрезвычайно сложна. Ее представители отлично приспособлены к сосуществованию со своим хозяином и друг с другом. Можно ли надеяться, что какой-то новый «поселенец» (необычный штамм, появившийся вне человеческого организма) сможет вписаться в давно сложившееся сообщество и дать какие-то преимущества организму? Исконные обитатели внутренней среды организма человека прошли серьезный длительный отбор и, как правило, встречаются ноу-вечков в штывки.

Но, возможно, и для пробиотиков настанут лучшие времена. Для этого необходимо как можно полнее изучить населяющие наш организм бактерии и характер их взаимодействия с окружающей их средой. Поскольку во многих тканях и органах человека живут самые разные микроорганизмы, установить характер взаимодействия с хозяином каждого из них очень трудно. Редким исключением является именно *H. pylori*, поскольку она вытесняет из желудка других мик-

робов и становится единственным его обитателем. Уникальность этой бактерии и наблюдение за ее постепенным исчезновением позволяют использовать *H. pylori* в качестве модели для исследования микроэкологии человека.

Как только будет составлен полный каталог мириад штаммов *H. pylori* вместе с описанием их воздействия на эпителиальные клетки желудка человека, клиницисты получат целый арсенал новых методов лечения заболеваний этого органа. Так, с помощью анализа ДНК пациента, позволяющего оценить его предрасположенность к воспалительным и онкологическим заболеваниям, врач сможет подобрать оптимальную для данного случая смесь штаммов *H. pylori* и ввести ее в желудок больного. Изучение *H. pylori* может оказаться полезным и в других отношениях. Например, вырабатываемый бактерией токсин *VacA* может стать основой для создания принципиально новых иммуносупрессоров. О том, что изучение микроорганизмов раскрывает перед людьми широкие перспективы, свидетельствует, в частности, успешное использование в косметической хирургии токсина, который секретирует бактерию *Clostridium botulinum*, вызывающую ботулизм. Таким образом, близкое знакомство с бактериями, давними спутниками человека, позволит лучше понять наш собственный организм и расширить горизонты медицинской микробиологии. ■

ОБ АВТОРЕ:

Мартин Блейзер (Martin J. Blaser) – один из самых известных в мире экспертов по *Helicobacter pylori*. Он является деканом медицинского факультета и профессором микробиологии Медицинской школы Нью-Йоркского университета. Ранее Блейзер работал в Колорадском университете, в Центре по контролю и предотвращению инфекционных заболеваний, в Рокфеллеровском университете и Университете Вандербилта. В 1975 г. он получил степень доктора медицины в Нью-Йоркском университете и с тех пор опубликовал более 400 статей, посвященных инфекционным заболеваниям, и отредактировал несколько книг. Занимает должность президента Американского общества по инфекционным болезням.

A close-up, high-angle photograph of a microchip surface. The chip is covered with intricate, golden-yellow traces and pads. The lighting is dramatic, coming from the side, which creates sharp highlights on the raised edges of the traces and deep shadows in the recessed areas, highlighting the three-dimensional nature of the microstructure. The background is a dark, almost black, which makes the metallic gold color stand out prominently.

Якоб Райхель

Магнитные поля, возникающие над поверхностью микросхем, способны удерживать крошечные когерентные облака атомного конденсата Бозе–Эйнштейна. Эту особенность можно использовать для создания сверхточных авиационных датчиков и квантовых компьютеров.

A close-up, low-angle photograph of a microchip surface. The chip is dark and features several rectangular pads connected by thin lines. A bright, glowing cloud of atoms is visible on the surface, centered over one of the pads. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows, creating a sense of depth and focus on the atomic cloud.

атомные

микросхемы

Так художник представляет себе облако атомов, витающее над поверхностью микросхемы при температуре, близкой к абсолютному нулю.

Вот уже сто лет квантовая механика будоражит ученые умы. Все виды материи рассматриваются в ней как волны, но настолько малые, что различить их невозможно. Кроме того, удивительные квантово-механические эффекты исчезают при беспорядочном взаимодействии большого количества частиц и при температуре намного выше абсолютного нуля. Все привыкли к тому, что квантовые явления связаны только с миром элементарных частиц и абстрактных мысленных экспериментов.

Сегодня физики учатся сохранять сверхъестественные квантовые свойства во все больших объемах вещества, что позволяет наблюдать их непосредственно. В 1995 г.



Атомный чип в лаборатории Йорга Шмайдмайера (Jörg Schmiedmayer) в Гейдельбергском университете захватывает в ловушку облако холодных атомов лития, находящееся над его поверхностью. Оно отражается в позолоченной поверхности из арсенида галлия.

позиция), а так как образующаяся макроскопическая волна состоит из огромного количества атомов, ее можно увидеть невооруженным глазом. Беспрецедентная доступность волн материи вызвала настоящий бум: изучение КБЭ вдохнуло новую жизнь в исследование многих квантовых эффектов, о наблюдениях которых раньше не могло быть и речи.

абсолютного нуля. Для достижения необходимого состояния атомы должны быть подвешены в вакуумной магнитной ловушке. Понижение их температуры осуществляется путем лазерного и испарительного охлаждения (см. стр. 39). Малейшее незапланированное взаимодействие с объектами комнатной температуры приводит к разрушению хрупкого квантового состояния атомов. Поэтому в лабораториях, где получают КБЭ, крошечное облачко ультрахолодных частиц изолируется с помощью нескольких тонн сложного оборудования.

Ключевая технология в экспериментах с конденсатом – подвешивание атомов в свободном пространстве с помощью магнитных полей. Испарительное охлаждение работает только в том случае, когда частицы заключены в магнитную ловушку. Кроме того, чем «глубже» ловушка (т.е. чем сильнее атомы сжаты в малом объеме), тем быстрее и эффективнее идет охлаждение. Для мощного магнитного сжатия разработаны громоздкие, охлаждаемые водой катушки, потребляющие много электроэнергии. Большая часть сил и средств при подготовке и проведении экспериментов с КБЭ, как правило, уходит на создание и управление магнитными ловушками. Поэтому раньше трудно было представить практическое применение КБЭ.

Благодаря новым разработкам положение дел изменилось. В частности, появилась возможность захватывать атомы в ловушку и управлять ими при помощи микросхем.

Раньше, чтобы получить облачко ультрахолодных частиц, требовалось несколько тонн дорогого оборудования.

был получен конденсат Бозе–Эйнштейна (КБЭ), состоящий из сотен тысяч атомов, находящихся в одном и том же квантово-механическом состоянии. Индивидуальные волны частиц в точности накладываются друг на друга (полная супер-

Читателю может показаться, что получить КБЭ совсем не сложно, но это не так. Фазовый переход от обычного атомного пара к конденсату происходит при чрезвычайно низкой температуре – менее одной миллионной градуса выше

ОБЗОР

АТОМНЫЕ ЧИПЫ

- Физики уже научились непосредственно наблюдать квантовые свойства вещества. Был получен конденсат Бозе–Эйнштейна (КБЭ), в котором проявляется волновая природа материи.
- Чтобы создать КБЭ, магнитное поле над микрочипом удерживает облако атомов, подвешенных в вакууме при температуре чуть выше абсолютного нуля. Атомные чипы значительно меньше обычных магнитных ловушек, потребляют в тысячи раз меньше энергии, работают намного быстрее и функционируют в менее глубоком вакууме.
- Атомные чипы могут найти применение как в авиационной и морской навигации, так и в квантовой вычислительной технике.

Поэтому создание миниатюрных «квантовых лабораторий», без которых немислимо практическое применение КБЭ, перестало быть утопией и превратилось в цель конкретных исследований.

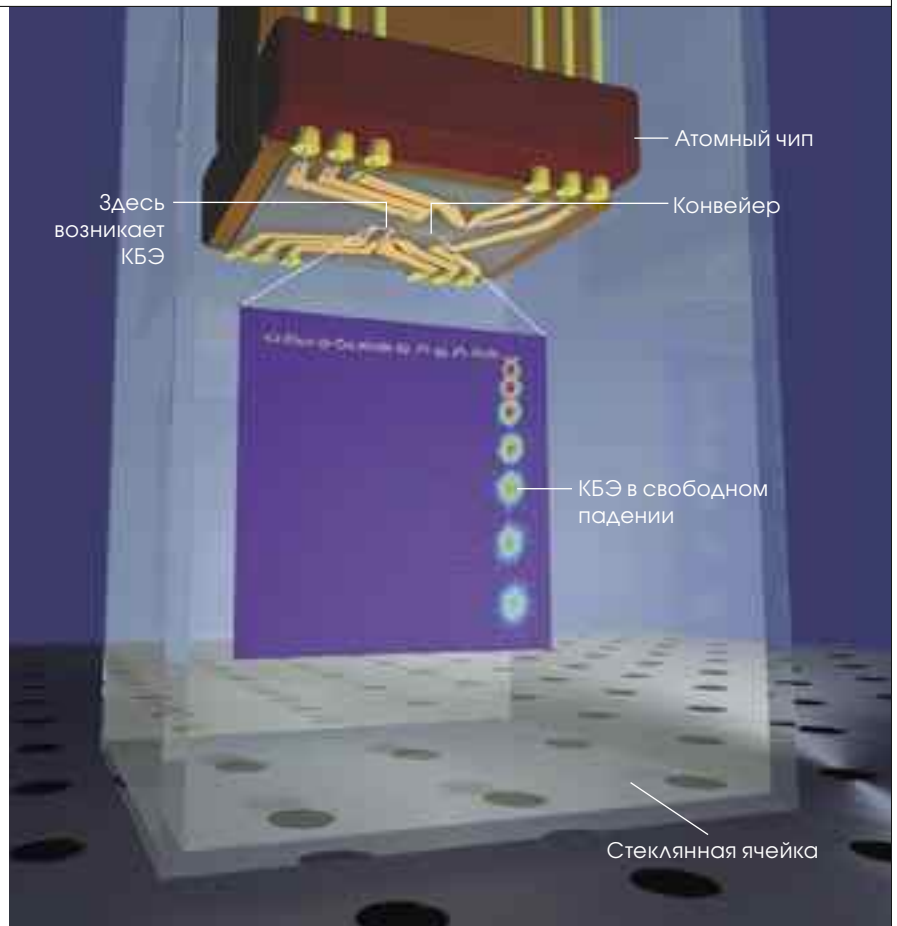
Магнитный пейзаж

Как же микрочип удерживает над своей поверхностью облако атомов и управляет их движением? Для этого используется магнитное поле, создаваемое токами, протекающими по тысячам микроскопических проводников. В пределах 100 мкм от поверхности микросхемы поле образует магнитную ловушку, которая удерживает облако атомов в подвешенном состоянии. Поскольку последнее находится предельно близко к проводникам, магнитная ловушка потребляет не более 1 Вт (традиционным магнитным ловушкам требуются киловатты).

Кроме того, ловушки над чипами получаются намного сильнее обычных, созданных соленоидами, и поэтому КБЭ возникает в них не за традиционные полминуты, а меньше чем за секунду. Высокая скорость имеет огромное значение, потому что для получения достоверной статистики при разных наборах условий эксперименты с конденсатом повторяются сотни раз. Для каждого испытания требуется создавать новый КБЭ, т.е. загружать, захватывать в ловушку и охлаждать свежую порцию атомов.

Повышение скорости возникновения КБЭ позволяет значительно упростить конструкцию устройства, использующего конденсат, т.к. вакуум может содержать гораздо больше остаточного газа. Таким образом, миниатюризация магнитной ловушки приводит к резкому уменьшению размеров всех деталей установки.

И все же сначала считалось невозможным хранить КБЭ (вероятно, самый холодный объект во Вселенной) на столь малом расстоянии от поверхности микросхемы.



Чип комнатной температуры испускает инфракрасное излучение, передающее тепло расположенным вблизи объектам. Поэтому в первом проекте микросхемы-ловушки, разработанном группой исследователей из Калифорнийского технологического института в 1995 г., предлагалось охлаждать весь микрочип с помощью громоздкого и дорогого охладителя на жидком гелии. Мы же не хотели жертвовать привлекательной простотой использования чипа и в 1997 г. решили работать при комнатной температуре. Нам повезло: атомы газа поглощают излучение только на некоторых четко определенных длинах волн, поэтому тепло, излучаемое микросхемой, почти не поглощается. Оказалось, что все тепловые взаимодействия на расстоянии 100 мкм пренебрежимо слабы и за время эксперимента не успевают причинить КБЭ никакого вреда. ▶

Атомный конвейер может перемещать конденсат Бозе–Эйнштейна и устанавливать его в точно заданном положении. Структура из проводников в виде прямоугольных зубцов в центре чипа создает ряд магнитных ям, положение которых зависит от фазы токов в проводниках. Изображения (лиловый квадрат) были получены во время транспортировки конденсата на 1,6 мм, которая закончилась его свободным падением. Судя по характерной для КБЭ форме расширяющегося облака, хрупкий конденсат выдержал транспортировку. (Чтобы пояснить относительное расположение конвейера, к рисунку добавлено изображение структуры чипа и стеклянной ячейки.)

Как только появилась идея создания ловушки на чипе, стало ясно, что прежде надо решить несколько сложных задач. Для начала следует спроектировать и изготовить подходящую микросхему. Занимаясь ее разработкой, я приобрел чрезвычайно полезный опыт и узнал о тонкопленочных гибридных устройствах, о нанесении золотых проводников на керамические микрочипы, а самое главное – о возможном использовании этого типа микросхем для захвата атомов в магнитную ловушку.

Изготовив нужную микросхему, мы с коллегами из Института квантовой оптики имени Макса Планка в Гархинге и Университета Людвига Максимилиана в Мюнхене столкнулись с проблемой заполнения ловушки атомами, из которых образуется КБЭ. Независимо от того, какая система используется, частицы необходимо охладить до температуры, близкой к абсолютному нулю в магнитооптической ловушке (МОЛ). Главный ее элемент – система из шести лазерных лучей, оказывающих давление на атомы со всех сторон. Но ведь одному из лучей непременно будет мешать поверхность микрочипа!

Для решения этой проблемы мы нанесли на микросхему зеркальное покрытие, отражающее падающее на него излучение (см. врезку на противоположной странице). Если лазеры и микрочип верно сориентированы, отраженные лучи заменяют заблокированные, и ловушка

прекрасно работает. Такую систему называют зеркальной или поверхностной МОЛ.

После предварительного охлаждения атомов загрузка протекает следующим образом: МОЛ выключается, а к проводникам на поверхности микросхемы подается напряжение. В результате большая часть

мощью ловушки на микросхеме. Интересно, что оба коллектива добились цели почти одновременно. Циммерман назвал это «сцепленностью» идей, намекая на известное явление квантовой физики. Сегодня такой способ получения конденсата используется в полутора десятках лабораторий мира.

Неужели самый холодный объект во Вселенной может располагаться так близко к поверхности, имеющей комнатную температуру?

атомов оказывается захваченной в ловушку, образованную магнитным полем микрочипа.

В 1998 г. мы вместе с аспирантом Вольфгангом Хензелем (Wolfgang Hänsel) и специалистом по квантовой оптике Теодором Хеншем (Theodor W. Hänsch) использовали вышеописанную технику при первой демонстрации так называемой атомной микросхемы в Институте им. Макса Планка. Однако многие ученые сомневались в том, что по новой технологии можно будет получать КБЭ, поскольку поверхность микрочипа оказывается слишком близко к захваченным в ловушку атомам. Тем не менее летом 2001 г. две группы ученых (моя и Клауса Циммермана (Claus Zimmermann) из Тюбингенского университета независимо получили КБЭ с по-

В базовом варианте атомной микросхемы для формирования магнитной ловушки требуется простая конфигурация из двух или трех проводников. Новый чип унаследовал все преимущества технологии производства у своих микроэлектронных предшественников. Стало возможным использование большего количества проводников, расположенных согласно нашему замыслу. Когда через полученные комбинации проводящих волокон пускают токи, создается сложный магнитный пейзаж, открывающий фантастические возможности для управления захваченными атомами.

Один из примеров – так называемый конвейер, впервые продемонстрированный в Мюнхене. Нами был использован чип, структура которого гораздо сложнее, чем у простой ловушки (см. рис. на предыдущей странице).

Когда токи, проходящие по разным проводникам, модулируются соответствующим способом, над поверхностью микросхемы движется ряд потенциальных ям. Изменяя токи, можно управлять скоростью перемещения квантовых брешей, а также их расстоянием от поверхности. Это позволяет перемещать КБЭ, а также определять его положение с точностью до миллиардных

ОБ АВТОРЕ:

Якоб Райхель (Jakob Reichel) защитил кандидатскую диссертацию в «Эколь нормаль сьюперьер» (ENS) в Париже. В работе он использовал метод лазерного охлаждения и получил рекордно низкие температуры. В 1997 г. вернулся в Германию и начал работать в Институте квантовой оптики им. Макса Планка в Гархинге и в Университете Людвига Максимилиана в Мюнхене. Там вместе с Теодором Хеншем он создал небольшую группу, которая первой использовала микрочипы для манипуляций с холодными атомами. Летом 2004 г. Райхель был удостоен Европейской премии для молодых ученых и получил должность в ENS, где организовал группу по исследованию микроловушек.

На первый взгляд, атомы горячего газа ведут себя как классические (неквантовые) твердые шарики. На самом деле каждый атом представляет собой квантовый волновой пакет, «размазанный» в небольшом объеме. У горячих атомов волновой пакет очень мал, но по мере охлаждения он становится все больше. Конденсат Бозе–Эйнштейна (КБЭ) образуется, когда газ настолько холоден и плотен, что волновые пакеты атомов становятся достаточно большими и начинают перекрываться. Тогда все атомы переходят в одно и то же квантовое состояние и сливаются в единый волновой пакет – конденсат Бозе–Эйнштейна.

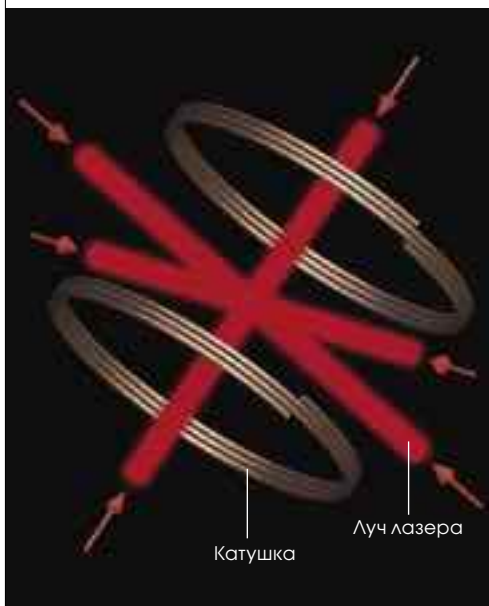
Для создания КБЭ требуется сложное оборудование. Сердце эксперимента с холодными атомами – небольшая стеклянная ячейка, окруженная соленоидами. В ней создается глубокий вакуум, и она превращается в сверхэффективный термос, в который впускают крошечное количество атомарного газа. В одной точке внутри вакуумной ячейки пересекаются шесть лазерных лучей. При комнатной температуре атомы газа хаотично летают по ячейке со скоростью нескольких сотен километров в час. Когда они случайно попадают в один из лучей, лазерный свет резко остужает их. Кроме того, лазерный свет и слабое магнитное поле проволоочных катушек подталкивают атомы к точке пересечения всех шести лучей.

Эта комбинация лазерного света и магнитного поля, названная магнито-оптической ловушкой (МОЛ), была изобретена в 1987 г. Жаном Далибаром (Jean Dalibard) из «Эколь нормаль сьуперьер» в Париже. Дэвид Причард (David E. Pritchard) из Массачусетского технологического института и Стивен Чу (Steven Chu) из Стэнфордского университета создали первую работающую МОЛ. Сегодня такие ловушки широко используются для охлаждения паров

рубидия, натрия и многих других элементов до температур порядка 1 мК. МОЛ обеспечивают довольно низкую плотность: атомы располагаются слишком далеко друг от друга, чтобы их волновые функции могли перекрываться. Чтобы получить более высокие плотности и одновременно еще более понизить температуру, требуется другой механизм – испарительное охлаждение.

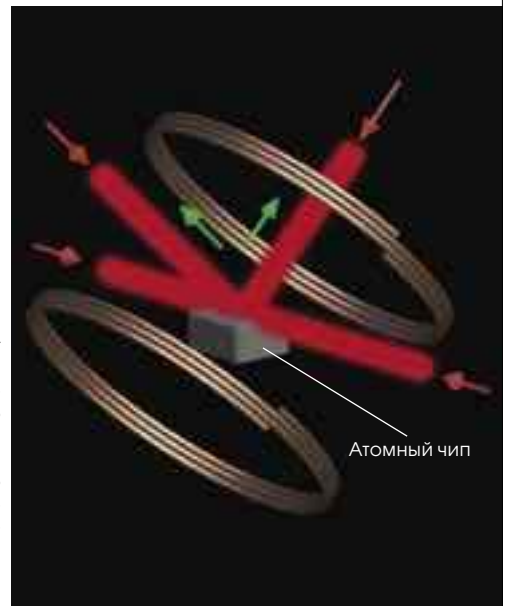
В процессе испарительного охлаждения в каждый момент времени одни частицы газа почти неподвижны, а другие имеют скорость намного выше средней. Если удалить очень быстрые атомы, остающийся газ будет иметь более низкую температуру. В экспериментах с КБЭ испарительное охлаждение обычно выполняется в магнитной ловушке, которую можно представить себе как глубокий сосуд с нематериальными стенками. Самые энергичные атомы покидают его. Стенки сосуда постепенно становятся все «ниже», чтобы горячие атомы продолжали ускользать и процесс охлаждения шел с оставшимися атомами.

Очень важно, чтобы при испарительном охлаждении происходило перераспределение энергии между остающимися медленными атомами: небольшая их часть должна приобретать более высокие скорости и, в свою очередь, по мере испарения улетать из ловушки, а остальные должны становиться еще медленнее, т.е. холоднее. Такое перераспределение происходит через «хорошие» столкновения (в отличие от «плохих» столкновений с окружающими атомами, которые выбивают из ловушки нужные нам холодные атомы). И здесь проявляется преимущество ловушек на микрочипе: при малых токах они создают сильные поля, которые сжимают атомы сильнее, чем обычные ловушки, и, таким образом, увеличивают частоту «хороших» столкновений.



В стандартной конструкции МОЛ (слева) шесть лазерных лучей (красные) перекрещиваются в центре магнитного поля, создаваемого двумя катушками. Такую конфигурацию трудно использовать с чипом, который неизбежно заслоняет один или несколько лучей.

Решение (справа) состоит в том, чтобы нанести на чип зеркальное покрытие и использовать вместо шести лучей четыре. Отражения (зеленые стрелки) от зеркального покрытия создают еще два луча, и холодные атомы собираются вблизи поверхности чипа.



долей метра. Похожий конвейер может стать основой более сложных устройств, которые можно было бы использовать в квантовой вычислительной технике.

Магнитные каналы

Когда схема принимает форму двух или трех параллельных проводников, магнитное поле образует ловушку, по форме напоминающую канал, где атомы могут двигаться свободно. Магнитный канал – это

существования, до приборов, превышающих по характеристикам самые современные разработки, основанные на применении других технологий. Такие интерферометры можно было бы использовать для измерения вращения, гравитации и других величин, необходимых для навигации судов и самолетов.

Однако не на все вопросы, связанные с использованием атомных микросхем, найден ответ. Один из них – разработка когерентных рас-

гического института обнаружили неожиданный эффект. Вместо того чтобы рассредоточиться и, подобно воде, заполняющей горизонтальную плоскость, занять весь волновод, конденсат разделился на части (см. *врезку на противоположной странице*). Получившиеся небольшие сгустки вещества были захвачены в ловушку мельчайшими искажениями магнитного поля волновода.

В марте 2004 г. с помощью сканирующей электронной микроскопии Ален Аспект (Alain Aspect) и его сотрудники в Институте оптики в Орсе (Франция) показали, что причиной искажений в магнитном волноводе является шероховатость – малые отклонения проводников от идеальной прямолинейной формы. Крошечных неровностей проводника достаточно, чтобы ток искажал магнитное поле. Эти нарушения никогда не измерялись целенаправленно обычными датчиками магнитного поля.

Другая проблема связана с фундаментальными эффектами. Во всех экспериментах, проведенных до сих пор, КБЭ находился на расстоянии десятков микрон от поверхности чипа. С уменьшением этого расстояния квантовые свойства атомов становятся заметнее. Но при достаточном приближении конденсата к плоскости микросхемы атомы неизбежно взаимодействуют с ее поверхностью (эффект Казимира–Полдера). Это было подтверждено экспериментально в конце 2003 г. Владан Вулетич (Vladan Vuletic), молодой профессор из Массачусетского технологического института, наблюдал потерю атомов при распаде ловушки на расстоянии, равном 1,5 мкм от непроводящей поверхности.

Есть еще один эффект – тепловой магнетизм поверхности чипа. При комнатной температуре с предельно близкого расстояния металл выглядит как огромное количество хаотично движущихся крохотных магнитов. Когда атомы располага-

После расщепителя **каждый атом,** словно шредингеровский кот, **должен** **перемещаться по обоим каналам** **одновременно.**

волновод для материи, аналог оптического волокна, вдоль центральной оси которого движутся световые волны. Конденсат перемещается точно так же.

Такие волноводы и методы загрузки в них атомов были разработаны несколькими научными группами. Основное применение они найдут в атомной интерферометрии. Во всех видах интерферометрии используется объединение двух волн, дающее картину чередования высоких и низких амплитуд. Методика основана на когерентности, присущей прежде всего лазерному излучению, поэтому большинство интерферометрических измерений проводится с использованием лазеров. Парящему КБЭ также свойственна когерентность. Сведение вместе двух упорядоченных атомных лучей создает интерференционную картину из чередующихся «ярких пятен» (большое количество атомов) и «темных» (малое количество).

За прошедшее десятилетие атомные интерферометры прошли путь от экспериментов, доказывающих принципиальную возможность их

щепителей луча, делящих пучок атомов. Устройство будет когерентным, если каждый атом, словно шредингеровский кот, после раздвоения луча станет двигаться одновременно по обоим выходным каналам. К сожалению, такие расщепители до сих пор не продемонстрированы, а разработанные ранее слишком грубы для использования в интерферометре.

В июле 2004 г. две группы исследователей, Эрика Корнелла (Eric A. Cornell) из Национального института стандартов и технологий (NIST) совместно с Университетом штата Колорадо в Боулдере и Мары Прентисс (Mara Prentiss) из Гарвардского университета, представили интерферометр на основе лазера. После образования КБЭ на атомной микросхеме конденсат расщепляли лазерным импульсом на две когерентные части, которые затем сводили при помощи дополнительных импульсов, добиваясь интерференции.

Расщепители луча – не единственный род устройств, демонстрирующий сложности, связанные с волнами вещества. В 2002 г. ученые из Массачусетского техноло-

Волны вещества – требовательные путешественники. Прежде чем начать использовать атомные чипы, следует решить некоторые проблемы.



Некогерентность в расщепителе пучка атомов означает, что каждый атом после расщепления пучка идет либо налево, либо направо. В атомной интерферометрии исследователи стремятся добиться когерентности, когда каждый атом одновременно движется налево и направо. Слева мы видим некогерентный расщепитель пучка, управляющий потоком атомов лития; видна характерная картина в виде перевернутой буквы У.



Фрагментация облака атомов, захваченного в ловушку в магнитном поле проводника на чипе, указывает, что магнитный потенциал не совсем гладок (слева). Неровности магнитного волновода вызваны микроскопической шероховатостью проводников. Когда облако атомов захвачено в ловушку точно в том же самом месте, но удерживается чисто оптической ловушкой, не использующей проводники чипа, фрагментация не наблюдается (справа).

ются на достаточно малом расстоянии от поверхности металла, они приобретают свойство сверхчувствительности. В результате тепловой магнетизм заставляет магнитную ловушку хаотично двигаться и постепенно выталкивать атомы.

Существует несколько решений данной проблемы. Можно охладить микросхемы газом или жидким гелием, но это усложняет конструкцию. Наиболее приемлемый выход – применение металлов, обладающих более высоким удельным сопротивлением, так как тепловой магнетизм в них слабее. Использование титана вместо золота или серебра способствует уменьшению потерь.

В атомных интерферометрах находит применение лишь одно квантово-механическое свойство материи – ее волновой характер. Другие проявления квантовой природы можно использовать в гораздо более революционных экспериментах. Наиболее значимой на сегодняшний день разработкой в квантовой области считается квантовый компьютер (см. «Правила для сложного квантового мира», «В мире науки», №3, 2003 г.). Это устройство должно использовать принцип суперпозиции при выполнении некоторых типов вычислений. Такой компьютер функционирует, управляя кубита-

ми – квантовыми аналогами битов. Обычный бит принимает только значения «истина» и «ложь» (1 и 0), а кубит может находиться в состоянии, соответствующем «истине» и «лжи» одновременно.

В классическом компьютере вычисления, соответствующие различным состояниям бита, должны выполняться одно за другим. С квантовыми единицами информации все операции выполняются одновременно. Для некоторых задач эта особенность делает квантовый компьютер намного более быстрым, чем любой когда-либо изобретенный классический компьютер.

Наиболее актуальная на сегодняшний день тема для размышления – это практическое создание квантового компьютера. Возможно,

будут использованы захваченные в ловушку ионы, большие молекулы, электронные спины, а может быть, и КБЭ на атомных микросхемах. Для объединения кубитов и управления их взаимодействием можно применять компоненты типа описанного конвейера.

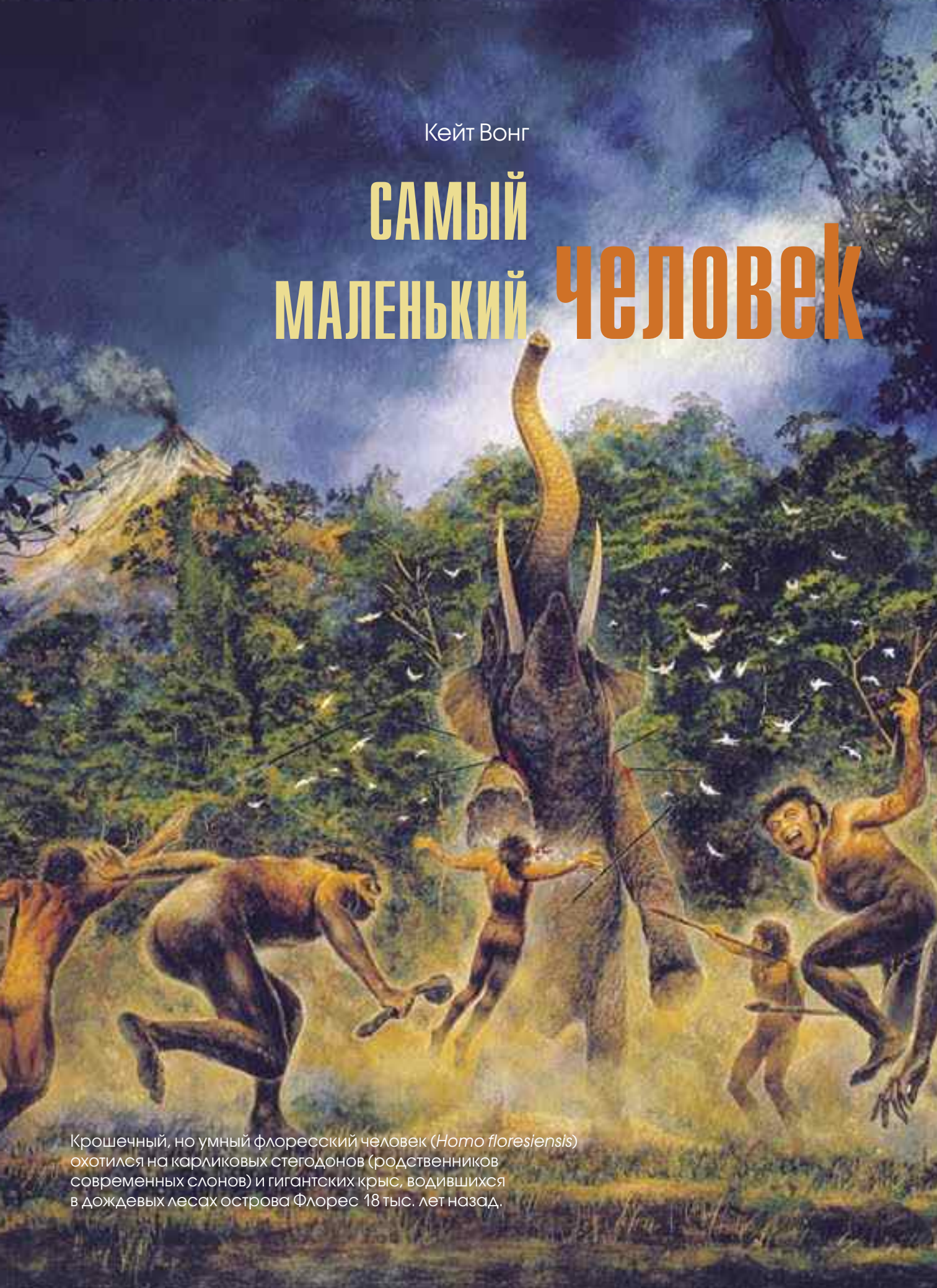
Таким образом, конденсат над микросхемой – это лишь начало. Ход истории заранее не известен, и действующие лица лишь слегка приоткрывают завесу, скрывающую будущее. Возможны любые неожиданности – приятные и неприятные. Некоторые препятствия будут преодолены; иные заставят исследователей искать обходные пути. В любом случае классические и квантовые миры станут ближе друг другу. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- **Magnetic Chips and Quantum Circuits for Atoms.** E. Hinds in *Physics World*, Vol. 14, No. 7, pages 39-44; July 2001.
- **Специальный раздел по ультрахолодной материи.** *Nature*, Vol. 416, No. 6877, pages 205-246; March 14, 2002.
- **Coherence with Atoms.** Mark A. Kasevich in *Science*, Vol. 298, No. 5597, pages 1363-1368; November 15, 2002.
- Институт квантовой оптики им. Макса Планка в Гархинге, группа микроловушек: www.mpq.mpg.de/~jar
- Группа разработчиков атомных чипов в Гейдельбергском университете: www.atomchip.org

Кейт Вонг

САМЫЙ МАЛЕНЬКИЙ ЧЕЛОВЕК



Крошечный, но умный флоресский человек (*Homo floresiensis*) охотился на карликовых стегодонов (родственников современных слонов) и гигантских крыс, водившихся в дождевых лесах острова Флорес 18 тыс. лет назад.

Сенсационные
ископаемые
находки
в Индонезии
свидетельствуют
о том, что
на Земле
одновременно
с предками
современных
людей жили
крошечные
человечки.

В деревнях индонезийского острова Флорес и по сей день бытуют страшные предания о маленьком кровожадном человеке ибу-гого («бабушке, которая ест все подряд») – он ходил сгорбившись и тихо бормотал что-то себе под нос.

До недавнего времени ученые считали, что прототипом ибу-гого был макак. Но в октябре прошлого года группа австралийских и индонезийских исследователей, проводивших раскопки в одной из островных пещер, обнаружила останки жившего 13 тыс. лет назад лилипута, чей рост едва достигал 1 м.

До сих пор предполагалось, что после того, как неандертальцы в Европе и *Homo erectus* в Азии вымерли, единственным представителем рода человеческого на планете остался *Homo sapiens*. Кроме того, столь миниатюрные гоминиды были известны ученым только по ископаемым останкам австралопитеков (таких как Люси и подобные ей существа), обитавших на Земле 3 млн. лет назад, т.е. задолго до появления человека разумного. Никто и представить себе не мог, что у наших предков был маленький и внешне примитивный современник, череп которого не превышал размеры грейпфрута. Однако по своим умственным способностям крошка не уступал современному человеку!

Остров загадок

Остров Флорес не раз удивлял ученых. В 1998 г. группа археологов под руководством Майкла Морвуда (Michael J. Morwood) из Университета Новой Англии в г. Армидейл (Австралия) сообщила о найденных там грубых каменных орудиях, возраст которых составляет примерно 840 тыс. лет. Хотя человеческих останков рядом обнаружено не было, исследователи предположили, что инструменты принадлежали *Homo erectus* – единственному представителю семейства ▶

гоминид, обитавшему в то далекое время в Юго-Восточной Азии.

Надеясь пролить свет на некоторые вопросы, связанные с заселением острова людьми, Морвуд и Радьен Соджоно (Radien P. Soejono) из Индонезийского центра археологии в Джакарте обратили внимание на Лиан-Буа, большую известняковую пещеру в западной части о. Флорес. Индонезийские археологи начали проводить здесь раскопки еще в 1970-х гг., но из-за недостатка средств работы нередко прерывались, и им удалось исследовать лишь самые верхние пласты. Внимание Морвуда и Соджоно привлекли в первую очередь коренные породы, к изучению которых они и приступили в июле 2001 г. Вскоре усилия ученых были вознаграждены, они обнаружили многочисленные каменные орудия и кости карликового «двойника» стегодона (*Stegodon*) – вымершего родственника слона. Но окаменелые человеческие останки (и то единственный зуб) исследователи обнаружили лишь в конце третьего сезона полевых работ. Морвуд привез слепок в Армидейл и показал его своему коллеге Питеру Брауну (Peter Brown). «Премоляр явно принадлежал гоминиду, но к человеку современного типа, он не имел никакого отношения», – вспоминает Браун. Через семь дней Морвуд получил

сообщение, что индонезийцы нашли целый скелет. Ближайшим же авиарейсом австралийские ученые вылетели в Джакарту.

Скелет неплохо сохранился: у него не хватало только рук. Строение таза свидетельствовало о том, что существо (скорее всего самка) передвигалось на двух ногах, а стертые зубы говорили о его зрелом возрасте. Ростом оно было с трехлетнего ребенка, а головной мозг был не больше, чем у самых мелких из известных австралопитеков. Среди других примитивных признаков ученые отметили широкий таз и длинную шейку бедренной кости. Остальные характеристики: мелкие зубы, узкий нос, общая форма мозговой части черепа и толщина ее костей – напоминали *Homo sapiens*.

Три следующих месяца Браун посвятил изучению загадочного скелета, каталогизированного как образец *LBI* и названного «хоббитом» (по ассоциации с героями книг Дж. Р. Толкиена «Властелин колец»). Учитывая признаки, роднившие человека с австралопитеками, ученый принял его за представителя нового рода гоминид. Но тщательное изучение скелета позволило сделать вывод о более существенном его сходстве с человеком. Принимая во внимание возраст существа (18 тыс. лет), вполне резонно было заключить, что скелет принадлежит

крошечному представителю *Homo sapiens*. Однако когда Браун изучил морфологические характеристики мелких разновидностей современных людей (включая африканских пигмеев и гипофизарных карликов), оказалось, что ни одна из них не соответствует признакам *LBI*. «Для пигмеев характерны крупный головной мозг и маленькое тело – результат замедленного развития в период полового созревания, когда мозг человека уже достигает своих окончательных размеров. А людям с генетическими заболеваниями, чрезмерно малыыми

KAZUHIKO SANO (preceding pages)

Современный индийский слон (*Elephas maximus*)



ОБЗОР

МИНИАТЮРНЫЙ ЧЕЛОВЕК

- Согласно традиционным представлениям, на протяжении последних 25 тыс. лет единственным видом человека на Земле был *Homo sapiens*. Ископаемые находки на индонезийском острове Флорес опровергают эту точку зрения.
- Ученые утверждают, что найденные кости принадлежат карликовому виду *Homo*, жившему здесь 13 тыс. лет назад.
- Хотя размеры тела и головного мозга этого гоминида были чрезвычайно малы, он, похоже, умел изготавливать довольно сложные орудия труда.
- Находки с острова Флорес вызывают ожесточенные споры, связанные как с идентификацией останков, так и с происхождением совершенных инструментов.

размерами тела и головного мозга, свойствен целый ряд особых черт, отсутствующих у «хоббита». Кроме того, такие больные редко достигают зрелого возраста», – говорит Браун. «С другой стороны, – отмечает он, – обнаруживается ряд архаичных особенностей, которые никогда не отмечались у больных с аномально маленьким телом».

В конце концов исследователи пришли к выводу, что ископаемый гоминид более всего походит на миниатюрного *Homo erectus*. Описывая свою находку в журнале *Nature*, они выделили новое существо в от-

дельный вид и назвали его *Homo floresiensis*. «Человеку флоресскому», по мнению ученых, принадлежал и ранее найденный зуб, а также плечевая кость, обнаруженная в более поздних слоях пород. Они предположили, что флоресский человек произошел от человека прямоходящего, но, оказавшись на острове Флорес в условиях изоляции, превратился в карликовый вид.

Биологам известно, что на небольших островах некоторые млекопитающие крупнее кролика в ходе эволюции уменьшаются в размерах – возможно, таким образом они

приспосабливаются к ограниченному количеству пищи. Хищников на островах обычно мало, поэтому негативных последствий этот процесс для них не имеет. В те времена единственным опасным для людей животным на острове Флорес был комодский варан. С другой стороны, островные животные мельче кролика часто увеличиваются в размерах, что дает им определенные преимущества. Например, в пещере Лиан-Буа были обнаружены останки крысы величиной с кролика.

Но объяснять так называемым островным правилом ▶

PORTIA SLOAN



Карликовый стегодон



Низкая и широкая
мозговая коробка



Homo floresiensis (LB1)

Сильно выступающие
надбровные дуги

Узкий
нос

Сравнительно
мелкие зубы



Низкая и широкая
мозговая коробка

Homo erectus (KNM-WT 15000)



Homo floresiensis

Homo Sapiens

Несмотря на малые размеры головного мозга, флоресский гоминид обладает многими признаками, свойственными современным людям, поэтому ученые относят его к роду *Homo*. Поскольку строением он сильнее всего напоминает *Homo erectus*, который, видимо, был его предком, исследователи выделили его в особый вид – *Homo floresiensis*. От *Homo sapiens* человека флоресского отличают отсутствие подбородка, сильно выдававшееся вперед лицо, резко выраженные надбровные дуги.

миниатюрные размеры гоминид ученым пришлось впервые. Согласно традиционным представлениям палеоантропологии, наличие определенной культуры защищает людей от воздействия многих факторов естественного отбора, которые влияют на формирование облика других живых существ. Так, животные, чтобы защититься от холода, обрастают густой косматой шерстью, а человек принимается за сооружение жилищ и изготовление одежды. Открытие же карликового вида гоминид свидетельствует о том, что при определенных условиях люди могут приспосабливаться к окружающей среде точно так же, как и другие крупные млекопитающие.

Изобретательный лилипут

Крошечный головной мозг флоресского человека привел исследовате-

лей в полное замешательство – ведь укрупнение мозга принято считать едва ли не главной особенностью эволюции человека. За 6–7 млн. лет наши предки увеличили вместимость черепа более чем в три раза (с 360 см³ предположительно у первого гоминида *Sabelanthropus* до 1350 см³ у современного человека). Археологические исследования свидетельствуют, что с укрупнением мозга усложнялось и поведение гоминид. А потому ученые пребывали в полной уверенности, что большой головной мозг служит главной предпосылкой для развития культуры. Но если низколобые австралопитеки оставили лишь грубые каменные орудия (а большинство из них работать с камнем вообще не умели), то *Homo floresiensis* с маленькой головой изготавливал не менее совершенные инструменты, чем *Homo sapiens*.

Основную массу артефактов из пещеры Лиан-Буа составляют простые отщепы, отколотые от вулканической породы или кусков кремния и представляющие собой не более функциональные орудия, чем те, которыми пользовались поздние австралопитеки или люди на самых ранних стадиях своего развития. Но среди костей карликового стегодона исследователи обнаружили целый набор более сложных инструментов: искусно сделанных наконечников, крупных пластин, шил и мелких пластин, которые могли прикрепляться к рукояткам и использоваться как острия копий. Находки навели ученых на мысль, что флоресские люди регулярно охотились на этих животных. Многие кости принадлежали молодым животным: по-видимому, отважные малыши могли в одиночку одолеть детеныша стегодона. Но

попадались и кости взрослых особей, весивших до полутонны. Охота на них и последующая транспортировка добычи требовала скоординированных действий нескольких человек, что предполагает наличие речи, – замечает один из участников экспедиции, Ричард Роберт (Richard G. Roberts) из австралийского Университета Уоллангарра.

В пещере Лиан-Буа были найдены и обуглившиеся останки животных, что говорит о том, что маленькие гоминиды умели разводить костры и готовить пищу. Принято считать, что люди приручили огонь на более позднем этапе своего когнитивного развития: об этом свидетельствуют остатки очагов, которые «мозговитые» неандертальцы разжигали в Европе 200 тыс. лет назад.

Классификационные конфликты

Не обошлось и без альтернативных теорий происхождения «хоббитов». В письме, опубликованном австралийской *Sunday Mail*, говорится, что через три дня после первого сообщения о находке *Homo floresiensis* палеоантрополог Масьей Хеннеберг

(Maciej Henneberg) из Аделаидского университета заявил, что необычные признаки возникли у древних островитян вследствие микроцефалии (заболевания, характеризующегося чрезмерно малым размером головы). Больные с тяжелой врожденной

Скелет, найденный на Флоресе, по мнению ученого, больше похож на современного микроцефала, чем на представителя нового вида *Homo*.

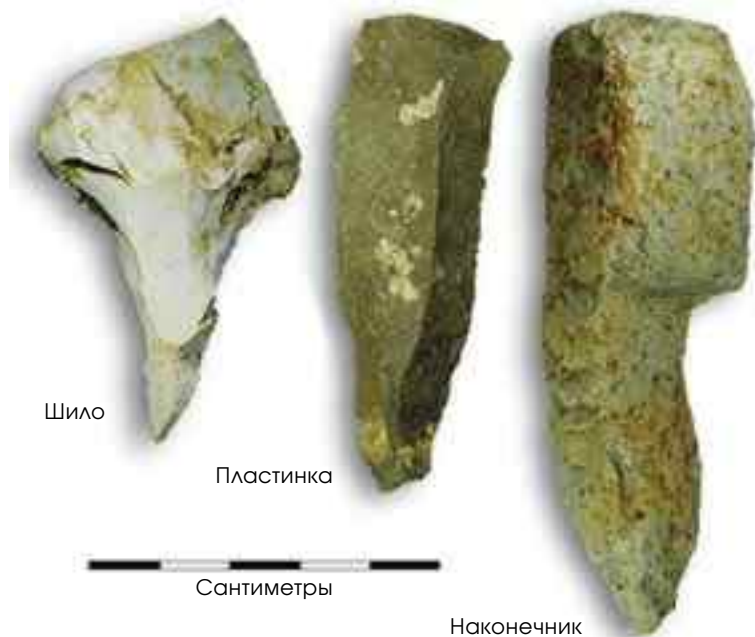
Сьюзен Энтон (Susan C. Anton) из Нью-Йоркского университета не согласна с таким заключением.

У наших предков был маленький череп размером не больше грейпфрута. Однако по своим умственным способностям крошки не уступали современному человеку.

микроцефалией умирают в детстве, но люди, страдающие легкими формами, хотя и отстают в умственном развитии, могут достигать зрелого возраста. Проведя статистическое сравнение основных параметров головы и лица *LBI* с данными обследования черепа, найденного на Крите и принадлежавшего жившему 4 тыс. лет назад больному микроцефалией, Хеннеберг не обнаружил между ними существенных различий.

«По морфологическим характеристикам лицевой части найденный череп разительно отличается от черепов современных людей, страдающих микроцефалией, к тому же их тело имеет нормальные, а не карликовые размеры. Но говорить о новом виде гоминид неправомерно. Слишком мало морфологических признаков отличает этот скелет от *Homo erectus*», – замечает исследовательница. ▶

Эти совершенные инструменты были, по-видимому, созданы *Homo floresiensis*. Ранние гоминиды, обладавшие таким же небольшим головным мозгом, как и человек флоресский, в лучшем случае умели делать лишь самые примитивные орудия – отщепы. Однако в пластах горных пород того же возраста, что и останки гоминид из пещеры Лиан-Буа, был обнаружен целый набор сложных артефактов – шил, пластин, наконечников и других предметов. До сих пор ученые считали, что столь сложные орудия умел изготавливать только *Homo sapiens*.



Некоторые специалисты усматривают в анатомии флоресского человека признаки более примитивных гоминид. Колин Гроувз (Colin P. Groves) из Австралийского национального университета и Дэвид Кэмерон (David W. Cameron) из Сиднейского университета полагают, что маленький головной мозг, длинная шейка бедренной кости и некоторые другие характеристики позволяют рассматривать его как потомка самого раннего представителя человеческого рода, *Homo habilis*, а не более продвинутого *Homo erectus*. А Милфорд Уолпофф (Milford H. Wolpoff) из Мичиганского университета в г. Анн-Арбор не исключает, что предком флоресского человека был австралопитек. «Если *LBI* произошел от *Homo sapiens* или *Homo erectus*, трудно представить себе, как случилось, что естественный отбор наделил его мозгом, размеры которого даже меньше, чем должны быть в соответствии с его крошечным ростом», – говорит ученый. Если же предположить, что человек ведет свой род от австралопитека, обладавшего массивными челюстями и крупными зубами, не ясно, почему они так сильно уменьшились. Однако эту эволюционную загадку разгадать гораздо проще, чем объяснить происхождение крошечного головного мозга. В конце концов, редукция жевательного аппарата может быть связана с изменениями рациона питания. Но что могло привести к уменьшению мозга?

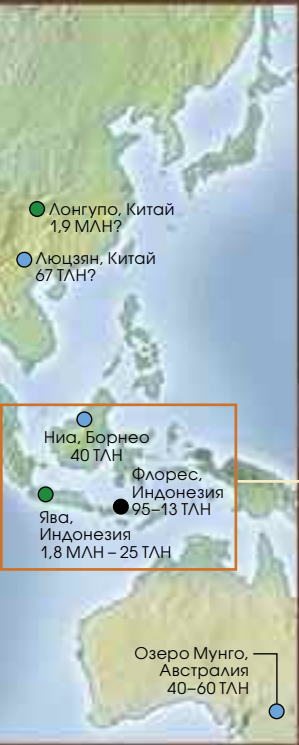
Злополучные артефакты

Многие ученые, однако, поддерживают решение Брауна и Морвуда выделить флоресского человека в особый вид гоминид. «Большинство различий между ним и другими известными представителями рода *Homo*, а также его очевидное сходство с австралопитеками скорее всего связаны с небольшой массой его тела», – заявляет Дэвид Биган



Десять лет назад ученых потрясла весть, что на индонезийском острове Ява еще 25 тыс. лет назад (т.е. после появления в этом регионе *Homo sapiens* и даже после исчезновения европейских неандертальцев) мог жить *Homo erectus*. Недавние находки свидетельствуют о том, что 13 тыс. лет назад здесь мог существовать и третий гоминид – *Homo floresiensis*.

Археологи обнаружили его останки в большой известняковой пещере Лиан-Буа, расположенной в западной части острова Флорес. Пока неизвестно, каким образом древние люди впервые попали на остров – они могли совершить вынужденное морское путешествие на лодках или же приплыли сюда случайно на плотах. Исходя из географического положения, наиболее вероятным предком *Homo floresiensis* был яванский *Homo erectus*. Но сильное сходство флоресского человека с африканскими и грузинскими гоминидами заставляет задуматься: а не возник ли он в результате более ранней миграции гоминид в Юго-Восточную Азию? Новые данные могут появиться в ходе дальнейших раскопок на Флоресе и других индонезийских островах.



Пещера Лиан-Буа



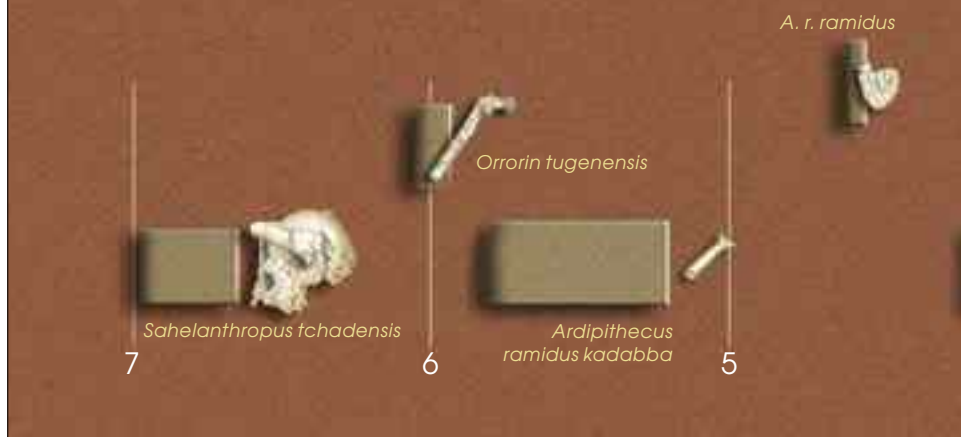
HANDOUT/REUTERS/CORBIS (above); LAURIE GRACE AND EDWARD BELL (map)

(David R. Begun) из Торонтского университета. Когда «хоббиты» обособились от человека прямоходящего и начали уменьшаться, то многими анатомическими признаками стали походить на австралопитеков, которые были столь же малы ростом. Поскольку некоторые ключевые анатомические характеристики *LBI* и других «человекоподобных» совпадают, «самое правильное решение – выделить его в новый вид гоминид», – замечает Биган. С ним согласен и специалист из Бингемтонского университета Дж. Филип Райтмайр (G. Philip Rightmire).

Еще более спорным представляется предположение, что флоресский человек мог изготавливать столь совершенные инструменты. Палеоантрополог из Стэнфордского университета Ричард Клейн (Richard Klein) напоминает, что среди предметов, найденных рядом с *LBI*, не нашлось таких хитроумных орудий, как те, что были обнаружены в пещере Лиан-Буа. Вполне вероятно, что они были сделаны людьми современного типа, жившими в пещере в более поздний период. Для уточнения стратиграфической связи между инструментами и ископаемыми останками гоминид необходимы дальнейшие раскопки, в ходе которых, возможно, будут обнаружены человеческие кости. «Тогда, – говорит Клейн, – возникнет правомерный вопрос: жили ли в пещере Лиан-Буа два вида *Homo* или же ее занимали только современные люди. Карлики в таком случае окажутся лишь больными, страдавшими аномалией роста».

«Забудем о стратиграфии. Прimitивный крошечный гоминид никак не мог изготовить найденные орудия: для него они слишком совершенны и громоздки», – заявляет Гроувз. Участники экспедиции, обнаружившие инструменты в пещере Лиан-Буа, напоминают ученому, что их возраст составляет 94 тыс. лет, а потому *Homo sapiens* смастерить их попросту не мог. Однако Гроувз

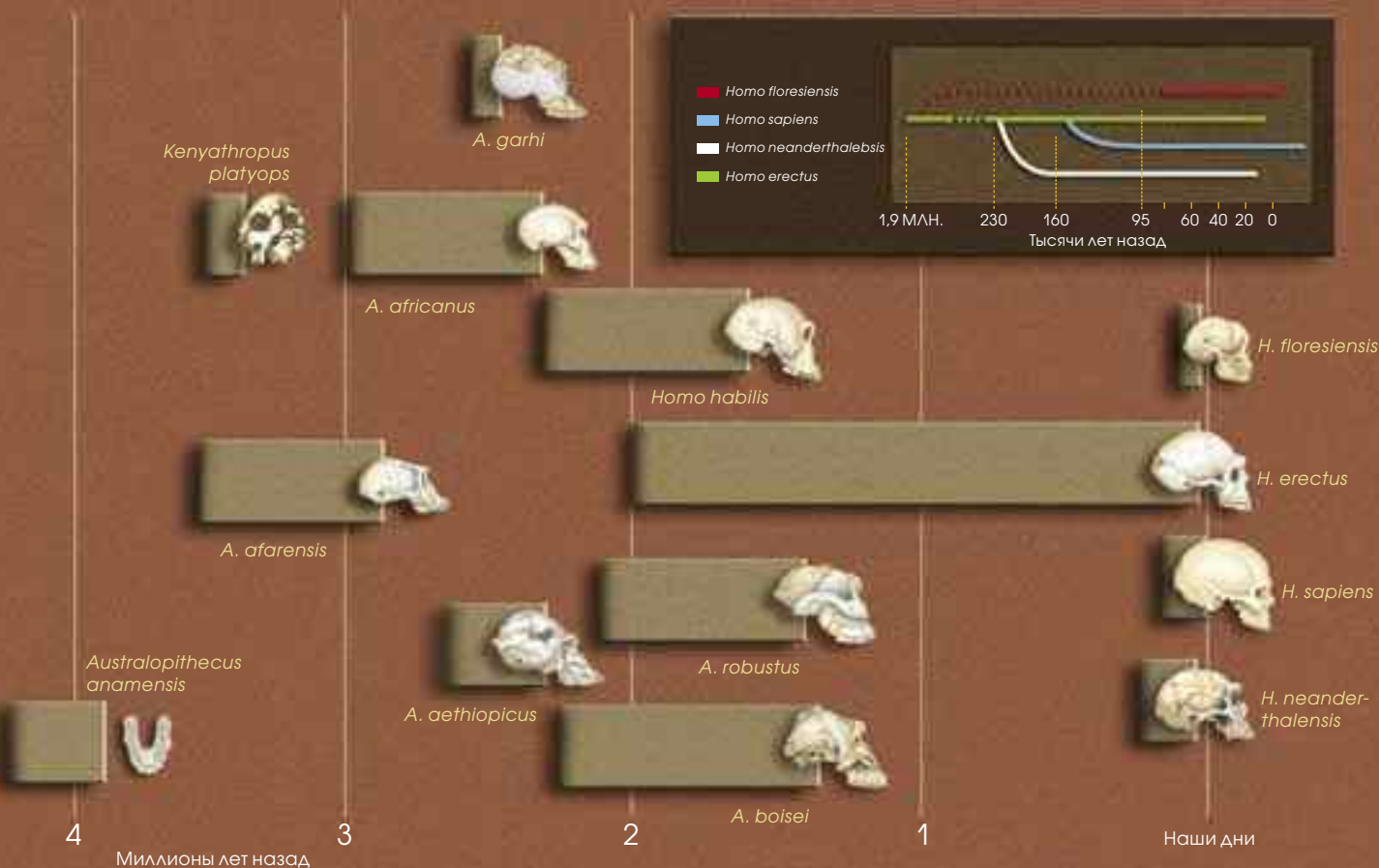
Классифицировав останки ископаемого человека с острова Флорес как новый вид *Homo* – *Homo floresiensis*, Питер Браун из Университета Новой Англии в г. Армидейл (Австралия) добавил новую веточку к родословному дереву людей. Если считать неандертальца особым видом человека, можно предположить, что одновременно с ранним *Homo sapiens* на Земле существовало не менее трех различных видов гоминид. По мнению Брауна, предком *Homo floresiensis* был *Homo erectus* (см. врезку справа). Согласно другим гипотезам, флоресский человек – либо аберранный *Homo sapiens* или *Homo erectus*, либо потомок более ранних и примитивных *Homo habilis* или австралопитека.



утверждает, что в Китае, в Люцзяне, были найдены орудия возрастом 67 тыс. лет, и на Дальнем Востоке могут обнаружиться еще более древние свидетельства присутствия современных людей. «Вырвавшись из Африки, человек разумный довольно быстро перекочевал в Восточную Азию», – объясняет ученый.

«В настоящее время у нас нет достаточных оснований говорить о том, что *Homo floresiensis* изготавливал совершенные орудия труда», – заявляет Бернард Вуд (Bernard Wood) из Университета Джорджа Вашингтона. В противном случае абсолютно непонятно: почему гоминид, в чьей голове не больше серого вещества, чем у шимпанзе, создавал столь изощренные образцы материальной культуры, а современные люди долгое время не могли этому научиться?»

«Если флоресский человек умел производить сложные орудия труда, то следует признать, что эта способность никак не связана с размерами головного мозга», – заключает Райтмайр. У современных людей объем серого вещества может быть самым разным. Например, объем мозга французского писателя Анатоля Франса, награжденного в 1921 г. Нобелевской премией по литературе, составлял всего 1000 см³, что вдвое меньше, чем у английского политического деятеля Оливера Кромвеля. «Это говорит о том, что если размеры головного мозга более или менее соответствуют величине тела, то интеллектуальные способности определяются его внутренней организацией», – констатирует Ричард Поттс из Смитсоновского института.



Возможные предки

С тех пор как участники раскопок в Лиан-Буа опубликовали свое сенсационное сообщение в журнале *Nature*, они обнаружили останки еще пяти ископаемых существ, которых можно отнести к *Homo floresiensis*, однако ни один из них не сохранился столь же полно, как первый. Ученым удалось найти и еще одну нижнюю челюсть – она, по их утверждению, ни размерами, ни формой не отличается от той, что принадлежала *LBI*. Такие повторные находки свидетельствуют о том, что на острове жила целая популяция крошечных людей, что, в свою очередь, опровергает предположение, что «хоббит» был большим современным человеком.

Дополнительную информацию могут дать результаты анализа ДНК, которая, возможно, сохранилась

в зубах и костях гоминида, однако надежд на это мало.

Гоминиды, которым принадлежат кости из пещеры Лиан-Буа, жили между 95 и 13 тыс. лет назад. Исследователи считают, что флоресские люди исчезли с лица земли одновременно с карликовым стегодоном 12 тыс. лет назад после мощного вулканического извержения (в восточных областях острова они, возможно, сохранились и после стихийного бедствия). Некоторые ископаемые находки свидетельствуют, что примерно 25 тыс. лет назад в этот регион переселился и *Homo sapiens*, так что на протяжении по меньшей мере 15 тыс. лет в Юго-Восточной Азии бок о бок жили три разных вида людей.

Первооткрыватели *Homo floresiensis* полагают, что их могло быть еще больше. Гоминидам, перебираю-

щимся с Явы или материковой Азии на Флорес, естественными перевалочными пунктами служили, по-видимому, острова Ломбок и Сумбава. Люди, оставшиеся здесь, вполне могли пойти по особому пути эволюционного развития.

Не исключено, что некоторым ветвям вида *Homo* удалось дожить до исторических времен. Возможно, их потомки и по сей день скрываются в глухих уголках непроходимого дождевого леса. Флоресские предания утверждают, что в XIX в., когда на острове обосновались голландские переселенцы, ибу-гого был еще жив. А в малайском фольклоре упоминается еще одно маленькое человекоподобное существо – оранг-пендек. Местные жители утверждают, что он до сих пор бродит по Суматре... ■

ТОТ ВСЕГДА **Найдет**

Пользователи, утопающие в потоке ответов на поисковые запросы, вскоре смогут воспользоваться услугами усовершенствованных поисковых машин.

Менее чем за десятилетие методы сбора и обработки информации в корне изменились. Сегодня не надо бежать в библиотеку, чтобы что-то найти. Несколько щелчков по клавиатуре – и нужный документ в вашем распоряжении. Теперь, когда английское слово «*googling*» стало синонимом слова «искать», пришло время усовершенствовать поисковые машины.

Новые поисковые системы улучшают качество результатов, все глубже зарываясь в доступные хранилища информации, сортируя ее и представляя результаты с учетом пользовательских предпочтений. В будущем поиск не будет ограничиваться лишь обработкой введенных ключевых слов. Например, во внимание будет приниматься местоположение пользователя. Кроме того, новые системы помогут быстро найти нужное изображение по нарисованному от руки эскизу или полузабытую мелодию по нескольким напетым в микрофон нотам.

В статье «Хранение и поиск информации» (*Information Storage and Retrieval*), опубликованной в *Scientific American* в сентябре 1966 г., Бен Ами Липетц (Ben Ami Lipetz) описал, как информационные системы того времени справлялись с рутинными конторскими задачами. Автор статьи отметил, что по-настоящему значимые достиже-

ния в области информационного поиска появятся только тогда, когда ученые глубже изучат процесс обработки информации человеком, а затем создадут машины с аналогичными способностями. Конечно, компьютеры еще не достигли такого уровня интеллекта, но они уже учитывают личные склонности, привычки и потребности пользователя при выполнении запросов.

Предварительный поиск страниц

Перед обсуждением новых достижений полезно рассмотреть, как работают современные поисковые машины. Что происходит, когда пользователь видит сообщение о том, что *Google* просеял миллиарды документов, скажем, за 0,32 с? Поскольку проверка соответствия ключевого слова содержанию каждой веб-страницы в отдельности заняла бы слишком много времени, поисковая система выполняет несколько важных предварительных шагов еще до начала поиска.

Сначала непрерывно идентифицируется и собирается воедино предполагаемое содержание запроса. Для исследования содержания веб-страниц и их каталогизации используются программы обхода Сети, образно называемые роботами, пауками и червями. Затем подсчитываются значимые слова и с использованием различных статистических ▶

методов устанавливается степень их важности. На третьем шаге из значимых слов формируется высокоэффективная древовидная структура данных. Веб-ресурс, регулярно формируемый роботом и состоящий из ссылок на просмотренные поисковой системой сайты, называется каталогом поисковой системы. Поиск начинается с корня древовидного каталога. На каждом шаге очередная его ветка либо исключается из рассмотрения, либо процесс продолжается по ней. Такой алгоритм позволяет сократить время поиска на несколько порядков.

Чтобы разместить релевантные записи (или ссылки) ближе к корню каталога, в алгоритме поиска применяются различные методы ранжирования. В наиболее распространенном методе (по частоте использования термина с обратным весовым коэффициентом) рассчитывается частотное распределение слов, а затем для каждого из них генерируется свой весовой коэффициент, который определяет степень его значимости в отдельных документах. Часто встречающимся словам (предлогам, союзам и т.п.) присваивается гораздо меньший вес, чем словам, которые семантически более значимы или появляются в документах сравнительно редко.



Новая поисковая машина *Mooter* упрощает оценку результатов за счет объединения собранной информации в тематические кластеры, наглядно отображаемые на экране. Кнопки подкатегорий окружают центральную общую кнопку темы. Щелкнув по пиктограмме кластера, можно получить список сайтов и новые связанные между собой кластеры.

Помимо весовой стратегии есть и другие способы оценки. Например, при анализе ссылок веб-страница рассматривается с точки зрения ее связей с другими страницами. В частности, определяется, является ли она авторитетным источником (по количеству ссылающихся на нее страниц) или подборкой (по количеству страниц, на которые она ссылается). Стратегия анализа связей применяется в поисковой машине *Google* для оптимизации ранжирования результатов поиска.

Лучшие из лучших

За последние шесть лет *Google* стал ведущей поисковой машиной, ко-

торая охватывает практически весь Интернет и прекрасно ранжирует веб-страницы по степени значимости с помощью индексации и расчета весовых коэффициентов. Впрочем, недавно разработчики поисковых машин создали несколько новых систем с подобными возможностями.

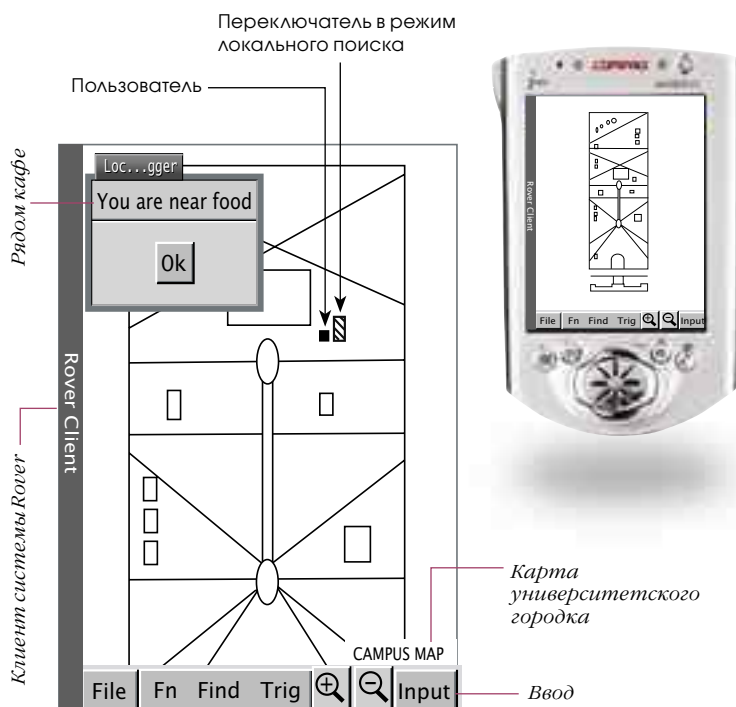
Большая часть цифрового содержания веб-сайтов остается недоступной для поисковых машин, потому что многие веб-серверы хранят и перерабатывают информацию не в том виде, в каком она представляется посетителю. Многие веб-страницы генерируются только тогда, когда пользователи обращаются к ним. Традиционные сетевые агенты не умеют работать с подобными ресурсами и не в состоянии определить их содержание. В таком виде хранится приблизительно в 500 раз больше информации, чем на традиционных веб-страницах, открытых для поисковых систем. Приходится прилагать немалые усилия, чтобы поиск в скрытой части Интернета стал столь же легким, как и в открытой.

Был разработан целый класс программ, получивших название упаковщиков (*wrappers*). Принцип их работы основан на том, что онлайн информация обычно представляется с помощью стандарт-

ОБЗОР

ЗА ПРЕДЕЛАМИ GOOGLE

- Поскольку количество веб-сайтов продолжает стремительно увеличиваться, пользователи Интернета нуждаются в более эффективных поисковых машинах.
- Поисковые машины следующих поколений будут лучше классифицировать информацию и нагляднее представлять ее. Они станут отслеживать интересы пользователей, делая поиск при последующих запросах более целенаправленным. Новое программное обеспечение будет определять местоположение пользователя и обращаться с графикой и музыкой так же легко, как с текстом.
- Новые поисковые машины будут «видеть» опубликованные в Сети текстовые, аудио- и видеоматериалы, которые в настоящее время недоступны.



Я иду искать: система Rover, разработанная в Мэрилендском университете, предоставляет пользователю нужную информацию в зависимости от его местоположения.

ных «грамматических» структур. В некоторых программах, чтобы получить доступ к скрытому содержанию веб-страниц, используется привычный синтаксис поисковых запросов и стандартный формат он-лайн ресурсов. В других системах реализуются преимущества программируемого интерфейса, который позволяет использовать стандартный набор команд и операций. Примером программы, обеспечивающей доступ к скрытым ресурсам Интернета, может служить *Deep Query Manager* компании *BrightPlanet*. Этот менеджер запросов позволяет создавать настраиваемые поисковые порталы и интерфейсы для более чем 70 тыс. скрытых веб-ресурсов.

Если механизм ранжирования опирается только на гиперссылки и слова без учета ограничений, накладываемых на тип сравниваемых веб-страниц, то возникает возможность повлиять на результаты поиска так, чтобы вывести ссылку на какой-либо ресурс в первые строки ответа на поисковый запрос.

Например, если в любую из трех главных поисковых машин (*Google*, *Yahoo*, *MSN*) ввести запрос «*miserable failure*», то в самом вершю списка найденных ресурсов почему-то появляется ссылка на правительственный сайт *www.whitehouse.gov*.

Вместо того чтобы предоставлять пользователю ранжированный список гиперссылок (который сравнительно легко сфабриковать),

Northern Light и *Clusty*, связывают каждый набор ссылок с релевантным термином. Пользователь может детализировать дальнейший поиск, выбрав определенную группу результатов.

Поисковая система *Mooter*, в которой также реализована технология кластеризации, наглядно представляет сформированные группы (см. рис. на стр. 54). Она выстраивает

Большая часть цифрового содержания веб-сайтов пока остается недоступной для поисковых машин.

некоторые поисковые машины пытаются идентифицировать образцы веб-страниц, которые наиболее точно соответствуют запросу, и группируют результаты в более короткие списки. Образцы могут включать в себя распространенные слова, синонимы, словосочетания и даже абстрактные наборы слов. Например, такие системы, как

пиктографические ссылки подкатегорий вокруг центральной ссылки, ведущей к списку всех результатов. Щелчок по пиктограмме группы результатов вызывает каталог ссылок и новые связанные группы. *Mooter* запоминает выбираемые группы. Когда пользователь выбирает опцию «*refine*» («детализировать»), система обрабатывает текущий запрос ▶

с учетом ранее задействованных групп поиска и выдает уточненный результат.

Поисковая машина *Kartoo* тоже использует визуализацию. Она выполняет так называемый метапоиск, т.е. передает запрос пользователя в другие поисковые системы, а затем объединяет и наглядно отображает полученные результаты. Помимо списка ключевых слов, связанных с различными веб-сайтами,

В следующей версии операционной системы от компании *Microsoft*, условно названной *Longhorn*, тоже будет реализована подобная функция. С применением технологии, разработанной в другом проекте *Microsoft*, названном *Stuff I've Seen* («Что я видел»), операционная система *Longhorn* сможет предложить функцию неявного поиска, при котором значимая информация будет извлекаться без особого запроса.

машины *www.A9.com* (проект *Amazon*) и *www.MyJeeves.ask.com* (проект *Ask Jeeves*) не только отслеживают запросы и найденные веб-страницы, но также позволяют сохранять их в виде закладок. Пользователь *MyJeeves* может многократно просматривать накопленные результаты, которые представляют собой как бы персонально организованную область Всемирной Сети. Подобные



Порталы *Amazon*, *Ask Jeeves* и *Google* оптимизируют результаты поиска, основываясь на предпочтениях пользователя.

Kartoo выдает карту, где графически отображаются наиболее подходящие сайты и связи между ними. Каждый ярлык можно использовать для дальнейшего более детализованного поиска.

В настоящее время, чтобы найти файл на винчестере, требуется отдельное программное обеспечение. Для упрощения процесса можно использовать анализ информации на жестком диске по алгоритмам, использующимся в Интернете. Например, *Google* недавно объявил о создании программы *Desktop Search*, которая позволяет производить поиск как на жестком диске, так и в Интернете.

Программа неявного поиска выбирает ключевые слова из текстовой информации, с которой работает пользователь, и индексирует файлы на жестких дисках. *Microsoft* планирует распространить функцию поиска на содержимое веб-сайтов, чтобы облегчить процесс превращения содержания любого текстового документа в запросы для поисковой системы.

Найди меня

Недавно порталы *Amazon*, *Ask Jeeves* и *Google* объявили о внедрении механизма улучшения результатов поиска, основанного на пользовательской персонализации. Поисковые

функции поддерживает и портал *www.A9.com*, на котором помимо всего прочего предлагается дополнительный набор страниц, сформированный при анализе личной поисковой истории. Это напоминает стандартную для *Amazon* схему целевой рекламы книг, для которой применяется объединение пользователей в группы по интересам, называемое коллективной фильтрацией (*collaborative filtering*).

Истории поисковых запросов на сайтах *A9* и *MyJeeves* хранятся на серверах поисковых систем, где информацию можно надежно защитить и затем извлечь с любого подключенного к Интернету компьютера.

В системе *Google* пользователь может выбрать из иерархического списка наиболее важные для него темы и указать степень своего интереса к той или иной области знаний. Все эти данные помогают поисковой машине оценивать результаты поиска.

ОБ АВТОРЕ:

Джейвд Мустафа (Javed Mostafa) – адъюнкт-профессор информатики Университета штата Индиана, ответственный редактор журнала «Транзакции в информационных системах» (*Transactions on Information Systems*) Ассоциации по вычислительной технике (ACM). Руководит Лабораторией прикладной математики штата Индиана.

Впрочем, описанные новшества лишь расширяют существующие функции. Если бы при обработке запросов принимались во внимание недавние запросы, поведение пользователя, особенности его трудовой деятельности и т.д., то пользы от поисковых систем было бы гораздо больше. Чтобы научиться выявлять пользовательское окружение, разработчикам программного обеспечения придется преодолеть серьезные технические трудности. В первую очередь следует создать систему, которая автоматически отслеживает сферу интересов пользователя и его привычки, чтобы установить контекст, в котором проводится поиск информации, тип вычислительной платформы и общий стиль работы пользователя. Накопление и своевременное обновление профиля может вызывать определенные затруднения. В конце концов, большинству людей просто лень сообщать компьютеру какие-то дополнительные сведения о себе.

Надежным источником информации о личных интересах мог бы стать электронный журнал, в котором фиксировалось бы, на каких веб-сайтах побывал человек и какие программы он запускал в последнее время. Запоминая, какие документы открывает пользователь, в какие игры играет, что просматривает и что распечатывает, поисковая машина может анализировать его активность и использовать полученные результаты, ведя поиск в определенном направлении. Это напоминает неявную функцию поиска, разработанную компанией *Microsoft*. В системах *PowerScout* и *Watson* впервые поиск был совмещен с фоновым отслеживанием пользовательских интересов. *PowerScout* так и не вышел за пределы лаборатории, а вот *Watson*, похоже, скоро появится на рынке. Теперь исследователи работают над более сложной программой, которая будет постоянно собирать



данные о пользователе и даже сможет предсказывать, как изменятся его интересы в будущем.

Однако технологии, использующие профиль пользователя, пока не очень популярны. В первую очередь это связано с тем, что накопленная информация оказывается пятым колесом в телеге. Ведь интересы пользователя зачастую меняются непредсказуемым образом, что плачевно сказывается на результатах поиска.

Другой фактор – конфиденциальность. Зная историю посещения веб-сайтов и поисковых запросов, а также общую картину взаимодействия с приложениями, можно раскрыть немало конфиденциаль-

ной информации вплоть до точной идентификации пользователя. Существует программное обеспечение, позволяющее получать содержание веб-сайтов анонимно. Для этого используются промежуточные прокси-серверы. Сайт, принимающий данные либо обслуживающий запрос, «видит» только прокси-сервер и не может отследить пользователя. Подобная технология реализована в системе *www.anonymizer.com*, которая позволяет просматривать содержание веб-сайтов инкогнито. Другим примером служит программный продукт *Freedom WebSecure*, в работе которого задействованы многочисленные прокси-серверы и многоуровневое шифрование данных. В принципе, обеспечить разумную степень безопасности несложно. Но пока еще не изобретена поисковая машина, сочетающая пользовательскую персонализацию с высоким уровнем конфиденциальности.

Вместе весело шагать

Системы контекстного поиска могут учитывать местоположение пользователя. Если у человека есть КПК, снабженный *GPS*-приемником, то поисковая машина может использовать поступающую от ▶

Что на что похоже: система поиска трехмерных объектов Принстонской группы исследования образов сопоставляет запрашиваемую форму со множеством изображений, доступных в Интернете. Теперь дизайнеры, инженеры и архитекторы без труда смогут найти нужный трехмерный объект.



него информацию. В Мэрилендском университете разрабатывается система *Rover*, которая обеспечивает доступ к текстовым, аудио- и видеоресурсам Интернета на обширной

совместную разработку программных продуктов, обеспечивающих конфиденциальность при передаче данных в беспроводных сетях. Вскоре должна появиться более

юющий скорость передачи данных до 11 Мбит/с, но широкого распространения он пока не получил.

Что на что похоже

Контекстом могут быть не только личные интересы или местоположение пользователя. Сегодня поисковые машины пошли дальше текстовых запросов и уже работают с графическим материалом. Например, из Интернета можно скачать множество трехмерных изображений, но художникам, дизайнерам и инженерам неудобно искать графику и 3D-модели по ключевым словам. Система поиска трехмерных объектов Принстонской группы исследования образов и методики их поиска предлагает пользователю три способа подачи графических запросов (см. рисунок на стр. 57). Первый заключается в применении виртуального холста *Teddy*. Пользователь рисует на нем двумерный набросок, который программа расценивает как образующую объемного тела. Второй подход позволяет нарисовать несколько двумерных форм, которые затем сравниваются с тринадцатью различными проекциями трехмерных объектов, имеющихся в базе данных. Третий метод заключается в поиске изоб-

Когда-нибудь мы будем пользоваться поисковыми системами с помощью игровых приставок, телевизоров и музыкальных центров.

территории (см. иллюстрацию на стр. 55). *Rover* выводит на экран карту окружающей местности, отмечая интересные объекты.

Например, когда пользователь *Rover* находится в музее, переносное устройство показывает план экспозиции и описание окружающих экспонатов. Достаточно выйти на улицу, и на экране КПК тут же появляется карта города, на которой отмечены все достопримечательности. *Rover* также позволяет непосредственно вводить координаты и получать соответствующую им информацию из сетевой базы данных. В 2003 г. группа, создававшая систему *Rover*, и частная сетевая компания *KoolSpan* получили финансирование от правительства штата Мэриленд на

надежная в плане информационной безопасности коммерческая версия *Rover*.

К сожалению, ошибка определения местоположения *GPS*-устройств, составляющая 3–4 м, все еще довольно велика. Точность системы может быть увеличена за счет использования наземных радиомаяков, но если потребуется охватить обширную территорию, их установка обойдется слишком дорого. К тому же передача изображений, звуковых и видеофайлов требует более широкой полосы пропускания, чем у современных беспроводных сетей для мобильных устройств. В системах поиска с учетом местоположения успешно прошел проверку беспроводной протокол *IEEE 802.11b*, обеспечива-

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ

Хотя Интернет охватывает огромное количество информации, большая часть коммерческих текстовых, аудио- и видеоматериалов пока недоступна. Это неудивительно, ведь производители, стремясь получить как можно больше выгоды от продажи своих фильмов, песен и книг, ограничивают к ним доступ. Однако ситуация постепенно меняется.

Заключение соглашений между поисковыми системами и медиакомпаниями позволит провести полную индексацию сайтов последних. Допустим, пользователь хочет ознакомиться с содержанием новой книги. Ссылка, выданная поисковой машиной, могла бы привести его к фрагменту текста на сайте издателя. Там же пользователь узнает, как можно приобрести понравившееся ему произведение.

В некоторых экспериментальных проектах поставщики информации выкладывают ее в свободный

доступ. Например, *Amazon* объявила об экспериментальном интернет-ресурсе, где пользователи могут читать полные тексты книг. Недавно на сайте *Google* открылся раздел, где издатели могут выкладывать для читателей электронные версии своих книг.

Похожая ситуация сложилась в сфере аудио и видео. Например, *Apple* настойчиво продвигает на рынок свой виртуальный музыкальный магазин *iTunes*, а *Dell* и *Hewlett-Packard* успешно оказывают услугу интернет-доставки цифровой музыки.

Как бы то ни было, поисковые машины вскоре станут порталами для доступа к самой разной информации. Помимо самого поиска они будут непрерывно проводить каталогизацию разнообразной медиапродукции, а ее производители тем временем смогут всецело посвятить себя творческой деятельности.

ражения, похожего на 3D-модель, описанную в файле, предоставленном пользователем.

Система представляет каждую геометрическую форму в виде набора математических функций: гармонических для трехмерных изображений и тригонометрических для двумерных. Затем программа определяет характерные параметры функций, описывающих форму сопоставляемых фигур или тел. Эти параметры, называемые сферическими и круговыми сигнатурами, быстро рассчитываются и сопоставляются между собой. С их помощью можно выявить сходство объемного тела с двумерной фигурой вне зависимости от их ориентации.

Угадай мелодию

Музыка тоже не осталась без внимания поисковых машин. Главная проблема состоит в том, как лучше всего сформулировать музыкальный поисковый запрос. В принципе, можно использовать классическую транскрипцию, однако большинство пользователей не в состоянии изобразить интересующую мелодию на нотном стане.

Система *Meldex*, разработанная Новозеландской цифровой библиотекой, предлагает несколько способов нахождения музыки в Интернете без использования нотной грамоты (см. рис. внизу). Пользователь может наиграть мелодию на виртуальной клавиатуре или напеть ее в подключенный к компьютеру микрофон. Наконец, можно задать слова искомой песни или объединить текстовый запрос с музыкальным.

Новозеландским исследователям пришлось преодолеть целый ряд трудностей. Сначала нужно было придумать, как сформулировать музыкальный запрос математически, как хранить и извлекать песни в цифровом виде и как сопоставлять запросы с музыкальными данными из архивов. Ноты и тональности распознаются и переводятся на



понятный системе язык в процессе так называемой квантизации. Затем *Meldex* представляет тональность как функцию времени, анализируя звук и переводя его в цифровой вид. Используя алгоритм сравнения строк, *Meldex* отыскивает в базе данных наиболее похожую мелодию.

Шаг в будущее

Поисковые машины будущего не будут ограничены традиционными платформами. Инженеры уже интегрируют их с мобильными устройствами связи. На очереди игровые приставки, телевизоры и музыкальные центры. Таким образом, поисковые технологии, воплощенные в алгоритмах мощных интер-

нет-служб, будут помогать нам дома, на работе и в отпуске.

Поисковые технологии следующего поколения станут более заметными за счет мощных инструментов, объединяющих поиск с информационной проходкой (так называют анализ информации в базе данных с целью отыскания аномалий и трендов без выяснения смыслового значения записей), и одновременно менее заметными благодаря многообразию операций интеллектуального поиска в виде услуги «по умолчанию» для самых разных приложений и платформ. Развитие методов информационной проходки и усовершенствование пользовательского интерфейса позволит одной-единственной системе предоставлять несколько интеллектуальных услуг поиска как в автоматическом, так и в интерактивном режиме.

Используя самообучающиеся алгоритмы для классификации содержания веб-сайтов, программисты развивают простые в использовании визуальные функции информационной проходки, которые сделают поиск действительно наглядным и интерактивным. В конечном итоге поиск информации будет неразрывно связан с ее осмыслением. ■



Угадаю мелодию с трех нот. Без музыкального образования сформулировать запрос на поиск какой-либо песни или мелодии не так-то просто. Чтобы отыскать песню или мелодию, пользователь системы *Meldex* Новозеландской цифровой библиотеки может напеть мотив в микрофон компьютера или набрать часть песенного текста.



Дуглас Филдз

КАК СОХРАНИТЬ ВОСПОМИНАНИЯ

Почему одни события в нашей жизни сохраняются в памяти надолго, а другие исчезают без следа? Исследования процессов, которые формируют развивающийся мозг, позволяют ответить на этот вопрос.

В триллере под названием «Помни» («Memento») главный герой, Леонард, помнит все, что происходило с ним до того, как он получил удар по голове. Однако кого бы он ни встречал и что бы ни делал после той страшной ночи – все забывалось. Он потерял способность переводить кратковременную память в долговременную. Леонард пытался найти убийцу своей жены, но происходящие события мгновенно исчезали из его памяти, поэтому он вынужден был покрывать свое тело татуировками, чтобы сохранить хоть какие-то напоминания.

В основе сюжета фильма лежит реальная история пациента, описанная в медицинской литературе под псевдонимом «НМ». В 9 лет НМ упал с велосипеда и получил серьезную травму головы, из-за которой у него возникла тяжелейшая эпилепсия. Чтобы облегчить приступы, с которыми не удавалось справиться никакими другими средствами, хирурги удалили у НМ часть гиппокампа и прилежащих тканей. Операция показалась успешной, поскольку приступы стали беспокоить меньше, однако она нарушила ту таинственную связь, которая тянется от кратковременной памяти к долговременной. Информация о людях, месте, событиях (декларативная память) должна пройти через гиппокамп перед тем, как она будет записана в коре

больших полушарий. В результате давние воспоминания, уже зафиксированные в мозге НМ, остались четкими, но все впечатления, связанные с настоящим, быстро исчезали из его памяти. НМ ежемесячно приходил на прием к своему лечащему врачу, но каждый раз вел себя так, как будто они первый раз встретились.

Превращение текущих впечатлений в устойчивую память давно интриговало нейробиологов. Когда вас впервые представляют незнакомому человеку, его имя хранится в кратковременной памяти и через несколько минут может забыться. Однако часть информации, например, кличка друга, переходит в долговременную память и может сохраняться там в течение всей вашей жизни. Механизм, который заставляет мозг хранить одни впечатления и позволяет другим исчезнуть, в последнее время стал более понятным для нас.

Долговременная и кратковременная память сохраняются в связях между нейронами, в местах контакта между ними (синапсы), где отросток нейрона, передающий сигнал (аксон), встречается с одним из десятков выростов соседнего нейрона, принимающих сигнал и называемых дендритами (см. врез на стр. 63). Когда возникает кратковременная память, стимуляции синапса оказывается достаточно для того, чтобы ▶

Чтобы имитировать формирование памяти, электрофизиологическая установка должна стимулировать и регистрировать электрические сигналы от среза гиппокампа крысы толщиной в 400 микрон.

временно сенситизировать его, т.е. повысить эффективность прохождения последующих сигналов. При долговременной памяти повышение эффективности синапса становится постоянным. Однако уже в 60-х гг. стало известно: чтобы запустить синтез белков, требуется активация генов в ядре нейрона.

Исследователи памяти ломали головы над тем, каким образом активность генов в ядре клетки может управлять событиями в удаленных синапсах. Откуда ген «знает», когда нужно усилить синаптическую связь, а когда позволить мимолетному мгновению исчезнуть бесследно? И каким образом белки, закодированные в генах, «знают», на какой именно из тысяч синапсов надо воздействовать? Те же самые вопросы возникают при изучении развития мозга у зародыша, когда мозг решает, какие синаптические связи сохранить, а какие ликвидировать. Изучая это явление, наша лаборатория разгадала одну из интригующих загадок мозга. И, подобно сказочной героине Элли, обладавшей волшебными башмачками с самого начала своих приключений и не знавшей, что именно они ей нужны для возвращения домой, мы поняли, что ответ был все время у нас перед глазами.

Генетическая память

Молекулярные биологи знали, что гены принимают участие в превра-

щении памяти из кратковременной в долговременную. Эксперименты с животными показали, что их обучение требует синтеза новых белков в мозге в течение нескольких первых минут тренинга, в противном случае информация в памяти будет утеряна. Чтобы произвести новый белок, необходимо участок ДНК, находящийся в клеточном ядре, скопировать на относительно небольшую подвижную молекулу, называемую матричной РНК (мРНК), которая затем выходит в цитоплазму клетки, где специальные клеточные органеллы считывают закодированные

разом клеточное ядро управляет эффективностью работы каждого синапса в отдельности. Они предположили, что в синапсе, получившем достаточную стимуляцию, должны вырабатываться молекулы какого-то неизвестного сигнального вещества. После того как эффективность синапса повысилась, он, видимо, может поддерживать память еще в течение некоторого времени, пока сигнальная молекула находится на пути к ядру нервной клетки. Там она могла бы активировать определенные гены, необходимые для синтеза белков, которые усилят синапти-

Откуда ген знает, когда нужно усилить синаптическую связь?

в ней инструкции и синтезируют молекулы белка. Исследователи обнаружили, что если заблокировать процесс транскрипции ДНК в мРНК или трансляции мРНК в белок, то образование долговременной памяти нарушится, в то время как кратковременная не пострадает.

Один нейрон способен образовывать десятки тысяч синаптических связей, и поэтому трудно себе представить, чтобы для каждого из синапсов существовал свой собственный ген. Нейробиологи стремились найти объяснение тому, каким об-

разом синапсы на длительное время. Однако оставалась неразрешенной вторая проблема: каким образом белок, синтезированный в теле нейрона, сможет отыскать среди тысяч синапсов именно тот, который его затребовал.

К середине 90-х гг. исследователи памяти уже знали, что транскрипционный фактор под названием *CREB* играет ключевую роль в превращении кратковременной памяти в долговременную у столь далеких друг от друга видов, как мухи и мыши (см. *врез на стр. 64*). Транскрипционные факторы – это управляющие белки, содержащиеся в клеточном ядре, которые отыскивают конкретные последовательности ДНК и связываются с ними. Фактически они являются выключателями, управляющими транскрипцией генов. Поэтому активация *CREB* в нейроне ведет к активации генов, что приводит к производству таинственных белков, усиливающих синаптическую связь, и превращают кратковременную память в долговременную.

В 1997 г. Юв Фрей (Uwe Frey) из немецкого федеративного Института нейробиологии, генетической ре-

ОБЗОР

КАК ПАМЯТЬ СОХРАНЯЕТСЯ В УСТОЙЧИВЫХ СВЯЗЯХ

- Отдельные нервные клетки знают, какие воспоминания следует сохранять в виде долговечных связей с другими нервными клетками, а каким можно позволить исчезнуть. Так же и развивающийся мозг выбирает, какие связи оставить, а какие уничтожить.
- Для обоих процессов требуются электрохимические сигналы от удаленных участков клетки, чтобы активировать гены в клеточном ядре. Гены направляют свой ответ обратно в отростки клетки.
- Как это часто бывает в жизни при принятии главного решения, нейрон тоже решает сохранить связь только в том случае, если ее важность была подтверждена.

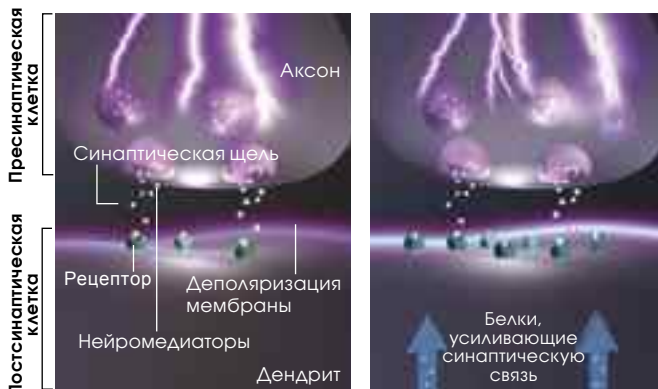
Запоминание происходит тогда, когда у нервных клеток повышается эффективность связей, называемых синапсами. В случае кратковременной памяти эффект длится всего минуты или часы. При долговременной памяти синаптическая связь усиливается надолго.

Память формируется как следствие прохождения сигналов через синапсы. Сообщения начинают пе-

редаваться от одного нейрона (пресинаптической клетки) к другому тогда, когда электрический импульс, известный как потенциал действия (см. ниже), достигнет кончика отростка первого нейрона, называемого аксоном.

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛА В СИНАПСЕ

Импульс, пришедший в окончание аксона (*вставка внизу*), заставляет синаптические пузырьки, хранящиеся в пресинаптическом нейроне, высвобождать химические вещества, называемые нейромедиаторами, в синаптическую щель – узкий зазор между аксоном и дендритом второго, постсинаптического нейрона. Нейромедиаторы связываются с рецепторами на дендрите, запуская локальную деполяризацию мембраны постсинаптического нейрона.



УСИЛЕНИЕ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Если синапс работает недолго, но с высокой частотой, то он становится более эффективным, и в ответ на последующие стимулы в нем будут возникать более сильные отклонения потенциала. Такое временное усиление синаптической связи лежит в основе кратковременной памяти. Хотя еще далеко не все понятно, ученые уже знают, что для долговременного усиления синаптической связи постсинаптическая клетка должна выработать специальные белки, усиливающие синаптическую связь (слева). Эти белки могут добавлять новые рецепторы или как-то иначе изменять постсинаптическую часть синапса, а также, возможно, влиять на пресинаптическую клетку.

гуляции и пластичности и Ричард Моррис (Richard G. M. Morris) из Эдинбургского университета в своих экспериментах показали, что, чем бы ни были «белки памяти», от них не требуется адресации к определенным синапсам. Они могут распространиться по всей клетке, но окажут влияние только на те синапсы, которые претерпели временное повышение своей эффективности, и повысят силу этих связей на длительное время.

Однако ответ на вопрос, что представляет собой сигнальная молекула, путешествующая из синапса в ядро и определяющая, когда следует активировать *CREB* и сохранить след памяти, так и не был получен. Приблизительно в это же время мы с моими коллегами столкнулись с теми же проблемами, над которыми бились исследователи

памяти, но рассмотрели их под другим углом зрения. В лаборатории Национального института детского здоровья и развития человека мы изучаем, каким образом формируются связи в мозге во время внутриутробного развития. Нас интересовало, как гены могут кодировать все те миллионы соединений, которые возникают в развивающемся мозге.

Мы, как и другие нейробиологи, изучающие развитие мозга, уже тогда подозревали, что личный опыт может играть определенную роль при отлаживании схемы связей мозга. Развивающийся мозг может вначале иметь лишь грубую приблизительную схему связей, запрограммированную генами. Затем молодой мозг сохраняет самые эффективные из них и уничтожает непригодные к использованию. Но как он определяет, какие связи следует сохранить?

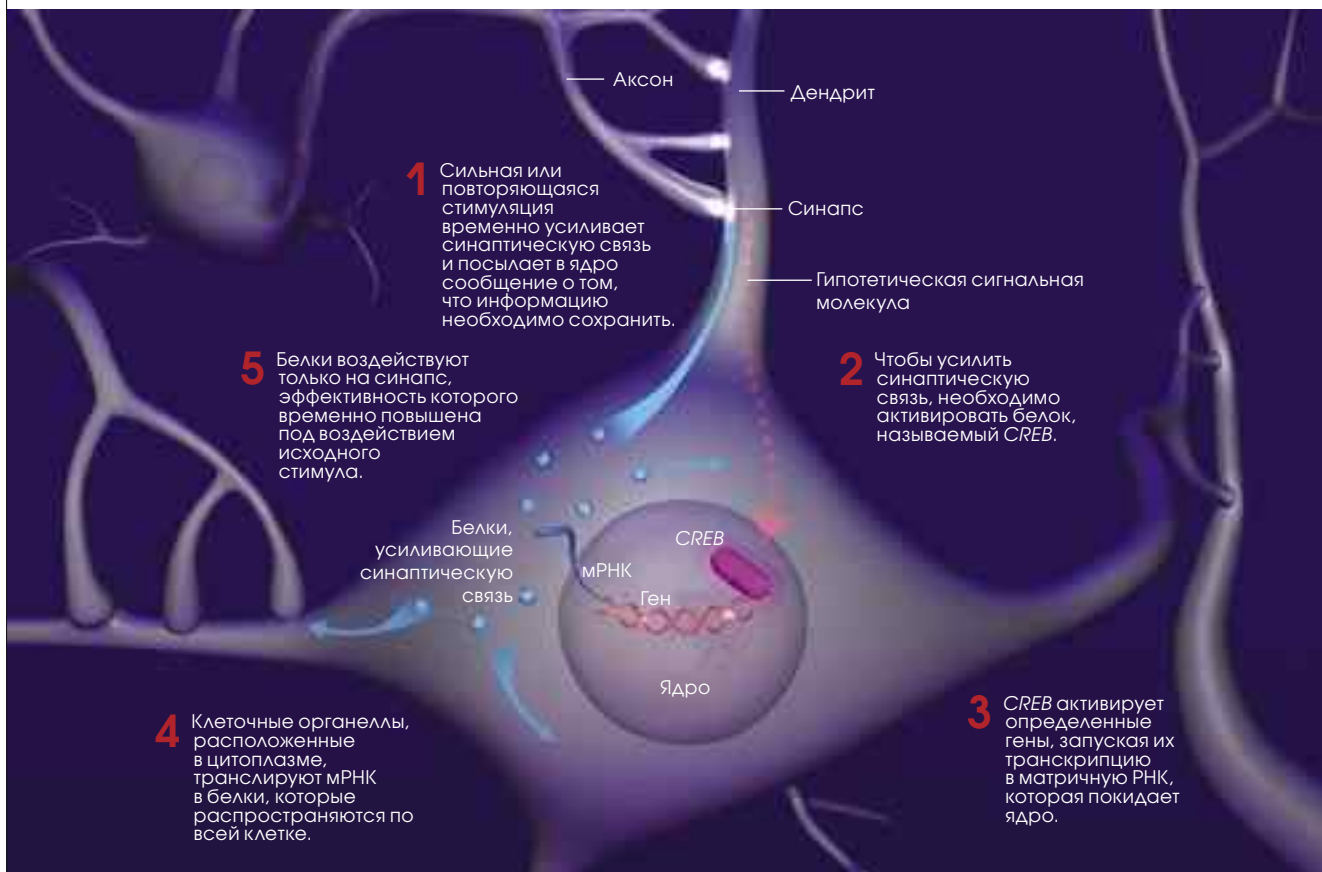
Строительство мозга

Еще в 1949 г. психолог Дональд Хебб (Donald Hebb) предложил простое правило, описывающее, каким образом пережитый опыт мог бы усиливать отдельные нервные связи. Вдохновленный знаменитыми экспериментами И.П. Павлова на собаках, Хебб предположил, что связи между нейронами, которые разряжаются одновременно, должны усиливаться. Например, когда один нейрон, разряжающийся при звуке колокольчика, расположен поблизости от другого, который реагирует на одновременное предъявление пищи, то они приобретают более тесную связь между собой. В результате формируется клеточная система, запоминающая взаимосвязь двух событий.

Не каждый синаптический вход на нервную клетку обладает ▶

То, что активация генов, приводящая к синтезу белков, необходима для формирования долговременной памяти, было открыто еще в 60-х гг. прошлого века. Но откуда гены в ядре «знают», когда нужно производить белки, надолго увеличивающие силу синаптической связи, превращая тем самым кратковременную память в долговременную, а когда – бездействовать, позволяя первой исчезнуть без следа? Существует

ли еще не открытая сигнальная молекула, которая передает команду на производство белков из синапса в ядро? И если такие белки уже синтезированы в теле клетки, откуда они знают, какую именно из тысяч синаптических связей нейрона нужно усиливать? Эксперименты, проводившиеся в середине 90-х гг., частично ответили на эти вопросы.



1 Сильная или повторяющаяся стимуляция временно усиливает синаптическую связь и посылает в ядро сообщение о том, что информацию необходимо сохранить.

5 Белки воздействуют только на синапс, эффективность которого временно повышена под воздействием исходного стимула.

2 Чтобы усилить синаптическую связь, необходимо активировать белок, называемый CREB.

4 Клеточные органеллы, расположенные в цитоплазме, транскрибируют мРНК в белки, которые распространяются по всей клетке.

3 CREB активирует определенные гены, запуская их транскрипцию в матричную РНК, которая покидает ядро.

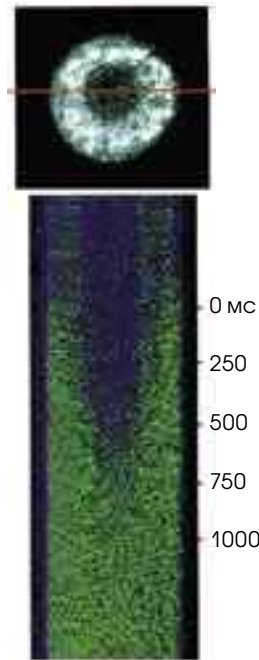
эффективностью, чтобы заставить ее разрядиться. Нейрон подобен электронному микропроцессору, поскольку он получает на свои дендриты тысячи сигналов и постоянно интегрирует всю входящую информацию. Однако в отличие от микропроцессора, обладающего множеством выходных контактов, нейрон имеет всего один выход, свой аксон. В результате нейрон может реагировать на входящие сигналы только одним способом: он может либо решить послать сигнал следующему нейрону в цепи, разрядившись импульсом и направив его по своему аксону, либо ничего не сделать.

Когда нейрон получает сигнал, потенциал мембраны его дендрита слегка отклоняется в сторону положительного значения. Когда через синапс проходят высокочастотные залпы импульсов, происходит временное повышение его эффективности, проявляющееся как образование кратковременной памяти. Недолгой работы одиночного синапса обычно бывает недостаточно для того, чтобы заставить нейрон разрядиться импульсом, который правильнее называть потенциалом действия. Однако когда множество синапсов, приходящихся на один нейрон, срабатывают одновремен-

но, их совместные усилия настолько резко изменяют потенциал нейрона, что вынуждают его разрядиться потенциалом действия и передать сигнал следующему в цепи.

Хебб предположил также, что, подобно музыканту оркестра, не попадающему в ритм, синапс, работающий не синхронно с другими входами нейрона, должен быть исключен, в то время как синапсы, разряжающиеся одновременно (если им удастся совместно заставить нейрон разрядиться потенциалом действия), должны быть усилены. Таким образом мозг получает возможность устанавливать соедине-

Ионы кальция вызывают свечение на поперечном срезе через нейрон (в центре среза видно темное ядро), в который введен кальций-чувствительный краситель. Для того чтобы проследить за потоком ионов кальция, входящим в клетку вслед за каждым потенциалом действия, автор применил сканирующую лазерную конфокальную микроскопию. Поперечные срезы через изображения, полученные с помощью этого метода с 2-миллисекундными интервалами, будучи приложенными последовательно друг к другу (внизу слева), дают наглядное представление об изменении внутриклеточной концентрации во времени.



кие сигналы, идущие с различной частотой по клеточной мембране, находят свою дорогу через цитоплазму к конечной станции – ядру.

Информация об электрическом состоянии нейрональной мембраны подается в эту систему химических реакций, происходящих в цитоплазме, через управление входом ионов кальция сквозь потенциал-чувствительные каналы клеточной мембраны. Можно сказать, что нейроны окружены морем ионов кальция, однако внутри нейронов их концентрация поддерживается на чрезвычайно низком уровне – в 20 тыс. раз ниже, чем снаружи. Когда потенциал на клеточной мембране достигает критического уровня, клетка разряжается потенциалом действия, заставляя кальциевые каналы открываться на короткое время. Потоки ионов кальция, втекающие в нейрон с каждым нервным импульсом, переводят электрический код в химический, который понятен биохимической машине, работающей внутри нейрона.

Подобно тому, как падающие костяшки домино толкают друг друга, входящие в цитоплазму ионы кальция активируют ферменты, называемые протеинкиназами. Последние запускают другие ферменты путем химической реакции, называемой фосфорилированием, при которой к белкам присоединяется фосфатная метка. Подобно бегунам, передающим эстафетную палочку, ферменты, снабженные такой меткой, выходят из состояния покоя и стимулируют активность транскрипционных факторов. *CREB*, например, активируется кальций- ▶

Временное кодирование

Когда мы обнаружили, что гены нейронов могут регулироваться в соответствии с паттерном импульсов, генерируемых клеткой, мы решили выяснить, каким образом характер изменений электрического потенциала, происходящих на поверхности клетки, может управлять генами, расположенными в ядре нейрона. Для этого нам необходимо было исследовать цитоплазму клетки и узнать, какие преобразования претерпевает та информация, которая распространяется от поверхности к ядру.

Как и в хитросплетении дорог, здесь также существует множество пересекающихся биохимических путей, передающих сигнал через многочисленные перекрестки от клеточной мембраны вглубь клетки. Каким-то образом электричес-

ОБ АВТОРЕ:

Дуглас Филдз (R. Douglas Fields) – заведующий отделом развития и пластичности нервной системы Национального института детского здоровья и развития человека, а также адъюнкт-профессор программы по нейронаукам и когнитивным наукам Мэрилендского университета. Его предыдущая статья «Другая часть мозга» («В мире науки», №7, 2004 г.) рассказывала о том, какую роль играют глиальные клетки в мышлении и обучении.

зависимыми ферментами, которые его фосфорилируют, и инактивируются ферментами, снимающими с него фосфатную метку. Однако в клетке содержатся сотни различных транскрипционных факторов и протеинкиназ. Мы хотели узнать, как конкретная частота следования потенциалов действия может управлять потоком кальция таким образом, чтобы воздействовать на нужные протеинкиназы и далее на нужные транскрипционные факторы, управляя, в конечном счете, правильным геном.

Наполняя нейроны красителем, который при повышении концентрации кальция в цитоплазме на-

чинает флуоресцировать зеленым цветом, мы смогли проследить, каким образом различные паттерны разряда потенциала действия переводились на язык динамически меняющейся концентрации кальция. Одна возможность заключалась в том, что транскрипция генов может регулироваться степенью прироста концентрации кальция в нейроне и что различные гены по-разному реагируют на различные уровни кальция. Однако результат превзошел наши ожидания: степень повышения концентрации кальция в нейроне имела гораздо меньшее значение для регуляции работы конкретных генов, чем

временные паттерны кальциевых всплесков, отражающих временной код породивших их нервных импульсов.

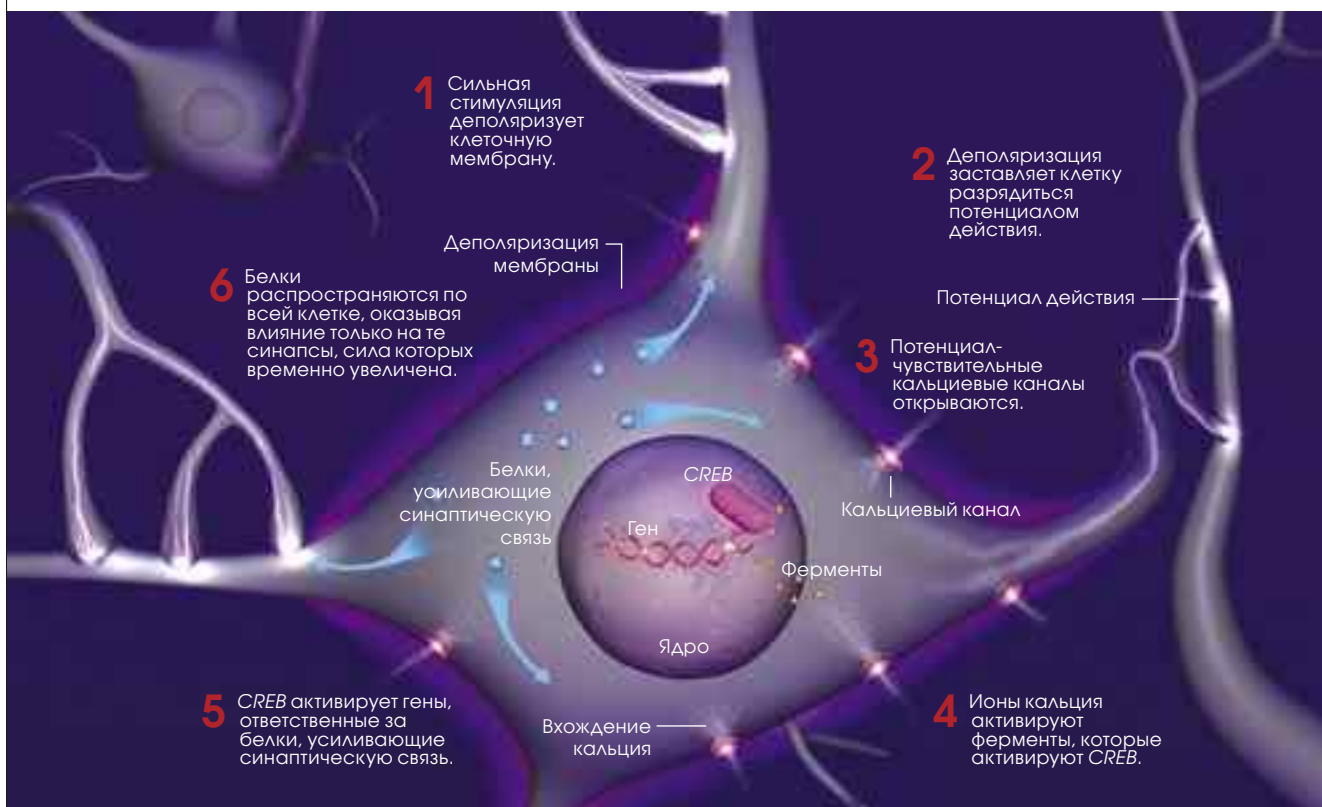
Фелик Эшет (Feleke Eshete) проследил кальциевые сигналы вплоть до ферментов, активировавшихся ими, и до транскрипционных факторов, регулировавшихся этими ферментами. В результате стало ясно, каким образом различные паттерны нервных импульсов могут быть переданы по различным путям внутриклеточной сигнализации. Важнейшим фактором оказалось время.

Мы обнаружили, что нельзя представить путь от клеточной мембраны до ДНК в виде одной простой

ОТКУДА ГЕНЫ ЗНАЮТ, КОГДА УСИЛИВАТЬ СИНАПТИЧЕСКУЮ СВЯЗЬ

Эксперименты показывают, что гипотетическая сигнальная молекула, передающая сообщение из синапса в ядро, не нужна. Сильная стимуляция деполяризует клеточную мембрану, вынуждая клетку разряжаться собственными потенциалами действия, что, в свою очередь, заставляет открываться потенциал-чувствительные кальциевые каналы. Ионы кальция взаимодействуют с ферментами, которые активи-

руют транскрипционный фактор *CREB*, который, в свою очередь, активирует гены, ответственные за производство белков, усиливающих синаптическую связь. Клеточное ядро, по сути дела, просто «слушает» выходной сигнал клетки (разряды потенциалов действия), чтобы определить, когда нужно усилить синаптическую связь надолго, обеспечив тем самым сохранение памяти.



последовательности химических реакций. На каждом этапе, начиная со входа кальция через мембрану, реакции разветвлялись по сети различных, хотя и переплетавшихся путей, каждый из которых имел свои собственные временные параметры, определяющие, насколько хорошо данный путь будет реагировать на прерывистые сигналы той или иной частоты. От этого и зависело, какой именно сигнальный путь достигнет ядра при любой конкретной частоте следования потенциалов действия.

Одни сигнальные пути отвечали быстро и тут же возвращались в исходное состояние. Таким образом, они реагировали на высокочастотные залпы потенциалов действия, но не могли поддерживать постоянную активацию, если вспышки импульсов прерывались длительными паузами. Другие пути медленно передавали сигналы и не могли ответить на быстрые залпы импульсов. Тем не менее, будучи активированными, они очень медленно выключались, что означает, что они способны сохранять активность между залпами импульсов, разделенными длительными промежутками покоя. Активация генов по такому пути будет ответом на нечасто, но регулярно поступающие стимулы.

Другими словами, мы наблюдали, что сигналы с разными временными паттернами распространялись по разным путям, которые были настроены именно на них, и, в конечном счете, управляли различными транскрипционными факторами и генами. Наши измерения показали, что *CREB* быстро активировался потенциалами действия, однако медленно инактивировался после того, как стимуляция нейрона прекращалась. Очевидно, что *CREB* способен сохранять активацию между повторяющимися залпами импульсов, разделенными интервалами в 30 и более минут, такими же промежутками бывают разделены повторы, необходимые для обучения

новым навыкам или запоминания новых фактов.

Но могут ли сигнальные механизмы, изученные нами ради познания развития мозга, иметь отношение и к механизмам памяти?

Память в чашке Петри

Если ту часть мозга, которая была удалена у пациента НМ (гиппокамп),

ют поздней ДП. Но стимулы нельзя подавать сразу друг за другом, т.к. залпы должны быть разделены достаточно длительными периодами покоя. А добавление в солевой раствор, омывающий срез, химических веществ, блокирующих синтез мРНК или белка, приводит к падению эффективности синапса до его исходного значения в течение двух-трех

В итоге мы начали понимать, что важнейшим фактором является время.

изъять из мозга крысы и поддерживать ее жизнедеятельность в растворе солей, то с помощью микроэлектродов и электронных усилителей можно зарегистрировать электрические импульсы от отдельных синаптических связей нейрона. Подавая залп электрических импульсов на синапс и заставляя его разряжаться согласно заданному паттерну, можно усилить данную синаптическую связь. Проще говоря, в ответ на последующие стимулы этот синапс будет давать удвоенное отклонение потенциала по сравнению с тем, которое возникало до высокочастотной стимуляции.

Увеличение эффективности синапса, называемое длительной потенциацией (ДП), вопреки своему названию сохраняется не так уж и долго. Если после высокочастотной стимуляции изредка подавать тестирующие импульсы, то потенциал, возникающий в синапсе, будет постепенно уменьшаться и спустя несколько часов вернется к своему исходному значению. Это временное повышение эффективности синапса, известное под названием ранняя ДП, может служить клеточной моделью кратковременной памяти.

Удивительно, но если ту же самую высокочастотную стимуляцию подавать повторно, то возникает устойчивое повышение эффективности синапса, и это состояние называ-

ется поздней ДП. На клеточной модели обнаруживается, что кратковременная память не связана с ядром, в то время как долговременная зависит от него.

С помощью данной методики Фрей и Моррис показали, что белки, повышающие эффективность синапса, влияют на любой временно усиленный синапс. Сначала они кратковременно стимулировали один синапс, чтобы вызвать в нем раннюю ДП. Затем они заставляли работать второй синапс на том же самом нейроне в том режиме, чтобы вызывать позднюю ДП (три залпа с интервалом в 10 минут). В результате эффективность обоих синапсов возросла на длительное время. Более сильный стимул посылал в ядро сигнал, требующий производства белков памяти, и затем эти белки «находили» любой синапс, подготовленный к их воздействию.

Мы предположили, что когда синапс разряжается достаточно сильно или синхронно с другими синапсами, заставляя нейрон посылать потенциалы действия по своему аксону, кальций должен входить в нейрон прямо через потенциал-чувствительные кальциевые каналы на теле нейрона и активировать те пути, которые мы уже изучили, приводя в конечном счете к активации *CREB* в ядре.

Чтобы проверить эту гипотезу, Серена Дьюдек (Serena Dudek) и я ▶

применили химическое вещество, которое блокирует работу синапсов в срезе мозга. Затем мы непосредственно стимулировали клеточные тела нейронов и аксоны с помощью введенного электрода. В результате нейроны разряжались потенциалами действия, но синаптические входы на эти нейроны функционировать не могли. Если молекула, несущая сигнал из синапса в ядро, действительно необходима для индукции поздней ДП, нашей модели формирования долговременной памяти, то такая процедура не должна подействовать, поскольку синапсы были заглушены химическим веществом. С другой стороны, если сигналы, поступающие в ядро, возникают как следствие потенциалов действия, что было показано в наших исследованиях развития мозга, то блокирование синапсов не предотвратит активацию в ядре генов, кодирующих белки памяти.

После стимуляции мы обработали мозговые ткани таким образом, чтобы определить, был ли активирован транскрипционный фактор *CREB*. Оказалось, что в небольшом участке среза мозга, в котором под воздействием стимуляции возникали потенциалы действия при полном отсутствии синаптической активности, ко всем молекулам *CREB* были прикреплены фосфатные группы, т.е. *CREB* был переведен в активное состояние.

Далее мы проверили активность гена *zif268*, связанного с возникновением ДП и памяти. Было обнаружено, что он также оказался активированным разрядом гиппокампальных нейронов при отключенных синапсах. Однако когда мы провели такую же стимуляцию в присутствии другого вещества, которое блокирует потенциал-чувствительные кальциевые каналы – которые, как мы подозревали, и были истинным источником сигнала от мембраны в ядро, – то обнаружили, что в ответ на разряд нейронов в них уже не происходило ни фосфорили-

рования *CREB*, ни активации *zif268* и другого белка, связанного с поздней ДП, называемого *MAPK*.

Полученные нами результаты ясно показали, что нет никакой необходимости в посреднике между синапсом и ядром. Как и в наших исследованиях развития мозга, деполяризация мембраны потенциалами действия открывала кальциевые каналы, расположенные в нейрональной мембране, запускала сигнальные пути, ведущие в ядро и включающие определенные гены. Такой принцип работы памяти представляется мне очень разумным. Вместо того чтобы вынуждать каждый синапс посылать свое собственное сообщение в ядро, транскрибирующие механизмы ядра просто прослушивают выходной сигнал нейрона и на его основе решают, синтезировать ли белки памяти или нет.

Молекулярное «помни»

Возможно, существуют пока неизвестные сигнальные молекулы, распространяющиеся из синапса в ядро

и действительно участвующие в процессах памяти, однако эксперименты показали, что в них нет необходимости. Как предсказывают правила обучения Хебба, разряд нейрона, происходящий вследствие возбуждения синаптических входов клетки, является тем фактором, который необходим для упрочения памяти.

Подобно Леонарду в фильме «Помни», мы не всегда заранее знаем, какие события следует сохранить в памяти надолго. Оперативная память, необходимая для действий в настоящем, обеспечивается кратковременными изменениями силы отдельных синапсов. Но если событие достаточно важное или повторяется многократно, то синапсы заставляют нейрон, в свою очередь, выдавать нервные импульсы интенсивно и многократно, заявляя тем самым: «это событие следует запомнить». Включаются соответствующие гены, белки памяти отыскивают те синапсы, в которых удерживается кратковременная память, и, можно сказать, помечают их клеймом. ■

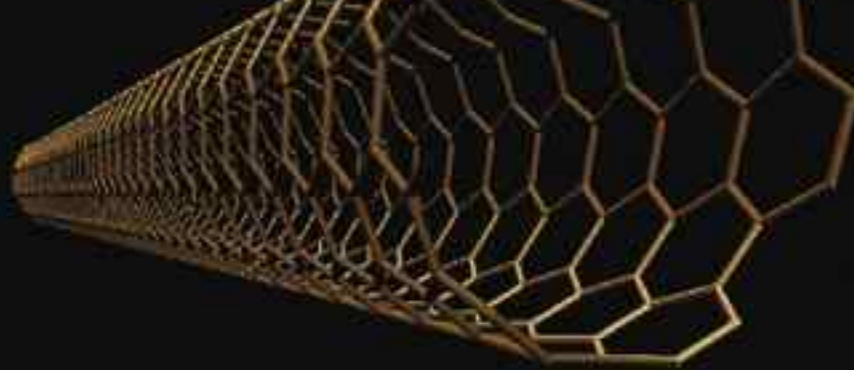
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

- **Regulated Expression of the Neural Cell Adhesion Molecule L1 by Specific Patterns of Neural Impulses.** Kouichi Itoh, B. Stevens, M. Schachner and R. D. Fields in *Science*, Vol. 270, pages 1369–1372; November 24, 1995.
- **Synaptic Tagging and Long-Term Potentiation.** Uwe Frey and Richard G.M. Morris in *Nature*, Vol. 385, pages 533–536; February 6, 1997.
- **Somatic Action Potentials Are Sufficient for Late-Phase LTP-Related Cell Signaling.** Serena M. Dudek and R. Douglas Fields in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 99, No. 6, pages 3962–3967; March 19, 2002.
- **Memory Systems of the Brain: A Brief History and Current Perspective.** Larry R. Squire in *Neurobiology of Learning and Memory*, Vol. 82, pages 171–177; November 2004.

НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

- **Николс Дж.Г., Мартин А.Р., Валлас Б.Дж., Фукс П.А. От нейрона к мозгу / Пер.с англ. под ред. П.М. Балабана, Р.А. Гиниатуллина.** – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 671 с.
- **Шульговский В.В. Физиология высшей нервной деятельности с основами нейробиологии:** Учеб. для студентов биол. спец. вузов. – М.: Academia, 2003. – 460 с. (Глава 6: Клеточные основы обучения и памяти, стр. 141–180.)
- **Кожедуб Р. Г. Мембранные и синаптические модификации в проявлениях основных принципов работы головного мозга.** – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 176 с.

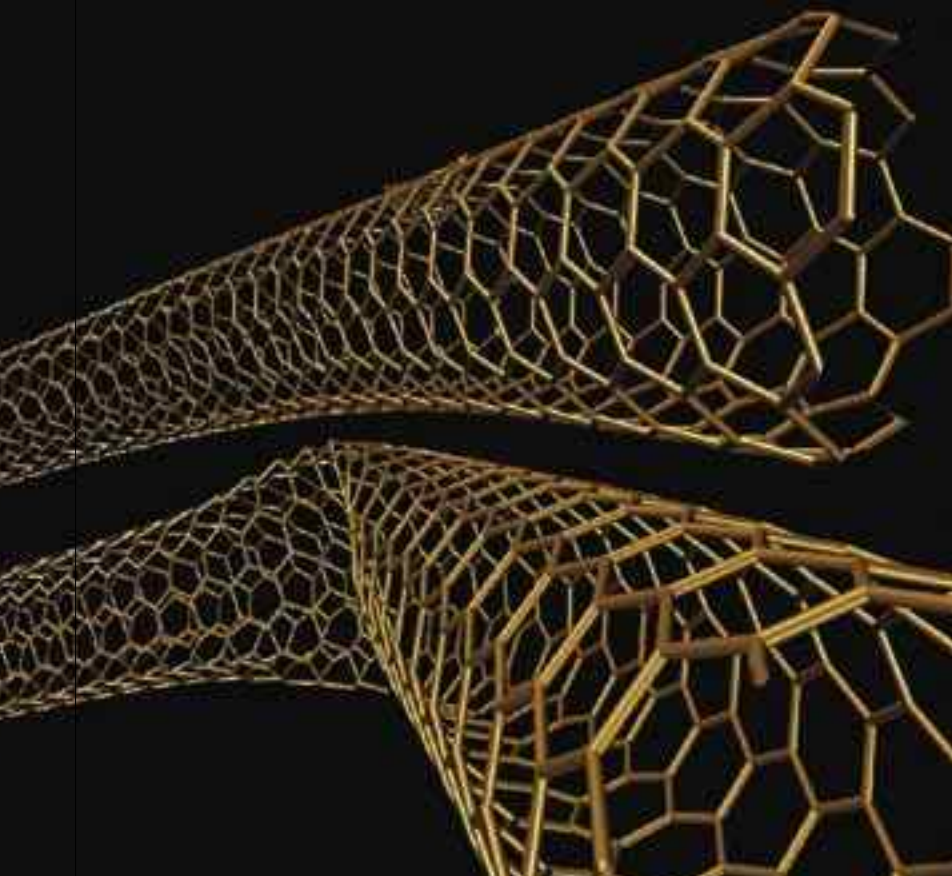


Гэри Стикс

Н

В ЧИСТОЙ КОМНАТЕ

Специалисты по нанотехнологии напоминают нам, что новое – это хорошо забытое старое.



В 1998 г. известный эксперт в области нанотехнологий Чарльз Либер (Charles M. Lieber) предложил одному из своих аспирантов разработать микросхему памяти совершенно нового типа. Биты информации должны были храниться в элементах размером меньше 10-миллиардных долей метра (10 нм). До этого Томас Рюкес (Thomas Ruckes) изучал свойства углеродных нанотрубок в гарвардской лаборатории Либера. Поверхность крошечных цилиндров диаметром не больше нанометра состоит из углеродных шестиугольников и похожа на соты или проволочную сетку. Нанотрубки были открыты еще в 1991 г., и научное сообщество по достоинству оценило их превосходные механические и электрические качества.

Либер хотел, чтобы Рюкес разработал концепцию, которая могла бы быть профинансирована Управлением перспективных исследований и разработок министерства обороны США (DARPA) в рамках программы развития молекулярной электроники.

Несколько дней Рюкес изучал книги и научные статьи, но ничего подходящего не нашел. Однажды вечером он вышел из лаборатории и направился в кафетерий Гарвардского научного центра. Там он обратил внимание на 15-метрового монстра *Mark 1*, предшественника современных компьютеров, которого военно-морской флот США использовал для баллистических и артиллерийских расчетов вплоть до 1959 г. Теперь калькулятор-переросток украшал фойе центра. Когда Рюкес вспомнил, что *Mark 1* состоял из многочисленных механических реле, его осенило: он понял, как должна быть устроена новая память.

Многие исследователи пытались использовать нанотрубки в качестве проводов или компонентов транзисторов. *Mark 1* напомнил Рюкесу об их небывалой способ-

ности гнуться и растягиваться. Он предположил, что из нанотрубок можно сделать реле, если заставить их изгибаться вверх-вниз и, таким образом, сохранять состояние «0» или «1». Через пару дней заявка была подана в *DARPA*, а уже на следующий день Либер и Рюкес получили финансирование.

Развивая свою идею, Рюкес пришел к выводу, что у нанотрубок огромный потенциал. Теоретически с их помощью можно создать универсальную память, которая будет сочетать в себе скорость статического ОЗУ (*SRAM*), низкую стоимость динамического ОЗУ (*DRAM*) и энергонезависимость флэш-памяти. Удивительные свойства этого материала гарантируют низкое потребление электроэнергии, а также устойчивость к воздействию холода, жары и магнитных полей.

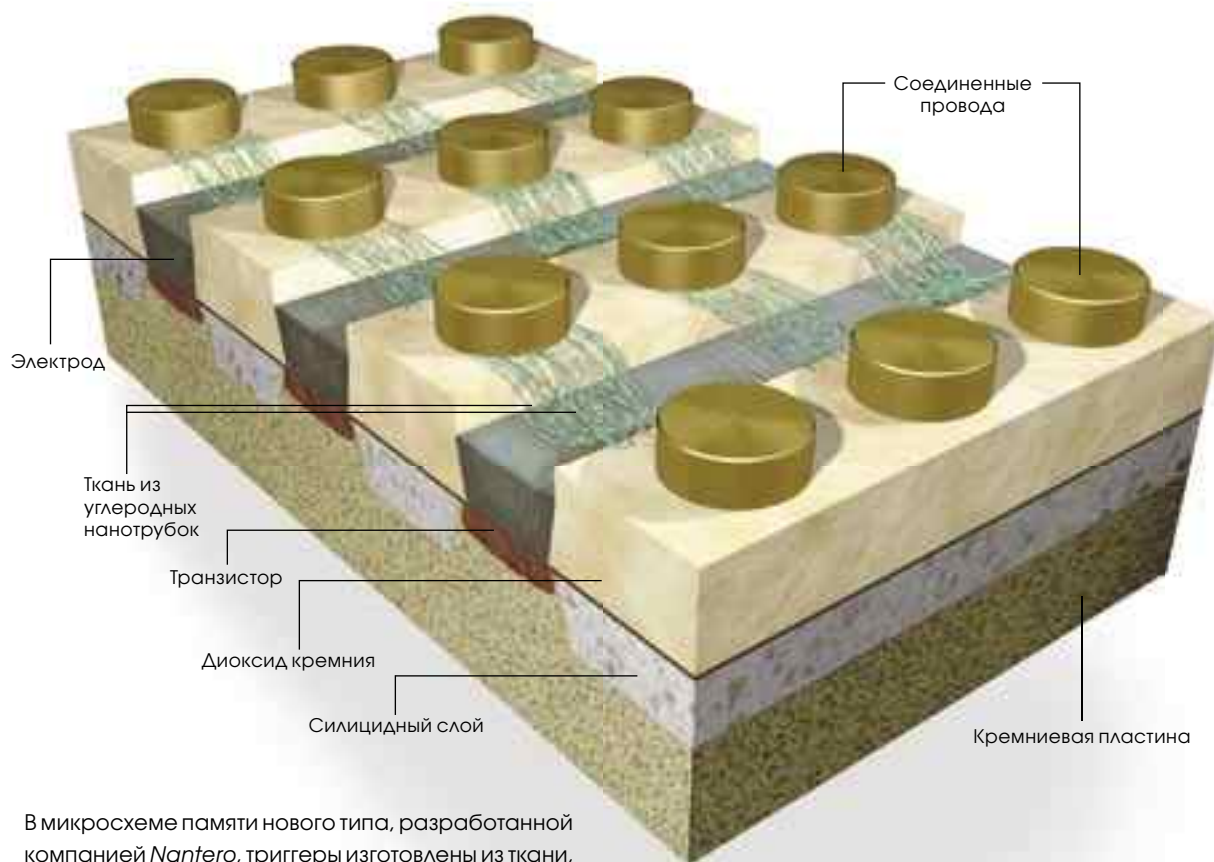
Встреча миллиардов с миллионами

На бумаге проект выглядел довольно просто. Нанотрубки должны были играть роль электромеханических переключателей, расположенных на поверхности микросхемы, емкость которой могла бы достигать сотен гигабайт или даже нескольких терабайт. Если приложить к нанотрубкам напряжение, они прогибаются в углубление, вытравленное на поверхности платы, и соприкасаются с другими нанотрубками или с металлическим электродом. Трубки остаются в изогнутом положении даже при отключении питания, чем и обеспечивается энергонезависимость памяти. Ван-дер-Ваальсовы силы (слабое межмолекулярное притяжение) удерживают переключатель в заданном состоянии до тех пор, пока воздействие противопо-

ложного напряжения не заставит нанотрубки принять исходное положение.

Рюкес еще писал диссертацию, когда к нему пришел директор одной из интернет-компаний, ищущий новые направления развития. Выпускник Гарварда, магистр экономики управления Грэг Шмергель (*Greg Schmergel*) на собственном опыте знал, насколько непостоянна ситуация на рынке интернет-услуг. Его фирма предоставляла профессиональные консультации, но ее пришлось продать конкурирующей организации, которая, в свою очередь, была куплена третьей компанией.

Нанотехнологии казались более перспективными и многообещающими, чем интернет-коммерция, ведь большинство людей плохо разбираются в них. Знания ▶



В микросхеме памяти нового типа, разработанной компанией *Nantero*, триггеры изготовлены из ткани, состоящей из множества углеродных нанотрубок.

Шмергеля в этом вопросе тоже были невелики, но он, будучи потомственным предпринимателем (его отец основал одну из первых биотехнологических компаний), действительно хорошо ориентировался в бизнесе, а Рюкес прекрасно осознавал перспективы развития нанотехнологий.

Таким образом, в 2001 г. Шмергель и Рюкес вместе с Brentом Сегалом (Brent M. Segal), бывшим гарвардским докторантом в области химии, основали компанию *Nantero*, в чьем названии соединилось маленькое (*nano*) и большое (*tero*, измененное *tera* – триллион битов информации). Либер в своей гарвардской лаборатории предпочел заняться более продвинутыми проектами, например, «умной» нанопроволокой, которая бы сама находила место в различных устройствах и служила для передачи биологических и других нетрадиционных сигналов.

Создатели *Nantero* решили выйти за рамки традиционных студенческих проектов и создать устройство, производство которого можно было бы наладить на действующих полупроводниковых предприятиях. Компания обосновалась в Уобурне, штат Массачусетс, – технопарке, заселенном в основном биотехнологическими фирмами. Шмергель приложил немало усилий, чтобы

ничто не отвлекало исследователей: *Nantero* до сих пор не внесена в уобурнский телефонный справочник. Вначале крупные производители микросхем встречали молодую команду не очень-то радушно. Рюкес вспоминает, как один менеджер бормотал: «Нам не нужна ваша зараза на нашем предприятии».

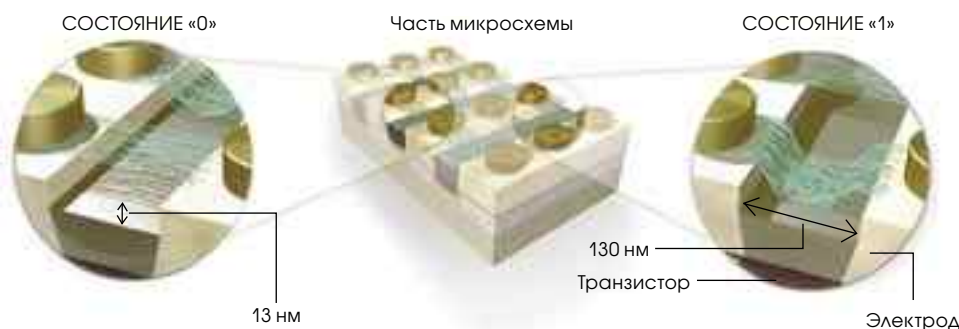
Немного технологии

Нанотрубки, приобретаемые у оптового поставщика, являются своего рода высокотехнологичной сажой, которая содержит в среднем 5% железа, одно лишь упоминание о котором вызывает нервный тик у менеджеров, отвечающих за работу оборудования в сверхчистых помещениях стоимостью в многие миллионы долларов. В самом начале развития компания *Nantero* уделяла много внимания разработке сложного процесса фильтрации с целью уменьшения концентрации железа до нескольких миллиардных долей.

Оказалась непростой и адаптация углеродных трубок к стандартной фотолитографии и травлению, которыми придают форму и удаляют ненужный материал при создании электрической цепи. Новый завод по изготовлению микросхем стоит свыше \$2 млрд., а консервативные управленцы не хотели производить переоборудование, чтобы внедрить

технологии нанотрубок в процесс производства стандартных КМОП-микросхем. Сначала у *Nantero* не было приемлемого способа нанесения нанотрубок на поверхность круглых кремниевых пластин, из которых вырезаются микрочипы. Использование в процессе парогазовой смеси требует столь высоких температур, что остальная электроника выходит из строя. Подходящий для покрытия вращающейся подложки с нанотрубками растворитель, хлорбензол, оказался чрезвычайно токсичным и был запрещен к использованию в производстве.

Nantero разработала собственный, пригодный для нанесения покрытия методом центрифугирования, растворитель. Тонкий слой нанотрубок, образующийся после его удаления, можно подвергать обработке литографией и травлением, после чего на поверхности подложки остаются упорядоченные группы нитевидных нанотрубок, напоминающие спущенные петли. Электрическое поле, приложенное к одному из скоплений нанотрубок, заставляет их прогибаться вниз и соприкасаться с электродом. Такая позиция представляет собой цифровую единицу. Компания *ASML*, крупный производитель полупроводников, помогла *Nantero* усовершенствовать этот процесс.



Провисающие и распрямленные нанотрубки представляют состояния «1» и «0» ячеек оперативной памяти нового типа. В положении «0» ткань натянута над электродом (слева). При включении транзистора электрод создает электромагнитное поле, которое заставляет нанотрубки прогибаться и замыкать контакт. Данная конфигурация обозначает положение «1» (справа).

Когда технология была отработана, *LSI Logic*, ведущий производитель микросхем для средств телекоммуникации, бытовой электронной техники и компьютеров, на своем заводе в Грэшеме, штат Орегон, согласился наладить процесс изготовления того, что *Nantero* назвала *Nanotube random access memory* (искаженное *Nonvolatile random access memory (NRAM)* – энергонезависимая оперативная память). Ко всеобщему удивлению, рабочий образец был получен в течение девяти месяцев, а начало массового производства микросхем памяти намечено на 2006 г. «Мне все еще кажется удивительным, что эти странные вещицы работают. Я относился к этому весьма скептически», – признается Норм Армор (Norm Armour), генеральный директор завода в Грэшеме. Компания *LSI* планирует использовать данную продукцию для замены встраиваемых в микропроцессоры модулей статических ОЗУ, которые занимают большую их часть. Нанотехнологическое запоминающее устройство быстрее, гораздо компактнее и потребляет меньше энергии.

В ближайшее время *LSI* и *Nantero* планируют научиться изготавливать миллионы микросхем памяти с почти абсолютной воспроизводимостью. Чтобы добиться высокой производительности, инженерам надо отработать множество нюансов. Например, недостаточная острота краев впадин, над которыми подвешиваются нанотрубки, может неблагоприятно сказаться на электрических характеристиках устройства и повлиять на напряжение, при котором оно включается и выключается. «Вопрос о производительности достаточно сложный, но мы не видим ничего непреодолимого», – комментирует Верн Хорнбэк (Verne Hornback), старший менеджер совместного проекта *LSI* и *Nantero*.

Хотя промышленность уже заинтересовалась микросхемами памя-



На поверхность микрочипа наносится слой нанотрубок (слева и в центре), после чего его обрабатывают стандартной литографией, применяемой в технологии полупроводников, и травлением (справа). Дальнейшие шаги (они не показаны) нужны, чтобы закончить производство чипа.

ти, изготовленными с использованием нанотрубок, многие относятся к ним скептически. «Удивлюсь, если *Nantero* сумеет наладить выпуск устройств, которые смогут конкурировать с *DRAM* по цене и качеству. Сомневаюсь, что их процесс можно будет воспроизвести в крупных масштабах, а значит, производительность будет низкой», – считает Дэн Хатчесон (G. Dan Hutcheson) директор фирмы *VLSI Research*, занимающейся анализом конъюнктуры рынка.

Компания *IBM* не заинтересовалась микросхемами памяти из нанотрубок. Было решено сосредоточиться на их использовании для замены компонента, который перемещает электроны с одной стороны транзистора на другую. «Выбор запоминающих устройств достаточно широк, а вот с выбором логических устройств возможны проблемы», – замечает Федон Авурис (Phaedon Avouris), научный сотрудник Исследовательского центра им. Томаса Ватсона компании *IBM*.

Сотрудники *Nantero* надеются, что продолжение работы с *LSI* опровергнет подобные предсказания. Например, использование в качестве переключающего элемента

нанотрубчатой ткани вместо отдельных нанотрубок поможет преодолеть проблему изменчивости размеров трубок. Компания уже привлекла другого партнера, *BAE Systems*, чтобы найти применение устойчивым к действию радиации энергонезависимым ОЗУ (*NRAM*) в оборонной и космической промышленности. Даже если микрочипы не оправдают ожиданий, *Nantero*, получившая 60 патентов, под 10 из которых выплачены гранты, останется с ценным производственным ноу-хау, которое можно лицензировать и продавать другим компаниям, желающим заниматься производством микрочипов на основе нанотрубок.

«Самая большая наша победа – адаптация нового производственного процесса к стандартной КМОП-технологии», – замечает Хорнбэк. Использование микрочипов с нанотрубками станет утешительным призом для армии исследователей, которые годами экспериментировали с невидимыми ниточками. До сих пор продукция, включающая этот материал, который крепче стали и тверже алмаза, была представлена только в пресс-релизах университетов и промышленных лабораторий. ■



26 декабря 2004 г. произошло сильнейшее подводное землетрясение в Индийском океане, гипоцентр которого был зарегистрирован вблизи северной оконечности острова Суматра на глубине около 30 км. Оперативная информация о распространяющейся волне цунами могла бы спасти жизни десятков тысяч людей, находящихся у берегов Индии, Шри-Ланки, на островах в Индийском океане и на восточном побережье Африки.

Леопольд Лобковский

ВСЕРАЗРУШАЮЩАЯ ВОЛНА

Романтический образ цунами на картине известного японского художника Хокусая имеет мало общего с всеразрушающей волной, накрывшей побережье Индийского океана в конце прошлого года. Бесспорно, человечество должно извлечь урок из трагических событий, чтобы вновь не оказаться столь неподготовленным и беспомощным. Размышлениями о некоторых важных проблемах, связанных с этим грозным явлением природы, поделился с читателями журнала «В мире науки» профессор, доктор физико-математических наук, заместитель директора Института океанологии им. П.П. Ширшова Леопольд Исаевич Лобковский.

Хронология событий

26 декабря 2004 г. в Индийском океане произошло сильнейшее подводное землетрясение, гипоцентр которого был зарегистрирован вблизи северной оконечности острова Суматра на глубине около 30 км. Его сила была оценена магнитудой 9, что относит его к разряду самых крупных природных катастроф. В истории планеты наблюдались землетрясения и с большими магнитудами – до 9,5, но никогда еще не возникало столь длинного очага с повторными толчками (афтершоками), который протянулся

на 1300 км. Земная поверхность была вспорота ступенчатым разломом небывалых размеров, а вертикальная составляющая подвижки вдоль этого разлома спровоцировала чудовищной силы удар по толще воды снизу, что привело к образованию гигантского цунами. Уже через час одиночная волна огромной протяженности преодолела половину расстояния между Суматрой и Шри-Ланкой, а через два обрушилась на побережья Шри-Ланки и Индии. В течение последующих шести часов цунами добралось до Сомали на африканском побережье и перешло в Атлантический океан. На востоке волна «перелилась» в Тихий океан и дошла до побережья Канады. Фактически в течение суток это цунами охватило весь Мировой океан.

Механика большой волны

Для того чтобы иметь лучшее представление о механизме возникновения цунами, его генерации, нужно обратиться к современной геологической концепции развития Земли – тектонике литосферных плит, возникшей в конце 60-х гг. прошлого столетия. Согласно этой концепции (которая в настоящее время считается полностью доказанной и является общепринятой), основные геологические процессы, происходящие на поверхности ▶

Сегодня четких критериев прогноза землетрясения за несколько часов или суток не существует, это вопрос будущего.

Земли и в ее недрах, определяются движением и взаимодействием нескольких крупных литосферных плит с горизонтальными размерами порядка нескольких тысяч километров и толщиной порядка 100 км, которые перемещаются в горизонтальном направлении в первом приближении как жесткие тела. При этом большая часть очагов сильных землетрясений (более 90%) возникает в областях перехода от океанов к континентам, в так называемых зонах субдукции, где океанская плита пододвигается под континентальную окраину или островную дугу, а затем погружается в глубины мантии Земли. Классическими зонами субдукции считаются западные окраины Южной и Северной Америк, Курило-Камчатская дуга, Алеутская дуга, Японская, Филиппинская и Зондская островная дуга, включающая о. Суматра. К зонам высокой сейсмической активности относится и так называемый Альпийско-Гималайский коллизионный пояс, протянувшийся в субширотном направлении и соединяющий Гималаи

на востоке со Средиземным морем на западе.

Сильные землетрясения возникают в этих зонах из-за внезапного высвобождения упругой энергии, накопленной здесь в больших количествах в результате трения литосферных плит при пододвигании одной из них под другую (процесс субдукции) или при их столкновении (процесс коллизии). Наряду с упомянутыми зонами конвергенции (или схождения) плит существуют дополняющие их зоны дивергенции (или спрединга) литосферных плит, расположенные в пределах океанов и окраинных морей, где плиты отодвигаются друг от друга, а возникающее между ними пространство заполняется магмой, которая при охлаждении наращивает океаническую кору, в результате чего образуются новые океаны или окраинные моря. К примеру, именно в результате спрединга литосферы возник современный Атлантический океан.

Средняя скорость конвергенции литосферных плит составляет не-

сколько сантиметров в год. В частности, Индийская литосферная плита «пододвигается» под северный край острова Суматра и расположенные севернее Никобарские и Андаманские острова со скоростью 6,5 см/год. То есть в течение сотен лет в этом протяженном островодужном (континентальном) блоке земной коры непрерывно идет накопление упругой энергии и рост напряжений за счет трения блока с пододвигающейся под него литосферой Индийского океана. Нетрудно подсчитать, что за время порядка 150 лет в островодужном блоке (включающем о. Суматра, а также Андаманские и Никобарские о-ва) должна накопиться колоссальная упругая энергия, соответствующая предельно высоким напряжениям, близким к пределу прочности скальных пород. Когда достигается предел прочности пород, в зоне наибольшего трения (соответствующей поверхности контакта между пододвигающейся плитой и подошвой островодужного блока) возникает разрыв, который быстро распространяется вдоль нагруженной области контактной поверхности, т.е. происходит сильнейшее землетрясение, при котором фронтальная подводная часть островов практически синхронно «выстреливает» в сторону океана как гигантская упругая пружина. При этом вертикальная компонента мгновенного смещения пород составляет несколько метров, что создает внезапный удар со стороны дна по огромному объему водной толщи. На поверхности океана возникает динамический «горб» высотой около 10 м и шириной порядка 100 км. Это начальное возмущение и становится причиной возникновения цунами. Таков в общих чертах механизм генерации катастрофического цунами, возникшего 26 декабря 2004 г. в Индийском океане.

Здесь следует обратить внимание на одну немаловажную деталь. Дело

БИОГРАФИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЦУНАМИ

В 1965 г. на Алеутской островной дуге в результате косой субдукции Тихоокеанской плиты «сработали» одновременно несколько сейсмогенных «клавиш», образовав аномально длинный очаг землетрясения. Огромное цунами в центральной части океана накрыло Гавайи, докатилось до Курил и Камчатки и охватило практически весь Тихоокеанский регион. Оно было меньше, чем общепланетарное цунами 26 декабря 2004 г., возникшее вблизи Зондской дуги, но по масштабам разрушений относится к крупнейшим природным катастрофам. Другой пример – сильнейшее Чилийское землетрясение, произошедшее в 1960 году. Тогда также имел место мощный сейсмический «аккорд», поскольку одновременно «выстрелило» 8 клавишных блоков, что привело к образованию очага длиной около 1000 км. Цунами пошло с юго-востока на северо-запад, через 5 часов захлестнуло Гавайи, затем Курилы, и весь Тихий океан опять-таки испытал на себе последствия этой волны. Эти два события можно считать практически идентичными тому, которое произошло в декабре 2004 года, однако в последнем случае цунамигенная катастрофа была наиболее крупной из всех известных, поскольку ее возникновению способствовал рекордно длинный очаг. Аналогии раскрывают природные закономерности, и наивно было бы полагать, что случившаяся катастрофа в Индийском океане совершенно уникальна и не может повториться в других потенциально опасных местах на нашей планете, причем в обозримом будущем.

в том, что тыловая область подводной части островодужного выступа при сбросе напряжений может погрузиться на несколько метров, создавая на поверхности воды перед «горбом» небольшую впадину. Такая асимметричная начальная форма возмущения приводит к образованию соответствующих волн цунами, которые начинают расходиться в обе стороны от источника возмущения: в нашем случае на восток – к Суматре и на запад – в сторону Шри-Ланки. Как мы знаем, цунами на Суматре предшествовал отлив. Океан отступил на несколько сотен метров, и примерно через пять минут обрушилась гигантская волна. Она затопила все побережье и принесла разрушения и смерть.

Первый урок, который следует извлечь из этого трагического события, состоит в том, что, как только наступает неожиданный отлив, нужно незамедлительно убежать в сторону суши. В этом случае шанс спастись еще существует. Так происходит в тех местах, где перед «горбом» распространяющегося цунами бежит впадина. Там, где идет просто «горб» цунами, волна накатывается на берег без предваряющего эффекта отлива.

Каким образом распространяется волна? Ее скорость в открытом океане составляет около 800 км/час, что соответствует скорости движения самолета. При приближении к берегу под действием сил трения волна начинает терять скорость, но приобретает более острую форму и увеличивает свою амплитуду. Финальная стадия распространения цунами – накат волны на берег с образованием гребня, что в точности соответствует изображению цунами на картине Хокусая.

Каждый раз, сидя на берегу моря, мы можем наблюдать прибой – модель цунами в миниатюре. Но волны накатываются на берег постоянно, в то время как цунами – большая одиночная волна. Ее конечная скорость на берегу падает до несколь-

ких десятков километров в час, но этого достаточно, чтобы смыть и разрушить все на своем пути. Так и произошло в декабре 2004 г. в Индийском океане по воле природы (*Natura sic voluit*).

Разрушительные аккорды

Какие процессы происходят вдоль дуги? Каковы характерные размеры очагов сильнейших цунамигенных землетрясений и чем они определяются?

Рассмотрим прежде всего характерное строение подводных частей островных дуг или активных окраин континентов, взаимодействующих с пододвигаемой под эти структуры океанической литосфе-

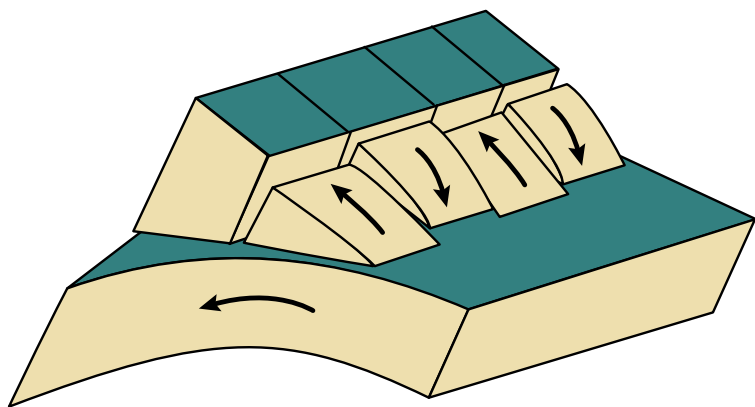
В декабре 2004 г. в Индийском океане одновременно «выстрелило» сразу 8 или 10 блоков-«клавиш» Зондской островной дуги, и этот мощный «аккорд» вызвал образование громадного очага землетрясения и, как следствие, появление гигантского цунами. Таково объяснение случившейся планетарной катастрофы в Индийском океане с позиций разработанной нами в 80-х гг. прошлого века клавишной модели субдукции, давшей фундаментальную основу для анализа циклов сильнейших цунамигенных землетрясений.

Итак, когда нагруженные в разной степени сейсмогенные блоки-«клавиши» по некоторым причинам

Клавишная модель сильнейших цунамигенных землетрясений сегодня служит основой для количественного описания подобных природных катаклизмов.

рой. Как показывают многочисленные геоморфологические и геолого-геофизические данные, указанные структуры имеют ярко выраженное сегментированное строение, т.е. края островных дуг и активных континентальных окраин разбиты поперечными разломами на блоки-«клавиши» с характерным размером 100 км. Такая «нарезка» на блоки фронтальных частей островных и материковых окраин структурно определяет размер очага сильного землетрясения. В основном такие очаги связаны с деформируемыми и «стреляющими» при сбросе напряжений блоками-«клавишами», но иногда длина очагов сильнейших землетрясений соответствует нескольким смежным блокам, в которых происходит одновременная разрядка накопленной упругой энергии.

одномоментно сбрасывают накопленную упругую энергию, возникают аномально протяженные очаги сильнейших землетрясений. Особенно часто это бывает, когда субдукция литосферной плиты происходит не ортогонально, а косо по отношению к краю островной дуги или активной континентальной окраины. В этом случае «клавиши» не могут деформироваться независимо, поскольку прижимаются друг к другу, и если какой-то предельно нагруженный блок «выстреливает», он увлекает за собой примыкающие блоки. Это напоминает принцип домино – он и лежал в основе катастрофического декабрьского землетрясения 2004 г. с начальным толчком (гипоцентром) вблизи северной оконечности о. Суматра при косоугольной субдукции Индийской литосферы под Зондскую островную ▶



На приведенной схеме показана простейшая клавишная конфигурация, включающая 4 сейсмогенных блока, один из которых уже «разрядился» и отступает в сторону океана. Три других блока находятся в стадии накопления упругой энергии и смещаются в сторону суши. Если в какой-то момент времени все 4 клавишных блока одновременно сбросят накопленную энергию, получится страшной силы аккорд, приводящий к катастрофическим последствиям.

дугу. Именно данное обстоятельство стало причиной возникновения сверхпротяженного очага длиной около 1300 км и магнитудой более 9.

Клавишная модель сильнейших цунамигенных землетрясений, разработанная в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН в 80-х гг. прошлого века, сегодня служит механико-математической основой для количественного описания подобных природных катаклизмов. Численное решение уравнений модели позволяет достаточно точно описывать процесс накопления упругой энергии в системе блоков-«клавиш» и ее разрядку в моменты сильнейших землетрясений для любых конфигураций островных дуг и фронтальных блоков-«клавиш» (см. рис. вверху).

Предупрежден – значит, вооружен

Очаги сильнейших землетрясений за время порядка 100–150 лет почти непрерывно «заполняют» находящиеся под водой фронтальные области островных дуг и активных континентальных окраин,

приуроченных к подводным склонам, соединяющим эти структуры с глубоководными океанскими желобами. При этом остаются неохваченными очагами сильнейших землетрясений отдельные участки островных дуг и активных континентальных окраин, получившие название сейсмических брешей, которые считаются наиболее вероятными местами грядущих катастрофических землетрясений и цунами. Действительно, с позиций клавишной модели субдукции, «крупные сейсмические брешы» отождествляются с фронтальными блоками островных дуг или материковых окраин, накопившими в процессе деформации за время порядка 100 лет огромную упругую энергию, готовую в любой момент разрядиться в виде сильнейшего землетрясения.

Надо сказать, что концепция сейсмических брешей очень четко объясняет катастрофу в Индийском океане. Действительно, если центральная и южная части острова Суматра за период 150 лет были достаточно плотно «заполнены» очагами сильных землетрясений,

то в северной части острова, равно как и в продолжающих его на север Никобарских и Андаманских островах, таких очагов за тот же период времени не наблюдалось. То есть в протяженной части Зондской дуги в течение длительного времени благодаря косому поддвигу Индийской литосферы накапливалась упругая энергия, которая внезапно разрядилась путем совместного «выстрела» серии клавишных блоков, давших аномально протяженный очаг сильнейшего землетрясения 26 декабря 2004 г., вызвавшего катастрофическую волну цунами. К сожалению, невнимательное отношение правительственных чиновников и общественности к современным достижениям науки в области изучения природных катастроф привело к тому, что целый регион в Юго-Восточной Азии, находящийся в опасной зоне грядущего сильнейшего цунамигенного землетрясения, даже не имел элементарной службы предупреждения и оповещения о цунами. Это и есть один из главных уроков, которые нужно извлекать из опыта подобных трагедий. Опираясь на современные исследования в области морской сейсмологии, геофизики и тектоники литосферных плит, необходимо создавать систему прогнозирования сильнейших землетрясений, вызывающих крупные цунами.

Сейсмический прогноз

Существуют три категории сейсмического прогноза. К первой относится долгосрочный прогноз, с временным шагом порядка 100 лет. Он базируется на исследовании наиболее активных зон субдукции. Не стоит планировать в таких местах строительство стратегически важных сооружений, таких как плотины или атомные электростанции. Для прочих строений рекомендуется использовать сейсмостойкие конструкции либо возводить легкие постройки. Сейчас такие мес-

та науке известны, и в принципе можно рассчитать накопленную упругую энергию в опасных сейсмогенных блоках и, следовательно, силу и масштабы потенциального землетрясения, а также вызываемого им цунами. Точность такого долгосрочного прогноза относительно невысокая (десяtkи лет), однако он может стать основой для составления более детальных прогностических схем. Например, по нашим расчетам, в обозримом будущем должно произойти крупное землетрясение в районе Токио. Мы не обращались напрямую к японскому правительству, но даем такой прогноз в книге «Современные проблемы геотектоники и геодинамики» (авторы Л.И. Лобковский, А.М. Никишин, В.Е. Хаин, изд-во

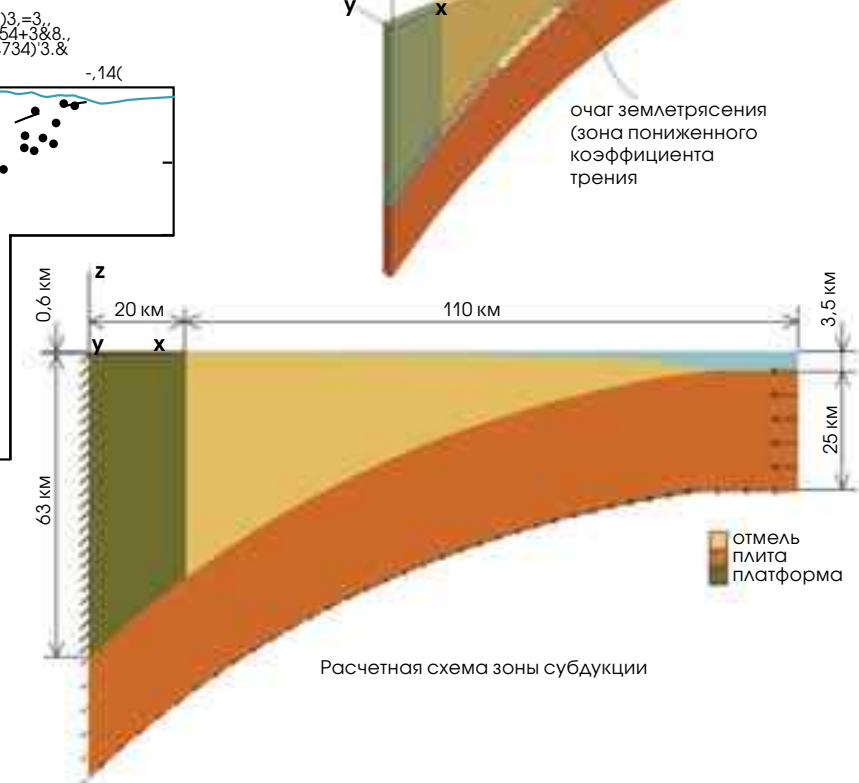
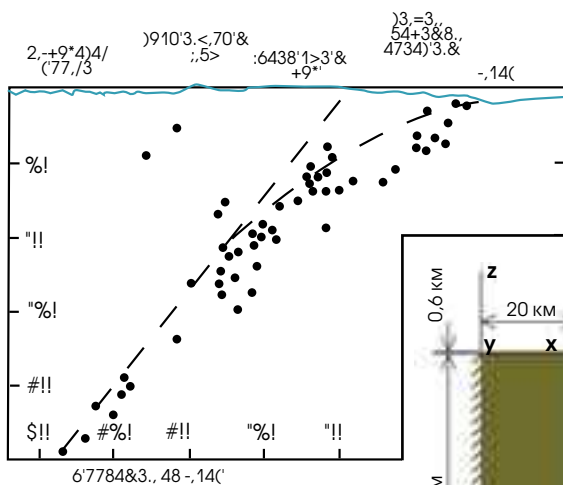
«Научный мир», 2004 г.). Токийский блок, на котором находится Токио, начинает приближаться к критическому состоянию. Катастрофа, по нашим расчетам, может произойти в течение ближайших 10–20 лет.

Второй вид прогноза – среднесрочный, с шагом в несколько лет. В его основе лежат процессы, непосредственно связанные с подготовкой очага, а именно: трансформация напряжений, финальная стадия накопления энергии в сейсмогенном блоке и так называемые форшоки (предварительные толчки). Когда очаг будущего землетрясения практически созрел, т.е. соответствующий клавишный блок нагрузился до критического состояния и больше сжиматься не может, скорость относительного скольже-

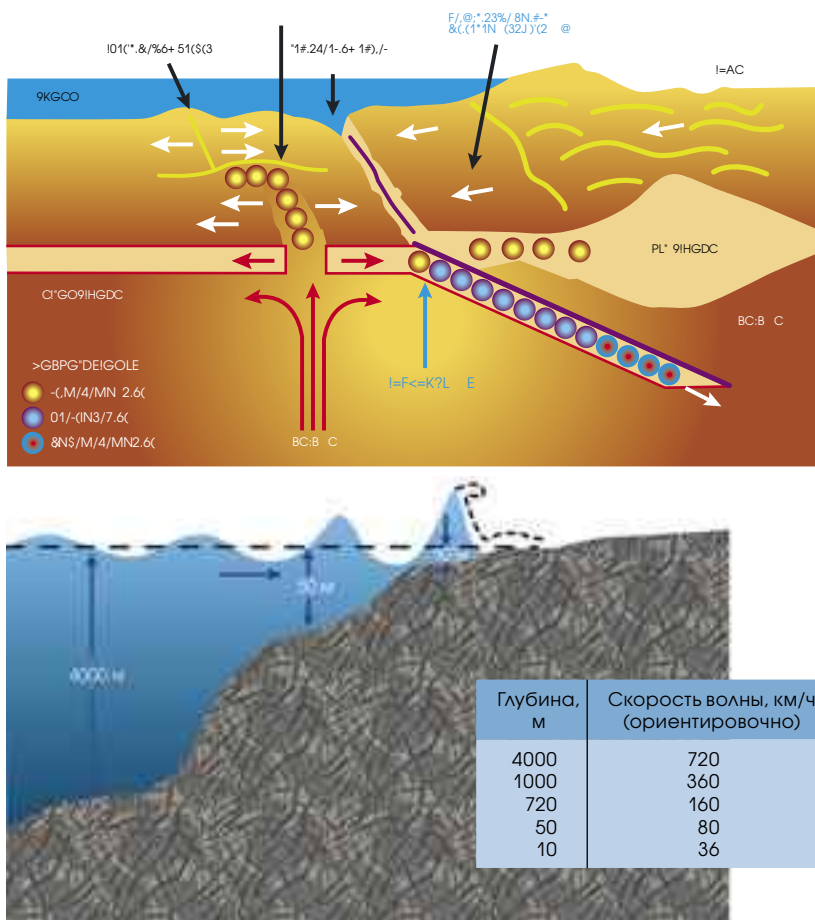
ния между подошвой блока и поверхностью плиты увеличивается. Сначала это приводит к увеличению числа форшоков в контактной области между плитой и блоком, а затем к сейсмическому затишью, так как все «шероховатости» контактной поверхности «срезаются» в процессе форшоковых подвижек. В то же время заметно усиливаются относительные смещения между созревшим блоком и соседними «клавишами» по боковым разломам, что проявляется в усилении форшоковой активности по границам готовящегося очага. Таким образом, среднесрочный прогноз должен основываться на тщательном анализе всех процессов. Он очень важен потому, что даже 10 лет – достаточно короткий срок с учетом ▶

СУБДУКЦИЯ

Схема компьютерного расчета накопления упругой энергии в клавишном блоке и возникновения очага цунамигенного землетрясения.



Расчетная схема зоны субдукции



вите макроразрушения предваряется процессом микроразрушений в каком-то объеме среды, что может проявляться в виде различного рода геофизических аномалий, своеобразного акустического гула или других кратковременных явлений, которые, возможно, животные улавливают как сигналы опасности.

Наблюдение и оповещение

Что может предложить наука, дабы избежать последствий подобных катастроф? В 1952 г. на Камчатку обрушилась огромная волна цунами, вызванная произошедшим сильнейшим подводным землетрясением, которая уничтожила город Северо-Курильск. После трагического события в СССР была создана сеть по оповещению о цунами. В последнее время возникла технология обнаружения очагов возникновения и распространения цунами со спутников (их альтиметрические данные позволяют регистрировать возмущения поверхности океана с точностью в несколько сантиметров). Как свидетельствует расшифровка данных с американского спутника, который пролетел по траектории над Индийским океаном в тот момент, когда фронт цунами находился между Суматрой и Шри-Ланкой, альтиметрическими датчиками была зарегистрирована длинная волна цунами амплитудой около 80 см. Оперативная информация о распространяющейся волне цунами могла бы спасти жизни десятков тысяч людей, находившихся у берегов Индии, Шри-Ланки, на островах в Индийском океане и на восточном побережье Африки.

Помимо спутников необходимо развивать региональную наземную и подводную системы наблюдений в районах потенциальной сейсмической опасности. Это могут быть станции, принимающие сигналы от донных сейсмографов и датчиков уровня давления, которые также устанавливаются на дне океана в прибрежных зонах и реагируют на ма-

объемов и масштабов превентивных мер безопасности.

Наконец, теоретически существует третий вид прогноза – краткосрочный, о котором мечтает все человечество. Им занимаются с древнейших времен, исследуя поведение животных накануне землетрясения: собак, кошек, мышей, змей и т.д. Установлено, что животный мир наделен способностью чувствовать надвигающееся землетрясение и цунами. Например, чувствуя дрожь в воде, косяки рыб перед цунами уходят на глубину, а змеи выползают на открытое пространство – ориентируясь по их поведению, китайцы несколько раз предсказывали землетрясения. Но такой прогноз, конечно, пока нельзя назвать научным. Помимо землетрясений на животных подобным образом могут действовать геофизические аномалии, погодные измене-

ния, колебания грунтовых вод и т.д. Сегодня четких критериев прогноза землетрясения за несколько часов или суток не существует, это вопрос будущего. Основная трудность краткосрочного прогноза сильного землетрясения заключается в том, что когда сейсмогенный блок накопил критический уровень упругой энергии, то практически любое очень малое возмущение среды может сыграть роль триггера или спускового крючка, вызывающего срыв блока, сопровождаемый землетрясением. Причем в роли такого возмущения могут выступать самые разные природные или техногенные факторы, например, изменение атмосферного давления, изменение режима грунтовых вод, колебания среды, вызванные техногенной деятельностью и т.д. Тем не менее задача краткосрочного прогноза не кажется безнадежной, так как обычно раз-

лейшие изменения гидростатики. Такой датчик может передавать информацию в береговой центр оповещения по кабелю, радиоканалу или через спутник. Подобные системы устанавливаются в районе японских островов и Аляски. Каждый из таких проектов обходится недешево, но восстановление, к примеру, современных отелей, пострадавших от цунами, стоит значительно дороже.

Как только наступает неожиданный отлив, нужно незамедлительно спастись бегством в сторону суши.

Событие, которое произошло в Индийском океане, должно послужить уроком, в том числе и для правительства нашей страны, потому что у нас существуют сейсмически опасные зоны, где можно ожидать сильных и катастрофических землетрясений и цунами. Самая крупная и наиболее древняя сейсмическая брешь расположена в центральном звене Курило-Камчатской зоны субдукции, протянувшейся в северо-восточном направлении более чем на 200 км, начиная от о. Симушир. Здесь по крайней мере 150 лет сильных землетрясений не наблюдалось. Примыкающие с юго-запада и северо-востока очаги ранее произошедших сильных землетрясений датируются, соответственно, 1918 и 1915 г., т.е. они достаточно старые. Суммарная длина трех клавишных блоков, соответствующих этим трем сейсмическим брешам, составляет более 600 км. Одномоментная сейсмическая разрядка накопившейся в центральных блоках упругой энергии даст сильнейшее землетрясение с магнитудой около 8,5, что с высокой вероятностью вызовет катастрофическую волну цунами, которая прямым фронтом дойдет до о. Сахалин со всеми вытекающими отсюда последствиями (имеются в виду, в частности, извест-

ные нефтегазовые проекты). Эта волна, по всей видимости, захватит весь Тихий океан, как во время Большого Камчатского (1952 г.), Чилийского (1960 г.) и Алеутского (1965 г.) землетрясений и цунами. Поэтому первоочередной задачей, стоящей перед российскими учеными и правительством, является организация морской научно-исследовательской экспедиции в зону

центральной сейсмической брехи Курило-Камчатской дуги с целью оперативного анализа сейсмотектонической обстановки в этом сегменте дуги и оценки напряженного состояния сейсмогенных блоков. После проведения первой экспедиции необходимо организовать непрерывный мониторинг, включающий создание геофизических стационаров для наблюдения и раннего выявления волн цунами.

Необходимо также присоединиться к общемировой системе оповещения о цунами. Сейчас средств на такие мероприятия у нашей науки нет, и неизвестно, кто должен финансировать подобные программы – федеральное правительство или местные власти, которые в первую очередь столкнутся с проблемами, которые могут появиться во время землетрясений и цунами. Речь

может идти о десятках миллионов долларов, но, если вспомнить о десятках и сотнях тысяч человеческих жертв и экономическом ущербе в миллиарды долларов, которые вызывает каждое катастрофическое цунами, приоритет становится очевидным. Один только пассажирский теплоход, сухогруз или танкер стоит больше, чем региональная сеть оповещения. Если корабль будет вовремя предупрежден, он может отойти на несколько миль от берега, где спокойно переждет любое цунами. Таким же образом смогут уцелеть и военные корабли и подводные лодки, которые стоят значительно дороже гражданских судов.

Очевидно, что в целях защиты от таких стихийных бедствий, как цунами, в нашей стране должна быть принята специальная программа, объединяющая деятельность нескольких министерств и ведомств, включая МЧС, Росгидромет, ВМФ, РАН и т.д. Российская академия наук в этом союзе должна выступать интеллектуальным ядром, формирующим методику исследований и определяющим географию наблюдений. Только вооруженные достижениями современной фундаментальной науки, мы сможем успешно противостоять всем природным катастрофам, которые происходят и будут происходить на нашей планете. ■

Редакция благодарит за помощь в подготовке материала передачу «Очевидное – невероятное»

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Лобковский Л.И. Геодинамика зон спрединга, субдукции и двухъярусная тектоника плит. – М., Наука, 1988. – 251 с.
- Лобковский Л.И., Никишин А.М., Хаин В.Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. – М.: Научный мир, 2004. – 612 с.
- Моги К. Предсказание землетрясений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 382 с.
- Пелиновский Е.Н. Гидродинамика волн цунами // ИПФ РАН. Нижний Новгород, 1996. – 276 с.
- Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. – М.: Наука, 1993. – 314 с.

навигация в бурях современности

На сегодняшний день написано достаточно много исследований, предлагающих ту или иную оценку глобальных процессов и прогнозы развития человечества. Однако крайне мало работ, которые руководствовались бы синергетическим подходом, согласно которому, будущее следует не только прогнозировать, но и создавать.

Автор предлагаемой книги — философ, музыкант, футуролог, крупнейший специалист в области глобально-эволюционного системного анализа, организатор и учредитель Будапештского клуба, который, в отличие от Римского, делает акцент на гуманитарные и философские проблемы развития современной цивилизации.

Книга представляет собой переработанную и дополненную версию доклада Будапештского клуба «Третий миллениум: вызов и мечта» и помимо работы Э. Ласло «Макросдвиг» содержит комментарии специалистов, в том числе философа и социолога Э. Морэна, ученого и астронавта Э. Митчелла.

Макросдвиг представляет собой процесс глубокой и необратимой эволюционной трансформации земной цивилизации. Его наиболее очевидные симптомы — кризисы, войны, террор и насилие в планетарных масштабах. Основной тезис книги состоит в том, что «эра макросдвига», выходя за рамки экономической глобализации, создает потенциальные предпосылки формирования новой цивилизации. Ласло предлагает новую парадигму «исследований будущего», суть которой

в переходе от анализа экономических, экологических и политических факторов развития культуры и цивилизации к исследованию глобального сознания и эмоциональной общечеловеческой среды. Дело в том, что в поисках выхода из наступившего кризиса привычные ценности, моральные принципы и стереотипы зачастую не просто бесполезны, но и контрпродуктивны. Макросдвиг очень сложно контролировать, но его исход не предопределен, на него можно воздействовать, «он чувствителен к человеческому восприятию, человеческим ценностям и действиям». Но для конструктивного управления процессом необходимо формирование новой системы человеческих ценностей, адекватной вызовам эпохи глобализированной техногенной цивилизации. На этих положениях основаны рекомендации, которые Ласло предлагает правительствам государств и международным организациям.

Владимир Аршинов



на просторах космоса

Испокон веков люди заворуженно глядели в небеса, населяя их божествами и чудовищами. С развитием техники на смену мифологии пришли серьезные исследования. Однако широкой общественности вопросы астрономии долгое время были доступны разве что в виде научной фантастики. Определенную информацию периодически предоставляли научно-популярные журналы. Свой вклад в популяризацию «вопросов космического масштаба» решили внести украинские издатели, выпустившие журнал «Вселенная, пространство и время», посвященный вопросам астрономии и космонавтики.

Среди основных тем — строение Вселенной, звезды и галактики, Солнечная система, возникновение Земли и жизни на ней, поиск внеземных цивилизаций и т.д. Отдельные рубрики посвящены астрономическим наблюдениям, космонавтике. Читателей ждут также фантастические рассказы, книжное обозрение, тематические обзоры интернет-сайтов и периодических изданий, «космические» новости и др. Красочно оформленный научно-популярный журнал, несомненно, найдет своего читателя не только на Украине, но и в России.

«НАУЧНЫЙ МИР» издательство, книжный коллектор и интернет-магазин

Издательство «Научный мир» за 10 лет работы выпустило более 500 естественнонаучных и гуманитарных изданий. Ежегодно выходят в свет около 70 наименований научной литературы, низкие цены и высокое качество которых делают их доступными и привлекательными для покупателей.

Наш основной партнер – Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ), но мы также участвовали в издательских программах, поддерживаемых фондом Сороса, министерством иностранных дел Франции, посольством Франции в России и др., а также выполняем заказы различных научных организаций, осуществляем переводы и издание зарубежной научной литературы по естественным и общественным наукам.

У нас вы найдете такие книги, как: «Культура русских поморов» (Э.Л. Базарова и др., 2005), «Атлас: геология и полезные ископаемые шельфов России» (под ред. М. Алексеева и Ю. Пуцаровского, 2004), «Современные проблемы геотектоники и геодинамики» (Л.И. Лобковский, А.М. Никишин и В.Е. Хаин, 2004), «Теория функций комплексного переменного» (Т.А. Леонтьева, 2004), Труды международной конференции по физике (Москва, 2000), «Архипелаг Шпицберген (Свальбаард): природа и история» (В. Хиздаль, 2005) и многие другие.

С 1997 г. совместно с Российским фондом фундаментальных исследований и библиотекой по естественным наукам РАН мы проводим благотворительную программу по комплектованию библиотек России научной литературой.

В этом году открылся интернет-магазин (<http://bookish.iring.ru>), предлагающий литературу не только издательства «Научный мир», но и других ведущих научных издательств России. Мы обеспечиваем курьерскую доставку заказов по Москве и почтовую – по территории РФ. Оплатить заказ можно в любом отделении Сбербанка РФ, безналичным перечислением или с использованием электронной системы Яндекс.Деньги.

Мы всегда рады сотрудничеству с авторами, книготорговцами и издательскими организациями.



электронная власть

В последнее время назрела необходимость реорганизовать функции госаппарата на основе современных информационно-коммуникационных систем. Такая методика организации деятельности получила название «электронного правительства». В предлагаемых изданиях обобщен мировой опыт создания подобных систем и предложены конкретные рекомендации по созданию архитектуры электронного государства России. Первая книга

представляет собой своеобразный пролог ко второй, она показывает позитивные сдвиги, достигнутые с помощью компьютерных технологий (синхронизация действий, высокоуровневое проектирование, повышение качества государственных услуг и др.).

Автор второй работы на конкретных примерах показывает, как добиться оптимального функционирования «электронного правительства» и решить с его помощью такие проблемы, как дублирование функций различными организациями, отсутствие контроля над деятельностью чиновников и т.д.



Холмс Д. Сов. Стратегии электронного бизнеса для государства. – М., 2004. – 350 с.
Данилин Д. Электронные государственные услуги и административные регламенты. От политической задачи к архитектуре «электронного правительства». – М., 2004. – 336 с.

погружаясь в черные дыры



Хокинг С. Краткая история времени: От Большого взрыва до черных дыр. – СПб.: Амфора, 2004. – 268 с.

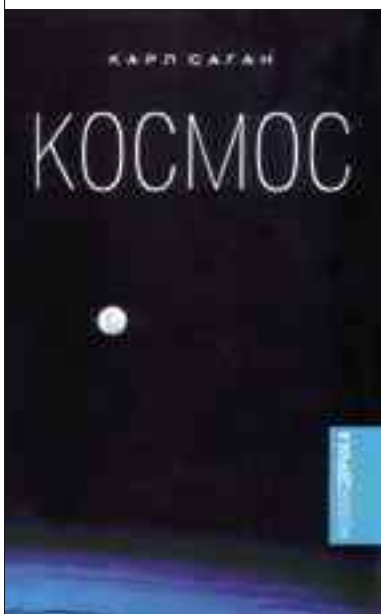
Научно-популярные издания редко становятся бестселлерами и переводятся на другие языки, но интерес к книгам Стивена Хокинга не угасает. В чем же секрет популярности его работ? Как физик-теоретик, он прекрасно понимал, что читателя вряд ли заинтересует сугубо научное изложение даже самого потрясающего исследования, поэтому он создал увлекательное и динамичное повествование о пространстве и времени, расширяющейся Вселенной, черных дырах, рождении и гибели Вселенной. С иронией и тактом он включил в книгу собственные воспоминания, оценки и открытия – так, эффект мерцания черных дыр назван в его честь.

Своеобразным дополнением к «Краткой истории времени» стал сборник статей «Черные дыры и молодые вселенные», где автор делится секретами становления ученого, рассказывает о целом ряде значительных открытий и об исследовательском азарте.

Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные. – СПб.: Амфора, 2004. – 189 с.



по законам космоса



Известный астрофизик и популяризатор науки Карл Саган представляет собственную историю изучения и познания далеких миров. По его мнению, «наше будущее зависит от того, насколько хорошо мы будем знать тот Космос, где мы плывем, как пылинка в утреннем небе».

Автор приглашает читателя в увлекательное исследование истории формирования представлений о космосе начиная с древнейших времен и до наших дней. Он сообщает множество фактов, облекая их в образные и запоминающиеся формы. Так, галактику и множество миров он сравнивает с коллекцией любовно подобранных вещиц, например кораллов, над которыми природа трудилась в космическом океане целые зоны. История открытий Кеплера сопровождается рассказом о колдуньях.

Главное достоинство книги – высокий научный дух, свойственный всем работам Сагана. У читателя в руках – уникальные свидетельства человека, который стоял у истоков прорыва земной цивилизации в космос и которому поставлен памятник на Марсе.

Саган К. Космос. Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации. – СПб.: Амфора, 2004. – 526 с.

существует ли универсальная история?

Существует ли подлинная история? Сила она всегда вынуждена служить интересам властей предрешающих, перекраивающих ее всякий раз на новый лад? К концу XX в. стало очевидно, что политическая конъюнктура не позволяет историкам беспристрастно оценить то, что происходит сегодня в целом ряде стран. И тогда философ и футуролог Ф. Фукуяма, возвращаясь к дискуссии, возникшей еще в конце XIX в., задумался над тем, правомерно ли говорить об универсальной истории человечества.

Фукуяма ни с кем не полемизирует, он старается разобраться в происходящем и найти компромисс между противоположными точками зрения. Он видит его в либеральной демократии, которую считает «конечным пунктом идеологической эволюции человечества». Он предлагает рассматривать историю не с точки зрения последовательности

событий, а с позиций легитимности либеральной демократии как системы правления. Автор полагает, что она остается «единственным логически последовательным политическим стремлением и овладевает различными регионами и культурами во всем мире». Корень же противоречий ученый видит в неполной реализации заложенных в нее принципов свободы и равенства, а не в самих принципах.

Он анализирует социальную базу возникновения разных политических систем и их последующую эволюцию, сопоставляет точки зрения различных политологов и правителей. Сочетание экономической, политической и социологической истории в рамках единого материала приводит к необычным результатам. Возникает особая трактовка фактов, история как наука поворачивается неожиданной стороной, и картина мира предстает



Фукуяма Ф. *Конец истории и последний человек*. – М.: АСТ, Ермак, 2004. – 588 с.

звонящие струны



Даже в научно-популярной литературе читатель ищет прежде всего занимательную интригу и тайну, интересные подробности и необыкновенные истории. Признаться, даже популяризаторы науки, а иногда и сами исследователи стремятся найти простые и понятные аналогии для изложения сложных теорий. В частности, для объяснения устройства Вселенной было предложено сравнение с процессом колебания и образования музыкальных звуков.

Грин излагает материал простым и ясным языком, не углубляясь в математические дебри и технические

Грин Б. *Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории*. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.

подробности. Используя разнообразные примеры – от аттракционов в парке до муравьев на садовом шланге, – он создает яркое и динамичное повествование, показывая читателю «причудливую реальность, открываемую современной физикой».

Грин затрагивает самые разнообразные темы: влияние движения на пространство, гравитация, квантовая геометрия, зеркальная перспектива, открытия Эйнштейна и т.д. По ходу повествования автор вспоминает забавные «околонаучные» эпизоды, подобные тому, как убеждал компьютерщика за шесть банок пива помочь ученым создать программу и решить ни больше ни меньше вопрос о разрывах структуры пространства мироздания.

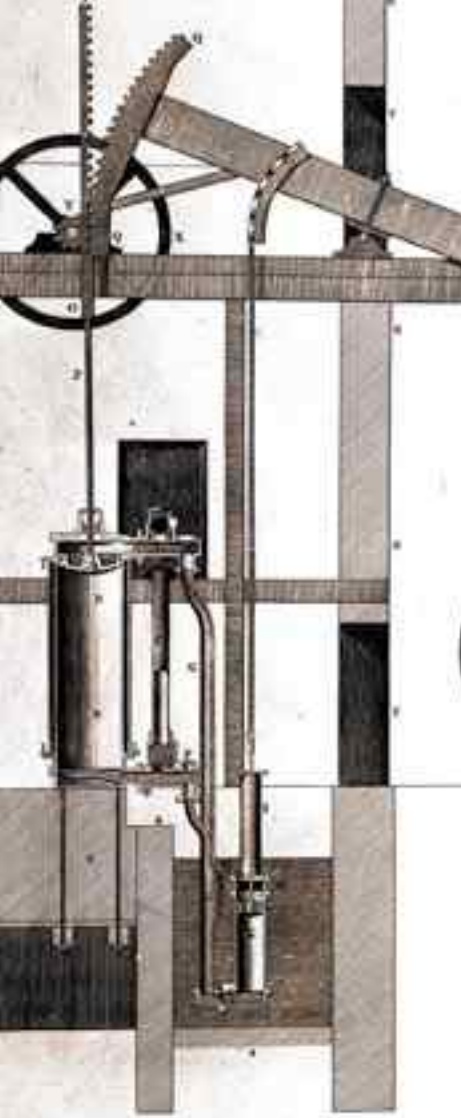


Fig. 1.

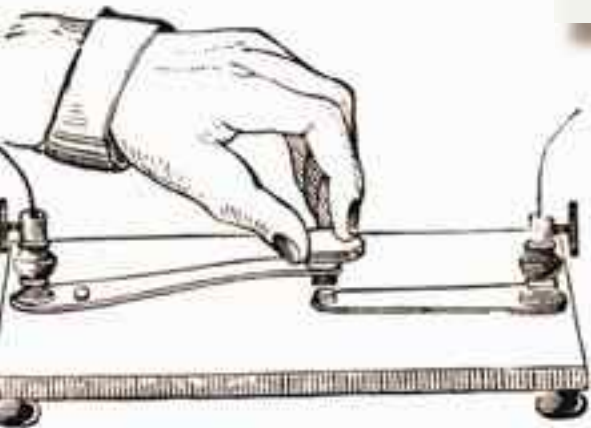
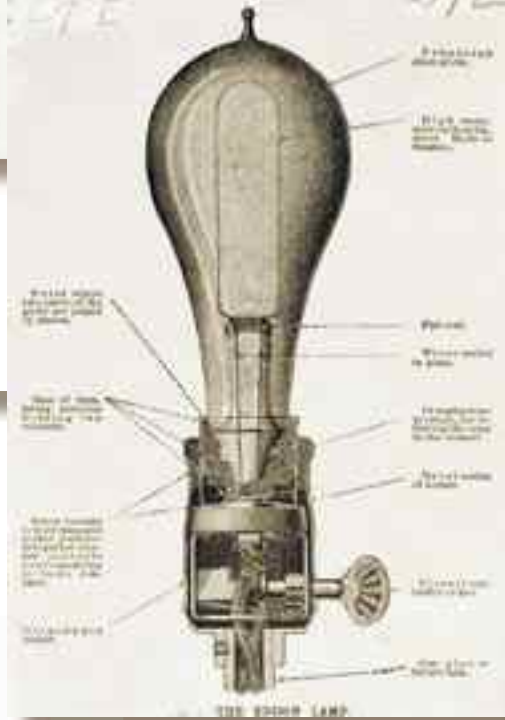
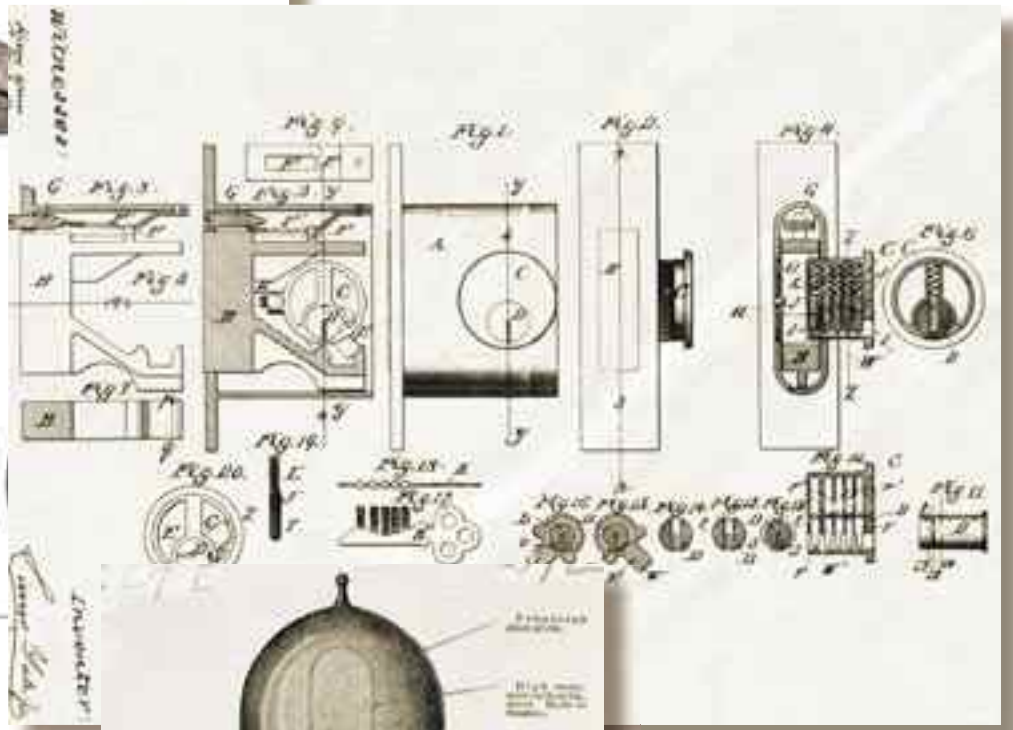
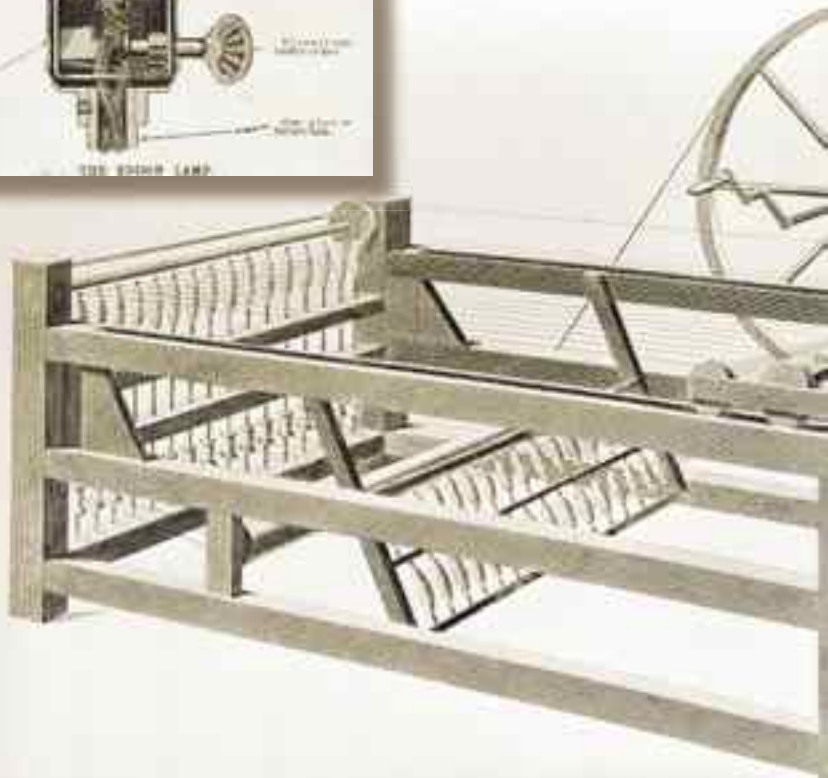
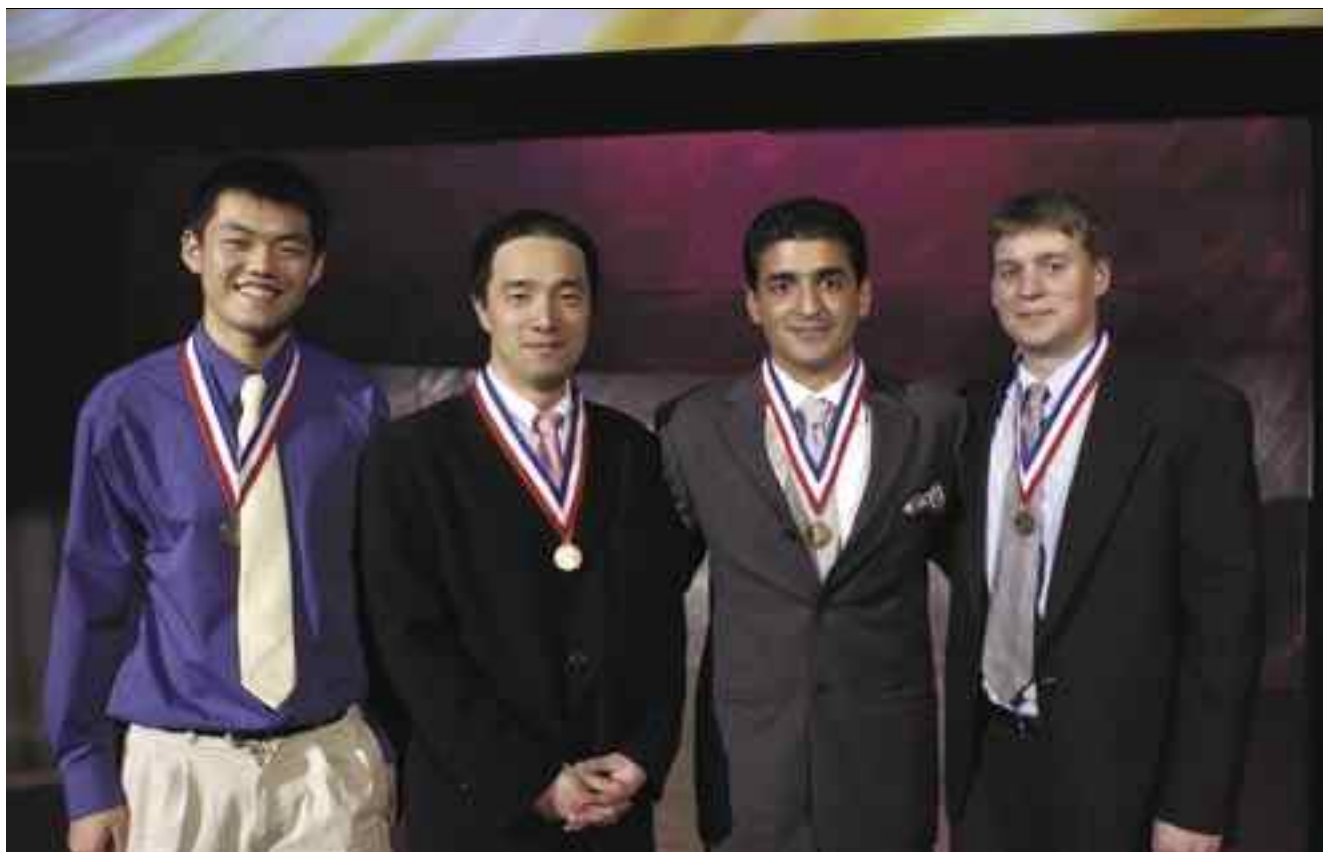


Fig. 37.





Стив Мирски

студенты

ПРОБУЮТ СВОИ СИЛЫ

Не перевелись еще студенты-изобретатели.

Победители Студенческого конкурса изобретателей 2004 г.

Слева направо: победитель среди младших курсов Вей Гу; один из победителей среди старших курсов и аспирантов Ва Мин Нам; лауреат Гран-при Озгур Сахин; один из победителей среди старших курсов и аспирантов Колби Текстон.



Второго октября 2004 г. в Национальной галерее славы изобретателей в городе Акрон, штат Огайо, собрались финалисты 14-го ежегодного студенческого конкурса изобретателей, прошедшего в 800 колледжах и университетах мира.

В общей сложности было подано 120 заявок, в результате 14 изобретений были признаны лучшими. Работы оценивались по дисциплинам исходя из их оригинальности и перспективы применения. «Мы привлекли экспертов из университетов, из частных промышленных предприятий и патентных бюро», – объяснил Дональд Кек (Donald B. Kesk), один из судей финального этапа конкурса, бывший исполнительный директор по научно-исследовательской работе компании *Corning*, один из изобретателей оптоволоконна.

Заслушав доклады финалистов, совет, состоящий из 8 судей, назвал победителей в трех категориях. Занявший первое место среди младших курсов получил \$15 тыс., среди старших курсов и аспирантов – \$25 тыс., а лауреат Гран-при был удостоен премии в \$50 тыс. (его научный руководитель – \$10 тыс., руководители других победителей получили по \$5 тыс. каждый). Основным спонсором конкурса стало Бюро патентов и товарных знаков США.

Поток в движении

Победитель среди студентов младших курсов:

Вей Гу (Wei Gu),

Мичиганский университет
в Анн-Арборе

Руководитель:

Шуичи Такаяма (Shuichi Takayama),
кафедра биомедицинского оборудования

Изобретение:

**СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТОКОМ
ЖИДКОСТЕЙ ЧЕРЕЗ МИКРОСКОПИЧЕСКИ
УЗКИЕ КАНАЛЫ**

Гу родился в Шанхае. В 1989 г. он со своей матерью переехал в Канаду, а затем в США. Еще в шестом классе школы, в то время как большинство детей играли в компьютерные игры, Гу учился их программировать и интересовался биологией. Поступив в Мичиганский университет, он начал работать в лаборатории Шуичи Такаямы, который пытался применить микрофлюидальную технологию для изучения биологии клетки.

У Такаямы возникла идея использовать старое устройство, предназначенное для перевода текста в шрифт Брайля, состоящее из множества опускающихся и поднимающихся иголок, которыми управляла программа. С их помощью текст с экрана компьютера переводился в шрифт Брайля, позволяя слепым людям пользоваться компьютером.



В устройстве, придуманном Гу, матрица вертикально перемещающихся иголок располагается под сетью каналов в силиконовой резине. По словам изобретателя, когда иголка поднимается вверх, она сдавливает канал так же, как человек, наступающий ногой на садовый шланг, пережимает его. По сути это клапан. А если их три и они расположены друг за другом, то можно перистальтически перекачивать жидкость по каналу. Таким образом, имея матрицу таких иголок, можно получить систему клапанов и насосов и с их помощью управлять перемещением жидкостей в каналах.

Устройство может найти применение в биологии, в том числе для тестирования лекарственных веществ. ■

Золотой метод

Победители среди студентов старших курсов и аспирантов:

Ва Мин Нам (Jwa-Min Nam),
Калифорнийский университет
в Беркли

Колби Текстон (Colby Shad Thaxton),
Северо-Западный университет

Руководитель:

Чад Миркин (Chad Mirkin), профессор химии и директор Института нанотехнологий Северо-Западного университета

Изобретение:

НОВЫЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ СЛЕДОВЫХ КОЛИЧЕСТВ БИОЛОГИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ В ОБРАЗЦАХ СЛОЖНОГО СОСТАВА

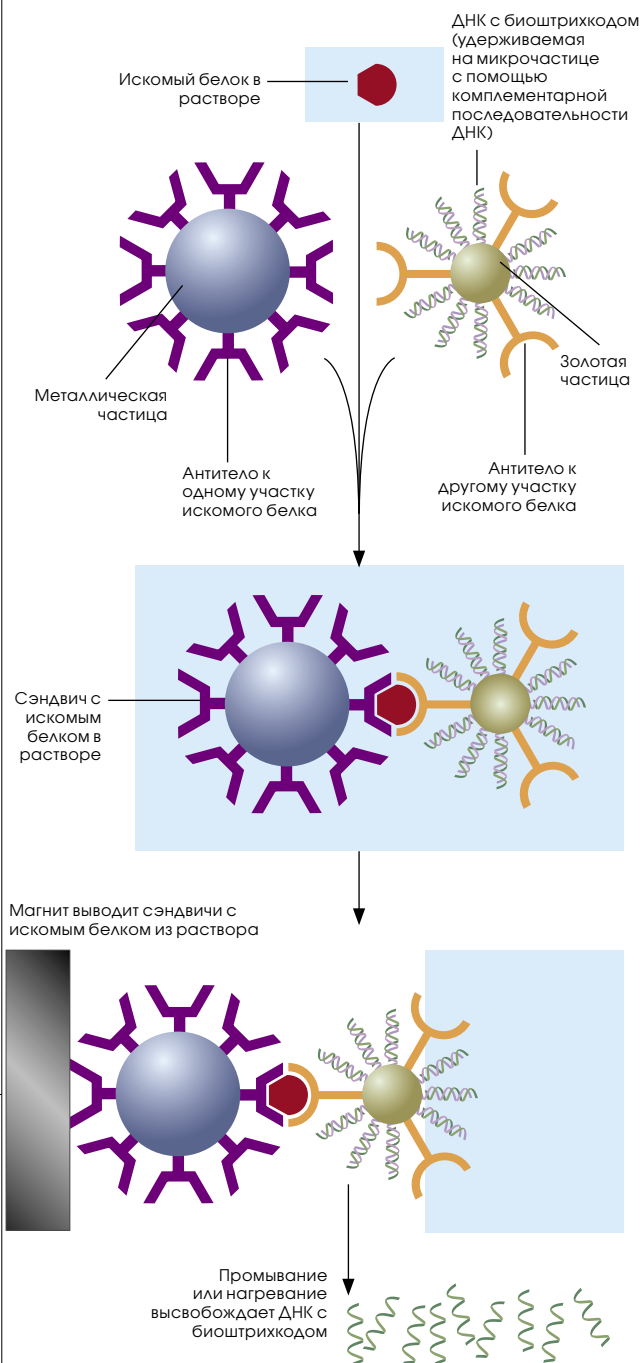
Для выявления и идентификации следовых количеств ДНК, обнаруженных на месте преступления, криминалисты часто прибегают к методике полимерной цепной реакции (ПЦР). Ва Мин Нам и Колби Текстон разработали более эффективную методику, позволяющую распознавать как ДНК, так и белки всего по нескольким молекулам в образце.

Система ищет молекулы-посредники, обнаружить которые нелегко.



Движущиеся иглы устройства, предназначенного для перевода текста в шрифт Брайля, управляют током жидкости в микрофлюидальной пластине. Например, одна игла может работать как клапан: когда она опущена, жидкость течет по тончайшему каналу, однако, поднявшись вверх, она давит на пластину и останавливает ток жидкости. Три иглы, расположенные по соседству и движущиеся в определенной последовательности, могут работать как насос, заставляя жидкость течь в заданном направлении.

LON HORWEDL, Ann Arbor/News (left); LAURIE GRACE (right)



Технология биотрихкода позволяет обнаружить ничтожные следы искомого вещества в растворе. В приведенном примере ведется поиск белковой молекулы. Антитела, прикрепленные к металлической частице и золотой наночастице, способствуют образованию бутерброда, внутри которого оказывается искомая молекула. Магнит, притягивающий металлическую частицу, выводит из раствора весь бутерброд. Промывание или нагревание выделенных сэндвичей высвобождает с поверхности золотой частицы множество копий ДНК, несущих биотрихкод. Эти многочисленные молекулы легче обнаружить, чем ничтожные количества исходного белка.

На поверхности магнитной частицы располагается элемент, распознающий необходимую аминокислотную или нуклеотидную последовательность. Он должен быть комплементарной нуклеотидной последовательностью ДНК, которая обязательно свяжется с ДНК, содержащейся в образце. Для поиска белков следует в качестве распознающего элемента использовать антитела. Затем необходимо ввести другую частицу, которая также распознает ту же самую ДНК или тот же самый белок. Для этого применяются частички золота диаметром всего в 30 нанометров (10 тыс. таких фрагментов могли бы выстроиться в одну линию поперек точки в конце этого предложения), которые также обладают распознающим элементом – последовательностью ДНК или антителами, созданными таким образом, чтобы они присоединялись к другой части искомой молекулы.

Такая система оправдывает себя, поскольку к наночастицам золота прикрепляют 800 экземпляров специально созданной последовательности ДНК из 40 нуклеотидов. Последовательности выступают в роли биологического штрихкода: заранее известный маркер идентифицирует образец подобно штрихкоду с ценой и информацией о продукте на коробке с сухим завтраком.

Воздействие магнитного поля позволяет собрать магнитные частицы. Если в растворе присутствовали искомые молекулы, то магнитные частицы тянут за собой и их, вместе с наночастицами золота, увешанными биострихкодами. Простое промывание чистой водой позволяет отделить биострихкоды, тысячи копий которых после этого свободно находятся в растворе и легко поддаются определению. Исследователь делает вывод, что последовательности сигнализируют о наличии именно искомого белка или ДНК.

При выявлении простатоспецифического антигена (ПСА), маркера рака простаты, чувствительность их схемы оказалась в миллион раз выше, чем у традиционных устройств. Текстон, Нам, Миркин и доктора наук Димитра Георганопулу (Dimitra Georganopoulou) и Савка Стоева (Savka Stoeva) применили эту систему для выявления ранних белковых маркеров болезни Альцгеймера, а также для определения ДНК возбудителей сибирской язвы. С ее помощью можно одновременно выявлять ДНК, РНК и белки. Вероятно, распознавание профилей экспрессии генов станет такой же обычной процедурой в завтрашней молекулярной медицине, какой сегодня является определение уровня холестерина в крови. ■

Сила, время и гармония

Лауреат Гран-при:
Озгур Сахин (Ozgur Sahin),
Стэнфордский университет

Руководитель:

Олав Солгаард (Olav Solgaard),
кафедра электротехники

Изобретение:

**СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНДОВЫЙ
МИКРОСКОП НОВОГО ТИПА,
ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ К МОЛЕКУЛЯРНЫМ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМ**



Традиционная атомно-силовая микроскопия (слева) менее информативна, чем АСМ Озгура Сахина с улучшенным временным разрешением. На обоих изображениях представлены поверхности, состоящие из кремниевой подложки и двух разновидностей полиэтилена. Левое изображение показывает лишь общую топографию. Правое изображение дает информацию о составе материалов: кремний выглядит белым, полиэтилен с упорядоченной структурой – светло-коричневым, аморфный полиэтилен – темно-коричневым.

Озгур Сахин родом из Турции. В 11 лет он построил из конструктора «Лего» механический калькулятор, позволявший выполнять сложение. Сейчас ему 25 лет, он работает в лаборатории Олава Солгаарда в Стэнфордском университете и должен скоро защитить докторскую диссертацию по электротехнике. Он изобрел атомно-силовой микроскоп, предназначенный для определения материалов.

АСМ представляет собой уникальную форму микроскопии, поскольку его работа требует физического контакта с изучаемым образцом. Кельвин Квейт (Calvin F. Quate) из Стэнфордского университета, один из изобретателей первого атомно-силового микроскопа в 1980-х гг., тоже принимал участие в работе Сахина. Гибкий кремниевый зонд, заканчивающийся иглой с кончиком толщиной всего в несколько атомов, по сту-

квивает по поверхности, сканируя ее. Измерение различных сил, отклоняющихся зонд, дает важную информацию о форме поверхности.

Существующие атомно-силовые микроскопы обладают ограниченной разрешающей способностью, поскольку неизбежно происходит усреднение значений силы, последовательно измеренных во времени. Изобретение Сахина учитывает исходные и дополнительно вносимые свойства зонда, что позволяет избавиться от нечеткости изображения.

Зонд простукивает поверхность с прецизионной точностью. Но при своем движении он ведет себя подобно камертону, производя овертона, связанные с основной частотой колебаний. «Все высшие гармоники задаются силами, действующими на кончик иглы», – написано в его научной статье. Сахину удалось успешно преобразовать энергию одной из этих быстрых гармоник обратно в колебания зонда. В результате его перемещения поступает информация о силах, действующих на поверхности, в чрезвычайно коротких интервалах времени. Применяя новый гибкий кремниевый зонд, исследователи смогут собирать ранее недоступную информацию на молекулярном уровне.

Новое устройство может найти применение в материаловедении, где новые материалы проектируются на наноуровне, а также в биологии, где биосенсор позволит обнаруживать ничтожные количества определенных молекул.

Пифагорейцы, стремясь познать природу, впервые раскрыли связь между музыкальными нотами и частотами соответствующих им колебаний. Опираясь на эти фундаментальные закономерности и развивая их, Сахин создал новую методику для более глубокого проникновения в тайны природы. А напоминанием о музыке остается миниатюрный зонд, который сгибается и раскачивается. ■

Финалисты

СТУДЕНТЫ МЛАДШИХ КУРСОВ

Марк Беррел (Marc Burrell), Университет Райса. Управляющая система, улучшающая компьютерное томографическое исследование больных со живленными кардиостимуляторами.

Рендалл Эрб (Randall Erb), Рочестерский университет. Ультразвуковой браслет, позволяющий слепым людям ориентироваться в пространстве.

Джиллиан Хоу (Gillian Hoe), **Эшкон Шахинфар** (Ashkon Shaahinfar) и **Эльберт Хью** (Elbert Hu), университет Джонса Гопкинса. Инструмент для раннего выявления родовых схваток, позволяющий предотвратить преждевременные роды.

Катаржина Савичка (Katarzyna Sawicka), Университет Стони-Брук. Биосенсор, основанный на полимер-энзиматических волокнах, предназначенный для раннего выявления заболеваний печени и почек.

СТУДЕНТЫ СТАРШИХ КУРСОВ И АСПИРАНТЫ

Дэвид Берри (David Berry), Массачусетский технологический институт. Новый метод для введения противораковых препаратов в опухоли, позволяющий сохранить здоровые ткани.

Джиюмон Челлисерикуатил (Jijumon Chelliserrykattil), Техасский университет в Остине. Создание стабильной модифицированной РНК для потенциального применения в медицине.

Пей Ю Чжоу (Pei Yu Chiou) и **Аарон Ота** (Aaron Ohta), Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе. Создание оптического электронного пинцета для манипулирования микрочастицами.

Мохаммед эль-Саланти (Mohammed El-Salanty), Бейлорский зубоврачебный колледж. Приспособление, стимулирующее рост лицевых костей после травмы или хирургической операции.

Вейн Жиллет (Wayne Gellet) и **Дрю Данвуди** (Drew Dunwoody), Университет Айовы. Новый недорогой полимер-электролитный топливный элемент.

Бенджамин Йелен (Benjamin Yellen), Дрексельский университет. Техника производства, основанная на магнитном манипулировании микроскопическими материалами.

Се Хун Ю (Sehoon Yoo), Университет штата Огайо. Процесс изготовления микроскопических керамических волокон для промышленного применения.

Судьи финала

Джасмин Чемберс (Jasemine Chambers), директор Технологического центра 1600, биотехнологического подразделения Бюро патентов и товарных знаков США.

Роуз Дейбек (Rose Ann Dabek), бывший главный консультант компании *Proctor & Gamble*.

Джеймс Хиллер (James Hillier), изобретатель электронного микроскопа.

Дональд Кек (Donald B. Keck), бывший исполнительный директор по научной работе в компании *Corning, Inc.*

Фрэнсис Пепей (Francis Paray), руководитель отдела детской пластической хирургии Кливлендской группы госпиталей.

Стивен Сквайрс (Stephen L. Squires), директор по науке компании *Hewlett-Packard Company*.

Гэри Уэссел (Gary Wessel), профессор биологии, Брауновский университет.

Вудроу Уитлоу-мл. (Woodrow Whitlow, Jr.), заместитель директора Космического центра имени Джона Кеннеди, *NASA*.

Марк Алперт

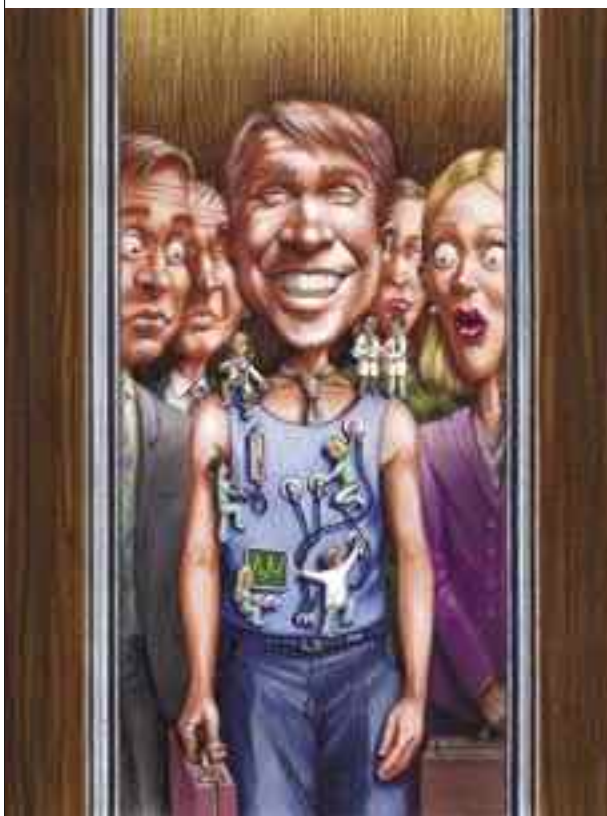
ЗАБОТЛИВАЯ майка

Высокотехнологичная
одежда готова
следить за вашим
состоянием дни
и ночи напролет.

Я с детства был ипохондрик и боялся умереть от сердечного приступа. Родителям так и не удалось развеять мои детские страхи, потому что обеспокоенность казалась мне совершенно обоснованной. Посреди ночи я в панике просыпался и прижимал руку к груди, чтобы убедиться, что сердце по-прежнему бьется. Когда я рассказал об этом отцу, он назвал мое поведение несерьезным и предложил еще один способ самодиагностики: «Ты бы еще палец в нос засунул, чтобы убедиться, что все еще дышишь!»

Теперь меня больше заботит каждый чих и любая царапина у моих детей. Но недавно я узнал, что наблюдение за ритмом сердечных сокращений и дыхания спящего человека – не такое уж бестолковое занятие. Более 12 млн. американцев страдают внезапными остановками дыхания во время сна (апноэ). Причина может быть как обструкционной (временная закупорка дыхательных путей мягкими тканями), так и неврологической. В обоих случаях спящему человеку приходится без конца просыпаться, чтобы сделать вдох. Если болезнь запустить, то она может дать осложнения на сердечно-сосудистую систему. Тем не менее большинство больных стараются просто не обращать внимания на недосыпание, кошмарные ночи и постоянную усталость. К сожалению, точный диагноз можно поставить только после того, как пациент проведет пару ночей в лаборатории под чутким наблюдением врача.

Впрочем, теперь есть более удобное решение: калифорнийская компания *VivoMetrics* создала одежду, которая отслеживает основные показатели состояния организма (пульс, дыхание, температуру тела) дни и ночи напролет. Называется она *LifeShirt* и представляет собой майку-безрукавку со встроенным электрокардиографом и проводами для измерения параметров дыхания. В денверской клинике Кайзера Перманента устройство используют для выявления проблем со сном у детей. «Ночь в лаборатории может стать печальным опытом для ребенка, – говорит директор отдела маркетинга *VivoMetrics* Элизабет Грейвет (Elizabeth Gravatte). – А безрукавку дети носят с удовольствием и даже хвастаются ею



Амбулаторное наблюдение: вам не придется менять распорядок дня, а *LifeShirt* предоставит врачам информацию об изменении сердцебиения и дыхания.

перед сверстниками». Информация, собранная чудо-майкой, позволяет врачу определить, страдает ли ребенок апноэ во сне и требуется ли хирургическое вмешательство, например, удаление миндалин или аденоидов.

LifeShirt с полным правом может считаться полезным медицинским инструментом. С тех пор, как в 2002 г. американское Управление по контролю за продуктами питания и лекарствами (*FDA*) одобрило диагностическую майку и ее использование в различных исследованиях: от наблюдений за пациентами с хроническими заболеваниями легких до оценки степени стресса у страдающих аутизмом. Главное достоинство устройства заключается в том, что оно предоставляет исследователям непрерывный поток информации о состоянии здоровья пациентов. Врачи могут проследить, как изменялись показатели сердцебиения и дыхания на протяжении длительного времени, и с помощью программного обеспечения выявить признаки того или иного заболевания. Вспомнив о своей ипохондрии, я пригласил сотрудников *VivoMetrics* к себе в офис, предварительно сообщив им объем грудной клетки и живота, чтобы они изготовили для меня соразмерную чудо-майку.

Должен признать, что почувствовал себя несколько стесненно в обтягивающей черной синтетике, скрывающей приклеенные к груди электроды. Директор отдела клинических испытаний *VivoMetrics* Алекс Дерач (Alex Derchak) пояснил, что устройство отслеживает объем грудной клетки и брюшной полости по изменению частоты слабого переменного тока в проводах, вплетенных в эластичные бандажы *LifeShirt*. Здесь используется явление самоиндукции: переменный ток создает вокруг проводника переменное магнитное поле, которое, в свою



Дети с удовольствием носят *LifeShirt*. А врачи могут проследить за изменениями состояния здоровья маленьких пациентов.

очередь, индуцирует напряжение, снижающее частоту колебаний тока. Степень самоиндукции пропорциональна площади, которую охватывает проводящий контур. Когда пациент вдыхает, контур расширяется, и частота переменного тока снижается. На выдохе происходит обратное.

Дерак подключил к майке переносное запоминающее устройство с флэш-памятью и сенсорным дисплеем, с помощью которого пациент может внести информацию о том, чем он занимается, в каком он настроении и как себя чувствует. Майка также оснащается акселерометром, который отслеживает уровень активности и определяет, лежит человек, стоит, идет или бежит.

Чтобы убедиться в способностях чудо-майки, я пробежался по коридорам редакции, на ходу успокаивая прижимающихся к стенам ошарашенных коллег словами: «Без паники! Это научный эксперимент!» Дерак дал мне минуту, чтобы я перевел дыхание, и попросил лечь на пол. (К счастью, он не заставил меня отжиматься.) Еще через пару минут Дерак извлек флэш-карту из

закрепленного на мне запоминающего устройства и вставил ее в свой ноутбук, чтобы посмотреть на результаты.

На дисплее появилось несколько графиков. Верхний показывал, как изменялся объем вдыхаемого мною воздуха, посередине экрана расположились электрокардиограмма и график сердечного ритма, в самом низу появилась кривая физической активности. Программа помогла нам выделить интервалы, когда я шел, бежал и отдыхал на полу. Я смог увидеть, как меняется мое дыхание во время разговора: кривая ползла вверх, когда я вдыхал побольше воздуха, а затем плавно опускалась, пока я постепенно выдыхал его. Во время пробежки сердечный ритм увеличился с 93 до 127 ударов в минуту, а количество вдохов в минуту подскочило с 19 до 38. И хотя пробежка длилась всего полторы минуты, сердечный ритм пришел в норму только после двухминутного отдыха.

LifeShirt можно снабдить дополнительными датчиками, например, оксигемометром, измеряющим насыщение крови кислородом, или ларингофоном для определения интенсивности кашля. Чудо-майка уже прошла испытания в пожарных подразделениях штатов Коннектикут и Миннесота. Из-под огнеупорного костюма устройство дистанционно передавало информацию о пульсе, насыщении крови кислородом, температуре тела и ритме дыхания сотрудника в стоящую неподалеку пожарную машину. Американские военные подписали с *VivoMetrics* контракт на разработку системы, контролирующей состояние солдат в ходе проведения военных операций.

Возможно, когда-нибудь компания предложит *LifeShirt* обычным покупателям, однако планы о розничной торговле и ценовой политике пока туманны. Может, это и к лучшему: на свете ведь столько ипохондриков! ■

Как магнитная буря может повлиять на организм человека?



На вопрос отвечает **Тамара Бреус**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института космических исследований:

– В результате многочисленных исследований, проводившихся в Институте космических исследований (ИКИ), Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН), Медицинской академии им. И.М. Сеченова и Института медико-биологических проблем РАН, выяснилось, что во время геомагнитных бурь у пациентов с патологией сердечно-сосудистой системы, особенно у перенесших инфаркт миокарда, подскакивало артериальное давление, заметно увеличивалась вязкость крови, замедлялась скорость ее течения в капиллярах, изменялся сосудистый тонус и активизировались стрессорные гормоны.

В организме некоторых здоровых людей тоже происходили изменения, но они вызвали в основном усталость, ослабление внимания, головные боли, головокружения и серьезной опасности не представляли. Несколько сильнее на изменения реагировал организм космонавтов: у них возникали аритмии и изменялся сосудистый тонус. Эксперименты на орбите также показали, что на состояние человека негативно влияют именно электромагнитные поля, а не другие факторы, которые действуют на Земле, но исключены в космосе.

Кроме того, была выявлена еще одна «группа риска» – здоровые люди с перенапряженной адаптационной системой, связанной с воздействием дополнительного стресса (в данном случае – невесомости, также влияющей на сердечно-сосудистую систему).

Исследователи пришли к выводу, что геомагнитные бури вызывают такой же адаптационный стресс, как и резкая смена часовых поясов, сбивающая биологические суточные ритмы человека. Внезапные вспышки на Солнце и прочие проявления солнечной активности резко

меняют относительно регулярные ритмы геомагнитного поля Земли, что вызывает у животных и у людей сбой их собственных ритмов и порождает адаптационный стресс.

Здоровые люди с ним справляются относительно легко, но для людей с патологией сердечно-сосудистой системы, с перенапряженной адаптационной системой и для новорожденных он потенциально опасен.

Предвидеть ответную реакцию невозможно. Все зависит от многих факторов: от состояния человека, от характера бури, от частотного спектра электромагнитных колебаний и т.д. Пока неизвестно, как изменения геомагнитного поля влияют на биохимические и биофизические процессы, происходящие в организме: что представляют собой приемники геомагнитных сигналов-рецепторов, реагирует ли человек на воздействие электромагнитное излучение всем организмом, отдельными органами или даже отдельными клетками. В настоящее время с целью изучения влияния солнечной активности на людей открывается лаборатория гелиобиологии в Институте космических исследований.

Исследователи приходят также к интересным результатам относительно влияния магнитной бури на будущий пол ребенка.

КОММЕНТАРИЙ

Григорий Обухов, кандидат физико-математических наук, разъясняет:

– Магнитное поле Земли имеет структурированный в пространстве характер. Оно состоит из нескольких «подполей», различных по своей структуре. Каждый уровень отвечает за различные факторы: например, одни структуры поля – за возникновение землетрясений, другие – за поддержание жизнедеятельности бактерий. Было установлено, что геомагнитное поле может оказывать влияние как на пол ребенка, так и на психические характеристики будущего человека. Воздействие электромагнитного поля в конкретном случае зависит от места и времени рождения младенца. Зная точную дату и место зачатия и при этом рассчитав структурированность геомагнитных полей, можно определить не только кто появится на свет – мальчик или девочка, но и обозначить эмоциональные особенности характера, выявить склонность к определенному виду деятельности, а также благоприятные и неблагоприятные периоды для различных форм деятельности будущего человека.

как долго человек может прожить без еды?

Алан Либерсон (Alan D. Liberson), юрист и автор книг «Укрощение боли», «Боль и страдание», «Граница страданий» и др., объясняет:

– Человек может оставаться без пищи довольно долго. Прежде всего это зависит от первоначального веса тела, его генетических особенностей и состояния здоровья. Но самое главное – вода, без необходимого количества которой наступает обезвоживание организма.

Без еды и жидкости здоровый организм может выдержать 10–14 дней (в зависимости от скорости наступления обезвоживания, поскольку у тех или иных людей этот момент растягивается от одной до трех недель).

Часто такие ситуации возникают по двум причинам. Во-первых, когда больной, будучи не в состоянии самостоятельно принимать пищу, переводится на «искусственное»

питание. В этом случае он не желает таким образом поддерживать свою жизнедеятельность. Во-вторых, когда человек отказывается от приема пищи, пытаясь свести счеты с жизнью.

Но если здоровый индивид перестает принимать пищу, то сложно определить, как скоро его организм достигнет предела. Махатма Ганди (Mahatma Gandhi) смог выдержать голодовку в течение 21 дня, время от времени принимая лишь воду.



В статье, появившейся в 1997 г. в «Британском медицинском журнале», были упомянуты случаи, когда человек прожил 28, 36, 38 и даже 40 дней без пищи.

Чаще всего происходит неполный отказ от пищи, приводящий к нарушению обмена веществ. (Заклученные в концлагерях находились в таком состоянии в течение многих месяцев и даже лет.) В человеческом организме меняется обмен веществ, который влияет на щитовидную железу. Эта способность к изменению поможет объяснить, почему эволюционирует структура гена, которая приводит к диабету.

Медицинская практика знает случаи, когда человек страдал от того, что не мог воспринимать пищу. Происходили нарушения в его нервной системе, он становился раздражительным и агрессивным. Тогда смерть может наступить из-за сердечной недостаточности, вызванной уменьшением массы тела. Серьезным отклонением от нормы считается, когда вес составляет примерно половину индекса массы тела (*BMI*), или, говоря цифрами, от 12 до 12,5. Нормой *BMI* считается 18,5–24,9. (У манекенщиц он составляет примерно 17.)

Читайте в следующем выпуске журнала:

КАК ЛЮДИ ИЗМЕНИЛИ КЛИМАТ ПЛАНЕТЫ

Последние дикие лошади

Сегодня сохранилось лишь семь видов диких лошадей, и все они под угрозой исчезновения.

Можно ли победить волчанку?

Последние исследования проливают свет на особенности иммунитета: способность организма отличать «свое» от «чужого»; обеспечение самотолерантности; контроль интенсивности иммунного ответа.

Виртуальная атака биотеррористов

Чтобы выбрать оптимальную линию поведения, нужно смоделировать различные сценарии развития событий в условиях, максимально приближенных к реальности.

Парадоксы Большого взрыва

Космологическое расширение позволяет понять, как формировались простые структуры и как они постепенно развивались в сложные.





журнал «В МИРЕ НАУКИ»

ГДЕ КУПИТЬ ТЕКУЩИЕ НОМЕРА:

■ в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;

■ в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., 1;

■ в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА;

■ в киосках г. Зеленограда;

■ в Санкт-Петербурге, ЗАО «НЕВА-ПРЕСС», тел. (812) 324-67-40;

ООО «Заневская пресса» тел. (812) 275-07-21

■ в Новосибирске, АРПИ «Сибирь», тел. (3832) 20-36-26;

■ в Нижнем Новгороде, «Роспечать», тел. (8312) 35-15-92, 35-72-42, 19-76-05; «Шанс-пресс», тел. (8312) 31-31-14, 31-31-16;

«Региональная пресса», тел. (8312) 35-88-16

■ в Киеве, KSS, тел. (044) 464-02-20.

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

Как заказать/подписаться на журнал «В мире науки»:

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

БЛАНК ЗАКАЗА

Бланк подписки

Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу 390 руб. 00 коп.

Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу 780 руб. 00 коп.

Адрес

Ф.И.О. _____
 Индекс _____
 Область _____
 Город _____
 Улица _____
 Дом _____ Корп. _____ Кв. _____
 Телефон _____
 Дата рождения _____/_____/20____

Бланк заказа

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

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> №1/____ | <input type="checkbox"/> №7/____ |
| <input type="checkbox"/> №2/____ | <input type="checkbox"/> №8/____ |
| <input type="checkbox"/> №3/____ | <input type="checkbox"/> №9/____ |
| <input type="checkbox"/> №4/____ | <input type="checkbox"/> №10/____ |
| <input type="checkbox"/> №5/____ | <input type="checkbox"/> №11/____ |
| <input type="checkbox"/> №6/____ | <input type="checkbox"/> №12/____ |

Всего _____ экземпляров.

Я заказываю полный комплект «В мире науки» за 20____ г.

Цена одного номера журнала 65 руб.

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

 Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Плательщик		

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

 Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Плательщик		

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО:

■ по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970;

■ подписка на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 10729

■ через редакцию (только по России), перечислив деньги через Сбербанк или по почте, отправив копию квитанции (с указанием Ф.И.О., точного адреса и индекса подписчика) в редакцию по почте, по факсу: (095) 105-03-72; 727-35-30 или по e-mail: distr@sciam.ru. Стоимость подписки на полугодие – 390 руб., на год – 780 руб.

Подписаться можно со следующего номера, в квитанции обязательно указать номер, с которого пойдет подписка.

Бланк подписки можно взять в любом номере журнала, получить в редакции или на сайте www.sciam.ru.

