ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

тема номера:

№2 2005

сингулярный компьютер

музыка и МОЗГ

разбитое СЕРДЦЕ

непредсказуемые ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

ISSN 0208-0621

9 770208 062001 >

www.sciam.ru

МИР ОТКРЫТ.
СМОТРИ ВНИМАТЕЛЬНО

ВСЕ ЛУЧШЕЕ ЗДЕСЬ!

Rambler ТелеСеть

Приходишь домой, включаешь телевизор. Привычно перебираешь каналы. Уставшие глаза ищут отдыха. Хочется расслабиться, покоя и хорошего настроения. Хочется увидеть огромный мир, увидеть яркое солнце, увидеть счастливые лица людей, романтическое свидание влюбленных, радость ребенка, прикоснуться к тайнам вселенной и познать вкус открытий. Хочется увидеть так много. Хочется увидеть лучшее.

Рамблер ТелеСеть. Все лучшее здесь!

www.rambler-tv.ru

СМОТРИТЕ НАС В МОСКВЕ НА НТВ-ПЛЮС, **DIVO-TV**, КОМКОР-ТВ

СМОТРИТЕ НАС В РОССИИ

Нас могут видеть более 40 млн. человек в 400 городах России:
Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Новосибирск, Пермь, Самара, Красноярск, Иркутск, Омск, Ярославль и многие другие.

ПАРАМЕТРЫ НАСТРОЕК НА КАНАЛ " Rambler ТелеСеть" ДЛЯ НТВ-ПЛЮС
28 транспондер,частота 12245, FEC -3/4, скорость потока 27500, поляризация - вертикальная

содержание

ФЕВРАЛЬ 2005

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

БИОТЕХНОЛОГИИ

24 **КАК ВОССТАНОВИТЬ РАЗБИВШЕЕСЯ СЕРДЦЕ?**

Смадар Коэн и Джонатан Лиор

Биологи и инженеры, специализирующиеся в тканевой инженерии, вплотную приблизились к заветной цели – выращиванию функциональных лоскутов сердечной мышцы.

ФИЗИКА

32 **СИНГУЛЯРНЫЙ КОМПЬЮТЕР**

Сет Ллойд, Джек Энджи

Чем черная дыра отличается от компьютера? Таков один из самых серьезных вопросов современной физики.

ЭКОЛОГИЯ

44 **НЕПРЕДСКАЗУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Ричард Элли

Произойдут ли в ближайшее время резкие изменения климата? Каковы масштабы возможных катастроф?

ОБОРОНА

52 **БРЕШИ В СИСТЕМЕ ПРО**

Ричард Гарвин

На смену современной системе противоракетной обороны должны прийти более эффективные способы защиты.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

62 **ВЫЧИСЛЕНИЯ СО СКОРОСТЬЮ СВЕТА**

Уэйт Гиббз

В ближайшее десятилетие архитектура компьютеров может радикально измениться.

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

70 **МУЗЫКА И МОЗГ**

Норман Уэйнбергер

В чем секрет завораживающей власти музыки?

ИННОВАЦИИ

78 **ДВА В ОДНОМ**

Уэйт Гиббз

Размещение нескольких процессоров в одном кристалле позволяет уменьшить время их взаимодействия до долей наносекунды.

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

82 **ДИНОЗАВРЫ АРКТИЧЕСКОЙ АЛЯСКИ**

Энтони Фиорилло

Примерно 75–70 млн. лет назад на Северной Аляске жили сверхвыносливые динозавры.

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки
scientific american

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:
кандидат биологических наук М.Л. Филиппенко, кандидат биологических наук Б.В. Чернышев, профессор Ю.В. Чудецкий

Над номером работали:
Е.М. Амелин, А.В. Банкрашков, О.А. Василенко, Е.М. Веселова, Ф.С. Капица, В.В. Костиков, Б.А. Квасов, Ю.В. Кислова, Д.В. Кислов, Т.М. Колядич, Д.А. Константинов, Т.В. Панченко, И.П. Потемкин, Т.В. Потапова, А.С. Расторгуев, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников, В.Г. Сурдин, К.Р. Тиванова, П.П. Худолей, Н.Н. Шафрановская

Корректура: 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, Л.В. Старшинова

Спецпроекты: И.Б. Истомина

Менеджер по связям с общественностью: А.А. Рогова

Курьер: А.В. Вигуро

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 AvanteGuardeGothic 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, Philip E. Ross, Michael Shermer, Sarah Simpson, Carol Ezzell Webb

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: 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

ОТ РЕДАКЦИИ
3 **ПОЛИТИКА И НАУКА**

4 **50,100,150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

6 **СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**
- Кризис профессии
- Как отремонтировать «Хаббл»
- Неудавшийся обман
- Охотник на динозавров
- Осторожно, полиомиелит
- Ненужные цилиндры
- Твердая сверхтекучесть
- Речной захватчик
- Грозные магнитные бури

ПРЕМИЯ
16 **ТРИУМФ РОССИЙСКОЙ НАУКИ**
Федор Капица
Вручение премии российским ученым.

К ЮБИЛЕЮ МГУ
18 **МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ**
Вячеслав Костиков
Выпускник МГУ о судьбах российской интеллигенции.

ЛАБОРАТОРИЯ
22 **СЪЕДОБНАЯ ВАКЦИНА – МЕЧТА ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?**
Сергей Оганесян
Можно ли упростить и обезопасить процесс иммунизации.

90 **КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ**

ЗНАНИЕ – СИЛА
92 **ЧТОБЫ СЕРДЦЕ БИЛОСЬ: КАРДИОСТИМУЛЯТОРЫ**
Марк Фишетти
Устройство для нормализации ритма сердечных сокращений помогает жить 4 млн. человек.

КОЛОНКИ:

94 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ
Как выбрать стоматологическую клинику? Почему мужья порой начинают чувствовать себя так, как будто сами находятся в положении? Откуда появляются пузырьки в газированных напитках?

политика и наука

PHOTOGRAPH BY RON CHAPPEL *Thinkstock/Getty Images;* PHOTOILLUSTRATION BY EMILY HARRISON

Scientific American не раз высказывал критические замечания в адрес президента Джорджа Буша о его позиции в отношении науки, хотя, по мнению читателей, научное издание не должно вмешиваться в политику, а призвано заниматься чистой наукой. Однако не в нашей власти отделить одно от другого. Накопление научных знаний приводит к возникновению проблем, которые приходится решать экономистам, политикам и обществу в целом, а политические решения, несомненно, влияют на развитие науки, технологий и производства. Российская редакция журнала «В мире науки» в полной мере разделяет точку зрения западных коллег относительно взаимовлияния науки, общества, политики и экономики.

Вопросы развития российской науки многократно обсуждались, в том числе в рамках Госсовета и Совета безопасности России. Ставились задачи по реформированию отраслей, имеющих отношение к производству интеллектуального капитала, принимались соответствующие программы, однако в полном объеме они реализованы не были.

Президент Российской Федерации Владимир Путин неоднократно говорил о необходимости развития фундаментальных наук, без которых невозможны прикладные исследования, а также отмечал актуальность инвестиций в экономику знаний. Кроме того, уделил особое внимание информационным технологиям, которые становятся мощным рычагом обновления и повышения конкурентоспособности национальных производств, развития инновационной деятельности. Их вклад в ВВП ведущих стран мира неуклонно растет. Несмотря на то что позиции России пока скромные (менее 1% мирового рынка), формирование современной инфраструктуры информационного сектора экономики может стать значимым национальным проектом. Его реализация потребует эффективного партнерства и ответственности науки, бизнеса, государства и создания соответствующих правовых и организационных механизмов.

В 2004 г. ассигнования на науку в России выросли почти в четыре раза и к концу года достигнут 46,2 млрд. рублей. Очевидно, движение есть, однако финансовых средств по-прежнему недостаточно, впрочем, их не хватает даже в развитых странах, таких как США, Великобритания и Япония.

Президент США Джордж Буш неоднократно выступал, обращая внимание на значение науки, и обещал увеличить финансирование исследований в таких областях, как безопасность, медицина, космос и нанотехнологии. Фундаментальные науки оцениваются администрацией президента гораздо дешевле. Представленный бюджет предусматривает также уменьшение ассигнований в отдельных областях. Многие ученые считают, что администрация Буша оказывает давление на научное сообщество, заполняя технические комитеты идеологами или лоббистами, игнорирующими научные данные, осуждающими тех, кто посвятил свою жизнь исследованиям. Можно выступать за запрещение использования эмбриональных стволовых клеток, исходя из морально-этических убеждений, или признавать необходимость немедленного развертывания систем ПРО, но при этом нельзя игнорировать новые возможности для лечение заболеваний или не учитывать те данные, которые могли бы помочь в создании действительно надежной системы защиты.

Наука всегда дает однозначные ответы, однако в спорных случаях должны рассматриваться все возможные решения той или иной проблемы. Ведь один неверный шаг – и наш густонаселенный технократический мир может оказаться на грани пропасти. Только трезвый научный анализ поможет человечеству выжить. ■

Красноречивые пузырьки ■ Радиоактивная земля ■ Геологические часы

Аппарат для мытья окон, 1855 г.

ФЕВРАЛЬ 1955

ПУЗЫРЬКОВАЯ КАМЕРА. «Физики, исследующие микромир атомных ядер, похожи на людей, бредущих по темной пещере с фотовспышкой. Давно известно, что если очень чистую жидкость нагревать в гладкостенном сосуде, то она не будет кипеть, даже когда ее температура превысит точку кипения. Я подумал, не может ли элементарная частица при подходящих условиях инициировать возникновение микроскопических пузырьков, с которых начинается процесс кипения? Если так, то в перегретой жидкости можно увидеть ее отчетливый след» – Дональд Глазер (Donald A. Glaser). (Глазер стал лауреатом Нобелевской премии по физике 1960 г. за изобретение пузырьковой камеры. – *Прим. ред.*)

БОРЬБА С ФТОРИРОВАНИЕМ. Многие ученые полагают, что США охвачены эпидемией иррациональности, которую сенатор Фалбрайт из Арканзаса назвал расцветом антиинтеллектуализма. Фторирование водопроводной воды рекомендовано большинством научных организаций. Однако у него есть и ярые противники. Их возражения основаны на трех аргументах: 1) фторирование не проверено на практике и чревато опасными последствиями; 2) фториды ядовиты; 3) санобработка воды в общественном водопроводе – это шаг навстречу социальной медицине и нарушение прав личности. ■

ФЕВРАЛЬ 1905

НАША ГОРЯЧАЯ ПЛАНЕТА. Профессор Резерфорд отмечает, что «хотя высокую температуру Солнца и Земли невозможно объяснить выделением тепла при химических реакциях, недавно выяснилось, что радиоактивные вещества способны выделять в миллион раз больше тепла, чем самые бурные химические реакции. Таким образом, оценка возраста нашей планеты, выведенная лордом Кельвином из предположения, что Земля – обычное остывающее тело, не имеющее источников тепла, ошибочна. Ведь нынешний температурный градиент планеты скорее всего практически не изменился с древних времен».

СЛОНОВЬИ ШАЛОСТИ. Поезд, на котором несколько недель назад из Спокана отправился цирк, внезапно «сломался». Резервуар для воды оказался абсолютно пустым, хотя его недавно наполняли. Объяснить это чудо никак не удавалось, пока не заметили, что из ближайшего к локомотиву вагона со слоном течет вода. Оказалось, что гигант набирал в хобот воду через люк резервуара и поливал других животных. Промокшие звери отнеслись к принудительному душу и вынужденной остановке без особого энтузиазма. ■

ФЕВРАЛЬ 1855

ГЕОЛОГИЯ И РЕЛИГИЯ. Многих ученых мучает вопрос: каков возраст нашей планеты и как она развивалась? Некоторые полагают, что мир возник именно так, как описано в Книге Бытия, однако под упомянутыми в ней днями следует понимать неопределенные периоды времени, возможно, продолжительностью до шестидесяти тысяч лет. Такой точки зрения придерживается большинство геологов и священнослужителей. Сэр Чарльз Лайелл считает, что дельта Миссисипи сформировалась примерно за 67 тыс. лет.

ОКНА–1855. На рисунке изображен новый аппарат для мойки окон. Направляя на стекло поток воды из наконечника трубы, можно без труда смыть сажу и пыль. Ведро, стойка и труба – вот все, что для этого нужно. ■

ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ ОЧЕРЕДНОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «НАУКА И ЖИЗНЬ»

Тематика статей номера, как всегда, широка и разнообразна:

■

Преодоление острейшей социальной и экономической пропасти, разделяющей бедных и богатых, — государственная задача не из легких. Экономисты анализируют ситуацию и делают прогнозы.

■

Компьютеры изменили современный мир. Член-корреспондент РАН Б. Бабаян предсказывает быстрое развитие систем беспроводной связи для портативных компьютеров, по масштабам сопоставимое с развитием систем сотовой связи.

■

В Арктике, в том числе и на ее материковой части, теплеет в два-три раза быстрее, чем на всей планете. Вывод ученых: пора принимать меры к защите городов и технических сооружений, расположенных в зоне вечной мерзлоты.

■

Живой разговор физика и биолога о путях развития медицины в XXI веке. В биологии появились первые генетически модифицированные организмы, а в технике — первые практические работы по созданию нанороботов для медицинских целей.

■

Историки анализируют процесс вызревания Второй мировой войны в недрах стран и дипломатических коллизий.

■

Со стволовыми клетками — родоначальницами всех клеток организма — связаны многие надежды медицины. Эти клетки, не имеющие выраженной специализации, способны многократно делиться и созревать, превращаясь в компоненты крови и клеточные элементы самых разных тканей, от мышечной и хрящевой до жировой и нейрональной. Наиболее удобным, безопасным и универсальным источником стволовых клеток российские специалисты считают пуповинную кровь, которую можно годами хранить в замороженном виде. С ее помощью уже спасено более трех тысяч больных лейкозами, на подходе методы лечения инсультов и травм позвоночника. Но чтобы новые технологии вошли в широкую медицинскую практику, нужны национальные банки-регистры пуповинной крови.

■

Уровень потребления энергии в микросхеме компьютера, принимая во внимание ее крошечные размеры, сравним с плотностью выделения энергии двигателем реактивного самолета. Работающую схему надо охлаждать. Сейчас тепло от микросхем отводят, обдувая их вентилятором, затрачивая массу лишней энергии. Описание нового способа, основанного на известном явлении смачивания, звучит фантастически: микрочипы можно покрыть сетью микроканалов и на них вырастить микрогазон нанотравы, которая будет всасывать охлаждающую жидкость и отводить тепло непосредственно от перегретого участка чипа.

■

За один летний день семья синиц съедает более 130 вредных гусениц. Подкормите птиц весной.

■

Начало весны — особое, благоприятное время для любителей астрономии. Удачных вам наблюдений.

В ночь на 26 апреля не пропустите Антарес!

■

Многие животные способны освоить начала арифметики. Каким образом зоологи убеждаются в этом?

■

В номере — также материалы постоянных рубрик: «Кроссворд с фрагментами», «Психологический практикум», «Математические досуги», «Маленькие хитрости», «Шахматы», «Домашнему мастеру», «Садоводу — на заметку», «Переписка с читателями» и др.

Электронная версия ISSN 1683-9528 представлена в сети Интернет, ежемесячно регистрируется около 10 000 обращений.
Адрес редакции: 101990, Москва, Центр, ул. Мясницкая, д. 24. Тел.(095)924-18-35, факс (095)200-22-59.
Служба распространения и связей с общественностью: Ю. А. Сигорская — 921-92-55. Рекламная служба: 928-59-65.
Http: www.nauka-i-zizn.ru, e-mail: mail@nauka.relis.ru. Подписные индексы 70601, 79179, 34174.

ДИНОЗАВР НА ЗАКУСКУ

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Киллер мелового периода? Млекопитающие, относящиеся к роду *Repenomamus* (*например, R. giganticus, слева*), по-видимому, охотились на динозавров. В области желудка массивного репеномама (*R. robustus*) была обнаружена горстка костей молодого динозавра (*вверху*).

Мезозойские млекопитающие были маленькими: эволюционному укрупнению древнейших зверей препятствовали динозавры – самые крупные хищные и растительноядные животные планеты. Недавно обнаруженный гигантский репеномам (самое большое из известных науке млекопитающих эры динозавров) значительно увеличил верхнюю границу размеров этих животных в представлениях ученых. Он был крупнее некоторых мелких динозавров (например, оперенного микрораптора и других дромеозавров). Этот зверь, вероятно, жил в густых, очень теплых и влажных лесах. Судя по строению кистей и стоп, его конечности не были приспособлены к обхватыванию веток, а потому он вряд ли вел древесный образ жизни. Вероятнее всего, он жил на земле, скрываясь под сенью мезозойских папоротников и гингко.

Об острозубом зверьке, охотившемся на динозавров.

До недавних пор первые млекопитающие представлялись ученым небольшими существами величиной с крысу, старавшимися держаться подальше от страшных зубов динозавров. Сегодня выясняется, что охотники и жертвы порой менялись ролями. Кости, обнаруженные недавно международной группой палеонтологов, свидетельствуют о том, что в желудки млекопитающих попадали и детеныши динозавров.

Речь идет о репеномаме массивном (*Repenomamus robustus*) – зверьке размером с виргинского опоссума, жившем в мезозойскую эру 130 млн. лет назад. Среди костей его грудной клетки палеонтологи обнаружили скелет детеныша динозавра. Особенности строения зубов, пальцев и конечностей позволили ученым идентифицировать его как пситтакозавра (*Psittacosaurus*) – безрогого родича трицератопса (*Triceratops*), достигавшего в зрелости размеров коровы. Если кости зверька полностью сохранили свое анатомическое расположение, то от скелета сохранилась лишь горстка раздробленных костей, лежавшая там, где у живых млекопитающих находится желудок.

Окаменелости животных с желудочным содержимым попадаются ученым крайне редко. До сих пор они находили лишь динозавров с челюстями млекопитающих в пищеварительном тракте. Не исключено, что динозаврами кормились и другие представители рода *Repenomamus*. В северо-восточной части Китая, где палеонтологи часто обнаруживают окаменелости пернатых динозавров, крестьяне откопали кости гигантского репеномама (*R. giganticus*) весом 12–14 кг и длиной более метра, самого крупного представителя рода. Его череп достигал в длину 16 см, т.е. был на 50% крупнее, чем у массивного репеномама. «Крупные животные отличаются от мелких не только размерами тела. Они могут охотиться на более массивных жертв и отражать атаки более крупных хищников, например динозавров», – поясняет палеонтолог из Америки.

Хотя ученые, работающие под руководством Менга, не исключают, что представители рода *Repenomamus* питались падалью, их руководитель склонен считать, что они были хищниками. На это, по его мнению, указывают их крупные заостренные зубы и особенности строения челюстей, приспособленных для схватывания, удержания и умерщвления других животных. Некоторые из длинных костей динозавра, съеденного репеномамом, оставались сочлененными друг с другом, а это значит, что хищник поедал добычу большими кусками. Кроме того, падальщики вообще встречаются среди млекопитающих редко: из всех ныне существующих хищных зверей падаль составляет основную пищу только двух видов гиен.

Палеонтолог Чже Силю (Zhe-Xi Luo) из Музея естественной истории Карнеги в Питтсбурге назвал находку первым убедительным доказательством того, что древнейшие млекопитающие кормились не только насекомыми. «Мезозой принято считать эрой динозавров, но эта находка показывает, что порой и динозавры становились жертвами млекопитающих», – комментирует ученый.

Чарлз Чой

ЗАТАИВШИЙСЯ ПОЛИОВИРУС

МЕДИЦИНА

В январе 2004 г. в Женеве состоялась встреча министров здравоохранения из Афганистана, Индии, Пакистана, Египта и Нигерии – стран, где распространен полиовирус. Мероприятия по его уничтожению проводились в течение 15 лет, затраты составили $3 млрд. Организация под названием «Инициатива по глобальному искоренению полиовируса» собиралась закончить работу к концу 2004 г. и придать полиовирусу дикого типа тот же статус, каким обладает вирус оспы (о полном искоренении последнего было объявлено в 1980 г.).

Но полиомиелит – гораздо более сложное заболевание. Вместо того чтобы исчезнуть, полиовирус стал «расползаться» по другим регионам и сегодня зарегистрирован в 10 странах. Летом 2003 г. на севере Нигерии произошла вспышка заболевания. Власти штата Кано заявили, что использованная там вакцина *Western* была заражена вирусом иммунодефицита, и иммунизация была приостановлена на год. К лету 2004 г. вирус полиомиелита распространился на 10 соседствующих с Нигерией стран, результатом стала парализация 700 детей.

В октябре были предприняты определенные действия по борьбе с вирусом в 23 африканских странах с участием одного миллиона добровольцев. Задача заключалась в том, чтобы вакцинировать 80 миллионов детей к концу года, а сроки искоренения полиовируса были отодвинуты на конец 2005 г.

«С биологической точки зрения эта цель вполне достижима, – говорит Дэвид Хейманн (David L. Heymann) из Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). – Главным препятствием могут стать политические факторы». Чтобы добиться политической поддержки нового этапа программы, Хейманн предпринял ряд шагов. Прежде всего он решил получить одобрение со стороны Организации «Исламская конференция», членами которой являются 56 мусульманских государств. Поддержка этой организации смягчила позицию Нигерии: власти разрешили проводить вакцинацию, но при условии, что вакцина будет производиться в Индонезии – мусульманской стране, а проверку на безопасность возьмет на себя Индия.

По мнению Хейманна, от участников акции потребуются поистине героические усилия. 13 африканских стран, где в 2002 г. произошла вспышка заболевания, занимают огромную территорию, на которой проживают 300 млн. человек. Поскольку видимые признаки болезни (паралич) проявляются только у одного из 200 инфицированных, документированные случаи заболевания (800 человек) на самом деле соответствуют 160 тыс. инфицированных.

Положение дел в Индии, Пакистане и Афганистане гораздо лучше. В начале ноября в Индии был выявлен только 81 заболевший. По мнению Хейманна, мероприятия в азиатских странах удастся завершить в начале 2005 г. В Африке такого же результата необходимо добиться к концу года.

Кристин Соарес

КАПРИЗНАЯ ВАКЦИНА

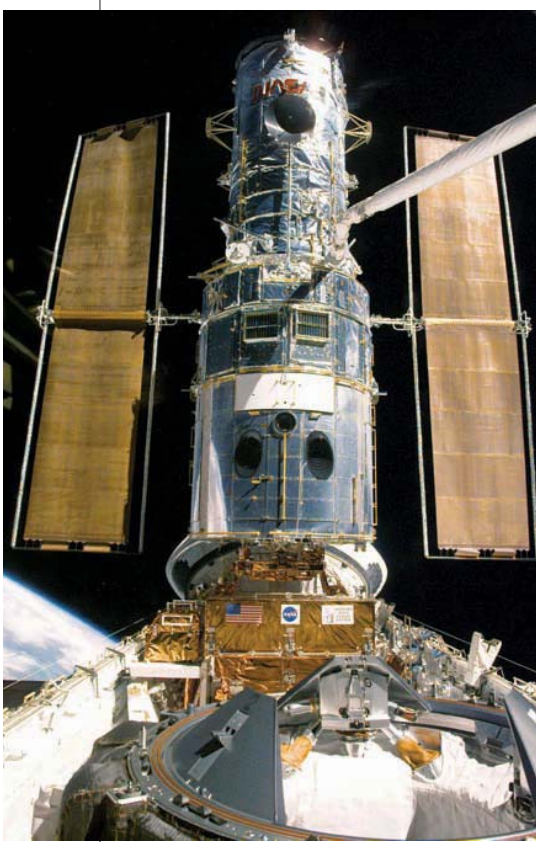
Полиовирус дикого типа распространен в Индии, Пакистане, Афганистане, Нигерии, Египте, Кот-д'Ивуар, Буркина-Фасо, Чаде и Судане. Правительства этих стран надеются, что его удастся уничтожить к концу 2005 г. По истечении трех лет ВОЗ объявит об уничтожении вируса полиомиелита на Земле. Далее нужно будет запретить использование оставшейся вакцины против полиомиелита и ликвидировать все препараты. Живые вирусы, присутствующие в вакцине, могут вновь стать патогенными в результате мутаций (по крайней мере, в четырех случаях вспышки заболевания были связаны с самими вакцинами).

Медицинские работники из северной Нигерии, проводящие масштабную вакцинацию населения против полиомиелита. В руках у каждого – герметично запаянная сумка с препаратами вакцины.

UNICEF/HQ04-0733/MUDI YAHAYA

проблемы с «ХАББЛОМ»?

АСТРОНОМИЯ



Вручную: во время экспедиции в 1999 г. космический телескоп «Хаббл» удерживался механической рукой над грузовым отсеком шаттла.

Ремонт с помощью робота может оказаться более рискованным, чем ожидалось.

Робот поможет отремонтировать космический телескоп «Хаббл», который сможет функционировать, по крайней мере, еще пять лет. Опыт работы с телеуправляемыми манипуляторами будет полезен для полуавтоматического обслуживания спутников на орбите. Однако независимые эксперты сомневаются, сможет ли робот спасти «Хаббл».

Согласно сценарию, астронавты, выйдя в открытый космос, должны были заменить батареи, гироскопы и датчики системы управления. Кроме того, новые научные приборы, включая широкоформатную камеру и спектрограф, повысили бы наблюдательные возможности «Хаббла» во много раз.

После катастрофы *Colambia* в 2003 г. *NASA* сократило количество шаттлов. Поскольку во время экспедиции к «Хабблу» не предусмотрена возможность ремонта шаттла и спасения команды в критической ситуации, космическое агентство планирует беспилотный полет.

Различные технические проблемы препятствуют такой экспедиции, – объясняет Престон Берч (Preston Burch), руководитель программы из Годдардского центра космических полетов *NASA*. Во-первых, автоматический орбитальный ремонтный модуль должен самостоятельно встретиться и мягко состыковаться с «Хабблом» без помощи как самого космического телескопа, так и персонала. (Предыдущие автоматические стыковки больше напоминали «управляемые столкновения».) В ближайшее время аппараты *NASA* и министерства обороны продемонстрируют возможность таких маневров. Во-вторых, руки робота должны будут открепить несколько типов замков, соединить кабели и заменить ряд хрупких приборов, часто в труднодоступных местах. Эти манипуляторы, снабженные крошечными видеокамерами и точными датчиками положения, в основном должны выполнить работу автономно, лишь с небольшой помощью наземных операторов. (Из-за большого расстояния задержка связи составит несколько секунд.)

Однако детальный анализ и лабораторные испытания, проводимые на полноразмерных моделях, вселяют надежду. Решить же проблему можно за счет некоторой модернизации. Например, гироскопы, которые трудно установить на их штатное место, инженеры хотят разместить внутри широкоформатной камеры, которая будет прикреплять-

ПОЧЕМУ БЫ НЕ ДАТЬ «ХАББЛУ» УМЕРЕТЬ?

«Новые приборы, которые должны быть установлены на Космическом телескопе «Хаббл», в том числе широкоформатная камера и спектрограф, мощнее, чем их предшественники на орбите», – объясняет астроном Гарт Иллингворт (Garth Illingworth) из Ликской обсерватории Калифорнийского университета.

«Отремонтированный «Хаббл» смог бы провести уникальные наблюдения как планет, обращающихся вокруг ближайших звезд, так и наиболее далеких и загадочных источников гамма-вспышек и темной энергии», – считает Джон Баколл (John Bahcall) из Института передовых исследований в Принстоне.

ся с внешней стороны телескопа. Автоматизированный ремонт «будет проводиться в 10 раз медленнее, чем он мог бы проходить при участии астронавтов, но я уверен, что он будет выполнен», – считает Берч.

Однако комитет национального научного совета во главе с Луи Ланцеротти (Louis J. Lanzerotti) из *Bell Laboratories* и Технологического института в Нью-Джерси иного мнения. В докладе комитета сказано: «Предлагаемая экспедиция для автоматического обслуживания «Хаббла» трудновыполнима».

Представители некоммерческой частной исследовательской организации *Aerospace Corporation* из Эль-Сегундо, Калифорния, считают, что вероятность успеха автоматической экспедиции составляет 58%. Еще меньше шансов имеет попытка автоматически заменить научные приборы и установить тормозной двигатель для возвращения «Хаббла» на Землю. Вероятность же успешной экспедиции на шаттле оценивается в 63%.

Берч говорит, что, по «скромной» оценке *NASA*, стоимость автоматической экспедиции составит $1,3 млрд., тогда как по данным *Aerospace Corporation* – $2 млрд. Он также отмечает, что экспедиция на шаттле обойдется примерно во столько же.

В Годдардском центре считают, что смогут создать всю необходимую технику к концу 2007 г., тогда как *Aerospace* оценивает завершение работы лишь в 2010 г., а это уже серьезная проблема, поскольку батареи «Хаббла», вероятно, выйдут из строя к 2009 г., что приведет к потере обсерватории. А замену для «Хаббла» – космический телескоп «Джеймс Вебб» (James Webb) – *NASA* намечает запустить лишь в 2011 г.

Учитывая скептическое отношение к идее спасения телескопа роботом, *NASA*, вероятно, выберет вариант, за который ратуют многие ученые и астронавты – «План А»: ремонт «Хаббла» человеком, что будет рискованным мероприятием. «Мы используем робототехнику при любой возможности, – говорит астронавт Уолтер Каннингем (Walter Cunningham), который составил обращение в поддержку работ по шаттлу, подписанное 27 бывшими астронавтами. – Роботы вряд ли смогут выполнить то задание, с которым справится команда шаттла».

Стивен Эшли

ТИТАНИЧЕСКИЙ труд

ПЛАНЕТОЛОГИЯ

DON DIXON

В мире науки едва ли не главное событие января – успешная посадка зонда «Гюйгенс» на поверхность Титана, спутника Сатурна. Это самое удаленное от Земли небесное тело, на которое удалось совершить посадку космического аппарата.

Титан – единственный спутник в Солнечной системе, имеющий плотную атмосферу. Спуск зонда продолжался два с половиной часа, в это время проводились исследования химического состава и физических параметров атмосферы Титана и панорамная съемка ландшафта планеты. А установленный на зонде микрофон записал атмосферные шумы, которые, по предположению специалистов, больше всего похожи на шум мощных порывов ветра.

После посадки аппарат продолжал работать еще полтора часа, отправляя на Землю полученные данные и фотоснимки. Первые опубликованные изображения имеют низкое разрешение, но и они позволяют убедиться в том, что на поверхности Титана происходят активные процессы. В районе посадки не обнаружено ни одного ударного кратера, что свидетельствует о постоянных изменениях поверхности.

Ученые уверены, что однородные темные участки Титана, видимые на панорамных снимках, покрыты жидкими углеводородами. К этим участкам ведут разветвленные образования, напоминающие русла рек. Кстати, получало и поддерживало уровень сигнала, посылаемого «Гюйгенсом», *NASA*. А фотографии принимала австралийская обсерватория, передающая их через немецкий Дармштадт в штаб-квартиру Европейского космического агентства (ЕКА) в Париже.

Вполне возможно, считают эксперты ЕКА, что Титан – второй после Земли космический объект, на котором присутствует жидкость. Редактор американского научного ежемесячного журнала *Sky and Telescope* Келли Битти не разделяет надежды некоторых ученых, что полученные данные помогут лучше понять происхождение жизни на нашей планете. Хотя в атмосфере Титана, как и в земной атмосфере, доминирует азот, химический состав перенасыщен углеводородными соединениями – этаном и метаном. Температура на Титане очень низкая – 180°C ниже нуля. То есть никакие формы жизни здесь не возможны.

Марина Маркина

ОТКЛЮЧАЯ ЦИЛИНДРЫ

ЭНЕРГЕТИКА

Переход на четырехцилиндровый режим работы поможет экономить топливо.

Система экономии горючего. Четыре цилиндра этого восьмицилиндрового мотора *Gen IV* от фирмы *General Motors* отключаются, когда в них нет нужды, что способствует экономии топлива.

Растущие цены на бензин и грядущий нефтяной кризис не мешают автолюбителям мечтать об огромных мощных машинах с восьмицилиндровыми двигателями, буквально пожирающими топливо. И хотя мощность может достигать 300 лошадиных сил, в большинстве случаев при передвижении используется не более 30, и то неэффективно.

Инженеры корпораций *Daimler-Chrysler* и *General Motors* довели до совершенства двигатель, который из восьмицилиндрового может превращаться в экономичный четырехцилиндровый. «Лишние» цилиндры отключаются блоком управления, при этом поддерживается необходимая температура и эффективность работы двигателя и экономится 6–20% топлива.

В начале массового производства двигатели *Cadillac* 1981 г. *V-8-6-4* страдали от перепадов нагрузки, а системы плавного перехода были очень дорогими, их применение было ограничено автомобилями класса люкс, такими как недавно выпущенная модель *Mercedes-Benz S-Class*. Постепенно электронные дроссели и бортовые компьютеры стали намного дешевле.

Согласно объяснениям инженера *GM* Алена Рейла (Allen Rayl), у *General Motors* система экономии топлива включается тогда, когда бортовой компьютер определяет, что требуемый крутящий момент можно обеспечить четырьмя цилиндрами, после чего он отключает каждый второй цилиндр и выключает форсунки, контролирующие поступление горючего. При этом создается дополнительное давление масла для сжатия гидрокомпенсаторов – обычно жестких компонентов, которые управляют клапанами двигателя, передавая движение с распределительного вала. Вал и клапан расцепляются, и цилиндр отключается. Двигателю становится легче работать.

В ходовых испытаниях был продемонстрирован плавный переход от восьми цилиндров к четырем и обратно, что достигалось благодаря электронным дросселям, воспроизводившим постоянный крутящий момент вне зависимости от того, с какой нагрузкой работал мотор. Пассивные контрмеры (гидравлическая подвеска, усиленные глушители и гибкие сочленения) успешно гасили шум и вибрацию, создаваемую при изменении режима работы двигателя.

По словам Алана Фальковски (Alan Falkowski), руководителя исследовательской группы корпорации *Chrysler*, механизм отключения цилиндров действительно дает возможность серьезно сэкономить. Почти все технологии экономии топлива – продвинутые системы регулировки работы клапанов, дизельные двигатели, двигатели на бензине с прямым впрыском топлива и, наконец, столь любимые в настоящее время электрические гибриды – имеют негативные стороны. Они или излишне усложняют конструкцию двигателя, или очень дороги.

Двигатели с использованием новой технологии отключения цилиндров в ближайшие два года могут завоевать

ДАВАЙТЕ ЭКОНОМИТЬ!

По мнению производителей, новая система отключения цилиндров позволяет значительно повысить экономичность двигателей. Последней новинкой стали системы «плюс 5 литров», установленная на новых популярных моделях *Gen IV* компании *General Motors* с компактным восьмицилиндровым двигателем и *Hemi* от *Chrysler*. Нововведения позволят сохранить объемы продаж малолитражных и полнолитражных автомашин. В то же время новая технология позволяет владельцам полнолитражных и грузовых машин эффективно и экономно использовать возможности двигателей, одновременно избежав налоговых сборов в $1000 за излишний расход горючего.

рынок, вытеснив гибридные электрические технологии, такие как в автомобиле *Toyota Prius*. *Honda* внедряет эту технологию на шестицилиндровый микроавтобус *Odyssey* выпуска 2005 г. и гибридный седан *Accord*. *General Motors* планирует сделать то же самое на некоторых своих моделях в 2006 г. По утверждению Алана Рейла, к 2008 г. *GM* планирует расширить производство и устанавливать около двух миллионов систем отключения цилиндров в год.

Стивен Эшли

ПРИРОДНАЯ ЗАЩИТА нейронов

НЕВРОЛОГИЯ

Исследователи хореи Гентингтона спорят, способствуют или препятствуют гибели нейронов отложения мутантного белка гентингтина. Неврологи из Калифорнийского университета в Сан-Франциско, используя автоматизированный микроскоп, отслеживали нейроны в течение 10 дней после введения мутантного белка гентингтина (ярко-зеленого цвета). С помощью метода оценки факторов риска они обнаружили, что при введении гентингтина вероятность гибели клеток с отложениями этого белка меньше, чем без таковых. Предполагается, что отложения связывают свободный бесформенный белок гентингтин. При болезни Паркинсона происходит нечто подобное. Возможно, отложения могут быть частью природной защиты нейронов.

Дж. Минкель

ЕДВА ЗАМЕТНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ силы тяжести

ФИЗИКА

Во время землетрясений происходит сжатие земной коры и локальное изменение силы тяжести. Однако из-за отсутствия точных приборов ученым удавалось обнаруживать эти колебания только в результате длительных наблюдений до и после землетрясений. Японские исследователи разработали гораздо более быстрый метод: они отслеживали поведение сверхпроводящих шариков в ультрастабильных магнитных полях, созданных с помощью сверхпроводящих катушек. Используя новую технологию, они зарегистрировали увеличение силы тяжести на одну полумиллиардную часть в эпицентре восьмибалльного землетрясения, которое произошло в 2003 г. к юго-востоку от побережья Хоккайдо. Результаты, опубликованные в октябрьском номере *Science*, согласуются с предсказаниями теории. Из этого следует, что если установить сверхпроводящие гравитометры на спутники, то с их помощью можно будет определять гравитацию Земли в разных точках, отслеживать ее изменения в зависимости от толщины ледяных шапок на Северном и Южном полюсах, высоты над уровнем моря, плотности атмосферы и т.д.

Чарлз Чой

органы слуха и участки мозга

БИОЛОГИЯ

Одним из примеров внутримозгового распределения функций может служить то, что левое полушарие мозга обычно обрабатывает речь, а правое анализирует изменения тонов. Новое исследование, проведенное на младенцах, показало, что наши уши отвечают за специализацию участков мозга, имеющих отношение к фонорецепции. В частности, правое ухо, соответствующее левому полушарию, обладает более выраженной врожденной чувствительностью к быстрым звуковым изменениям, чем левое, преимущественно воспринимающее тоны. Аудиологи Ивонна Синингджер (Yvonne Sininger) из Калифорнийского университета, находящегося в Лос-Анджелесе, и Барбара Коун-Вессон (Barbara Cone-Wesson) из Аризонского университета направляли в оба уха парные сигналы: шумы в виде щелчков и чистые тоны, следя за усилением сенсорных потенциалов волосковых клеток улитки. При этом правое ухо больше усиливало потенциалы, соответствующие щелчкам, имитирующим речь, а левое лучше реагировало на тоны, даже в том случае, если слуховые области мозга у младенцев еще не оформились. Синингджер планирует проверить выявленную закономерность на взрослых людях, в том числе и на глухих.

Дж. Минкель

ТВЕРДАЯ СВЕРХТЕКУЧЕСТЬ

ФИЗИКА

Твердый гелий может вести себя как сверхтекучая жидкость.

Как известно, твердые тела сохраняют свою форму, а жидкости растекаются, принимая форму сосуда. Сверхтекучие жидкости представляют собой квинтэссенцию жидкого состояния: они способны без малейшего сопротивления протекать сквозь тончайшие каналы и даже «взбираться» по стенкам сосуда, чтобы вытечь из него.

Словосочетание «сверхтекучее твердое тело» звучит как нонсенс, но оно точно отражает суть явления, обнаруженного недавно исследователями из Пенсильванского университета. Физики Мозес Чан (Moses Chan) и Юн Сён Ким (Eun-Seong Kim) изучали поведение гелия-4, сжатого до твердого состояния и охлажденного почти до абсолютного нуля. Хотя возможность существования сверхтекучего твердого гелия была теоретически предсказана еще в 1969 г., после его практической демонстрации ученые сильно призадумались.

Особые свойства сверхтекучих жидкостей наглядно проявляются при их вращении. Если медленно вращать чашку с обычным жидким гелием, а затем охладить его примерно до 2 К, часть гелия станет сверхтекучей и перестанет вращаться. В результате вращающий момент, необходимый для раскручивания сосуда, станет меньше. Иными словами, уменьшится момент инерции гелия.

Чан и Ким обнаружили подобное уменьшение момента инерции кольца из твердого гелия. Чтобы зафиксировать атомы в положениях, образующих кристаллическую решетку, исследователи сжали жидкий гелий под давлением 26 атм. (около 2,5 МПа) и проналюдали его вращательные колебания в контейнере, закрепленном на конце металлического стержня. Чем меньше момент инерции системы, тем меньше период колебаний. К своему изумлению, ученые обнаружили, что примерно 1% гелиевого кольца оставался неподвижным, тогда как остальные 99% продолжали совершать вращательные колебания. Таким образом, одна часть твердого гелия беспрепятственно двигалась относительно другой.

Одна часть твердого гелия, подвешенного во вращающемся кольцевом контейнере, колеблется вместе с контейнером, а другая остается неподвижной.

Как же может твердое вещество вести себя подобно сверхтекучей жидкости? Сверхтекучесть жидкостей обусловливается квантовым процессом конденсации Бозе–Эйнштейна, в результате которого множество частиц принимают одно и то же квантовое состояние. Результат, полученный Чаном и Кимом, означает, что 1% атомов твердого гелия каким-то образом образовали конденсат Бозе–Эйнштейна, оставаясь в узлах кристаллической решетки. Столь противоречивый вывод можно объяснить обменом атомов между узлами кристаллической решетки, которому способствуют свойства гелия, а именно большая энергия нулевых колебаний атомов, т. е. минимальная энергия колебаний, определяемая принципом неопределенности. (Именно из-за большого значения энергии этих колебаний гелий обычно пребывает в жидком или газообразном состоянии: атомы колеблются слишком сильно и поэтому не могут образовать кристаллическую решетку.) Предположение о конденсации Бозе–Эйнштейна подкрепляется тем, что Чан и Ким не обнаружили сверхтекучести в твердом состоянии у гелия-3, который становится сверхтекучей жидкостью при гораздо более низких температурах, чем гелий-4.

Согласно другой версии, конденсат Бозе–Эйнштейна образуют вакансии и другие дефекты решетки, в изобилии появляющиеся в кристалле твердого гелия вследствие нулевых колебаний атомов.

Так или иначе, сверхтекучесть должна зависеть от давления, однако Чан и Ким наблюдали один и тот же эффект при давлении от 26 до 66 атм. Дуглас Ошерофф (Douglas Osheroff)

из Стэнфордского университета, один из открывателей сверхтекучести жидкого гелия-3, считает, что отсутствие зависимости сверхтекучести твердого гелия от давления более чем загадочно. Ученый отметил, что Чан и Ким добросовестно пытались выявить все возможные артефакты эксперимента, но ничего не обнаружили. Теперь теоретики ломают голову над тем, как твердое вещество переходит в сверхтекучее состояние.

Грэм Коллинз

ЧИСТОТА – ЗАЛОГ УСПЕХА

Физики Мозес Чан и Юн Сён Ким из Пенсильванского университета недавно сумели получить твердое вещество, ведущее себя как сверхтекучая жидкость. Они использовали гелий-4 (который при температурах ниже 2,17 К переходит из обычного жидкого состояние в сверхтекучее) исключительно высокой очистки: примесь другого изотопа, гелия-3 (который переходит в сверхтекучее состояние более сложным путем при намного более низкой температуре – всего 2 мК), не превышала трех десятимиллионных долей ($3 \cdot 10^{-7}$).

Ранее пенсильванские ученые уже наблюдали признаки сверхтекучести твердого гелия в субмикронных порах губчатого стекла, но только на образцах, содержащих менее 0,01% гелия-3. Причиной неудачи прежних поисков сверхтекучести твердого гелия была его недостаточная чистота.

бури магнитные веют над нами

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

В Институте космических исследований РАН открывается лаборатория гелиобиологии. Ее основная задача – исследовать влияние солнечной активности на живые объекты, в том числе и на организм человека.

Специалисты из Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН), Медицинской академии им. И.М. Сеченова и Института медико-биологических проблем РАН провели исследование пациентов трех клиник и космонавтов на борту пилотируемой станции «Мир» и кораблях «Союз». Выяснилось, что во время геомагнитных бурь у пациентов с патологией сердечно-сосудистой системы, особенно у тех, кто перенес инфаркт миокарда, резко поднималось артериальное давление, заметно увеличивалась вязкость крови, замедлялась скорость ее течения в капиллярах, изменялся сосудистый тонус и активизировались стрессорные гормоны.

В организме некоторых здоровых людей из контрольной группы тоже происходили подобные изменения, но они вызывали в основном усталость, ослабление внимания, головные боли, головокружения и серьезной опасности не представляли. Несколько сильнее на изменения реагировал организм космонавтов: у них во время бурь возникали аритмии и изменялся сосудистый тонус.

Исследователи пришли к выводу, что геомагнитные бури вызывают такой же дезадаптационный стресс, как и резкая смена часовых поясов, сбивающая биологические околосуточные ритмы человека.

За миллионы лет существования жизни на планете земные организмы приспособились к циклическим изменениям магнитного поля Земли, связанным с периодами солнечной активности (11-летними, 27-дневными, недельными и т.д.), подстроив под них свои собственные (эндогенные) биологические ритмы.

«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, – считает Тамара Бреус, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института космических исследований (ИКИ). – Ответную реакцию предсказать невозможно».

В лаборатории гелиобиологии будут работать не только сотрудники ИКИ, но и ученые-биофизики, биологи, медики. В будущем, возможно, появятся методы профилактики последствий бурь. Космический спутник в точке либрации (где центробежные силы равны центростремительным) за час до начала бури сможет передавать на Землю информацию о потоках заряженных частиц, устремившихся от Солнца. Эти данные смогут принимать на специальные датчики сами пациенты или врачи в отделениях реанимации.

Ольга Закутняя

ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА

Библиотеки пяти самых важных академических институтов в мире будут оцифрованы *Google*. Отсканированные книги станут доступными для поиска и чтения в режиме он-лайн.

В список включены все издания библиотек Мичиганского и Стэнфордского университетов, архивы Гарварда, Оксфорда и Нью-Йоркской публичной библиотеки. На оцифровку всех фондов только Мичиганского университета, а это семь миллионов томов, уйдет шесть лет.

По материалам BBC News UK Editon bbc.co.uk

юбилей АЛЬМА МАТЕР

ДАТА

В последние годы в мире наметилась тенденция рассматривать науку, а вместе с ней и образование, преимущественно в плане краткосрочной экономической целесообразности. При этом стремление к получению немедленной выгоды препятствует развитию фундаментальных научных исследований, которые, однако, с течением времени могут дать результаты, поразительные как по своей экономической эффективности, так и по социальной значимости. Это отмечалось в заявлении «О роли развития науки и образования в современном мире», принятом на научной сессии Общего собрания РАН и ученого совета МГУ, посвященной эпохальному событию в истории отечественного образования – 250-летию Московского государственного университета.

Наука немыслима без передачи знаний от поколения к поколению, без постоянного вовлечения в научную работу молодых умов, но образование не должно быть оторвано от науки. Интеграция науки и образования – залог успешного общества, основанного на знаниях.

Об опыте сотрудничества РАН и МГУ рассказал ректор МГУ академик В.А. Садовничий. Сегодня на базе Московского университета успешно работают 150 научных центров. Ими накоплен уникальный опыт, который стоило бы распространять и на другие учебные заведения. Некоторые «горячие головы» из Минобразования призывают следовать зарубежному опыту, однако слепо копировать чужой путь, пусть даже удачный, по меньшей мере неразумно. Например, В.А. Садовничий заметил, что система подготовки бакалавров хорошо работает на естественных факультетах, а на гуманитарных себя не оправдала. Ученый совет МГУ единогласно высказался за сохранение традиционной формы подготовки специалистов.

Фундаментальное университетское образование призвано готовить специалистов, способных воспринимать, выдвигать и воплощать новые идеи, обеспечивающие технологии завтрашнего дня. Конечно, без государственной поддержки тут не обойтись.

Федор Сергеев

СОБЫТИЯ В ФЕВРАЛЕ:

08.02–10.02 2005 г.
X Конгресс педиатров России «Пути повышения эффективности медицинской помощи детям»
Москва

01.02–02.02 2005 г.
Научно-практическая конференция «Технологическое образование в школе и ВУЗе»
МГПУ, Москва

02.02–04.02 2005 г.
Всероссийская конференция «Оздоровление средствами образования и экологии»
Челябинск

03.02 2005 г.
Семинар «Физико-химическая кинетика в газовой динамике», руководитель С.А. Лосев
НИИ механики МГУ, Москва

16.02–17.02 2005 г.
VI Всероссийская научно-практическая конференция «Интеграция методической работы и системы повышения квалификации кадров»
Челябинск

итоги года в ЭКСПОЦЕНТРЕ

ВЫСТАВКИ

14 января 2005 года прошла пресс-конференция, посвященная итогам деятельности Экспоцентра в 2004 г. и перспективам в 2005 г.

Главным событием ЭКСПО-2005 станет открытие Всемирной выставки в японском городе Нагоя. Российская экспозиция по решению правительства будет организована Экспоцентром. На выставке будут представлены уникальные разработки наших ученых в области нанотехнологий, энергетики и других областей науки, которые определят развитие техники в XXI веке.

В Москве в середине октября состоится 72-й конгресс Всемирной ассоциации выставочной индустрии (*UFI*), объединяющей крупнейшие международные компании, работающие в сфере выставочного бизнеса.

Во время встречи руководства Экспоцентра с журналистами ряд изданий был награжден почетными дипломами за квалифицированное освещение деятельности Экспоцентра.

Федор Сергеев

ГДЕ НАЙТИ СИДЕЛКУ?

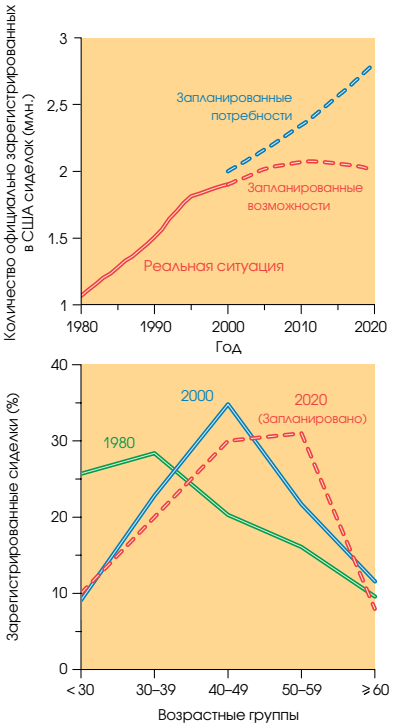
ОБЩЕСТВО

Кризис профессии.

С 90-х гг. в США наблюдается нехватка профессиональных сиделок. По данным министерства здравоохранения и социальных служб, если в ближайшие годы не будут приняты соответствующие меры, к 2020 г. спрос на услуги сиделок превысит предложение на 40%. В XX в. общество неоднократно сталкивалось с проблемой недостатка квалифицированной рабочей силы, что не было связано с демографическими процессами, происходящими в американском обществе. Возрастной ценз сиделок ограничен рамками 20–35 лет.

Вполне вероятно, что низкий социальный статус профессии создает проблему, связанную с привлечением новых кадров. Раньше данный фактор не был решающим, но сегодня, когда женщины овладели практически всеми профессиями, карьера сиделки потеряла свою былую привлекательность. Более того, работа няни требует большого физического напряжения, и лишь немногие продолжают заниматься предоставлением патронажных услуг, достигнув возраста 50 лет. Особую озабоченность со стороны сиделок вызывает увеличение физической нагрузки и рост продолжительности рабочего дня.

Существует значительный дисбаланс в оплате труда при одном и том же уровне подготовки. По данным министерства здравоохранения и социальных служб, в 2001 г. преподаватель средней школы получал на $14 тыс. больше, чем сиделка, среди которых почти 500 тыс. профессионалов не работают по специальности.



Источник: U.S. Departament of Health and Human Services.

Старение американской нации также порождает дополнительный спрос на услуги квалифицированных сестер по уходу. С 90-х гг. прошлого века системой социального страхования охвачено 85% населения США, которое в той или иной степени нуждается в дополнительной заботе. Рост доходов американцев привел к тому, что увеличился спрос на медицинские услуги, не предусмотренные системой социального страхования.

В то же время в сфере предоставления патронажных услуг не действует экономический закон, согласно которому увеличение спроса приводит к росту заработной платы персонала. На этом сегменте рынка рабочей силы наибольшую активность проявляют администрации госпиталей. Сегодня только 38% медсестер и сиделок объединены в профессиональные союзы. В отличие от школьных преподавателей, которые установили взаимодействие с широкой общественностью через родительские комитеты, служащие патронажной сферы услуг не смогли наладить такой контакт.

Необходимо шире привлекать к работе американцев всех национальностей (по статистическим данным, сейчас 86% сиделок представляют белое население США). Кроме того, увеличение заработной платы, улучшение условий труда при сохранении ответственности медсестер за качество ухода за больными позволит привлечь дополнительные трудовые ресурсы в данную сферу деятельности.

Роджер Дойл

ФАКТЫ: НИЗКАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА

Средний уровень почасовой оплаты

Сестра-регистратор: $25,96
Сестра терапевтического отделения: $28,07
Гигиенист-стоматолог: $29,66
Учитель начальной школы: $31,74
Учитель средней школы: $31,88

Данные приведены Бюро трудовой статистики. Июль 2003 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

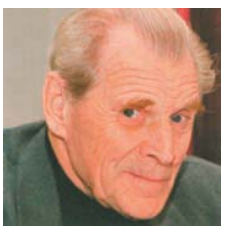
- Health Care's Human Crisis: The American Nursing Shortage.
- Bobbi Kimball and Edward O'Neil. The Robert Wood Johnson Foundation, April 2002. **www.rwjf.org**
- Projected Supply, Demand, and Shortages of Registered Nurses: 2000–2020. National Center for Health Workforce Analysis, U.S. Department of Health and Human Services, July 2002. **http://bhpr.hrsa.gov/**
- Changing Demographics: Implications for Physicians, Nurses, and Other Health Workers. National Center for Health Workforce Analysis, U.S. Department of Health and Human Services, Spring 2003. **http://bhpr.hrsa.gov/**

RODGER DOYLE

«Триумф» российской науки

Федор Капица

Российская независимая премия «Триумф – наука» вручается российским ученым за достижения в экспериментальных и теоретических исследованиях, внесшим значительный вклад в развитие отечественной и мировой науки. В 2004 г. присуждение проводилось по шести номинациям, охватывающим основные направления естественных, гуманитарных и технических наук:



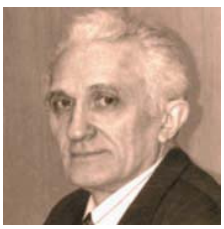
В номинации «Физико-математические науки» лауреатом премии стал академик А.В.Гапонов-Грехов, основатель Института прикладной физики АН СССР, председатель Совета по грантам Президента РФ, председатель Научного совета РАН, главный редактор журнала «Известия РАН. Серия физическая», член ряда межведомственных комиссий.

Сфера научных интересов: динамика нелинейных и волновых процессов в различных физических системах, теория индуцированного излучения классических нелинейных осцилляторов и развитие нового принципа генерации и усиления электромагнитных волн. Им был сконструирован электронный прибор нового поколения – мазер на циклотронном резонансе (МЦР), позволивший создать излучатели различных диапазонов и мощностей, применяемые в плазменных, плазмо-химических, экологических исследованиях. Созданные им системы подавления подводных шумов используются на подводных лодках и надводных кораблях для гидроакустического наблюдения.

В номинации «Математика, механика, информатика» премия впервые присуждена за работы по чистой математике, имеющие практическое применение. Лауреатом стал российский математик академик А.А.Гончар, автор основополагающих работ в области комплексного анализа и теории приближений. А.А. Гончар – профессор кафедры теории функций и функционального анализа механико-математического факультета МГУ, где создал собствен-

ную научную школу. Он более 30 лет руководит отделом Математического института им. В.А. Стеклова РАН.

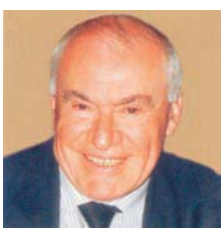
Сфера научных интересов: разработка теории аналитических функций, теории потенциала, приближений гармонических функций, представление функций, которое можно использовать при работе с компьютером. Проведенные им исследования связей между структурными свойствами функций и скоростью приближения, по теории общих интерполяционных процессов и аппроксимации Паде существенно расширили возможности применения классической теории непрерывных дробей. Полученные результаты позволили использовать методы чистой математики для решения прикладных задач на компьютерах.



В номинации «Науки о Земле» лауреатом премии стал географ и гляциолог академик В.В. Котляков, автор более 800 научных трудов, более 20 лет возглавляющий Институт географии РАН, почетный президент Русского географического общества, председатель Национального комитета географов России, Научного совета РАН, главный редактор журнала «Известия РАН. Серия географическая».

Почти 50 лет ученый посвятил изучению глобальных закономерностей эволюции снежного покрова и льдов Земли. Двум ледникам – в Заилийском Алатау и Джунгарском Алатау – присвоено его имя. Под руководством академика создан Каталог ледников СССР, ставший основой инвентаризации современного оледенения нашей планеты. В.В. Котляков разработал концепцию гляциологического картографирования, реализованную в «Атласе снежно-ледовых ресурсов мира».

Впервые в мире В.В.Котляков провел расчеты массы Антарктического ледникового щита, показав, что масса льда в нем не убывает, как считалось ранее, а продолжает расти. (Этот вывод позволяет объяснить, почему, несмотря на таяние льдов в Северном полушарии и тепловое расширение океанской воды, наблюдается медленный подъем уровня Мирового океана.)



В номинации «Науки о жизни. Медицина» премии удостоен кардиохирург академик РАМН Л.А.Бокерия, возглавляющий Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева. Л.А. Бокерия – главный кардиохирург МЗ РФ, Президент научного общества сердечно-сосудистых хирургов России, директор Центра хирургической и интервенционной аритмологии МЗ РФ, президент Общероссийской организации «Лига здоровья нации», действительный член Американской ассоциации торакальных хирургов, почетный член Американского колледжа хирургов, главный редактор журналов «Анналы хирургии» и «Грудная и сердечно-сосудистая хирургия», основатель кафедры сердечно-сосудистой хирургии №2 Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова.

Сфера научных интересов: кардиохирургия, проблемы генезиса и лечения ишемической болезни сердца, новые подходы к хирургическому лечению сердечной недостаточности, операции при гипербарической оксигенации, оперативное лечение ишемической болезни сердца с помощью зонда.

Л.А. Бокерия – основоположник нового направления в медицине – хирургического лечения нарушений ритма сердца. В 1999 г. он начал проводить операции на сокращающемся сердце.

В номинации «Химия и науки о материалах» лауреатом премии стал академик Б.Е. Патон, президент Национальной академии наук Украины и Международной ассоциации академий наук (МААН), более сорока лет возглавляющий Институт электросварки им. Е.О. Патона в Киеве.

Фундаментальные исследования Б.Е. Патона легли в основу базовых сварочных технологий, электрошлаковой сварки, стыковой сварки оплавлением, разработки специальных материалов, оборудования и систем автоматического управления.

Б.Е. Патон основал новую отрасль электрометаллургии. Под его руководством разработаны и внедрены промышленные технологии, позволяющие сооружать с помощью сварки магистральные трубопроводы, резервуары для хранения нефти и т.д. Благодаря исследованиям ученого в 1984 г. космонавты С. Савицкая и В. Джанибеков осуществили сварку, резание и напыление металлов в открытом космосе.

В области гуманитарных наук премия присуждена почетному директору Института государства и права РАН, профессору Московской государственной юридической академии В.Н. Кудрявцеву.

Сфера научных интересов: государство и право, уголовное право, юридическая конфликтология, криминология, механизмы правового поведения личности, общей теории конфликтов, роль юридической науки в системе управления государством. Разработки ученого легли в основу ряда важнейших законопроектов, в том числе нового Уголовного кодекса РФ. ■

Вячеслав Костиков

мои университеты

В багаже у журналиста должны быть и реальные инструменты для измерения жизни.

Чарльз Дарвин пытался убедить нас, что человек произошел от обезьяны. Не берусь оспаривать эту почтенную теорию. Но мой личный опыт свидетельствует о другом. Человеком меня сделал Московский университет. Погрешил бы против истины, если бы стал утверждать, что в моей судьбе все было закономерно. В МГУ я оказался случайно...

Я был обыкновенным «пэтэушником», и ремеслом моим на всю жизнь могло бы стать токарное дело. Родителей – недавних крестьян из Рязанской губернии, спасавшихся в Москве с начала 20-х годов от голода, – такая судьба вполне устраивала. Я уже начал зарабатывать первые советские рубли: «токарил» в маленьких ремонтных мастерских при гараже Института им. Курчатова – обтачивал колодки автомобильных тормозов, нарезал шайбы, многозаходные винты (вершина мастерства), случалось даже вытачивать бигуди. Уже были получены первые почетные грамоты – за достижения в социалистическом соревновании. Словом, впереди была производственная слава и перспектива стать мастером токарного цеха. До сих пор помню запах горячей

Вячеслав Костиков, выпускник МГУ 1965 г.

Московский университет основан 25 января 1755 г. по указу императрицы Елизаветы Петровны. В 1940 г., в дни празднования 185-летнего юбилея, ему было присвоено имя выдающегося ученого-энциклопедиста, первого русского академика Михаила Васильевича Ломоносова.

Московский университет всегда играл важную роль в распространении и популяризации научных знаний. В апреле 1756 г. при Московском университете на Моховой улице открыты типография и книжная лавка. Тем самым было положено начало отечественному книгоизданию. Вскоре первых читателей приняла университетская библиотека.

В XIX в. при университете были образованы первые научные общества: испытателей природы, истории и древностей российских, любителей российской словесности.

В 1804 г. был принят университетский устав, благодаря которому ректор и деканы факультетов избирались из числа профессоров, а совет профессоров решал все важнейшие вопросы внутренней жизни, присуждал ученые звания.

В дореволюционной России профессура Московского университета много сделала для укрепления связи науки и практики. Ученые писали учебники для школ. Немало воспитанников университета работали учителями.

По инициативе и при содействии университета во второй половине XIX – начале XX в. возникли известные московские музеи: Политехнический, Исторический, Зоологический, антропологии, изящных искусств (ныне Музей изобразительных искусств им. А.С. Пушкина) и т.д.

С университетом связаны имена выдающихся русских мыслителей конца XIX – начала XX в.: В.С. Соловьева, В.В. Розанова, Е.Н. и С.Н. Трубецких, С.Н. Булгакова, П.А. Флоренского. Студенты и профессора откликались на самые злободневные проблемы российской действительности.

После революции 1917 г. в судьбе высшей школы произошли значительные изменения: часть студентов и известных ученых, не принявших новых политических порядков, была вынуждена покинуть Московский университет. Идеологический и административный диктат со стороны властей препятствовал свободе творчества, ограничивались контакты с зарубежными научными центрами. Многие ученые подверглись необоснованным репрессиям, целые направления исследований, особенно в общественных науках, филологии, кибернетике, биологии, были свернуты.

Несмотря на эти тяжелые потери, университетская наука в целом достигла в 20–30-е гг. значительных результатов. К 1941 г. только на дневном отделении занималось около 5 тысяч студентов. Свыше 30 профессоров и научных сотрудников стали действительными членами АН СССР. Ученые университета разработали учебники для высшей и средней школы.

В конце 40-х – начале 50-х гг. на Ленинских горах возводится огромный комплекс новых университетских зданий. 1 сентября 1953 г. в них начались учебные занятия. Лаборатории и аудитории были оснащены новейшим по тому времени оборудованием.

Всего с 1917 г. до наших дней Московский университет выпустил около 180 тысяч специалистов и около 35 тысяч кандидатов наук для народного хозяйства, культуры и просвещения.

В 1992 г. указом Президента Российской Федерации Московский университет получил статус российского самоуправляемого (автономного) высшего учебного заведения. В ноябре 1998 г. был принят Устав Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, по которому были значительно расширены права факультетов и научно-исследовательских институтов. Они являются самостоятельными учебно-научными организациями, входящими в структуру МГУ.

Сегодня в Московском университете 29 факультетов, в которых представлено более 300 кафедр, 9 научно-исследовательских институтов. В МГУ обучается более 31 тысяч студентов и около 7 тысяч аспирантов, работает 4 тысячи преподавателей, около 5 тысяч научных сотрудников.

ОБ АВТОРЕ:

Костиков Вячеслав Васильевич, 1940 г.р. Выпускник факультета журналистики МГУ и Академии внешней торговли. Журналист, писатель, общественный деятель. Длительное время жил и работал во Франции. В Секретариате ЮНЕСКО возглавлял русское издание журнала «Новости ЮНЕСКО». Работая в Париже, занимался изучением первой волны русской эмиграции. В результате появилась книга «Не будем проклинать изгнанье. Пути и судьбы русской эмиграции» (изд. «Международные отношения», «Вагриус»).

На волне перестройки вернулся в Россию. Занимался журналистикой, много печатался в «Огоньке». Член Союза писателей. Автор повестей и романов: «Наследник», «Об Иване Ивановиче», «Вернисаж» (изд. «Советский писатель»), «Последний пароход» (изд. «Международные отношения», «Вагриус»), «Диссонанс Сирина» (изд. АПН, «Россия»).

В 1992 году Б.Н. Ельцин приглашает В. Костикова на работу пресс-секретарем Президента России. С 1995 по 1997 г. – на дипломатической работе в ранге Чрезвычайного и полномочного посла России в Ватикане и при Мальтийском ордене. За публикацию книги «Роман с президентом» (изд. «Вагриус») отозван из Ватикана и уволен из Министерства иностранных дел. Вместе с группой бывших помощников президента участвовал в издании очерков политической истории России – «Эпоха Ельцина» (изд. «Вагриус»).

В настоящее время директор Аналитического центра стратегического планирования издательской группы «Аргументы и факты», член правления Фонда перспективных исследований и инициатив.

металлической стружки, машинного масла и первый выговор за то, что на стене своей крохотной мастерской нарисовал лик Николая- угодника, о заступничестве которого рассказывала мне бабушка Федосья.

Но на университет меня вывел не покровитель мореходов и русских крестьян, а первая любовь. Узнал, что Тамара К., за которой я пытался ухаживать в ПТУ, поступает на факультет журналистики МГУ. Ну, и я хвостиком за ней. И, как и следовало ожидать, схватил по английскому двойку. Тамара К. поступила, а я – снова за токарный станок, зарабатывать двухлетний рабочий стаж, который облегчал (по правилам тех лет) поступление в вузы.

Удивительные в те времена проживали в Москве люди. Может быть, и сегодня живут? Как-то, когда, едучи в метро, я перебирал в руках карточки с английскими словами и фразами, ко мне склонился, по тогдашним моим меркам, очень пожилой дяденька. «Английским интересуетесь, молодой человек?» – с едва уловимым акцентом полюбопытствовал он. Так судьба свела меня с Евгением Степановичем, как оказалось, из бывших белоэмигрантов. Он давал частные уроки английского языка. И надо же так сложиться, что подвальная его каморка была в двух шагах от Моховой и старого здания университета. Денег он с меня не брал...

Через год я стал студентом, сдав английский на пятерку. А Тамара К. к этому времени вышла замуж за пилота «Аэрофлота»... и наши пути навсегда разошлись. Сказать по совести, я не слишком печалился. Началась благословенная студенческая жизнь. Тем более она совпала со временами новых веяний в политике, литературе, культуре. Конечно, по понятиям сегодняшних либеральных времен, ростки нового были едва заметными. Это сегодня слово «демократия» слышно на всех углах, а тогда им не принято было жонглировать. Еще слишком памятны были страшные времена ГУЛАГа.

К свободе, смысл которой мы, студенты тех лет, еще мало понимали, шли совсем малыми шажками. В лекциях профессоров еще много было иносказательного, намеков. Но каждое слово правды – о западной культуре, журналистике, политической системе – было почти откровением. Только-только разрешено было читать лекции о Достоевском. Еще не вышел «Мастер и Маргарита» Булгакова, упоминания на лекции о Мандельштаме звучали как большая смелость. На зато на семинарах в группах самые продвинутые из преподавателей уже говорили о том, что в эмиграции сложилась большая «русская литература в изгнании».

> Гуманитарные знания помимо специалиста формируют личность, делают человека Человеком.

Сегодня социология стала одним из важнейших инструментов журналистики, а в те годы она считалась буржуазной наукой. И декану Я.Н. Засурскому потребовалось немалое гражданское мужество, чтобы заполучить на факультет такие опальные имена, как Грушин и Левада. Будущим журналистам тихой сапой внушалась мысль, что помимо «теории и практики партийно-советской печати» (это был основной предмет) в багаже у журналиста должны быть и реальные инструменты для измерения жизни.

Глаза и уши КПСС все еще торчали из каждого угла узких коридоров факультета журналистики. Вытеснять

их было неимоверно трудно. Чтобы сломать или для начала потеснить советские идеологические стереотипы, приходилось прибегать к маленьким хитростям. Например, приглашать лекторов со стороны. Помню совершенно блистательную лекцию известного публициста и писателя Ильи Эренбурга, автора нашумевшей книги «Люди, годы, жизнь». Студенты устроили овацию. А потом, на комсомольском собрании, тогдашние комсомольские вожаки беспомощно пытались вправить «доверчивым студентам» мозги. Но и сами вожаки уже понимали, что пытаются остановить то, что остановить невозможно, – время. Буквально на глазах рушились старые партийно-комсомольские авторитеты, появлялись новые неформальные лидеры. Особенно ясно это сказалось при поездке на целину, где в условиях студенческой вольницы звучали уже другие голоса.

Интересно было наблюдать, как постепенно растворялся страх. Комсомольские собрания, которые раньше созывались в связи с очередным «судьбоносным» съездом КПСС или пленумом ЦК, постепенно превращались в инструмент критики «снизу».

Но главное в университете было не это. Несмотря на то что со времени погрома «дореволюционной школы» преподавания в 1922 году и массовой высылки русских профессоров за границу или просто изгнания из университета прошло сорок лет, дух российского университета каким-то немыслимым образом сохранился. Сохранилась душа университета. Явственно чувствовалась гуманистическая преемственность профессуры.

Несмотря на все «теории и практики партийной печати», в студентах воспитывалось чувство причастности к огромному гуманитарному миру Европы. Сегодня в стране идет спор о границах образования – насколько при все усиливающейся специализации нужны общегуманитарные знания. Нужны! И дело не в том, пригодятся ли они в офисе или в редакции. Гуманитарные знания помимо специалиста формируют личность, делают человека Человеком.

На примере факультета журналистики было видно, как рабоче-крестьянский контингент факультета, который на первых курсах доминировал, постепенно преображался. Исчезала жесткость и однозначность оценок, возникали сомнения, расширялся поиск ответов, начинала трудиться душа.

Сегодня в традициях университета мы продолжаем бесконечный российский спор: что делать, куда идти, и более актуально – готова ли наша страна для демократии, сколько ее нужно для нынешней России. Ответы могут быть разные, но, чтобы снова не поделить страну на красных и белых, на правых и неправых, каждому нужен свой университет. Потому что знания – это единственный путь к свободе. ■

СЛАВА В ИМЕНАХ

В XVIII в. в стенах Московского университета учились и работали замечательные деятели русской науки и культуры: **философы** Н.Н. Поповский, Д.С. Аничков; **математики и механики** В.К. Аршеневский, М.И. Панкевич; **медик** С.Г. Зыбелин; **ботаник** П.Д. Вениаминов; **физик** П.И. Страхов; **почвоведы** М.И. Афонин, Н.Е. Черепанов; **историк и географ** Х.А. Чеботарев; **историк** Н.Н. Бантыш-Каменский; **филологи и переводчики** А.А. Барсов, С.Х. Хальфин, Е.И. Костров; **правоведы** С.Е. Десницкий, И.А. Третьяков; **издатели и писатели** Д.И. Фонвизин, М.М. Херасков, Н.И. Новиков; **архитекторы** В.И. Баженов и И.Е. Старов.

С университетом связаны имена выдающихся русских мыслителей конца XIX – начала XX в.: В.С. Соловьева, В.В. Розанова, Е.Н. и С.Н. Трубецких, С.Н. Булгакова, П.А. Флоренского.

В 1911 г. в знак протеста против незаконного увольнения ряда профессоров и нарушения университетской автономии его стены демонстративно покинули более 130 профессоров и преподавателей. Среди них – ученые с мировым именем: К.А. Тимирязев, П.Н. Лебедев, Н.Д. Зелинский, Н.А. Умов, С.А. Чаплыгин, В.И. Вернадский, В.И. Пичета и др.

В первое послереволюционное десятилетие преподавание продолжали всемирно известные ученые: Д.Н. Анучин, Н.Е. Жуковский, Н.Д. Зелинский, А.Н. Северцов, К.А. Тимирязев, С.А. Чаплыгин.

В университете работали ученые мирового уровня: **математики и механики** М.В. Келдыш, А.Н. Колмогоров, Н.Н. Лузин, И.Г. Петровский, И.И. Привалов; **физики** В.К. Аркадьев, Н.Н. Боголюбов, С.И. Вавилов, А.А. Власов, П.Л. Капица, И.В. Курчатов, Л.Д. Ландау, Г.С. Ландсберг, Я.Б. Зельдович; **химики** Я.И. Герасимов, В.А. Каргин, А.Н. Несмеянов, Н.Н. Семенов; **географы** Н.Н. Баранский, А.А. Борзов, В.Н. Сукачев; геологи А.Д. Архангельский, Н.В. Белов, А.А. Богданов; **биологи и почвоведы** А.Н. Белозерский, Д.Г. Виленский, Л.А. Зенкевич; **историки** А.В. Арциховский, Б.Д. Греков, А.А. Губер; **искусствоведы** В.Н. Лазарев, А.А. Федоров-Давыдов; **филологи** Д.Д. Благой, С.М. Бонди, Д.Н. Ушаков; **философы** В.Ф. Асмус, В.П. Волгин, Г.Е. Глезерман; **юристы** М.Н. Гернет, П.Е. Орловский, А.Н. Трайнин; **психологи** А.Н. Леонтьев, А.Р. Лурия, С.Л. Рубинштейн; **экономисты** Л.Я. Берри, А.Я. Боярский, В.С. Немчинов.

Сергей Оганесян

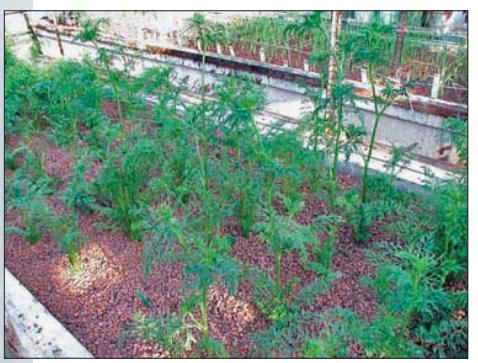
РАСТИТЕЛЬНАЯ ВАКЦИНА – мечта или реальность?

Пероральная вакцина стимулирует иммунный ответ слизистых оболочек – первую защиту на пути патогенных организмов.

Прививки обычно ассоциируются со шприцами, но, наверное, каждый из нас предпочтет уколу микстуру или таблетку.

Известно, что слизистая оболочка дыхательных путей, желудочно-кишечного и мочеполового трактов функционирует как часть иммунной системы организма, обеспечивая первый защитный барьер на пути проникновения болезнетворных агентов. В кишечнике чужеродный белок, обладающий антигенными свойствами, распознается специальными *M*-клетками в составе эпителия слизистых оболочек и транспортируется через эпителиальную мембрану к специализированным лимфоцитам в Пейеровых бляшках. Это стимулирует возникновение иммунного ответа, который включает антиген-специфический синтез антител (серологический ответ) и активацию целого ряда клеток иммунной системы (клеточный ответ). Мобильность *B*-лимфоцитов способна обеспечивать защиту от антигена, проникшего через желудочно-кишечный тракт и другие поверхности слизистых оболочек. Секреторные *IgA*, выделяемые *B*-лимфоцитами в виде димеров, транспортируются через эпителий в просвет кишечника, где связываются с чужеродными агентами и препятствуют их присоединению к эпителию. Пероральная вакцина стимулирует иммунный ответ слизистых оболочек – первую защиту на пути патогенных организмов.

Доставка вакцин в организм естественным путем может существенно



Трансгенная морковь, несущая ген интерлейкина-18 человека. Фотографии получены из теплицы Института цитологии и генетики СО РАН.

упростить, удешевить и обезопасить процесс иммунизации, что особенно важно в условиях недостаточно развитой инфраструктуры здравоохранения развивающихся стран. Большинство пероральных методик иммунизации включает выделение и очистку требуемого антигена из дрожжевых или бактериальных экспрессирующих систем. Вакцину обычно заключают в синтетическую капсулу, которая не позволяет протеолитическим (расщепляющим белок) ферментам разрушить препарат в желудке и помогает ему достичь цели в тонком кишечнике в иммуногенной форме (т.е. в том виде, который иммунная система может распознать и использовать для развития иммунного ответа).

В начале 90-х гг., в основном американскими учеными, было показано, что функцию защитной капсулы, ограждающей антиген от разрушительного действия желудочных ферментов, может выполнять клеточная стенка трансгенных растений. Кроме того, растительные клетки также можно использовать для доставки терапевтических белков, например интерлейкинов – основных регуляторов взаимодействий между клетками иммунной системы. Для синтеза чужеродных белков уже более 10 лет ученые всего мира используют трансгенные растения, пытаясь создать так называемые съедобные вакцины. Подобными разработками занимаются и российские ученые.

Что же представляет собой растение-вакцина? Съедобной вакциной принято называть трансгенное растение (желательно то, которое можно употреблять в пищу сырым), несущее в себе ген, кодирующий какой-нибудь белок патогена (вируса или бактерии).

Недавно появилось сообщение о том, что растения-вакцины от СПИДа и гепатита *B* были получены в лаборатории С.Н. Щелкунова ГНЦ «Вектор» на основе обычных томатов. Было обнаружено, что их скармливание мышам стимулирует образование антител. Речь идет не о готовой вакцине, а о томатах, несущих ген гепатита *B* и искусственный антиген ВИЧ. Пока овощи прошли только первые испытания на животных, и говорить об их применении для массовой вакцинации населения пока рано, считает Максим Филиппенко, заведующий группы фармакогеномики Института химической биологии фундаментальной медицины СО РАН г. Новосибирска.

Перед исследователями из Сибирского отделения Российской Академии наук – сотрудниками лаборатории группы фармакогеномики Института химической биологии и фундаментальной медицины, лаборатории гетерозиса растений ИЦиГ и Института клинической иммунологии – стоит задача: создать генетически модифицированные растения, стимулирующие антивирусный и антиопухолевый ответ иммунной системы за счет активации ее клеточного компонента. Ученые получили морковь, несущую ген интерлейкина-18 человека. У мышей, которых кормили трансгенной морковью, была обнаружена стимуляция клеточного ответа, в отличие от контрольной группы, получавшей в пищу обычные овощи. Кроме того, интерлейкин-18 снимает пищевую толерантность, т.е. подавление иммунного ответа к антигенам, поступаемым с пищей в желудочно-кишечный тракт, и может быть использован как усилитель при пероральной иммунизации, например, при использовании томатов с гепатитным антигеном.

Нужно иметь в виду, что трансгенные растения, полученные в разных лабораториях мира (в том числе в Новосибирске), могут рассматриваться лишь как потенциальные вакцины, т.к. очень редко исследователи показывают именно их защитный эффект, а не влияние на какой-нибудь компонент иммунной системы животного или человека. Согласно результатам экспериментов, проводимых в последнее время, скармливание растений, несущих белок *X*, вызывает у животных образование антител к данному белку. Реже в научных публикациях встречается описание стимуляции клеточного иммунитета. Предполагается, что серологический ответ без стимуляции клеточного может оказаться вредным при вирусных заболеваниях. Но чтобы убедиться в этом, а также получить эффективную и безопасную вакцину, необходимо провести серию экспериментов на животных, а также заражение добровольцев.

Человек употребляет с пищей множество самых разных белков и не вырабатывает на них значимого иммунного ответа. У пищевой иммунологической толерантности сложные механизмы регуляции. Ученые не застрахованы от того, что применение съедобных вакцин в отдельных случаях может стимулировать подавление иммунитета к инфекционному агенту, а не иммунный ответ. Одним из возможных решений проблемы может стать использование отдельных интерлейкинов для ко-иммунизации. Должно быть проведено не одно исследование разными научными коллективами для того, чтобы полностью осветить эти проблемы.

Определенные трудности связаны с низким (0,1–1%) уровнем синтеза привнесенного белка-антигена, неравномерностью его распределения по растительным тканям. Пока вопрос не решен, невозможно использовать данный метод вакцинации в сертифицированных протоколах.

Вакцинация – дорогое и не для всех доступное удовольствие, поэтому достаточно низкая себестоимость растительных вакцин может стать серьезным аргументом для дальнейших исследований в этой области. К тому же разработанная технология оптимальна для изготовления больших доз препарата в короткий период времени, например, при террористических бактериологических атаках и других чрезвычайных ситуациях. ■

Редакция благодарит кандидата биологических наук М.Л. Филиппенко за помощь в подготовке материала.

Смадар Коэн
Джонатан Лиор

КАК ВОССТАНОВИТЬ РАЗБИВШЕЕСЯ СЕРДЦЕ?

Биологи и инженеры, специализирующиеся в тканевой инженерии, вплотную приблизились к заветной цели – выращиванию функциональных лоскутов сердечной мышцы.

Сердце, разбившееся от несчастной любви, в конце концов оправляется от жестокого удара. Другое дело – рана, нанесенная сердцу при инфаркте. В отличие от печени или кожи, сердечная мышца не восстанавливается, на месте ее повреждения остается обширный рубец, неспособный к сокращениям.

Нарушение синхронности в сокращении сердечной мышцы при инфаркте приводит к повышению нагрузки на здоровые области сердца, их преждевременному изнашиванию и деформации стенки миокарда. Результатом таких процессов может стать еще одно более обширное поражение сердечной мышцы в ближайшие семь месяцев.

Благодаря врачам большинство людей, перенесших инфаркт, возвращается к нормальной жизни. Но серия повторных инфарктов ослабляет сердце, оно перестает выполнять свои функции в полном объеме, и в конце концов остается один способ спасения жизни больного – трансплантация. Эта сложнейшая хирургическая операция зависит от наличия подходящего донора. В США в 2003 г. было зарегистрировано 550 тыс. новых случаев острой сердечной недостаточности, а трансплантацию удалось провести лишь 2 тыс. больным. Если бы врачи умели ликвидировать последствия поражения сердечной мышцы, это облегчило бы жизнь миллионам больных. В связи с этим перед специалистами в области тканевой инженерии встала неотложная и чрезвычайно трудная задача – выращивание лоскутов функционально активной ткани сердца, способных заменить омертвевшую ткань. Чтобы обеспечить проведение электрического сигнала и синхронное сокращение новой ткани, должна произойти параллельная самоорганизация волокон сердца, а затем должна образоваться физические контакты и нервные связи. Гораздо проще вырастить *in vitro* кожу и хрящевую ткань, поскольку эти органы не такие сложные и не нуждаются во внутренней сосудистой сети. Интегрирование же кровеносных сосудов в такую объемную структуру, как сердечная мышца, серьезно усложняет ее получение *in vitro*.

Конструирование любой ткани (простой или сложной) вне живого организма еще 15 лет назад считалось абсолютно нереальным. Однако за последние годы в области клеточной биологии и тканевой инженерии

произошли большие изменения. Используя инженерные методы, мы создали некий каркас, который помогает расти клеткам сердечной мышцы и кровеносным сосудам даже в зоне обширного инфаркта.

Закладка фундамента

Инфаркт миокарда возникает в результате острого поражения коронарных артерий сердца, снабжающих левый желудочек кровью. Часть сердечной мышцы перестает получать кровь и содержащийся в ней кислород, что приводит к гибели сокращающихся мышечных клеток (кардиомиоцитов) и омертвению целой области сердца. Размер пораженного участка зависит от того, насколько обширной была область, питаемая вышедшим из строя сосудом.

Миоциты относятся к числу редко делящихся клеток и не успевают «заштопать» поредевшую ткань. Стволовые клетки (источник новых клеток) в сердце отсутствуют. В результате отмершие миоциты заменяются неспособными к сокращениям фиброзными клетками. Более того, здоровые миоциты, примыкающие к пораженному участку, тоже могут погибнуть, что приведет к еще большему расширению последнего. В ходе ремоделирования происходит истончение стенки желудочка в области инфаркта и постепенное ее растяжение или даже разрыв.

В последние несколько лет ученые не раз пытались восстановить ткань сердечной мышцы в области инфаркта, трансплантировав в нее стволовые клетки из других тканей – костного мозга или скелетных мышц. Они надеялись, что клетки либо адаптируются к чуждому для них окружению и начнут продуцировать новые кардиомиоциты, либо подтолкнут естественные регенеративные процессы. Однако клинические испытания показали бесперспективность такого подхода. Большинство стволовых клеток погибало, а оставшиеся в живых скапливались по краям пораженной области, но не вступали в физический контакт с соседними здоровыми клетками и не проводили электрических сигналов, обеспечивающих синхронные сердечные сокращения.

Клетки, имплантированные в пораженную при инфаркте ткань сердечной мышцы, не могут размножаться.

Имплантированные клетки не могли расти и размножаться в пораженной ткани, прежде всего потому, что в ней отсутствовала инфраструктура, в норме поддерживающая живые клетки. В здоровых тканях имеется внеклеточный матрикс, состоящий из структурных белков (таких как коллаген) и молекул сложных сахаров – полисахаридов (например, гепарансульфата). Матрикс не только посылает химические сигналы, запускающие рост, но и служит механической опорой для клеток.

Осознавая важность внеклеточного матрикса, специалисты в области тканевой инженерии уже давно задумываются над созданием его искусственного заменителя – некой структуры, поддерживающей растущие живые ткани. Она служила бы опорой для клеток, структурировав образующиеся из них ткани – так, как это происходит *in vivo*. Решалась бы проблема нежелательной миграции трансплантированных клеток из зарубцевавшейся области. А после того как новые клетки стали бы секретировать вещества для внеклеточного матрикса, искусственные «подпорки» разрушились бы, не оставив следа участия в строительстве здоровой ткани «наемных рабочих». Пожалуй, наиболее ценное в искусственном каркасе то, что он способствует васкуляризации новой ткани. Снабжение трансплантированных клеток кислородом и питательными веществами, а также удаление ненужных продуктов жизнедеятельности совершенно необходимо для их выживания.

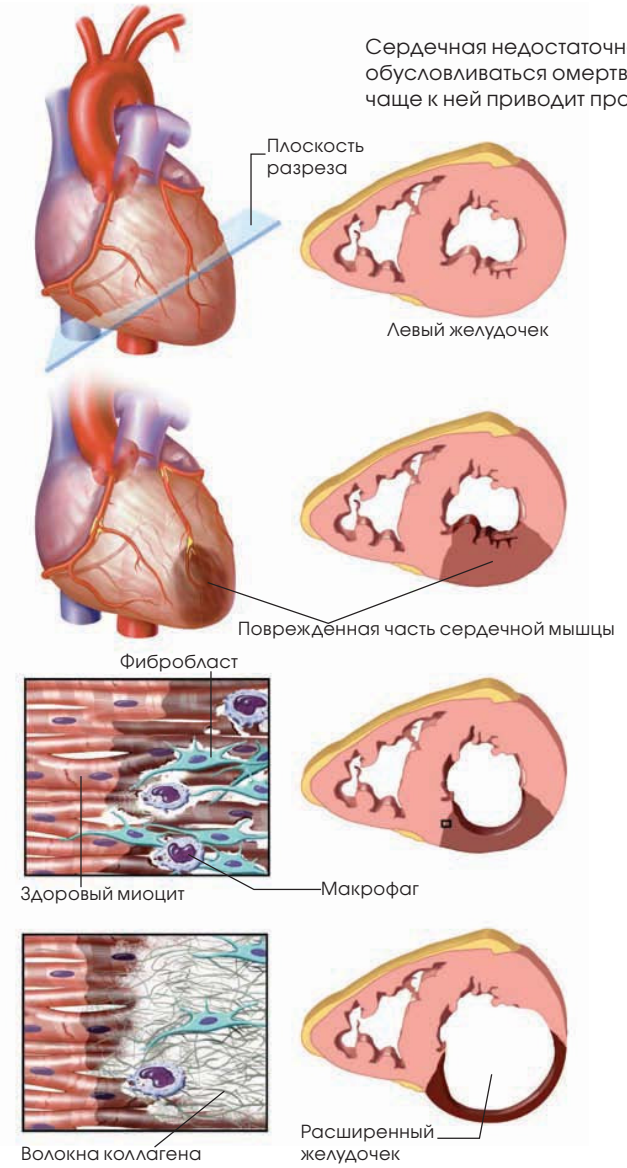
В конце 1980-х гг. одному из нас (Коэну) посчастливилось работать с Робертом Лангером (Robert Langer), пионером в области тканевой инженерии. В те годы идея конструирования живых тканей казалась несбыточной мечтой. К тому же клетки всегда оставались прерогативой биологов, а мы были инженерами-химиками. Но в это время в обеих дисциплинах произошли большие перемены: биологи преуспели в разгадке механизма взаимодействия клеток с различными материалами, а химики-технологи научились синтезировать новые полимеры. За 20 лет,

ОБЗОР

КАК «ПОЧИНИТЬ» СЛОМАВШЕЕСЯ СЕРДЦЕ

- Рубцевание омертвевшей ткани сердечной мышцы после инфаркта приводит к ухудшению работы сердца и к повторным инфарктам.
- Конструирование живых тканей требует совместной работы клеточных биологов и химиков-технологов.
- Специалисты в области тканевой инженерии, уже научившиеся стимулировать регенерацию сердечной мышцы *in vivo*, трудятся над тем, чтобы создать работающее сердце вне организма.

СЕРДЕЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ: ОТ ИНФАРКТА К ХРОНИЧЕСКОМУ ЗАБОЛЕВАНИЮ



Сердечная недостаточность, сопровождающая инфаркт миокарда, может обусловливаться омертвением обширной области сердечной мышцы, но гораздо чаще к ней приводит прогрессирующее изменение структуры самого сердца.

ЗДОРОВОЕ СЕРДЦЕ

Левый желудочек сердца выталкивает богатую кислородом кровь в артерии, по которым она направляется к разным частям тела. Толстую стенку желудочка образуют мышечные клетки – кардиомиоциты.

ИНФАРКТ

Когда кровеносный сосуд, питающий сердечную мышцу, по какой-то причине закупоривается, миоциты погибают от недостатка кислорода и часть сердечной мышцы отмирает. Это явление называется инфарктом.

РУБЦЕВАНИЕ

Ферменты разрушают внеклеточный матрикс в области инфаркта. Макрофаги поглощают погибшие миоциты, и их место занимают фибробласты, вырабатывающие коллаген. Стенка желудочка истончается и становится менее эластичной. Если здоровые миоциты по границам зарубцовывающейся ткани тоже погибают, пораженная область увеличивается. За несколько месяцев она может стать больше в два раза.

РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ЖЕЛУДОЧКА

После инфаркта на здоровую часть мышцы падает дополнительная нагрузка, и вначале она утолщается. Но затем некоторые клетки не выдерживают чрезмерного напряжения и погибают. Стенки желудочка истончаются и растягиваются, а сам желудочек увеличивается в объеме. Развивается сердечная недостаточность.

прошедших с тех пор, специалисты по тканевой инженерии, работая над созданием оптимального каркаса, поддерживающего клетки в процессе формирования из них функциональной ткани, перепробовали самые разные материалы, как синтетические, так и природные.

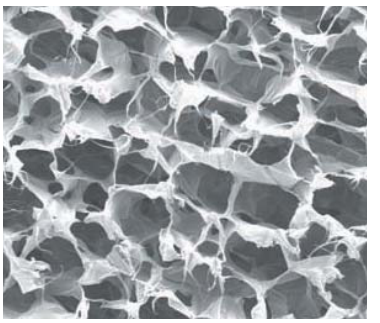
Среди синтетических материалов чаще всего применялись деградируемые полиэфиры, состоящие из остатков лактида или гликолида либо из их комбинаций. Они безопасны для человека, хотя и не лишены некоторых недостатков. Большинство из них, будучи гидрофобными, не слишком охотно связывают живые клетки, а сделанный из них каркас не разлагается, а постепенно крошится. «Крошки», обладающие кислотными свойствами, вызывают локальное воспаление и отрицательно влияют на жизнеспособность клеток. У созданных недавно гелей на водной основе нет подобных недостатков, к тому же по текстуре они напоминают природный внеклеточный матрикс. Однако они не обладают важными химическими свойствами, которые есть, например, у коллагена, и не могут передавать клеткам важные сигналы.

Помимо коллагена в качестве материала для строительства искусственного каркаса был использован другой белок внеклеточного матрикса – фибронектин. Он содержит аминокислоты, с которыми охотно взаимодействуют клетки, но у него недостает механической прочности, чтобы поддерживать нарастающую клеточную массу. К тому же коллаген слишком быстро разрушается ферментами, присутствующими в организме, и может провоцировать иммунную

TERESE WINSLOW

Альгинатный каркас

Пористая структура

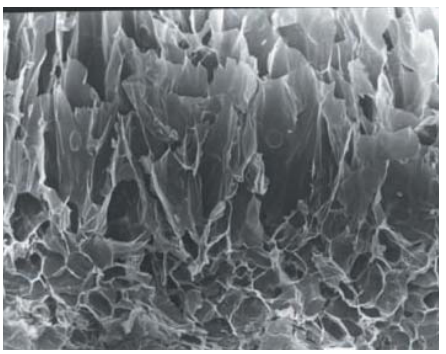


Каркас служит опорой для образующейся ткани и структурирует ее. В идеале это должна быть пористая конструкция с тонкими стенками, в которой поры образуют густую переплетающуюся сеть и имеют диаметр 200 мкм (примерно таков диаметр капилляра). Это обеспечивает взаимодействие между клетками и позволяет сосудам пронизывать образующуюся ткань.

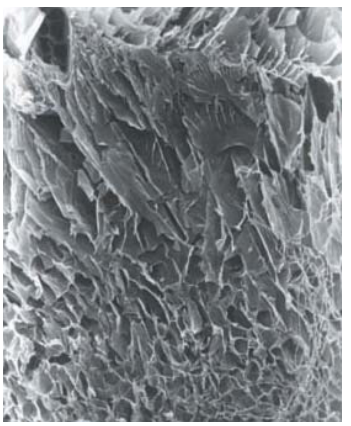
В качестве материала для каркаса мы выбрали альгинат, продукт жизнедеятельности водорослей, поскольку по своим химическим свойствам он напоминает природный внеклеточный матрикс. Но нам пришлось прибегнуть к некоторым ухищрениям, чтобы превратить водный раствор альгината в жесткую конструкцию со строго контролируемыми формой (*левый рисунок*) и текстурой (*правый рисунок*).

Учитывая то, что при замерзании вода в альгинатном гидрогеле кристаллизуется и что при разных режимах охлаждения можно получить кристаллы самой разной формы, для создания каркасов мы использовали метод замораживания – сублимации. Замерзший гидрогель образовал губчатую структуру, состоящую из кристаллов льда, отделявшихся друг от друга тонкой альгинатной стенкой. После сублимации кристаллов льда вместо них в структуре оставались поры самых разных размеров, форм и ориентации в зависимости от скорости и направления роста кристаллов (*внизу*).

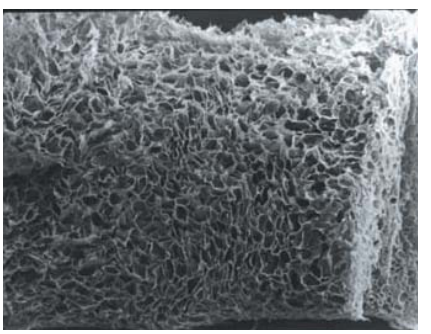
РЕЖИМ ЗАМОРАЖИВАНИЯ



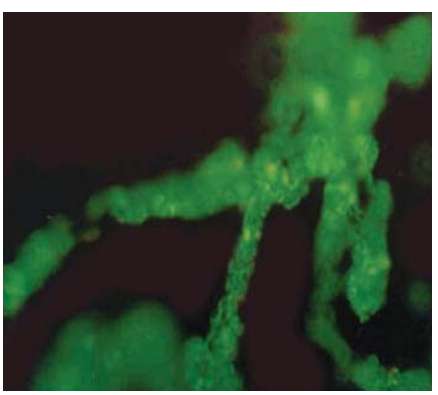
В масляной бане при температуре –35°С лед образуется быстрее всего на дне сосуда. Структура имеет крошечные, густо расположенные пересекающиеся поры. Ближе к поверхности поры расширяются.



При температуре жидкого азота, –196°С, в емкости образуется аналогичный температурный градиент. Формирование у поверхности пор самых разных форм, размеров и направлений может быть связано с интенсивным испарением азота и образованием холодного фронта переменного направления.



При замораживании в морозильнике при температуре –20°С раствор альгината вначале охлаждается до –10°С, затем резко нагревается до –2°С и далее медленно охлаждается до –20°С. Температурный скачок связан с отдачей тепла водой и началом кристаллизации по всему объему, о чем свидетельствует образование одинаковых пересекающихся пор.



СТРУКТУРА ПОР

Возможность контролировать архитектуру каркаса, изменяя режим замораживания, имеет большое значение, потому что структура пор принципиальна для создания функционирующей ткани. Так, протяженные поры способствуют образованию в них кровеносных сосудов. Когда мы использовали жидкий азот для создания каркаса с длинными каналами и «заселили» его флуоресцентно меченными клетками (*зеленый цвет*), которые в течение двух недель образовали структуры, напоминающие капилляры.

реакцию пациента, и без того ослабленного перенесенным инфарктом.

Мы решили использовать природный полимер другого типа – полисахарид под названием альгинат, продуцируемый водорослями и не вызывающий у человека нежелательного иммунного ответа. Один из альгинатов при растворении в воде присоединяет положительно заряженные ионы Ca^{2+}, и его молекулы образуют между собой поперечные связи. Гидрогель желатинообразной консистенции обладает эластичностью природного внеклеточного матрикса.

Прежде чем использовать альгинатный гидрогель в качестве опоры, его необходимо было структурировать и придать ему механическую прочность, так, чтобы он сохранял форму под грузом нараставших на нем клеток. Для этого мы использовали новый метод затвердевания альгината, основанный на инженерных принципах. Вначале мы залили раствор альгината в различные формы, а затем заморозили его в трех разных режимах. Во всех случаях образовались кристаллики льда, разделенные тонкими альгинатными стенками. Когда лед сублимировали, обнаружилась губчатая конструкция с крошечными порами. Варьируя условия замораживания, можно было получать различную степень пористости, размер пор, их направление, а также густоту пересечения.

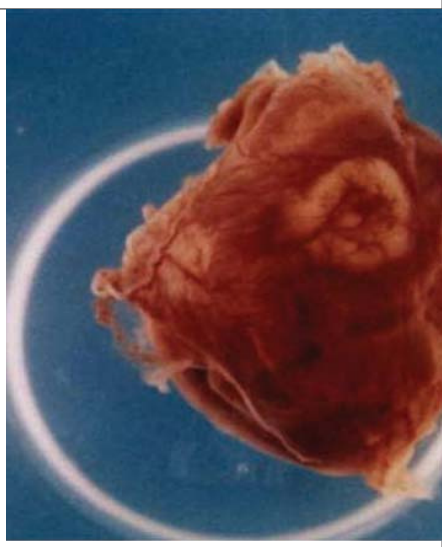
Пересекаемость пор влияет на свободное распространение растущих клеток по всей структуре, на снабжение их питательными веществами и выведение продуктов жизнедеятельности. Мы обнаружили, что чем гуще сеть пор, тем легче имплантированные кровеносные сосуды проникают во все уголки формирующейся ткани. Уникальная внутренняя архитектура подобных каркасов, напоминающих соты, достаточно устойчива. Даже если 95% их объема занимают поры, они выдерживают большие внутренние нагрузки.

Итак, мы научились создавать каркасы нужной формы и структуры, которые не отторгаются организмом, состоят из природных нетоксичных материалов, обладают высокой механической прочностью и в то же время разлагаются в организме, когда приходит время. Остается выяснить, сочтут ли живые клетки наш каркас адекватной заменой утраченному во время инфаркта внеклеточному матриксу.

Выращивание ткани

Прежде чем имплантировать каркас в организм лабораторного животного, мы решили проверить, как воспримут альгинат клетки сердечной мышцы *in vitro*. Мы суспендировали в питательной среде кардиоциты эмбриона крысы (в отличие от зрелых кардиоцитов они могли делиться) и инфузировали их в круглый каркас диаметром 6 мм и высотой 1 мм. Приложив небольшую центробежную силу, мы способствовали быстрому проникновению клеток в поры каркаса и окончательному распределению их там менее чем за 30 мин.

Ускорение процесса проникновения клеток в поры способствует сохранению жизнеспособности клеток, плохо переносящих дефицит кислорода, а гомогенизация распределения обеспечивает максимальное заполнение пор. В результате нам удалось достичь плотности клеток 10^8 на 1 $см^3$, что характерно для здоровой сердечной мышцы. Затем мы перенесли «заселенный» клетками каркас в биореактор. В нем поддерживались оптимальная влажность и атмосферное давление, осуществлялась циркуляция питательной среды, проводился непрерывный мониторинг клеточного метаболизма. Через 48 часов было зарегистрировано сокращение миоцитов, и на восьмые сутки мы приступили к имплантации конструкции в сердце подопытной взрослой крысы, перенесшей семь дней назад инфаркт левого желудочка. Пораженная область была хорошо заметна: она представляла собой бледную несокращающуюся зарубцевавшуюся ткань.



Через два месяца после имплантации в сердце крысы «заселенный» клетками каркас интегрировался в пораженную область. Всю его толщу пронизывали многочисленные кровеносные сосуды. Они снабжали клетки кровью и препятствовали расширению пораженной области.

Мы поместили имплантант прямо на нее, зашили разрез и стали ждать.

Через два месяца мы вновь обнажили сердце и с изумлением увидели пучок новых кровеносных сосудов, проросших из здоровой ткани в имплантант. Сконструированный трансплантант хорошо интегрировался с пораженной тканью, альгинатный остов начал рассасываться и заменяться обычным внеклеточным матриксом. Из эмбриональных кардиомиоцитов сформировались зрелые мышечные волокна, некоторые из которых были организованы в такие же параллельные структуры, как в нормальной сердечной мышце. Между волокнами образовались механические контакты, обеспечивающие их синхронное сокращение, а синапсы проводили электрические сигналы.

Все крысы, перенесшие инфаркт (и те, кому предстояла операция, и грызуны из контрольной группы), прошли электрокардиографическое обследование. Спустя два месяца обе группы животных вновь были обследованы. У контрольных крыс

FROM J. LEOR ET AL. IN *CIRCULATION*, VOL. 102, NO.19: 2000. © AHA/LWW

Микросферы, крошечные образования диаметром 3 мкм, высвобождают факторы роста и ускоряют рост кровеносных сосудов.

наблюдалась типичная для постинфарктного периода картина: значительная дилатация левого желудочка и ухудшение работы сердца. У прооперированных же грызунов состояние было примерно таким же, как сразу после инфаркта: объем желудочка, толщина стенки и работа сердца не изменились.

Итак, первая цель была достигнута: мы защитили сердце, пострадавшее от инфаркта, от дальнейшего повреждения, которое могло привести к его полному выходу из строя. Но остался ряд вопросов, на которые мы не могли получить ответа. Каков механизм защиты ткани сердечной мышцы трансплантантом – ведь сокращения последнего никак не влияли на работу сердца? Складывалось впечатление, что, препятствуя расширению пораженной области и содействуя утолщению стенки желудочка, трансплантант блокировал обычный при инфаркте процесс ремоделирования.

Вполне вероятно, что дальнейшему омертвению ткани препятствовал рост новых кровеносных сосудов в области инфаркта. Их число и размер были больше, чем раньше. Но что самое удивительное, они образовывались даже в тех случаях, когда в имплантированный каркас не инфузировали новые клетки.

Для роста кровеносным сосудам было достаточно той опоры, которую им обеспечивал альгинатный каркас. Мы надеемся, что сам альгинат мобилизует стволовые клетки на участие в регенерации, поскольку по химическому строению он сходен с гепарансульфатом, полисахаридом – важным компонентом природного внеклеточного матрикса. Чтобы проверить гипотезу, мы инъецировали альгинатный гидрогель непосредственно в пораженную область сердца крысы. Даже находясь в форме гидрогеля, альгинат способствовал сохранению структуры и функции желудочка, выполняя роль заменителя внеклеточного матрикса и тем самым способствуя ангиогенезу.

Серьезная проблема – поиск источника сердечных клеток, которые можно было бы использовать при трансплантации. Взрослые кардиомиоциты самого больного для подобных целей не годятся, поскольку они не реплицируются. Есть надежда, что к образованию кардиомиоцитов удастся подтолкнуть эмбриональные стволовые клетки и «взрослые» стволовые клетки костного мозга или клетки крови из пупочного канатика. Не исключено, что донорные клетки будут восприняты реципиентом как чужеродные тела и иммунная система их отвергнет. Альтернативой могут служить собственные клетки организма – стволовые клетки или их предшественники, взятые из костного мозга, мышц или жировой ткани, либо эмбриональные стволовые клетки, полученные из клеток пациента методом терапевтического клонирования. Возможно, со временем удастся идентифицировать стволовые клетки самой сердечной ткани.

Альтернативные пути возвращения сердца к жизни

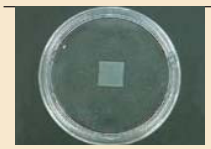
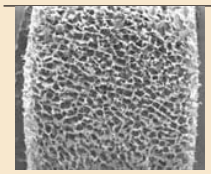
Полученные результаты воодушевили исследователей. Мы наметили несколько возможных путей использования альгинатного каркаса для регенерации ткани сердечной мышцы после ее обширного поражения. В ближайшие три года мы собираемся испытать альгинатный каркас, не заселенный клетками, на больных, перенесших инфаркт. Эксперименты, проведенные на свиньях, подтвердили то, что мы наблюдали ранее на крысах: альгинатный каркас сдерживает расширение пораженной области и предотвращает ремоделирование стенок желудочка.

Способность альгината ускорять ангиогенез позволяет предположить, что мы можем повысить выживаемость трансплантированных клеток, имплантировав вначале один каркас, выждав какое-то время и лишь затем «заселив» его клетками. Мы провели подобные эксперименты на грызунах и получили обнадеживающие результаты. Васкуляризация значительно ускоряется при включении в альгинатную сеть микросфер, из которых контролируемым образом высвобождаются факторы роста. К сожалению, предварительная васкуляризация каркаса уменьшает пространство, которое могло бы быть за-

ОБ АВТОРАХ:

Смадар Коэн и **Джонатан Лиор** шесть лет работали над выращиванием функциональной ткани сердечной мышцы. Коэн, профессор в области биотехнологической инженерии Университета Бен-Гуриона в пустыне Негев (Израиль), исследует реакции клеток на внешние сигналы. Кроме того, она синтезирует полимерные биоматериалы для тканевой инженерии и контролируемого высвобождения лекарственных препаратов. Лиор – врач-кардиолог в Медицинском центре в Шебе и директор Института новых проблем кардиологии при Тель-Авивском университете. Круг его научных интересов – регенерация сердечной мышцы с использованием клеточных трансплантантов, методов тканевой инженерии и генной терапии.

Специалисты в области тканевой инженерии используют разные методы регенерации сердечной мышцы после инфаркта миокарда. У каждого способа есть свои достоинства и недостатки.

	МЕТОД	ПРЕИМУЩЕСТВА	НЕДОСТАТКИ
	Инъекция клеток Стволовые клетки или их предшественники вводят в пораженную ткань через катетер или инъецируют.	■ Легкость введения ■ Инъецированные клетки могут запустить процесс образования внеклеточного матрикса и кровеносных сосудов.	■ Низкая выживаемость ■ Клетки не образуют новых функциональных кардиомиоцитов.
	**Культивированная ткань** Выращивают тонкие слои кардиомиоцитов, накладывают друг на друга и имплантируют хирургическим путем.	■ Относительная простота выращивания в лаборатории ■ Большая стабильность, чем в первом случае.	■ Слои не васкуляризованы, поэтому имплантировать можно только небольшие тонкие лоскуты ■ Непрочность слоев.
	**Пористые каркасы** Клетки размещают в трехмерном каркасе, изготовленном из природного или синтетического полимера, культивируют их в биореакторе и имплантируют хирургическим путем.	■ Каркас структурирует образующуюся клеточную массу и создает условия для васкуляризации ■ В каркас могут быть введены вещества, ускоряющие рост кровеносных сосудов.	■ Между имплантацией и васкуляризацией проходит много времени, что может привести к гибели клеток.
	Трехмерная «клеточная печать» С помощью устройства, напоминающего головку струйного принтера, наносят слои клеток, суспендированных в гидрогеле, в желаемой конфигурации, культивируют и имплантируют химическим методом.	■ Возможность правильного расположения клеток разных типов ■ Клетки свободны в своем движении и могут самоорганизовываться.	■ Пройдена только первая стадия испытаний на функциональность *in vivo*.
	Инъецируемые каркасы Полимерные гидрогели, содержащие клеточные суспензии или нет, вводят в область инфаркта с помощью катетера или инъецируют.	■ Простота введения ■ Может облегчить регенерацию, временно заменив внеклеточный матрикс.	■ Недостаточный контроль за процессом формирования ткани.

NABIL DIB *Arizona Heart Institute* AND JONATHAN DINSMORE *GenVec, Inc. (heart injection)*; FROM T. shimizu et al. in *CIRCULATION RESEARCH*. vol. 90, no. 3, page e40; 2002. © AHA/LWW *(tissue squares)*; MICHAL SHACHAR, RONIT BASHER AND SMADAR COHEN *Ben-Gurion University (porous scaffolds)*; B. TEFFT, COURTESY OF T. BOLAND *Clemson University (ear)*; K. STAUB, COURTESY OF K. J. L. BURG *Clemson University (injectable scaffolds)*

нято клетками, поэтому мы работаем над упорядоченностью процесса, используя различные факторы роста.

Сегодня *in vitro* в полной мере удается контролировать размер выращиваемой ткани, ее состав и функции. И если при инфаркте происходит перфорация ткани, то мы можем заменить весь пораженный участок сердца. При этом для заполнения образовавшейся бреши используются не альгинатный пористый каркас, а полноценный лоскут ткани. Вновь возникает вопрос, как сохранить жизнеспособность трансплантированной ткани до образования системы кровеносных сосудов. Опираясь на предыдущий опыт, мы склоняемся к идее создания предварительно васкуляризованного трансплантанта.

Мы уже создали капиллярное русло *in vitro*, «заселив» альгинатный остов эндотелиальными клетками, которые в норме выстилают стенки кровеносных сосудов, и поместили конструкцию в биореактор. Теперь мы намереваемся культивировать вместе эндотелиальные клетки и кардиомиоциты в составе альгинатного остова, с тем, чтобы создать капиллярную сеть внутри кусочка миокарда. В случае удачи мы проверим, будет ли капиллярное русло функционировать после трансплантации. Если новые сосуды быстро воссоединятся со старыми, то трансплантированная ткань приживется с большой вероятностью.

Обнадеживает, что мы не одни занимаемся инженерией сердечной мышцы, ведь успех любого из нас послужит прогрессу во всей области. Возможно, от достижения цели нас отделяют долгие годы, но она уже не кажется нереальной. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

■ Tailoring the Pore Architecture in 3-D Alginate Scaffolds by Controlling the Freezing Regime during Fabrication. Sharon Zmora, Rachel Glickis and Smadar Cohen in Biomaterials, Vol. 23, pages 4087–4094; October 2002.

■ Myocardial Tissue Engineering: Creating a Muscle Patch for a Wounded Heart. Jonathan Leor and Smadar Cohen in Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 1015, pages 312–319; May 2004.

Сингулярный компьютер – это концептуальный инструмент, который может быть полезен ученым, изучающим космологию и фундаментальную физику. Когда исследователи научатся создавать черные дыры в ускорителях частиц, можно будет убедиться, что они вычисляют.

Сет Ллойд,
Джек Энджи

СИНГУЛЯРНЫЙ КОМПЬЮТЕР

Ученые рассматривают законы физики как компьютерные программы, а Вселенную – как компьютер.

Чем компьютер отличается от черной дыры? Звучит как шутка о *Microsoft*, но это один из самых серьезных вопросов современной физики. Для большинства людей компьютеры – это красивые коробки на столе или чипы размером с ноготь, размещенные в современной аппаратуре. Но для физика все физические системы – компьютеры. Камни, атомные бомбы и галактики не могут работать под управлением популярных операционных систем, но они регистрируют и обрабатывают информацию. Электроны, фотоны и другие элементарные частицы несут в себе информацию, которая изменяется каждый раз, когда частицы взаимодействуют друг с другом. Физическое существование и информационное содержание неразрывно связаны. Как сказал физик Джон Уилер (John Wheeler) из Принстонского университета, «все – из бита».

Казалось бы, черные дыры должны быть исключением из этого правила. Ввод информации в них не представляет никаких трудностей, но, согласно общей теории относительности, получить ее обратно невозможно. Вещество, входящее в дыру, ассимилируется, и подробности его строения теряются безвозвратно. В 1970-х гг. Стивен Хокинг (Stephen Hawking) из Кембриджского университета показал, что квантовая механика допускает наличие излучения из черных дыр: они светятся, как раскаленный уголь. Однако в ходе анализа, проведенного Хокингом, выяснилось, что излучение носит случайный характер и не несет никакой информации о том, что попало в дыру. Если бы туда провалился слон, возникло бы эквивалентное ему количество энергии, которая, впрочем, была бы мешаниной, и ее никак нельзя было бы использовать для воссоздания животного.

Столь очевидная потеря информации весьма загадочна, потому что по законам квантовой механики информация сохраняется. Другие ученые, в том числе Леонард Зюскинд (Leonard Susskind) из Стэнфордского университета, Джон Прескилл (John Preskill) из Калифорнийского технологического института и Джерард Хоофт (Gerard't Hooft) из Утрехтского университета в Нидерландах, утверждают, что на самом деле испускаемое излучение не случайно, а представляет собой результат

информационной обработки упавшего в черную дыру вещества. Прошлым летом Хокинг присоединился к их точке зрения.

Черные дыры – просто самый экзотический пример общего принципа, гласящего, что Вселенная регистрирует и обрабатывает информацию. Сама идея не нова: создатели статистической механики еще в XIX в. для объяснения законов термодинамики придумали то, что позже было названо теорией информации. На первый взгляд, термодинамика и теория информации предельно далеки: первая была разработана для описания паровых двигателей, а вторая – чтобы оптимизировать каналы связи. Тем не менее термодинамическая величина, называемая энтропией, которая ограничивает способность парового двигателя производить полезную работу, оказывается пропорциональной числу битов, регистрируемых положениями и скоростями молекул в веществе. Созданная в XX в. квантовая механика позволила количественно обосновать связь термодинамики с информацией и ввести понятие квантовой информации. Вселенная состоит из квантовых битов – кубитов, обладающих гораздо более интересными свойствами, чем обычные биты.

Анализ Вселенной в терминах битов и байтов не заменяет ее рассмотрения в рамках обычных понятий, таких как сила и энергия, но позволяет выявить новые факты. Например, в статистической механике такой подход позволил разрешить парадокс максвелловского демона, который, казалось бы, допускает существование вечного двигателя. В последние годы физики используют такой анализ для изучения природы черных дыр, тонкой структуры пространства-времени в малых масштабах, космической темной энергии и, наконец, самых глубинных законов природы. Вселенная – не просто гигантский компьютер, а гигантский квантовый компьютер. И, как говорит физик Паола Цицци (Paola Zizzi) из Падуанского университета, «все – из кубита».

Гигагерц – это слишком медленно

Слияние физики и теории информации обеспечивает главный принцип квантовой механики, гласящий, что в своей основе природа дискретна. Физическую систему можно описать, используя конечное число битов. Каждая частица в ней действует точно так же, как логический элемент компьютера. Спин («ось») частицы может указывать в одном из двух направлений, кодируя таким образом один бит, и может менять направление на обратное («опрокидываться»), выполняя таким образом простейшее вычислительное действие.

Система также дискретна во времени: для изменения значения бита требуется минимальный временной промежуток, точная величина которого определяется теоремой, названной в честь пионеров физики обработки информации Нормана Марголуса (Norman Margolus) из Массачусетского технологического института и Льва Левитина (Lev Levitin) из Бостонского университета. Теорема связана с принципом неопределенности Гейзенберга, который описывает присущую природе взаимозависимость физических величин, таких как положение и импульс или время и энергия. Время t, необходимое для изменения значения бита, зависит от величины прилагаемой энергии E. Чем она больше, тем короче временной промежуток: $t \geqslant h/4E$, где h – постоянная Планка. Например, в одном из прототипов квантового компьютера биты кодируются ориентацией протонов, а для ее изменения используется магнитное поле. Математические операции происходят за минимальное время, допускаемое теоремой Марголуса–Левитина.

У этой теоремы есть множество следствий: от пределов, налагаемых на геометрию пространства-времени, до вычислительных возможностей Вселенной в целом. Рассмотрим пределы вычислительной мощности обычной материи – в данном случае одного килограмма вещества, занимающего объем 1 л. Назовем наше гипотетическое устройство предельным ноутбуком.

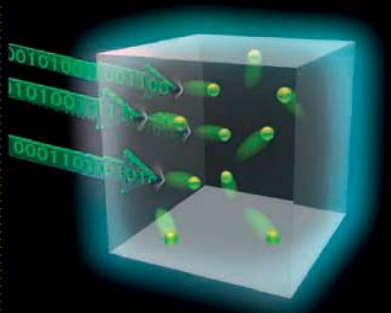
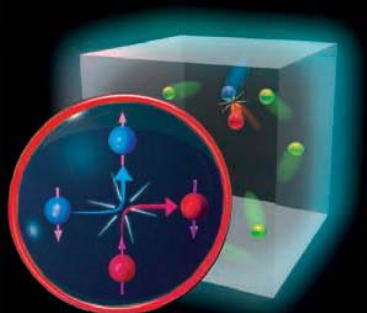
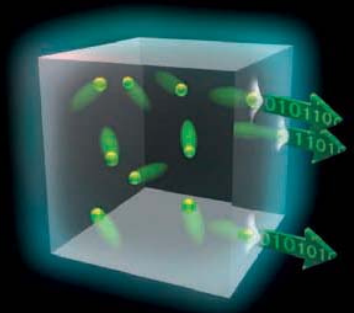
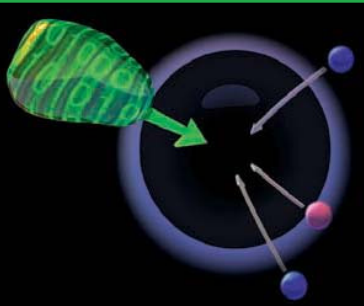
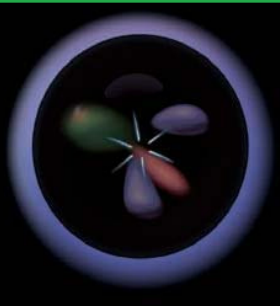
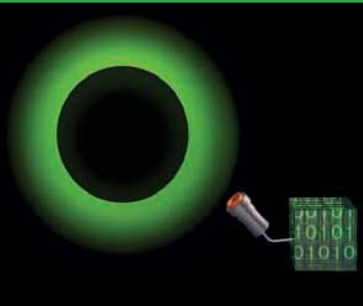
Источником питания для него служит просто вещество, непосредственно преобразуемое в энергию по известной формуле $E=mc^2$. Если направить всю энергию на управление битами, компьютер сможет выполнять 10^{51} операций в секунду. Объем памяти можно рассчитать с помощью термодинамики. Когда один килограмм

ОБЗОР

КОСМИЧЕСКИЕ КОМПЬЮТЕРЫ

- Абсолютно все физические системы хранят и обрабатывают информацию, развиваясь во времени. Иначе говоря, вся Вселенная вычисляет.
- Бытует мнение, что информация может ускользать из черных дыр, и значит, они тоже вычисляют. Объем памяти черной дыры пропорционален квадрату скорости вычислений. Если бы информация не обладала квантовомеханическими свойствами, то черные дыры не обрабатывали бы, а просто разрушали ее.
- Законы физики, ограничивающие вычислительную мощность компьютеров, определяют предел точности, с которой можно измерить геометрию пространства-времени. Поскольку эта точность не так уж высока, «атомы» пространства и времени могут быть больше, чем считалось ранее.

Что такое компьютер? Не только то, что люди обычно называют этим словом, но и вообще все на свете. Физические объекты могут решать логические и математические задачи, хотя и не способны принимать исходные данные и выдавать результат в понятной для людей форме. Природные компьютеры хранят данные в дискретных квантовых состояниях элементарных частиц, а набор выполняемых ими команд определяется законами квантовой физики.

	ВВОД	ВЫЧИСЛЕНИЕ	ВЫВОД
ОБЫЧНЫЙ НОУТБУК быстродействие: 10^9 Гц память: 10^{12} бит	Микросхемы внутри клавиатуры преобразуют информацию в импульсы электрического напряжения в проводах.	Импульсы взаимодействуют под управлением транзисторов, выполняющих логические операции, такие как «И-НЕ».	После специальной обработки импульсы преобразуются в осмысленные фигуры на экране.
ПРЕДЕЛЬНЫЙ НОУТБУК быстродействие: 10^{20} Гц память: 10^{31} бит	 Устройство содержит 1 кг горячей плазмы в объеме 1 л и принимает данные, закодированные в положениях, скоростях и спинах частиц.	 Взаимодействие частиц можно организовать так, чтобы выполнялись логические операции. Например, в результате столкновения состояние частицы может измениться на противоположное, т.е. будет выполнена логическая операция «НЕ».	 Чтобы получить результат вычислений, необходимо измерить и расшифровать характеристики частиц, покинувших устройство. Постепенно система теряет энергию и замедляется.
ЧЕРНАЯ ДЫРА быстродействие: 10^{35} Гц память: 10^{16} бит	 Эта черная дыра состоит из 1 кг вещества в объеме радиусом 10^{-27} м. Исходные данные и команды кодируются в веществе и сбрасываются в дыру.	 Опускаясь к центру, частицы взаимодействуют почти так же, как в предельном ноутбуке. Однако в данном случае большую роль играет гравитация. Законы, управляющие этим процессом, пока не понятны.	 Черная дыра испускает излучение, названное в честь Стивена Хокинга. В новых теориях предполагается, что оно несет в себе результат вычислений.

вещества превращается в энергию в объеме 1 л, его температура равна 1 млрд. К, а энтропия, пропорциональная энергии, деленной на температуру, соответствует 10^{31} битам информации. Предельный ноутбук хранит данные в виде микроскопических движений и положений элементарных частиц внутри себя. При этом используется каждый отдельный бит, допускаемый законами термодинамики.

Взаимодействуя, частицы могут заставлять друг друга изменять состояние. Этот процесс можно рассматривать в терминах языка программирования типа *C++* или *Java*: частицы – это переменные, а их взаимодействия – арифметические операции. Состояние каждого бита может изменяться 10^{20} раз в секунду, что эквивалентно тактовой частоте процессора в 100 гигагигагерц (т.е. 100 миллиардов миллиардов герц). На самом деле система действует слишком быстро, чтобы ею управлял тактовый генератор. Время, требуемое для изменения состояния бита, приблизительно равно времени, в течение которого распространяется сигнал между двумя соседними частицами. Таким образом, предельный ноутбук работает в предельно параллельном режиме: он действует не как один процессор, а как множество процессоров, работающих почти независимо и сравнительно медленно обменивающихся результатами.

В обычном компьютере содержится один-единственный процессор и приблизительно 10^{12} битов, которые переключаются примерно 10^{9} раз в секунду. Если закон Мура будет действовать и дальше, то наши потомки смогут купить предельный ноутбук уже в середине XXIII в. Правда, инженерам придется научиться точно управлять взаимодействиями частиц в плазме, более горячей, чем солнечное ядро, а для программирования компьютера и обработки ошибок понадобится большая часть полосы частот, используемых в системах связи. Кроме того, остро встанет проблема компоновки.

В принципе, такое устройство можно купить уже сегодня (если знать нужных людей). Однокилограммовый кусок вещества, полностью преобразуемого в энергию, – это научное определение 20-мегатонной водородной бомбы. Взрывающееся ядерное оружие обрабатывает огромное количество информации, исходный состав которой задается начальной конфигурацией; результат обработки закодирован в испускаемом излучении.

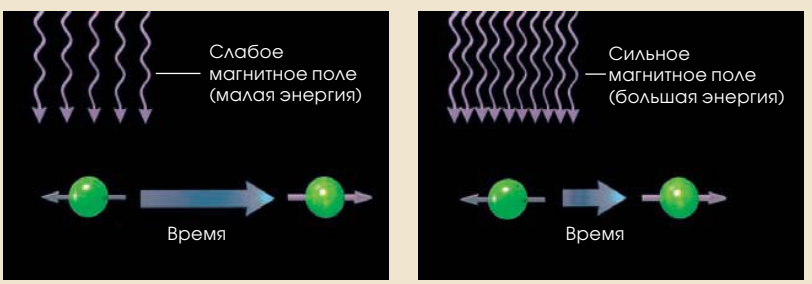
Правильно подготовив материал, падающий в черную дыру, можно запрограммировать ее на выполнение любых вычислений.

От нанотехники к ксенотехнике

Если любой кусок вещества – это компьютер, то черная дыра – это компьютер, сжатый до наименьшего возможного размера. По мере сжатия гравитация становится все больше, и в конечном счете никакой материальный объект не может покинуть его. Размер черной дыры, называемый радиусом Шварцшильда, прямо пропорционален ее массе.

Черная дыра с массой один килограмм имеет радиус около 10^{-27} м. (Для сравнения: радиус протона составляет 10^{-15} м.) Сжатие компьютера не влияет на содержащуюся в нем энергию, так что он, как и прежде, может выполнять 10^{51} операций в секунду. Изменяется емкость памяти. Когда тяготение несущественно, она пропорциональна числу частиц и, таким образом, объему устройства. Но когда гравитация доминирует, она связывает частицы, так что все вместе они способны хранить меньшее количество информации. Полная емкость памяти черной дыры пропорциональна площади ее поверхности. В 1970-х гг. Хокинг и Якоб Бекенштейн (Jacob Bekenstein) из Еврейского университета в Иеру-

КВАНТОВАЯ АРИФМЕТИКА



Первый закон квантовой арифметики: вычисление потребляет энергию. Спин протона кодирует один бит, который можно инвертировать с помощью магнитного поля. Чем сильнее поле, тем больше энергия взаимодействия и тем быстрее инвертируется спин протона.

салиме вычислили, что однокилограммовая черная дыра может хранить приблизительно 10^{16} битов, т.е. намного меньше, чем тот же самый компьютер до его сжатия.

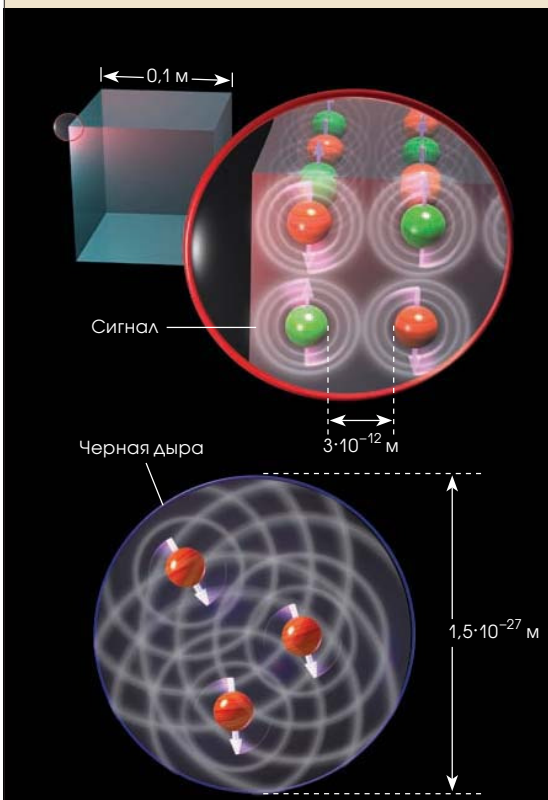
Зато черная дыра – намного более быстрый процессор. Фактически время изменения состояния бита, 10^{-35} с, равно времени, которое требуется свету, чтобы пройти от одного края компьютера до другого. Таким образом, в отличие от предельного ноутбука, который выполняет все вычисления параллельно, черная дыра представляет собой последовательный компьютер, в состав которого входит один-единственный процессор.

Как мог бы работать сингулярный компьютер? Ввод данных трудности не составит: их нужно лишь закодировать в виде вещества или энергии и сбросить в дыру. Готовя должным образом материал, который попадает в дыру, можно программировать ее работу так, чтобы производить любое вычисление. Как только материал входит в дыру, он становится недоступным; роковая черта – так называемый горизонт событий. Упавшие в дыру частицы взаимодействуют между собой, выполняя вычисления за конечное время, пока не достигнут центра дыры, где они перестают существовать. Что происходит с веществом, когда оно сильно сжимается в сингулярность, зависит от деталей квантовой теории гравитации, которые науке пока неизвестны.

Однокилограммовая дыра испускает излучение Хокинга (выходной сигнал), уменьшается в массе и полностью исчезает всего за 10^{-21} с. Длина волны излучения, соответствующая пику интенсивности, равняется радиусу дыры. Для однокилограммовой дыры это соответствует чрезвычайно интенсивному гамма-излучению, которое можно зарегистрировать и расшифровать с помощью детектора частиц.

Результаты, полученные Хокингом, заставляют пересмотреть общепринятое представление о черных дырах как об объектах, из которых вообще ничто не может ускользнуть. Интенсивность, с которой черные дыры излучают, обратно пропорциональна их размерам, так что большие черные дыры, находящиеся в центре галактик, теряют энергию гораздо медленнее, чем поглощают вещество. Однако в будущем ученые, возможно, научатся создавать в ускорителях крошечные черные дыры, которые будут почти сразу же взрываться со вспышкой излучения. Черную дыру можно представить не как неизменный объект, а как короткоживущий сгусток вещества, выполняющий вычисления с максимально возможной в мире скоростью.

Предельный ноутбук и сингулярный компьютер представляют собой воплощение двух различных способов увеличения вычислительной мощности. Предельный ноутбук – это идеальный параллельный компьютер, т.е. несметное множество процессоров, работающих одновременно. Черная дыра – это идеальный последовательный компьютер: единственный сверхмощный процессор, выполняющий инструкции по одной.



Предельный ноутбук состоит из набора частиц, которые хранят и обрабатывают биты. Каждая частица выполняет команду за 10^{-20} с. За это время сигнал может пройти не более $3 \cdot 10^{-12}$ м. Именно таково среднее расстояние между частицами. Поэтому обмен данными идет значительно медленнее, чем вычисления. Отдельные части компьютера работают почти независимо.

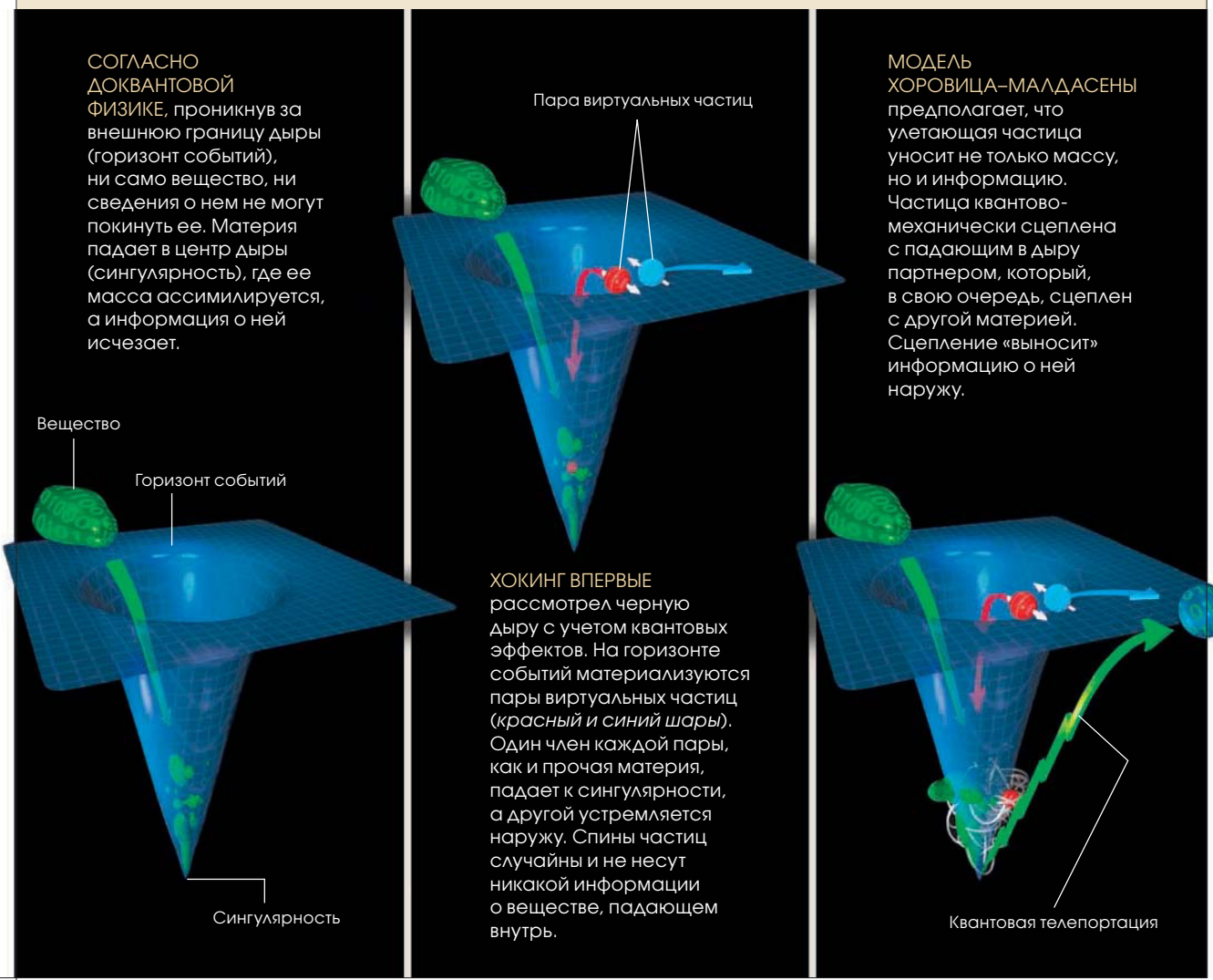
Сингулярный компьютер также состоит из набора частиц. Из-за влияния гравитации они хранят меньшее количество битов. Но на каждый бит приходится больше энергии, и поэтому каждая команда выполняется за 10^{-35} с. За это время сигнал успевает пересечь черную дыру. Поэтому в данном случае информационный обмен и вычисления идут с одинаковой скоростью. Компьютер работает как единый суперпроцессор.

План побега

Что же такое излучение Хокинга: результат вычислений или просто шум? Пока трудно сказать, но большинство физиков, включая самого Хокинга, считают это излучение результатом переработки информации, поступившей в дыру в процессе ее формирования. Получается, что вещество не может покинуть черную дыру, а его информационное содержание – может.

В прошлом году Гэри Хоровиц (Gary Horowitz) из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре и Хуан Малдасена (Juan Maldacena) из Института углубленных исследований в Принстоне предположили, что «информационный побег» ▸

«Объекты настолько плотные, что ничто, даже свет, не может их покинуть». Таково обычное определение черных дыр. Судя по всему, оно не совсем верно. Еще в середине 1970-х гг. физики предположили, что из черной дыры может просочиться энергия. Сегодня многие считают, что наружу также может вырваться и информация (описывающая форму, которую принимает энергия). На диаграммах изображена черная дыра с гипотетической точки зрения, лежащей вне пространства-времени.



может обеспечить квантовая сцепленность состояний, при которой свойства двух или нескольких систем остаются коррелированными, несмотря на их удаленность в пространстве и во времени. Сцепленность допускает телепортацию, при которой информация передается от одной частицы к другой с такой точностью, словно частица фактически переносится из одного места в другое со скоростью света.

Чтобы продемонстрировать телепортацию в лаборатории, сначала требуется получить две сцепленные частицы. Затем проводится измерение одной из них совместно с веществом, содержащим информацию, которую нужно передать. Измерение стирает информацию, находящуюся в исходном месте, но из-за сцепленности она в закодированной форме оказывается на второй частице независимо от ее удаленности. Информацию можно извлечь, используя в качестве ключа результаты измерения.

Подобный механизм сработал бы и в черных дырах. Например, на горизонте событий материализуются пары сцепленных фотонов. Один из них летит наружу и становится излучением Хокинга, которое видит наблюдатель. Другой проваливается внутрь и попадает в сингулярность. Исчезновение попавшего в дыру фотона действует как измерение, передавая инфор-

мацию, содержавшуюся в веществе, излучению Хокинга. Отличие от лабораторной телепортации состоит в том, что для декодирования информации результаты «измерения» не нужны. Хоровиц и Малдасена утверждают, что аннигиляция фотона не предлагает разнообразия возможных результатов, т.к. он только один. Наблюдатель, находящийся вне дыры, может вычислить его, используя базовые законы физики, и получить доступ к информации. Этот сценарий не укладывается в рамки обычной квантовой механики, но при всей своей спорности он не лишен здравого смысла. Так же, как начальная сингулярность при возникновении Вселенной, вероятно, имела только одно возможное состояние, не исключено, что конечные сингулярности в черных дырах тоже имеют единственное состояние. В июне 2004 г. Ллойд показал, что механизм Хоровица–Малдасены устойчив и не зависит от конечного состояния, но характеризуется некоторой потерей информации.

Были предложены и другие механизмы «побега», которые также базируются на причудливых квантовых явлениях. В 1996 г. Эндрю Строминджер (Andrew Strominger) и Кумран Вафа (Cumrun Vafa) из Гарвардского университета предположили, что черные дыры состоят из многомерных структур, называемых мембранами. Информация, падающая в черную дыру, сохраняется в виде волн в мембранах и может постепенно просачиваться наружу. Ранее Самир Матхар (Samir Mathur) из Университета штата Огайо и его сотрудники моделировали черную дыру как гигантский клубок струн, представляющий собой склад информации, которую несут объекты, падающие в черную дыру. Дыра же испускает излучение, несущее эту информацию. В одной из последних работ Хокинг утверждает, что квантовые флуктуации препятствуют даже формированию четкого горизонта событий (*см. «Теория Хокинга», «В мире науки», №12, 2004 г.*).

Физики всего мира пытаются понять, как информация может покинуть черную дыру.

Кибернетическое пространство–время

Свойства черных дыр неразрывно связаны со свойствами пространства-времени. Таким образом, если черные дыры можно рассматривать как компьютеры, то же самое относится непосредственно к пространству-времени. Квантовая механика предсказывает, что пространство-время, как и другие физические системы, дискретно. Расстояния и интервалы времени невозможно измерить с бесконечной точностью, т.к. в малых масштабах пространство-время выглядит как пузыристая пена. Максимальное количество информации, вмещающееся в некоторую область пространства, зависит от того, насколько малы биты, которые не могут быть меньше ячеек пены пространства-времени.

Физики предполагают, что размер ячеек сопоставим с длиной Планка l_P (примерно 10^{-35} м). При таких масштабах важны и квантовые колебания, и гравитационные эффекты. Если оценка верна, то нам никогда не удастся непосредственно наблюдать пенистую структуру пространства-времени. Но Энджи, Хендрик ван Дам (Hendrik van Dam) из Университета Северной Каролины в Чепел-Хилл и Фриджис Каролихази (Frigyes Károlyházy) из Университета Этвёша Лоранда в Венгрии показали, что ячейки намного больше и к тому же не имеют никакого фиксированного размера: чем больше область пространства-времени, тем больше образующие его ячейки. На первый взгляд, это может показаться парадоксальным, как если бы атомы в слоне были больше, чем в мыши. Ллойд пришел к такому выводу, полагаясь на законы, которые ограничивают производительность компьютеров.

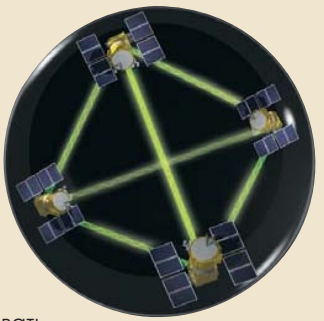
Процесс картирования геометрии пространства-времени – своего рода вычисление, в котором для измерения расстояний используется передача и обработка информации. Представим, что некоторая область пространства заполнена роем спутников Глобальной навигационной системы (*GPS*), на каждом из которых установлены часы и радиопередатчик (*см. иллюстрацию на следующей странице*). Чтобы измерить расстояние, ▸

ОБ АВТОРАХ:

Сет Ллойд (Seth Lloyd) и **Джек Энджи** (Y. Jack NG) посвятили себя двум самым захватывающим областям теоретических исследований: квантовой теории информации и квантовой теории гравитации. Ллойд, занимающий пост профессора квантовомеханической технологии в Массачусетском технологическом институте, создал первый в мире квантовый компьютер. Профессор физики из Университета Северной Каролины Энджи занимается изучением фундаментальной природы пространства-времени. Он предложил несколько способов экспериментального обнаружения квантовой структуры пространства-времени.

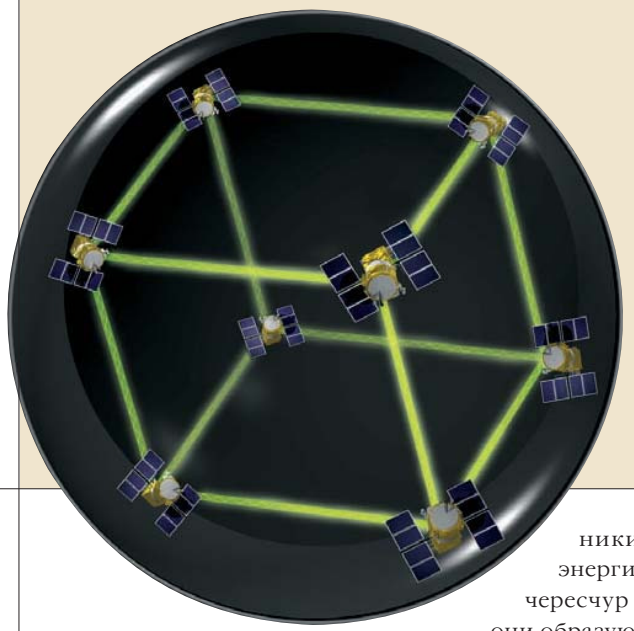
Измерение расстояний и временных интервалов тоже относится к вычислениям и подпадает под те же ограничения, что и компьютеры. Оказывается, измерение – это гораздо более тонкий процесс, чем думали физики.

Чтобы составить карту некоторой области пространства, можно использовать *GPS*-спутники, которые посылают сигналы и измеряют время их прихода. Для достижения максимальной точности необходимо множество спутников. Впрочем, если их будет слишком много, то вся система коллапсирует в черную дыру.

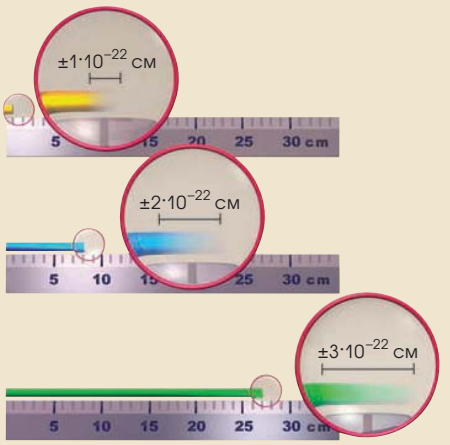


Радиус: 100 км
Спутников: 4
Расстояние: 90 км

Чтобы измерить область вдвое большего размера, можно использовать вдвое больше спутников. Но, поскольку объем возрастает в восемь раз, спутники окажутся расположенными дальше друг от друга, и каждому из них придется охватывать большую подобласть. В результате каждому измерению будет уделяться меньше внимания, и общая точность снизится.



Радиус: 200 км
Спутников: 8
Расстояние: 150 км
Увеличение погрешности: на 26%



Погрешность измерения зависит от размеров измеряемого объекта: чем он крупнее, тем менее четкой становится его структура. Это не согласуется с нашим повседневным опытом, который подсказывает нам, что неточность зависит не от объекта измерения, а от того, насколько мелка шкала линейки. Получается, что выбор объекта измерения влияет на тонкую структуру пространства-времени.

спутник посылает сигнал и измеряет, сколько времени проходит до его прибытия. Точность измерения зависит от того, как часто тикают часы. Тиканье часов – это тоже вычислительная операция, так что его максимальная частота задается теоремой Марголуса–Левитина, согласно которой время между тиками обратно пропорционально энергии.

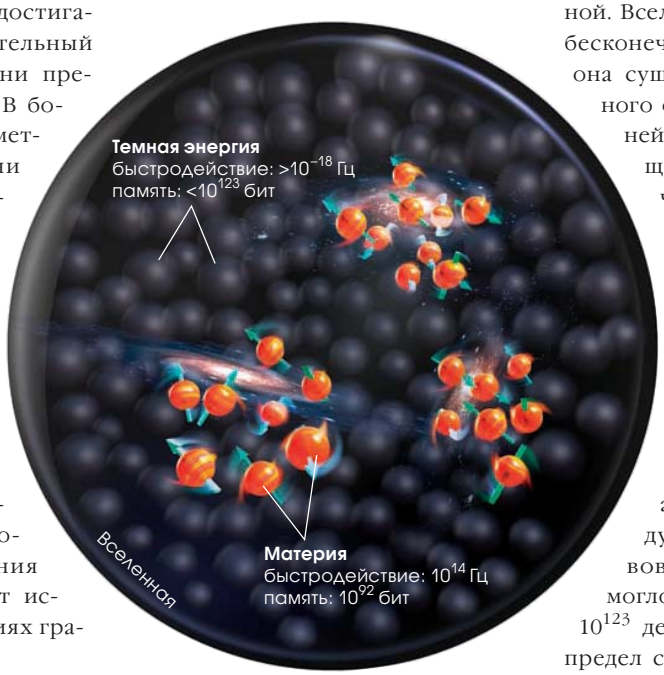
Энергия, в свою очередь, также ограничена. Если вы снабдите спутники слишком большой энергией или разместите их чересчур близко друг к другу, они образуют черную дыру и больше не смогут участвовать в картографировании. (Черная дыра испускает излучение Хокинга, однако его нельзя использовать для изучения внутренней структуры дыры, поскольку длина волны сопоставима с ее диаметром.) Максимальная полная энергия такого созвездия спутников пропорциональна радиусу наносимой на карту области.

Таким образом, энергия увеличивается медленнее, чем объем области. По мере того как область становится больше, картограф сталкивается с неизбежным компромиссом: уменьшать плотность спутников (так, что они будут отстоять дальше друг от друга) или уменьшать энергию, доступную каждому из них (так, что их часы будут работать медленнее). В любом случае измерения становятся менее точными. Математически за время, которое требуется для построения карты области с радиусом R, общее количество тактов, отсчитанных часами на всех спутниках, равно R^2/l_P^2. Если часы каждого спутника в процессе картографирования срабатывают в точности

один раз, то спутники разделены средним расстоянием $R^{1/3}l_P^{2/3}$. В одной подобласти можно измерить и меньшие расстояния, но только за счет меньшей точности измерений в некоторой другой подобласти. Этот аргумент применим, даже если пространство расширяется.

По этой формуле вычисляется максимальная точность определения расстояний, которая достигается тогда, когда измерительный прибор находится на грани превращения в черную дыру. В более мелком масштабе геометрия пространства-времени просто прекращает существовать. Уровень погрешности гораздо больше, чем длина Планка, но все же он очень мал. Средняя ошибка измерения размера видимой Вселенной – около 10^{-15} м. Но даже такую неточность можно было бы обнаружить с помощью прецизионного оборудования для измерения расстояний, которое будет использоваться в обсерваториях гравитационных волн.

Для теоретиков этот результат важен прежде всего потому, что он позволяет по-новому взглянуть на черные дыры. Так, Энджи показал, что, приняв во внимание странную зависимость флуктуаций пространства-времени от кубического корня из расстояния, можно еще одним способом вывести формулу Бекенштейна–Хокинга для объема памяти черной дыры. Отсюда же следует и универсальное ограничение на все сингулярные компьютеры: число битов памяти пропорционально квадрату скорости вычислений. Коэффициент пропорциональности, равный Gh/c^5, математически связывает информацию и частную теорию относительности (где определяющим параметром является скорость света c с общей теорией относительности (гравитационная постоянная G) и квантовой механикой h. Из полученного результата вытекает и голографический принцип, согласно которому наша трехмерная Вселенная на самом деле двумерна. Максимальное количество информации, которое может хранить любая область пространства, по-видимому, пропорционально не объему, а площади ее поверхности (*см. «Информация в голографической Вселенной», «В мире науки», №11, 2003 г.*). Считается, что голографический принцип связан с неизвестными деталями квантовой теории гравитации, однако его можно рассматривать и как следствие фундаментальных квантовых пределов точности измерений.



Вселенная – это компьютер, состоящий из двух типов компонентов. Материя (*красная*) очень динамична и работает как быстродействующий параллельный компьютер. Темная энергия (*серая*), наоборот, статична: она функционирует как последовательный компьютер с меньшим быстродействием. *Computo, ergo sum.* (Вычисляю – значит, существую.)

Ответ: 42

Принципы вычислений можно применить не только к самым компактным (черные дыры) и самым крошечным (пена пространства-времени) компьютерам, но и к величайшему среди них – к Вселенной. Вселенная вполне может быть бесконечной в пространстве, но она существует в течение конечного отрезка времени, по крайней мере – в ее существующей форме. Наблюдаемая ее часть в настоящее время составляет в поперечнике несколько десятков миллиардов световых лет. Чтобы мы могли узнать результаты вычислений, все должно происходить в пределах этого пространства.

Из приведенного выше анализа тиканья часов следует, что за время существования Вселенной в ней могло быть выполнено не более 10^{123} действий. Сопоставьте этот предел с поведением видимой материи, темной материи и так называемой темной энергии, которая заставляет Вселенную расширяться со все возрастающей скоростью. Наблюдаемая космическая плотность энергии – около 10^{-9} Дж/м^3, так что Вселенная содержит 10^{72} Дж энергии. Согласно теореме Марголуса–Левитина, Вселенная может выполнять до 10^{106} действий в секунду, что и дает общее количество действий 10^{123} за все время ее существования. Иными словами, Вселенная выполнила максимально возможное число действий, допускаемое законами физики.

Чтобы вычислить полную емкость памяти обычной материи, можно применить стандартные методы статистической механики и космологии. Материя может

вмещать наибольшее количество информации, когда она преобразована в частицы без массы с высокой энергией типа нейтрино или фотонов, плотность энтропии которых пропорциональна кубу их температуры. Плотность энергии частиц (определяющая число действий, которое они могут исполнить) зависит от четвертой степени их температуры. Поэтому общее количество битов равно числу операций, возведенному в степень три четверти. Для Вселенной в целом это составляет 10^{92} бит. Если частицы содержат некоторую внутреннюю структуру, число битов могло бы быть несколько выше. Эти биты переключаются быстрее, чем общаются между собой, так что обычная материя – в высокой степени параллельный компьютер, подобный предельному ноутбуку и отличающийся от черной дыры.

Что же касается темной энергии, физики пока не знают, что это такое, не говоря уже о том, как вычислить, сколько информации она может хранить. Но в голографическом принципе подразумевается, что Вселенная может хранить максимум 10^{123} бита – почти то же самое, что и общее число операций. Это приблизительное равенство – не случайное совпадение. Наша Вселенная близка к ее критической плотности. Если бы плотность была немного больше, Вселенная, возможно, испытала бы гравитационный коллапс, точно так же, как материя, падающая в черную дыру. Так что выполняются (или почти выполняются) условия для приближения к максимуму числа вычислений. Это максимальное число равно R^2/l_P^2, которое является тем же самым, что и число битов, даваемое голографическим принципом. В каждой эпохе ее истории максимальное число битов, которые Вселенная может содержать, приблизительно равно числу действий, которые она, возможно, выполнила до этого момента.

Принимая во внимание, что обычная материя подвергается огромному числу операций, темная энергия ведет себя совершенно иначе. Если она кодирует максимальное число битов, допускаемых голографическим принципом, то у подавляющего их большинства в течение всей космической истории хватило времени только на то, чтобы изменить состояние не больше одного раза. Так что эти необычные биты – простые зрители вычислений, выполняемых с гораздо более высокими скоростями меньшим числом обычных битов. Независимо от того, что представляет собой темная энергия, она не выполняет большого количества вычислений и не должна этого делать. Ее назначение – обеспечение недостающей массы Вселенной и ускорения ее расширения – простые в вычислительном отношении задачи.

Что же Вселенная вычисляет? Насколько мы можем судить, она не ищет ответа на единственный вопрос, подобно гигантскому компьютеру из «Путеводителя для путешествующих автостопом по Галактике» Дугласа Адамса. Вместо этого Вселенная вычисляет сама себя. Управляемая «программным обеспечением» Стандартной модели элементарных частиц и взаимодействий, Вселенная вычисляет квантовые поля, химические соединения, бактерии, людей, звезды и галактики. И, вычисляя, она отображает свою геометрию пространства-времени с предельной точностью, допускаемой законами физики. Вычисление и есть ее существование.

Вселенная выполнила максимально возможное количество операций, допускаемое законами физики.

Эти результаты распространяются на обычные компьютеры, на черные дыры, на пену пространства-времени и на весь Космос, доказывая собой единство природы. Они демонстрируют взаимосвязи общих представлений фундаментальной физики. Хотя физики еще не обладают полной квантовой теорией гравитации, но какова бы ни была эта теория, она глубоко связана с квантовой информацией. Все из кубита. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Ultimate Physical Limits to Computation. Seth Lloyd in Nature, Vol. 406, pages 1047–1054; August 31, 2000. Preprint available at **arxiv.org/abs/quant-ph /9908043**
- From Computation to Black Holes and Space-Time Foam. Y. Jack Ng in Physical Review Letters, Vol. 86, No. 14, pages 2946 -2949; April 2,2001. Erratum, Vol. 88, No. 13, article 139902(E); March 14,2002. **gr-qc/0006105**
- Computational Capacity of the Universe. Seth Lloyd in Physical Review Letters, Vol. 88, No. 23, article 237901Z; June 10,2002. **quant-ph/0110141**
- The Black Hole Final State. Gary T. Horowitz and Juan Maldacena in Journal of High Energy Physics, JHEP02 (2004) 008, 2004. **hep-th /0310281**
- Information: The New Language of Science. Hans Christian von Baeyer. Harvard University Press, 2004.

14-18 марта 2005

BIO ТЕХНОЛОГИИ

ТРЕТИЙ МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС

БИОТЕХНОЛОГИЯ:
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

www.mosbiotechworld.ru

3-я международная специализированная выставка

МИР БИОТЕХНОЛОГИИ '2005

Москва, Новый Арбат, 36/9 (Здание Правительства Москвы)

КОНТАКТЫ:

117218, Москва, ул. Большая Черёмушкинская, 34, офис 552

Тел.: (095) 933 90 51, 933 90 54, 939 72 85

e-mail: aleshnikova@imce.ru,

lpkrylova@sky.chph.ras.ru

ПРОГРАММА КОНГРЕССА

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ»
Руководитель: академик **В.Т. Иванов**
(Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН)

СЕКЦИЯ 1. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА»
(Методы, технологии и процессы)
Руководители: академик РАМН **А.М. Егоров** (МГУ им. М.В. Ломоносова), академик **А.И. Мирошников** (Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН)

СЕКЦИЯ 2. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО»
Руководители: академик РАСХН **Л.К.Эрнст** (вице-президент РАСХН), академик РАСХН **К.Г.Скрябин** (Центр "Биоинженерия" РАН), академик РАСХН **И.А.Тихонович** (ВНИИ с/х микробиологии РАСХН), профессор **П.Н.Харченко** (ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии), академик РАСХН **В.С.Шевелуха** (ТСХА)

СЕКЦИЯ 3. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
Руководители: академик РАМН, член-корреспондент РАСХН **В.А. Быков** (НИЦ биомедицинских технологий), член-корреспондент РАН **Е.С. Северин** (ВНЦ молекулярной диагностики и лечения)

СЕКЦИЯ 4. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»
Руководители: профессор **Н.Б. Градова** (РХТУ им. Д.И. Менделеева), профессор **Г.А. Жариков** (НИЦ токсикологии и гигиенической регламентации биопрепаратов МЗ РФ)

СЕКЦИЯ 5. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ»
Руководители: академик РАСХН **И.А. Рогов** (МГУ прикладной биотехнологии), академик РАМН **В.А. Тутельян** (НИИ питания РАМН), д.х.н. **Е.Е. Браудо** (ИБХФ им. Н.М. Эмануэля РАН)

СЕКЦИЯ 6. «БИОКАТАЛИЗ И БИОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»
Руководители: профессор **С.Д. Варфоломеев** (МГУ им. М.В. Ломоносова, ИБХФ им. Н.М. Эмануэля РАН), профессор **В.О. Попов** (Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН)

СЕКЦИЯ 7. «БИОГЕОТЕХНОЛОГИЯ»
Руководители: член-корреспондент РАН **Г.И. Каравайко** (Институт микробиологии РАН), академик **М.В. Иванов**, (Институт микробиологии РАН)

СЕКЦИЯ 8. «ИННОВАЦИИ, ФИНАНСЫ И БИЗНЕС»
Руководители: д.псх.н. **В.Л. Хайкин** (Торгово-промышленная палата РФ), к.т.н. **Е.Н. Орешкин** (Министерство образования и науки РФ)

СЕКЦИЯ 9. «БИОТЕХНОЛОГИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ»
Руководители: профессор **Т.В. Овчинникова** (ММА им. И.М. Сеченова, Учебно-научный центр ИБХ им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН) профессор **И.А. Крылов** (РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ: «ПРОБЛЕМЫ БИОБЕЗОПАСНОСТИ, БИОЭТИКА» ПРОБЛЕМЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ И НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ
Руководители: академик **М.П. Кирпичников** (МГУ им. М.В. Ломоносова), академик РАМН **А.А. Воробьев** (ММА им. И.М. Сеченова), член-корреспондент РАН **С.В. Нетесов** (ГНЦ ВБ «Вектор»)

Планируется симпозиум Директората Программы "Качество жизни" Европейского Союза и росссийских ученых, а также семинар с экспертами Министерства сельского хозяйства Канады.

ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ

- Весь спектр биопродуктов для фармацевтической и пищевой промышленностей, агропромышленного комплекса, ветеринарии, геологии, промышленных производств: ферменты, дрожжи, бактерийные препараты, вакцины, сыворотки, кормовые добавки, трансгенные растения и др.
- Биопродукты для охраны и восстановления окружающей среды
- Промышленная и лабораторная безопасность
- Биологически активные добавки
- Биопрепараты для медицины и косметологии, а также готовые продукты на их основе
- Сырье для получения биопродуктов, питательные среды
- Процессы и аппараты для биотехнологических производств и лабораторных исследований
- Биокатализ и биокаталитические технологии
- Лабораторно-аналитическое оборудование и биоаналитические комплексы
- Магазин инвестиционных и инновационных проектов
- Тара, упаковка, хранение, маркировка и транспортировка

Ричард Элли

НЕПРЕДСКАЗУЕМЫЕ изменения климата

Резкие изменения климата происходили на нашей планете всегда.

В голливудском фильме *The Day after Tomorrow* на мир обрушивается стихийное бедствие. В поисках спасения миллионы американцев устремляются в солнечную Мексику, а на обледеневших улицах Нью-Йорка стаи волков охотятся на замерзающих людей. Смерчи опустошают Калифорнию, а гигантский град бомбит Токио.

Могут ли в ближайшее время произойти глобальные изменения климата или же голливудские сценаристы преувеличивают масштабы возможной катастрофы? По мнению большинства ученых, в ближайшее время новые ледниковые эпохи нам не угрожают. Однако внезапные и существенные перемены климата, нередко происходившие на Земле в прошлом, неизбежны и в будущем.

Чем люди глубже стараются вникнуть в причины климатических изменений и их возможных последствий, тем в большее замешательство они приходят. По сравнению с резкими переменами климата проявления глобального потепления кажутся пустяками. Но, как показывают данные последних исследований, именно глобальное потепление вызывает особую тревогу: оно подталкивает климат к резким изменениям.

Потепление и похолодание

Ученые никогда бы не оценили истинной способности климата к радикальной трансформации, если бы в начале 1990-х гг. из толщи массивного ледникового покрова Гренландии не были извлечены древнейшие образцы льда. Анализ этих колоссальных ледяных стержней (длина некоторых достигает 3 км) позволил выявить чередование климатических периодов, сменявших друг друга на Земле за последние 110 тыс. лет. Оказалось возможным идентифицировать годичные напластования льда, определить их возраст, а по составу льда – судить о температуре, при которой он образовался.

Подобные исследования позволили проследить длительную историю резких колебаний земного климата – чередования сильных морозов и коротких оттепелей. Во время продолжительных периодов похолодания температура воздуха в центральной части Гренландии всего за несколько лет могла упасть на 6°C. С другой стороны, когда пик последней ледниковой эпохи миновал, температура всего за одно десятилетие выросла здесь на 10°C. Такой скачок, произошедший 11,5 тыс. лет назад, равносилен волшебному

превращению холодной Москвы в жаркий Мадрид.

Образцы ледяных сердцевин Гренландии поведали о климатической ситуации и в других частях планеты. Ученые полагают, что повышение температуры на 10°C на севере было лишь одним из проявлений широкомасштабного потепления, охватившего большую территорию Северного полушария, что привело к значительному увеличению количества осадков. Толщина годичных напластований льда в Гренландии указывает на то, что за один год интенсивность снегопадов удвоилась. Содержащиеся во льду пузырьки «древнего» воздуха подтверждают предположение, что в то же самое время в других регионах сильно повысилась влажность. Наличие метана говорит о том, что этот газ в ходе интенсивного потепления наполнял атмосферу в два раза быстрее, чем прежде.

В ледовой летописи Гренландии зарегистрировано более 20 эпизодов интенсивного потепления климата. Через несколько сотен или тысяч лет после начала периода потепления наступало медленное похолодание, которое затем – всего через столетие – сменялось быстрым похолоданием. Череда событий повторялась вновь и вновь. В наиболее холодные годы айсберги заплывали далеко на юг, достигая побережья Португалии. Не исключено, что сильные холода заставили викингов покинуть Гренландию во время последнего похолодания (так называемой Малой ледниковой эпохи), начавшегося 1,4 тыс. лет до н.э. и продолжавшегося пять столетий.

Холодным влажным периодам в Гренландии соответствовали очень холодные, засушливые и ветреные периоды в Европе и Северной Америке, а также аномально теплая погода в Южной Атлантике и Антарктике. Специалисты восстановили картину региональных климатических изменений благодаря изучению льда высокогорных ледников, толщины годичных колец деревьев, пыльцы растений и раковин животных, сохранившихся в древнем иле на дне озер и океанов.

Результаты исследований показали, что резкие изменения количества осадков имели не менее серьезные последствия, чем колебания температуры. Холода на севере обычно сопровождались засухами в Северной Африке и на полуострове Индостан. 5 тыс. лет назад внезапное потепление превратило Сахару из края озер и пышной растительности в раскаленную песчаную пустыню, каковой она остается и в наши дни. Начавшаяся 1,1 тыс. лет назад и затянувшаяся на два века засуха ускорила закат классической цивилизации майя в Мексике и других областях Центральной Америки. И сегодня Эль-Ниньо и прочие аномальные явления в северной части Тихого океана время от времени влияют на погоду и вызывают, например, внезапные засухи (вроде той, что разразилась в 1930-х гг. и стала причиной сильнейших пыльных бурь в США).

Сегодня глобальное потепление вызывает особую тревогу: оно подталкивает климат планеты к резким изменениям.

Конвейерная линия циркуляции океана

Резкие перемены климата происходили в основном по одной и той же причине. Постепенная смена температуры или изменение какого-либо другого физического параметра влияли на ключевые факторы, определяющие характер климата, и подводили их к некоему критическому порогу. Когда формирующий климат фактор пересекал этот порог, климат надолго переходил в качественно новое состояние (*см. врезку на следующей странице*).

Пересечение критического порога позволяет не только объяснить причину самых значительных смен климатических периодов в истории

ОБЗОР

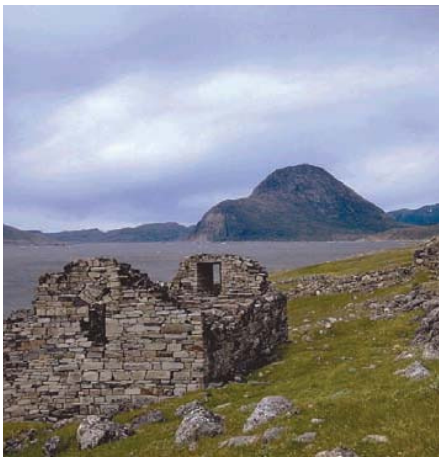
НЕИЗБЕЖНЫЕ СЮРПРИЗЫ КЛИМАТА

■ Большинство научных исследований и политических дискуссий, касающихся климатических перемен, посвящены глобальному потеплению. Однако человечеству угрожает и другая опасность: внезапные изменения климата, не раз происходившие в прошлом, неизбежно обрушатся на Землю и в будущем.

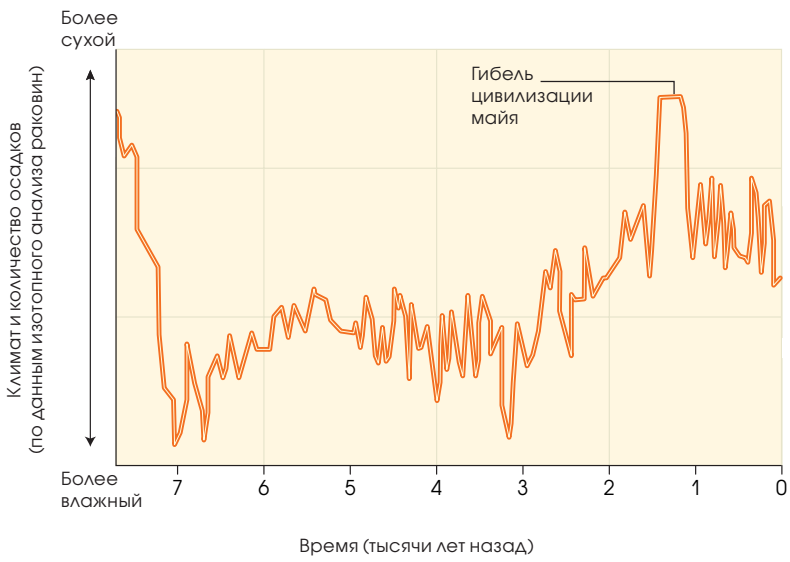
■ В некоторых регионах планеты, например, в Азии и Северной Америке, сильная засуха может уничтожить плодородные земли. Всего за несколько лет может измениться характер погоды в Европе, и ее климат станет походить на сибирский.

■ Ученые пока не могут предсказать, когда произойдет очередная резкая трансформация климата, но большинство специалистов предупреждает, что глобальное потепление и хозяйственная деятельность человека с небывалой скоростью приближают внезапные и длительные климатические изменения.

Внезапные изменения климата происходили на Земле всегда. Изучение сердцевин гренландских льдов свидетельствует, что сильные колебания температуры (*вверху слева*) ознаменовали собой постепенное потепление климата и завершение последней ледниковой эпохи, начавшейся 18 тыс. лет назад. Изучение ископаемых раковин в озерных отложениях на полуострове Юкатан в Мексике указывает на внезапные сильные засухи (*внизу справа*): когда вода испаряется из озера быстрее, чем возвращается в него с дождем, диагностическое соотношение изотопов кислорода, содержащихся в раковинах, резко увеличивается. Такие непредсказуемые изменения климата принесли неисчислимые беды людям (*см. фотографии справа*).



Сегодня от поселений викингов в Гренландии остались одни руины. Люди покинули свои жилища во время резкого похолодания в Малую ледниковую эпоху.



Бог дождя индейцев майя не имел никакого отношения к засухе, разразившейся 1,1 тыс. лет назад и приведшей к гибели их цивилизации.

ELIZA JEWETT; SOURCES: M. STUIVER ET AL. AND K. CUFFEY ET AL. (top graph) AND D. HODELL ET AL. (bottom graph) National Geophysical Data Center; RUDY BRUEGGEMANN (top photo); FREELANCE CONSULTING SERVICES PTY LTD/CORBIS (bottom photo)

ЗА ПОРОГОВОЙ ЧЕРТОЙ

Глобальное потепление изменяет условия окружающей среды. Но даже такие плавные перемены могут приблизить факторы, определяющие характер климата (например, морские течения или количество осадков), к некоему критическому порогу, за которым они внезапно переходят в новое состояние.

Эта трансформация влечет за собой резкое изменение климата, которое может продлиться тысячелетия. Критические пороги многих климатических процессов еще не известны. Ниже рассматриваются только те из них, которые удалось идентифицировать ученым.

ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ КЛИМАТ	ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОРОГА	ПРОИСХОДЯЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ
Морские течения в Северной Атлантике приносят на север тропическое тепло, благодаря которому зимы в Западной Европе остаются теплыми (*см. врезку на стр. 49*).	Опреснение поверхностных вод на дальнем севере замедляет, а возможно, и вообще останавливает эти течения.	Температуры в регионе резко снижаются, и климат в Европе и на востоке США все больше напоминает климат Аляски.	В разных частях планеты резко ухудшаются условия для сельскохозяйственной деятельности; замерзают главные навигационные пути.
Дождевая вода, рециркулируемая растениями, обеспечивает большую часть осадков в поясах зерновых культур планеты.	Легкая засуха вызывает увядание и гибель многих растений. В результате количество дождей уменьшается, что еще сильнее усугубляет засуху.	Легкая засуха усиливается, а ее продолжительность увеличивается. В результате наступает сильная засуха.	Выжженная солнцем земля не дает урожаев; население стран, у которых не хватает средств на покупку зерна на мировом рынке, страдает от голода.
Течения в Тихом океане определяют распределение температур в поверхностных и глубоких слоях воды, которое, в свою очередь, контролирует характер погоды в регионах.	Эль-Ниньо и подобные феномены вызывают незначительное изменение температуры поверхностных и глубоких слоев воды (причины этого явления ученым пока не совсем понятны).	Изменения характера погоды на прилегающих континентах приводят к возникновению сильных бурь и к засухе в тех регионах, где их обычно не бывает.	В одних регионах сельскохозяйственные земли высыхают, а в других – страдают от сильных ливней.

Земли, но и выявить географические области, где они могут произойти в будущем. Так, например, оледенения, следы которых сохранились в гренландских ледяных сердцевинах, ученые объясняют изменившимся поведением морских течений в Северной Атлантике, определяющих долгосрочный характер погоды в данном регионе.

Сегодня, когда умеренный климат господствует в Европе и Северной Америке, соленые атлантические воды, нагретые южным солнцем, пересекают экватор и направляются на север. Во время долгих северных зим пришедшая с юга вода охлаждается, затем у восточного и западного побережья Гренландии опускается на морское дно и начинает перемещаться в южном направлении. Постепенно ее место занимают теплые воды, принесенные морскими течениями с юга. Это приводит в действие «конвейерную линию» циркуляции океана, согревающую северные и охлаждающую южные регионы планеты.

Гренландские ледяные сердцевины указывают на то, что периоды резкого похолодания начались после того, как в Северной Атлантике уменьшилась концентрация соли в воде. Возможно, воды пресных озер пробили толстые стены ледников и устремились в океан. Ученые расценивают этот прорыв как начало событий, связанных с преодолением критического климатического порога: известно, что опреснение вод Северной Атлантики способно замедлить или вообще остановить конвейерную циркуляцию океана, что приведет к резкому изменению климата.

Когда приходящая с юга морская вода разбавляется пресной, она становится менее плотной. Если ее плот-

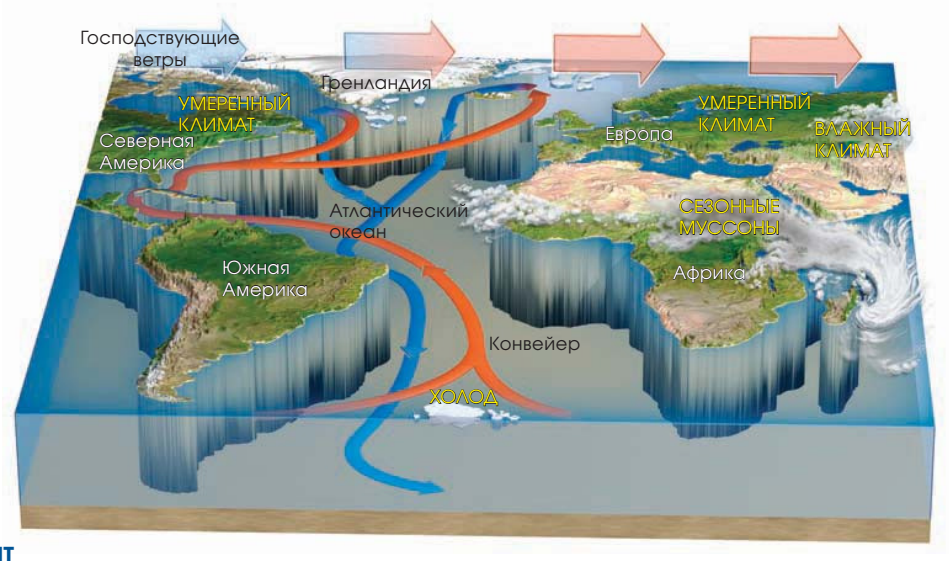
ОБ АВТОРЕ:

Ричард Элли (Richard B. Alley) – профессор геофизики Университета штата Пенсильвания. Защитив в 1987 г. докторскую диссертацию по геологии, Элли занялся изучением следов климатических изменений в ледниках и ледовых покровах. Он принимал участие в экспедициях в Антарктику и Гренландию.

По мере того, как глобальное потепление все больше набирает силу, многие ученые начинают опасаться, что мощные потоки пресной воды, образовавшейся в результате таяния ледникового покрова Гренландии и других северных областей, могут нарушить функционирование североатлантического конвейера циркуляции воды – системы океанических течений, несущих тепло в Европу и влияющих на климат во всех других частях света. Если конвейерная циркуляция океана прекратится или хотя бы заметно замедлится, климат в североатлантическом регионе может резко похолодать – даже в том случае, если глобальная температура будет по-прежнему повышаться. Скорее всего последуют и другие резкие и внезапные изменения климата.

Конвейер работает

Соленые морские течения (выделены красным цветом), устремляющиеся на север из тропиков, нагревают ветры (широкие стрелки), дующие в восточном направлении и достигающие Европы. Отдавая тепло в атмосферу, воды этих течений становятся плотнее и у побережья Гренландии опускаются на дно. Затем они перемещаются в южном направлении (синие стрелки), а на их место притекают новые теплые воды.

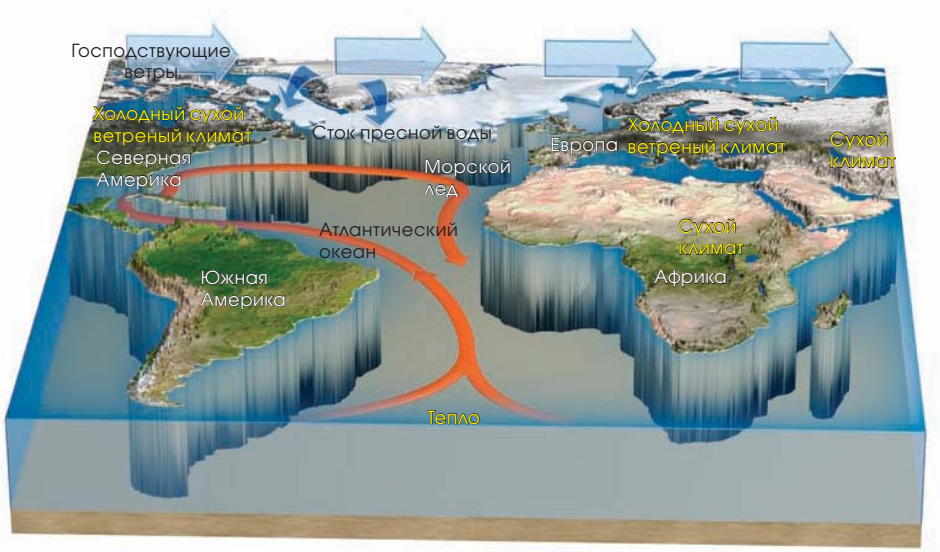


Формирующийся климат

Когда североатлантический конвейер активен, в большей части Европы и США преобладают теплые зимы, позволяющие собирать богатые урожаи. Сезонные муссоны обеспечивают полив посевов на обширных территориях Африки и Дальнего Востока. В Центральной Азии господствует влажный климат, а в Антарктике и южной части Атлантики – холодный.

Конвейер не работает

Если в Северную Атлантику попадет слишком много пресной воды, она разбавит соленые воды южных морских течений. Как бы ни охлаждались опресненные воды, они никогда не станут достаточно плотными для того, чтобы опуститься на морское дно. В результате конвейерная циркуляция прекратится или замедлится, и восточные ветры принесут в Европу холодный воздух (широкие стрелки). Такое положение вещей может сохраняться до тех пор, пока южные морские воды не станут достаточно солеными, чтобы вытеснить пресные воды на север и вновь привести в действие конвейер циркуляции океана.



Формирующийся климат

Когда североатлантический конвейер останавливается, в большей части Европы и Северной Америки зимы становятся более суровыми, и условия для выращивания сельскохозяйственных культур резко ухудшаются. Регионы, где сельское хозяйство зависит от сезонных муссонов, страдают от засух, иногда усугубляемых сильными ветрами. Климат в Центральной Азии становится суше, а во многих регионах Южного полушария наступает потепление.

DAVID FIERSTEIN

Тонкая балансировка: характер климата на планете обычно устанавливается на тысячелетия. Но в какой-то момент, предсказать который почти невозможно, некоторые характеристики климатической системы слишком сильно смещаются в одну сторону, и климат Земли резко трансформируется в качественно новое состояние.

Одна из причин коренится в самой природе внезапных климатических перемен. Они происходят, когда медленно, но стабильно действующий фактор (например, глобальное потепление) приближает какой-нибудь критический компонент климатической системы к некой критической точке. Когда порог оказывается перейденным, происходит внезапная трансформация климата в новое состояние. Но определить, когда та или иная характеристика климата приблизится к критическому порогу, невероятно трудно.

Чтобы определить, насколько точно компьютерные модели могут предсказать внезапное изменение климата, ученые сначала должны проверить, достоверно ли они воспроизводят реальные климатические перемены, происходившие в прошлом. Многие модели справляются с задачей успешно – они верно реконструируют периоды похолодания, засухи или наводнений, которые, судя по годичным напластованиям льда и осадков, действительно имели место в той или иной области в определенное историческое время.

Однако многие важные характеристики они отражают неправильно. Так, например, в прошлом внезапные изменения климата обычно носили более глубокий характер и затрагивали более обширные области, чем показывают компьютерные модели. Большинство из них, к примеру, недооценили количество влаги, которой за несколько последних тысячелетий лишилась Сахара. Не удается им реконструировать и сильное потепление климата в полярных регионах во времена динозавров, а также период лютого холода, сковывавшего Землю в разгар последней ледниковой эпохи.

Наиболее вероятная причина этих просчетов – недостаточная чувствительность компьютерных моделей, связанная с их неспособностью учитывать ключевые обратные связи и реакции. Другое возможное объяснение – существование неких климатических порогов, о которых пока ученым ничего не известно.

ность уменьшится настолько, что она, не успев опуститься на дно, превратится в морской лед, то конвейерная циркуляция океана приостановится. Выпадающие на севере осадки также перестанут опускаться в глубокие слои океана и начнут скапливаться на его поверхности, что приведет к еще большему опреснению Северной Атлантики. В этом случае климат на континентах, омываемых водами Северной Атлантики, станет напоминать сибирский (*см. вставку на стр. 49*).

Потепление, несущее холод

Минуло 8 тыс. лет со времени последнего значительного похолодания в Северной Атлантике. Развивается ли человечество так, чтобы в будущем избежать подобных климатических катаклизмов? Особую тревогу, по мнению ученых, вызывает антропогенное увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере, способствующее глобальному потеплению (*см. «Глобальное потепление. Можно ли остановить бомбу замедленного действия?», «В мире науки», № 5, 2004 г.*).

Согласно прогнозам утвержденной ООН Межправительственной комиссии по изменению климата, за грядущие 100 лет средняя температура на планете повысится на 1,5–4,5° С. Многие компьютерные модели предсказывают замедление североатлантической конвейерной циркуляции океана (как ни парадоксально, но постепенное потепление климата может привести к его внезапному похолоданию на несколько градусов). Несмотря на то что новое оледенение нам, похоже, не угрожает, последствия этого события будут гораздо серьезнее, чем во время Малой ледниковой эпохи, когда замерзла река Темза, а с Альп сползали ледники.

Большую тревогу вызывают возможные бедствия, которые могут одновременно обрушиться на разные части света. Как свидетельствуют данные климатологических наблю-

дений, всякий раз, когда климат в североатлантическом регионе становится холоднее, чем на прилегающей суше, на обширных территориях Африки и Азии наступает сильная засуха. А если учесть, что от муссонных дождей здесь зависит судьба урожаев, становится очевидным, что даже небольшая сушь обречет на голод миллиарды людей.

Засухи и наводнения

Опасное превышение критического климатического порога может произойти по вине глобального потепления, даже если североатлантический конвейер будет функционировать исправно. Риску длительной локальной засухи на многих континентах подвергаются расположенные в умеренных широтах области, где выращивают зерновые культуры. Согласно прогнозам, составленным на основе большинства климатических моделей, с повышением средней глобальной температуры в этих регионах, независимо от того, как будут развиваться события в Северной Атлантике, увеличится продолжительность летней сухой погоды. Модели показывают, что потепление, вызванное парниковым эффектом, приведет к общему увеличению количества осадков в виде сильных бурь и ливней. Однако засуху они не предотвратят.

Такая погода усугубит легкую засуху на долгие десятилетия. Подобные изменения климата возможны из-за того, что осадки в поясах зерновых культур выпадают главным образом вследствие рециркуляции воды растениями, а не в результате проникновения влажного воздуха из других регионов. Корни растений поглощают дождевую воду, не давая ей уйти в почву и просочиться в реки, однако часть воды все же возвращается в атмосферу в результате ее испарения листьями растений. Но когда в регионе наступает засушливое лето, многие растения увядают и гибнут, и количество возвращаемой в атмосферу воды уменьшается. Если популяция растений сокращается настолько, что осадков, выпадающих вследствие круговорота воды, едва хватает на ее поддержание, климат достигает некоего критического порога, после чего начинается массовая гибель растений, а количество дождей продолжает уменьшаться. Образуется порочный круг, напоминающий тот, что 5 тыс. лет назад превратил часть Северной Африки в пустыню Сахару.

> Всего за несколько лет может измениться характер погоды в Европе, ее климат станет походить на сибирский.

Заглянуть в будущее

Если климат меняется постепенно, то негативные последствия этого процесса можно смягчить. В преддверии засухи фермеры начинают рыть колодцы, выращивать засухоустойчивые культуры или просто переезжают на другое место. И все же внезапное изменение климата чревато катастрофическими последствиями.

Несмотря на это, подавляющее большинство климатологических исследований и принимаемых в этой связи политических решений касается лишь постепенных климатических перемен и ограничивается призывами к глобальному сокращению выбросов углерода в атмосферу. Несмотря на то что такая мера позволит в какой-то степени стабилизировать обстановку, ученые и политики должны уделять больше внимания предотвращению внезапных климатических изменений. Первый шаг в этом направлении – сдерживание глобального потепления, изучение критических порогов изменения климата, прогнозирование возможных последствий хозяйственной деятельности человека.

Другая стратегия – повышение способности современного общества противостоять внезапным изменениям климата. Как подчеркивают авторы доклада Национального научно-исследовательского совета США, когда в прошлом климат на планете резко менялся, одни сообщества людей к нему приспосабливались, другие уходили, а третьи погибали. Гренландские викинги были вынуждены покинуть свои поселения, т.к. с наступлением Малой ледниковой эпохи условия их жизни оказались крайне неблагоприятными, а их ближайшие соседи, эскимосы Туле, несмотря на трудности, не покинули свои жилища и выжили. Понимание причин гибели в экстремальных условиях одних сообществ и выживания других может оказаться очень полезным и для современного общества. Проекты, призванные помочь людям преодолеть трудности во время климатического кризиса, обойдутся государству недорого. Можно, к примеру, уже сегодня начать высаживать деревья, которые будут укреплять почву во время очередной ветреной засухи, или заблаговременно распределить между группами людей источники воды, которыми они будут пользоваться в трудное время.

Сегодня в результате хозяйственной деятельности человека некоторые климатические характеристики планеты достигли критических порогов, пересечение которых чревато резкой трансформацией климата, способной осложнить жизнь миллионов людей и других обитателей планеты. ■

Ричард Гарвин

Бреши в системе ПРО

На смену современной системе противоракетной обороны должны прийти более эффективные способы защиты.

На первом этапе развертывания программы ПРО администрация США планирует разместить противоракеты (ПР), способные уничтожить баллистические ракеты (БР) противника на активном участке полета (7 – в форте Грили на Аляске и 4 – на базе ВВС в Калифорнии на мысе Ванденберг). Агентство противоракетной обороны (АПО) министерства обороны США, в течение последних пяти лет ведущее программу ПРО, планирует увеличить количество ПР, наземных локационных радарных станций (ЛРС) и спутников слежения. По мнению военных, данная система может защитить американцев от возможных ракетных атак со стороны Северной Кореи и Ирана.

Несмотря на то что с 1985 г. на предыдущую программу ПРО было потрачено более $80 млрд., нет уверенности в том, что территория США останется неуязвимой для вероятного противника. Критики заявляют, что система не учитывает перспективного развития наступательных вооружений. Находящиеся на боевом дежурстве ПР должны уничтожить боеголовки (БГ) межконтинентальных баллистических ракет (МБР), запущенных за тысячи километров от цели. Но они не способны бороться с баллистическими ракетами морского базирования различной дальности стрельбы. Кроме того, трудно предсказать насколько эффективными окажутся ПР, если им будет противостоять комплекс систем противодействия противника (КСП).

Поэтому политикам, военным и инженерам следует сосредоточить усилия на изучении новых источников ракетной опасности и разработке систем надежного предотвращения ядерной угрозы для США. Часть средств, выделяемых на программу ПРО, должна быть направлены на разработку системы борьбы с ракетами морского и наземного базирования, имеющими малое подлетное время до цели.

Основные понятия

Перехват баллистических ракет вероятного противника возможен, во-первых, при старте ракеты

С 1997 по 2002 г. проводились испытания различных модификаций ПР *Minuteman*. Они запускались с базы, расположенной на атолле Кваджалейн в южной части Тихого океана. Из 8 мишеней были поражены 5. Однако, по мнению специалистов, проведенные испытания не моделировали ракетную атаку в полном объеме.

и на ее активном участке, во-вторых, при движении боеголовок на внеатмосферном участке полета, и, наконец, при входе их в атмосферу и движении на цель. Уничтожение ядерной боеголовки, нацеленной на населенный пункт, ПР должна осуществить на очень большой высоте и с наибольшей вероятностью. Для того, чтобы предотвратить последствия взрыва ядерного заряда мощностью в одну мегатонну, перехват необходимо произвести на высоте более 10 км. На выполнение этой задачи имеется не более 45 секунд, из которых половина должна уйти на разгон ПР до скорости 2 км/с, следовательно, ракета-перехватчик должна базироваться в пределах пятидесятикилометровой зоны от данного населенного пункта. Даже в случае многочисленного размещения ПР на территории США противник может направить МБР на те города, которые окажутся более уязвимыми.

Уничтожение БР возможного противника может быть осуществлено в течение нескольких минут после запуска. На этом активном участке полета БР имеет ускорение 3*g*, т.е. за 250 с она достигает скорость порядка 7,5 км/с. Предположим, ПР отводится 200 с для поражения цели, расположенной на расстоянии 500 км. В этом случае в течение первых 100 с полета ей следует достичь ускорения 3–3,5*g*, а оставшееся время лететь со скоростью порядка 3,4 км/с.

БР с ядерным зарядом, запущенную с территории Северной Кореи, можно обезвредить на активном участке полета с помощью ПР наземного или морского базирования. Они более эффективны, чем размещаемые на самолетах лазерные средства, способные поражать цели на расстоянии не более 300 км. Для того, чтобы выполнить свою задачу, ПР должна преодолеть 1 тыс. км со скоростью 7 км/с. Для поражения БР, стартовавшей с территории Ирана, ПР за 50 с должна набрать скорость 10 км/с. Ускорение составит в этом случае 20*g*. Технически такая задача выполнима, т.к. еще в 60-х гг. в США проводились испытания ракеты, способной получать ускорение до 260*g*.

Перехват на активном участке полета также весьма эффективен в борьбе с БР, головные части (ГЧ) которых несут сотни контейнеров с биологическим оружием, уничтожить которые в открытом космосе крайне сложно.

Найти и уничтожить

Как действует ПРО? Система обнаружения баллистических целей и их слежения была развернута еще в 70-е гг. XX в. Спутники, размещенные на геостационарной орбите, находятся на высоте 36 тыс. км над Землей. Они оснащены инфракрасными датчиками, фиксирующими тепловое излучение от истекающих струй из БР. Они сканируют поверхность планеты каждые десять секунд, причем различные области контролируются несколькими спутниками.

> Американская система противоракетной обороны не способна противостоять даже слабому противнику.

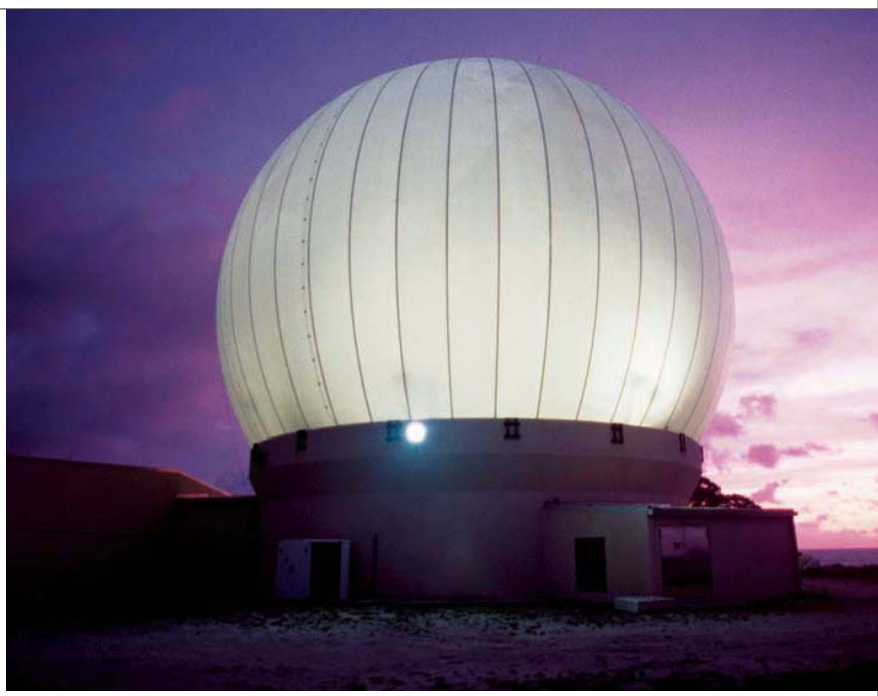
С конца 90-х гг. Пентагон сосредоточил основные усилия на создании комплексов для перехвата ГЧ и БГ баллистических ракет на внеатмосферном участке полета. Для отражения МБР запускаются ПР, которые должны поразить боеголовки, отделявшиеся от головных частей. БГ содержит ядерный заряд, помещенный в корпус с теплоизолирующим покрытием, обеспечивающим прохождение плотных слоев атмосферы с большими скоростями. Поскольку цель находится во внеатмосферном пространстве на высоте многих сотен километров от Земли, то инфракрасные датчики не могут ее зафиксировать. Поэтому наведение ПР производится с помощью радиолокационной системы (РС), следящей за траекторией полета ГЧ.

Наиболее вероятные траектории полета БР, которые могут быть запущены с территории Северной Кореи, должны пролегать над Северным Ледовитым океаном. Поэтому на острове Шемья Пентагон планировал построить современную РЛС. Сложные климатические условия не позволили воплотить эти планы в жизнь.

ОБЗОР

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ

- Система ПРО призвана обеспечить уничтожение ядерных боеголовок противника на внеатмосферном баллистическом участке полета.
- Для маскировки боеголовок противник может использовать ложные цели. Поэтому главной задачей остается наведение противоракеты на истинную цель.
- Необходимо создать систему, способную уничтожить ракеты при старте или на активном участке полета. Пентагон должен больше внимания уделить защите территории США от ракет малого радиуса действия.



Прототип радара, работающего на рентгеновской частоте, расположен на атолле Кваджалейн. Он использовался во время испытательных пусков. Поскольку его возможности контролировать траектории полета головной части ракеты ограничены, то в испытаниях применялись радиомаяки для наведения противоракеты на учебную цель.

Было принято решение построить РЛС на плавучей платформе у берегов Техаса, а в 2005 г. отправить станцию к месту постоянного базирования у Алеутских островов. Стоимость проекта – $900 млн.

Безусловно, РЛС, расположенная на Алеутских островах, не сможет засечь пуски ракет, запущенных с территории Ирана, т.к. они полетят над Европой и северной Атлантикой. На данном направлении планируется разместить дополнительные системы слежения и перехвата, включая космическую составляющую, которая пополнится низкоорбитальными спутниками, оборудованными оптическими и инфракрасными датчиками. Телекоммуникационная сеть, связывающая все элементы новой системы ПРО, будет существенно модернизирована.

Развернутая в середине 70-х гг. система ПРО *Safegard* была создана для защиты 150 шахт с МБР, расположенных в Северной Дакоте. Действующая в России система ПРО должна была стать щитом для Москвы от возможного удара противника. При этом боеголовки противника предполагается уничтожать с помощью ядерных взрывов на внеатмосферном участке полета. За последние 20 лет системы наведения на цель настолько усовершенствовались, что боевая часть ПР попадает прямо в ядерную боеголовку противника. Новые технологии позволяют отказаться от использования ядерных зарядов на противоракетах, которые могут нарушить работу телекоммуникационных сетей и нанести ущерб окружающей среде.

Современные ПР оборудованы инфракрасными датчиками для наведения на головную часть БР и при захвате цели могут изменять свою траекторию. С 1999 г. Пентагон провел многочисленные испытания новой системы перехвата. (Критики проекта настаивают на том, что условия испытаний не отражали реальных условий ядерного нападения.)

Скорости взаимодействия настолько велики, что даже конструкция ПР превращается в снаряд. В каждом килограмме летящего фрагмента конструкции ракеты заключено 25 млн. Дж кинетической энергии (1 кг взрывчатки выделяет только 4 млн. Дж).

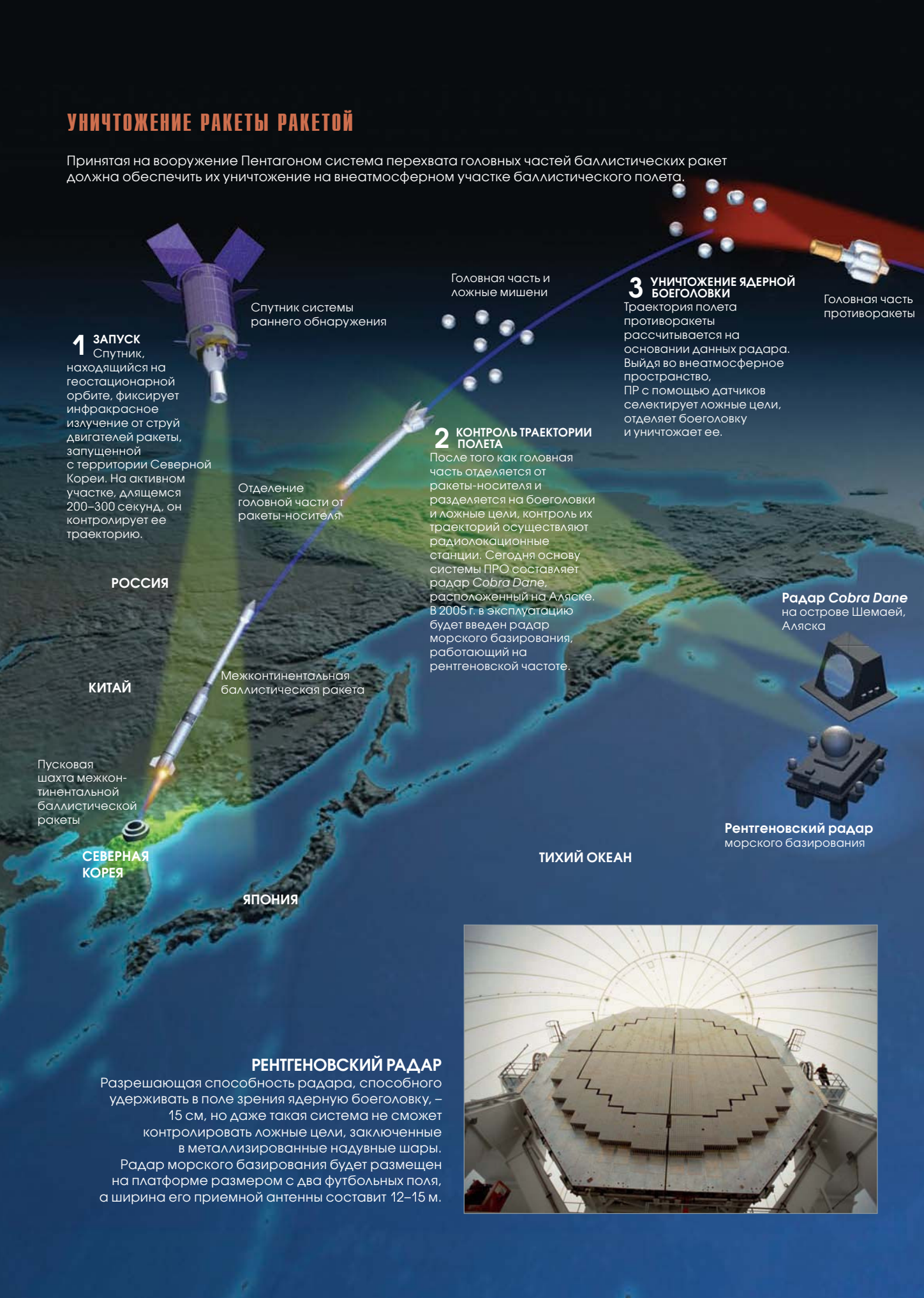
Основная угроза для США – не межконтинентальные баллистические ракеты, а ракеты ближней дальности, запущенные с морских судов.

ОБ АВТОРЕ:

Ричард Гарвин (Richard L. Garwin) – эксперт по вопросам ядерных вооружений, ракетостроению, противовоздушной и противоракетной обороне. В сферу его научных интересов входит исследование гравитации. Награжден медалью Ферми и национальной медалью «За научные достижения».

УНИЧТОЖЕНИЕ РАКЕТЫ РАКЕТОЙ

Принятая на вооружение Пентагоном система перехвата головных частей баллистических ракет должна обеспечить их уничтожение на внеатмосферном участке баллистического полета.



РЕНТГЕНОВСКИЙ РАДАР

Разрешающая способность радара, способного удерживать в поле зрения ядерную боеголовку, – 15 см, но даже такая система не сможет контролировать ложные цели, заключенные в металлизированные надувные шары. Радар морского базирования будет размещен на платформе размером с два футбольных поля, а ширина его приемной антенны составит 12–15 м.

БОЕВАЯ ЧАСТЬ ПРОТИВОРАКЕТЫ

Боевая часть ПР, созданная фирмой *Raytheon* (140x60 см), оснащена инфракрасным датчиком, связанным с телескопом. Система позволяет произвести окончательное наведение на цель с помощью четырех двигателей коррекции.

КОМАНДНЫЙ ЦЕНТР

Центр боевого управления системы ПРО будет размещен на базе ВВС США недалеко от Колорадо Спрингс. При проведении пробных запусков он располагался на атолле Кваджалеин.

Головная часть противоракеты

Отделение головной части от ракеты-носителя

Противоракета

Отделение головной части от ракеты-носителя

Пусковая шахта, Форт Грили, Аляска

Противоракета

КАНАДА

США

Командный це Шейен, штат Колорадо

Пусковая шахта, Вандерберг, База ВВС США, Калифорния

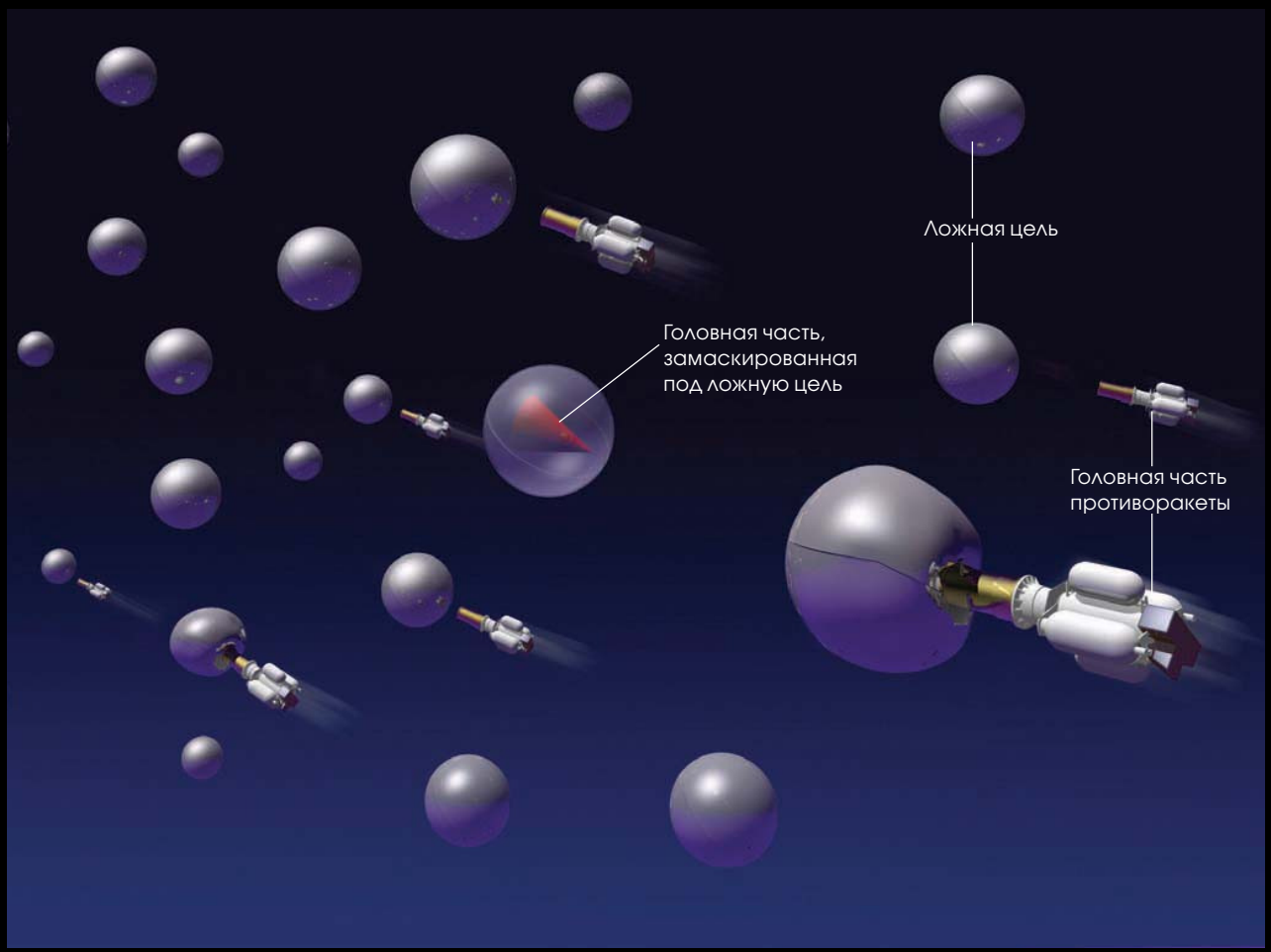
ТИХИЙ ОКЕАН

ГАВАЙСКИЕ ОСТРОВА

ПРОТИВОРАКЕТА

Первая семнадцатиметровая трехступенчатая противоракета была поставлена на боевое дежурство в июле 2004 г. в форте Грили на Аляске. Всего на Аляске планируется разместить 17 ракет, а на территории штата Калифорния – 4 противоракеты.

Ахиллесова пята современной системы ПРО – меры противодействия со стороны противника. Даже такие страны, как Северная Корея или Иран, могут защитить ядерные боеголовки, используя металлизированные надувные шары, или снабдить ложные мишени источниками инфракрасного излучения. Если система ПРО будет нацелена на уничтожение всех целей, истинных и ложных, то ей просто не хватит ракет.



Понятно, что не надо начинять головную часть ПР взрывчаткой, а лучше усовершенствовать систему наведения.

Противостояние

При создании элементов системы ПРО следует учитывать, что вероятный противник постарается использовать систему защиты БР от ПР. Конусообразная головная часть баллистической ракеты, покрытая радиопоглощающим покрытием, существенно затруднит работу РЛС. Кроме того, чтобы она стала невидимой для инфракрасных датчиков, ее можно охладить жидким азотом. На БР можно разместить десятки ложных целей (ЛЦ).

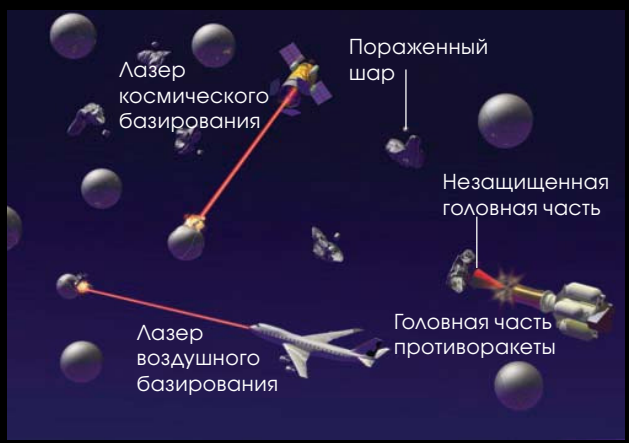
На внеатмосферном участке полета могут быть созданы ЛЦ типа «алюминиевых шаров» (надувные ложные цели, покрытые тонким слоем алюминия). Задача ПР – правильно выбрать цель.

Агентство противоракетной обороны не учитывает тот факт, что Северная Корея может создать комплекс средств противодействия ПРО.

Например, возможный противник может запустить ложные цели в виде МБР, но это будет дорогим удовольствием.

Критики заявляют, что разработчики новой программы ПРО стремятся создать систему перехвата, действующую даже на

Можно ли создать систему, способную уничтожать только ядерные боеголовки, а не ложные цели? В качестве первого эшелона защиты можно использовать противоракеты с зарядом взрывчатого вещества (ВВ). Подрыв ВВ в открытом космосе создаст газовую волну, которая позволит отделить легкие ложные цели от тяжелых боеголовок. После этого радар наведет ракеты-перехватчики на истинную цель. Однако противник может оснастить металлизированные надувные шары зарядами, обеспечивающими противодействие газовой волне, и радар не сможет зафиксировать истинную цель.



Лазеры воздушного и космического базирования, могут уничтожить металлические шары, но противник в состоянии создать резервные системы.

двух этапах полета БР, что потребует значительных финансовых затрат. По мнению автора, основные инвестиции следует направить на создание систем вооружения, способных уничтожать БР возможного противника на активном участке их полета. К сожалению, такие разработки не были продолжены после 1999 г.

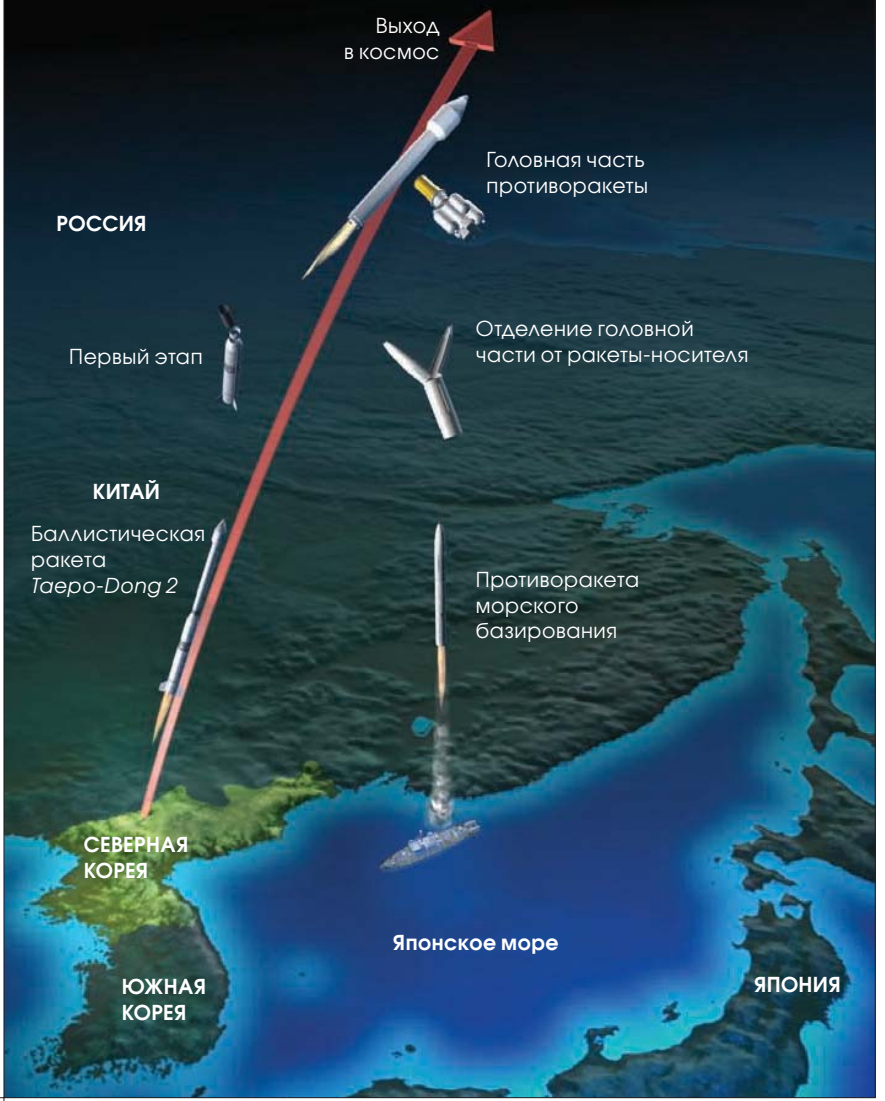
В 2003 г. Американское физическое общество представило доклад о перспективах развития систем по уничтожению ракет противника на активном участке полета. В документе отмечалось, что для этого необходимо иметь 14 противоракет, способных лететь с ускорением от 8 до 11*g*. Система слежения сможет фиксировать инфракрасное излучение двигателей, а при их отключении прогнозировать траекторию полета ГЧ и наводить на нее боевую часть ПР.

Однако все это не означает, что территория США не перестает быть возможной жертвой ядерной атаки.

Космические войны

Сегодня существует много сторонников и противников той или иной системы построения противоракетной обороны, но все согласны с тем, что прежде всего необходимо создать космическую группировку спутников-перехватчиков.

Для перехвата баллистической ракеты на активном участке полета противоракеты должны находиться на расстоянии 1 км от траектории полета БР. При запуске ракет с территории Северной Кореи местом базирования противоракет должно быть Японское море, а с территории Ирана – Каспийское море или Персидский залив.



По оценкам специалистов, проект обойдется в десятки миллиардов долларов.

Рассмотрим техническую сторону вопроса. Время обращения вокруг поверхности земли спутника на низкой орбите составляет 90 минут. Для того, чтобы создать надежный щит ПРО для США, группировка должна состоять из 1 тыс. спутников-перехватчиков. Несмотря на то что габариты спутника гораздо меньше противоракеты, его масса составляет 600–1000 кг. (Стоимость вывода на орбиту даже одного килограмма полезной нагрузки обойдется в $20 тыс.)

Развертывание в ближнем космосе элементов системы ПРО может привести к ответным действиям со стороны России и Китая, и в первую очередь их стоит ожидать со стороны последнего: располагая двумя дюжинами баллистических ракет, которые сегодня способны поразить американскую территорию, Китай будет наращивать их количество. В качестве меры противодействия развертыванию космической спутниковой группировки могут быть использованы металлические шарики, выведенные на космическую орбиту, или ракеты наземного базирования. Такие же меры противодействия могут быть предприняты против размещенного на орбите лазера, способного уничтожать баллистические ракеты на маршевом участке.

Самое слабое звено

Руководители АПО утверждают, что основная работа еще впереди. Выступая перед комитетом по безопасности конгресса, руководитель АПО генерал-лейтенант Рональд Кадиш (Ronald Kadish) отметил, что к 2005 г. будут созданы базовые элементы новой системы ПРО.

Основную угрозу для США представляют не межконтинентальные баллистические ракеты, а баллистические ракеты ближнего радиуса действия морского базирования. В 2002 г. министр обороны США заявил, что некоторые страны разместили на морских судах пусковые установки с БР. Несмотря на такие признания министра, его ведомство не предпринимает мер по отражению удара этих БР.

В первую очередь АПО должно сосредоточить свои усилия на разработке систем уничтожения ракет противника (Северная Корея, Иран) на активном участке полета с использованием противоракет наземного и морского базирования. Однако, полная эффективность системы ПРО будет зависеть от ее космической составляющей. Здесь, как и везде, все определяет самое слабое звено. ■

РеаСпоМед

2005

1 – 4 марта

МОСКВА

Центр международной торговли

Тел.: +7 (095) 938 9211 (многоканальный)
E-mail: expo@mediexpo.ru http://www.mediexpo.ru

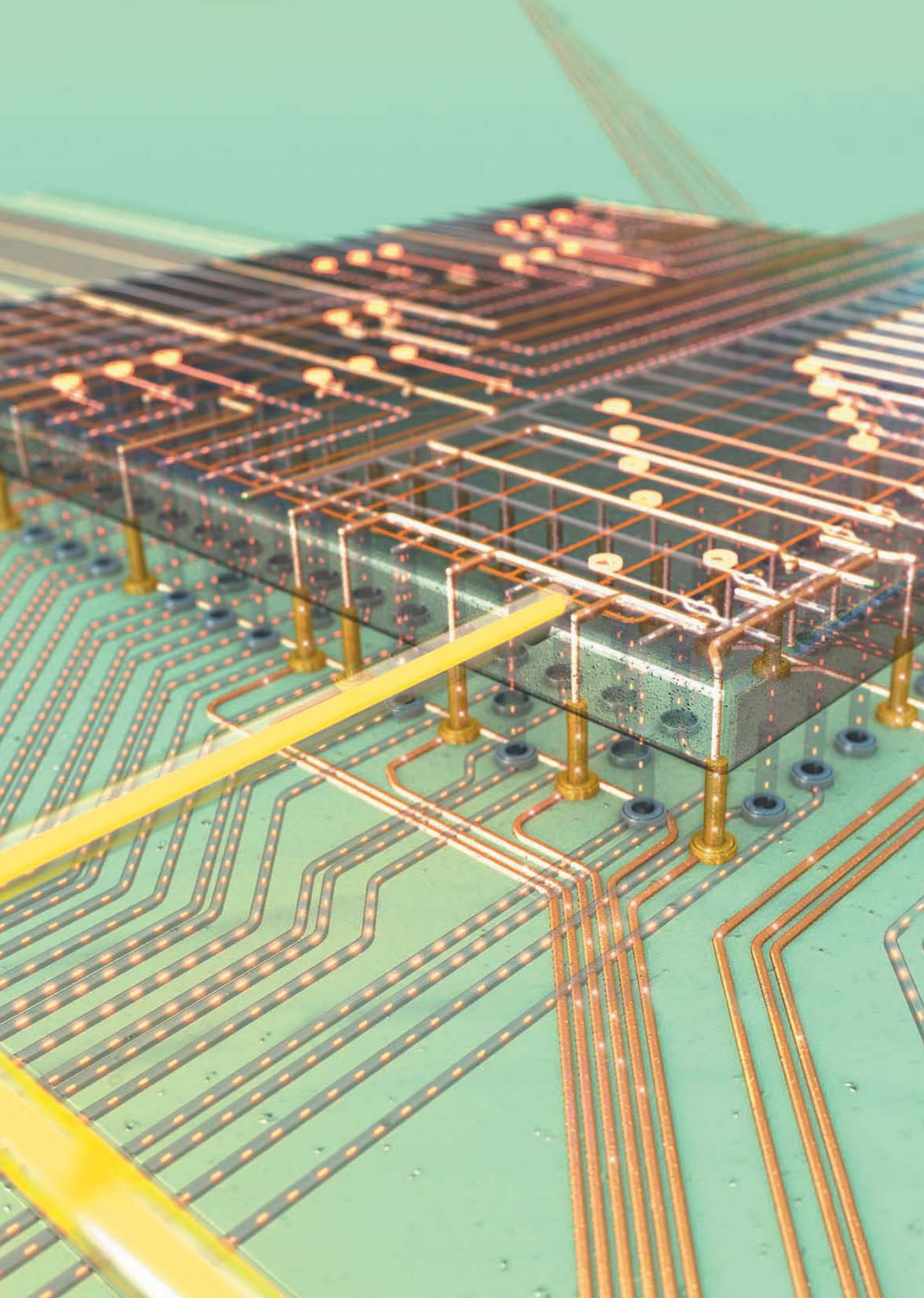
Российский научный форум

РеаСпоМед 2005

ОРГАНИЗАТОРЫ:
Министерство здравоохранения и социального развития РФ
Российская академия медицинских наук
Российская ассоциация по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов

5-я Международная медицинская специализированная выставка

МЕДИ Экспо
МЕДИЦИНСКИЕ ВЫСТАВКИ



Уэйт Гиббз

ВЫЧИСЛЕНИЯ СО СКОРОСТЬЮ СВЕТА

В ближайшее десятилетие архитектура компьютеров может радикально измениться.

Микропроцессоры смогут общаться с другими компонентами компьютера не только электрическими, но и световыми сигналами. Сочетание изобретенных недавно микрополостных лазеров, кремниевых оптических модуляторов и стоек из прозрачного полимера позволит беспрепятственно переводить биты из электрического мира в оптический и обратно.

С 1995 г. микропроцессоры развиваются быстрее остальных компьютерных компонентов. Новейшие процессоры обрабатывают команды с частотой до 3,6 ГГц, а некоторые операции (например арифметические) выполняются ими вдвое быстрее. Однако проводящие дорожки материнской платы, связывающие процессор с микросхемами памяти и другими частями системы, едва справляются с 1 ГГц. В итоге «мозг» компьютера 75% времени простаивает без дела в ожидании команд и данных, застрявших в очереди.

Еще три года назад физик Антони Леви (Anthony F. J. Levi) из Университета Южной Калифорнии подробно проанализировал ситуацию и пришел к выводу, что в ближайшее время разрыв между быстродействием микропроцессоров и скоростью доступа к памяти достигнет критической точки. Он отметил, что пластмассы, из которых изготавливаются печатные платы, подавляют высокие частоты: с увеличением полосы частот на 2 ГГц сигнал ослабляется в 10 раз. Кроме того, с повышением тактовой частоты растут потребление мощности, выделение тепла и электромагнитные помехи. Все три фактора давно уже стали головной болью инженеров-системотехников. Вместе с тем специалисты консорциума *International Sematech* подсчитали, что скорость информационного обмена между процессором и периферийными устройствами должна ежегодно увеличиваться примерно на 1 ГГц, чтобы петля не затягивалась еще сильнее.

«Со временем наши инженеры выжмут 20 ГГц из проводных соединений длиной до полуметра», – надеется специалист по фотонике из компании *Intel* Майкл Морс (Michael Morse). Однако, по прогнозам *International Sematech,* такой частоты едва хватит для микросхем, которые довольно скоро будут изготавливаться по 32-нанометровой технологии (т.н. 32-нм микросхемы). В начале 2004 г. уже появились 90-нм микросхемы, а недавно директор *Intel* по архитектуре Марк Бор (Mark T. Bohr) заявил, что компания рассчитывает перейти на 32-нанометровый технологический процесс не позднее 2010 г.

Итак, все идет к тому, что в ближайшие 10 лет медные проводники уступят место оптоволокну, по которому данные будут передаваться лучом лазера. Главный технический директор *Intel* Патрик Гельсингер (Patrick P. Gelsinger) относится к внедрению оптических соединений на системном уровне с большим энтузиазмом.

Однако пока он не уверен, что их будут использовать на чрезвычайно высокоскоростном, но очень коротком участке между процессором и оперативной памятью. Когда произойдет переход к оптической передаче данных, каких соединений он коснется и во что обойдется, во многом зависит от дальнейшего развития световых устройств.

В *CD*- и *DVD*-приводах, мониторах, мышах, фото- и видеокамерах, стереоусилителях и оптоволоконных сетях уже давно применяется перевод данных из электронной формы в оптическую и обратно. Однако ядро компьютера – процессор, оперативная память и системная плата, соединяющая их с периферийными устройствами, – остается чисто электронным. Причина проста: оптические соединения обладают гораздо более высокой пропускной способностью, чем проводные, но стоят в 10–100 раз дороже. При коммутации тысяч телефонных линий или пересылке миллиардов интернет-пакетов пропускная способность важнее затрат. Поэтому на больших расстояниях в развитых странах используются преимущественно оптоволоконные линии связи. Неудивительно, что компания *Cisco* потратила $500 млн. на разработку выпущенного в мае 2004 г. оптического маршрутизатора, способного коммутировать 30 оптоволоконных линий с пропускной способностью 40 Гбит/ с, т.е. обслуживать примерно 1,6 млн. домов, оснащенных цифровыми абонентскими линиями (*DSL*). На расстояниях больше 100 м ничто не может превзойти свет по скорости коммутации. Однако в локальных сетях и внутри компьютеров пока еще царствует медь.

Тем не менее ученым наконец удалось разработать множество конкурентоспособных световых устройств, которые можно изготавливать на существующих заводах по производству микросхем. «Мы намерены внедрять оптику на все меньших расстояниях вплоть до соединений между микросхемами», – заявил Марио Паниция (Mario Paniccia), руководитель группы, занимающейся кремниевой фотоникой в компании *Intel*.

Если все пойдет как задумано, то лет через десять компьютеры будут работать совсем по-другому. Оптоволоконные кабели видеокамер и портативных видеопроигрывателей можно будет подключать через оптический интерфейс, который придет на смену *USB*. Скорее всего появятся приводы для чтения и записи голографических компакт-дисков, вмещающих сотни гигабайт. Счастливые обладатели прямого соединения с международной оптоволоконной сетью получат доступ к Интернету со скоростью передачи порядка 1 Гбит/с – примерно в тысячу раз более высокой, чем у сегодняшних цифровых абонентских линий и кабельных модемов.

Вероятно, произойдут и более радикальные изменения. Максимальное быстродействие проводных соединений быстро уменьшается с увеличением длины кабелей. Поэтому микросхемы памяти и графические платы приходится размещать вблизи процессора, передающего им информацию. «Однако для света расстояния не имеют значения, – отметил Паниция. – Световые технологии будут одинаково недорогими при расстояниях и в полметра, и в тысячу километров». В итоге многие компоненты компьютера можно будет разнести, например, по кузову автомобиля, по целому зданию или даже по всему городу, а данные между ними будут циркулировать в виде световых импульсов.

Свет в конце туннеля

Современные оптические полупроводниковые приборы, например, лазеры в *CD*-проигрывателях и фотодетекторы в телекоммуникационных коммутаторах, изготавливаются из полупроводников типа $A_{III}B_{V}$, которые представляют собой соединение одного или нескольких элементов из третьей группы периодической системы (например, алюминий, галлий или индий) с элементом из пятой группы (обычно фосфор, мышьяк или сурьма).

На первый взгляд, $A_{III}B_{V}$-микросхемы идеальны для фотоники. Электроны в них движутся быстрее, чем в кремниевых, и поэтому $A_{III}B_{V}$-микропроцессор способен работать на гораздо более высоких частотах. Кроме того, они могут не только испускать лазерное излучение из резонаторов на своей поверхности, но и почти мгновенно преобразовывать падающие световые импульсы в электрические сигналы. Поэтому, выбирая материал для оптических микросхем, специалисты по фотонике в первую очередь

ОБЗОР

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИКА

- Специалисты полагают, что в ближайшее десятилетие полоса пропускания медных проводников будет исчерпана.
- До недавнего времени для оптической связи использовались экзотические полупроводники. Из-за высокой стоимости их применяли только в быстродействующих телекоммуникационных концентраторах. Однако в 2004 г. инженеры создали несколько световых устройств, которые можно изготавливать на заводах для производства обычных микросхем.
- Были продемонстрированы новые схемы передачи световых импульсов между микропроцессором и системной платой.
- Поскольку оптические соединения позволяют использовать широкую полосу частот как на больших, так и на малых расстояниях, внедрение фотоники может привести к радикальному изменению архитектуры компьютеров.

НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ФОТОННОГО КОМПЬЮТЕРА

В современных компьютерах оптоэлектроника используется в основном в периферийных устройствах. Но в ближайшие лет десять оптические компоненты завоюют сердца компьютеров.

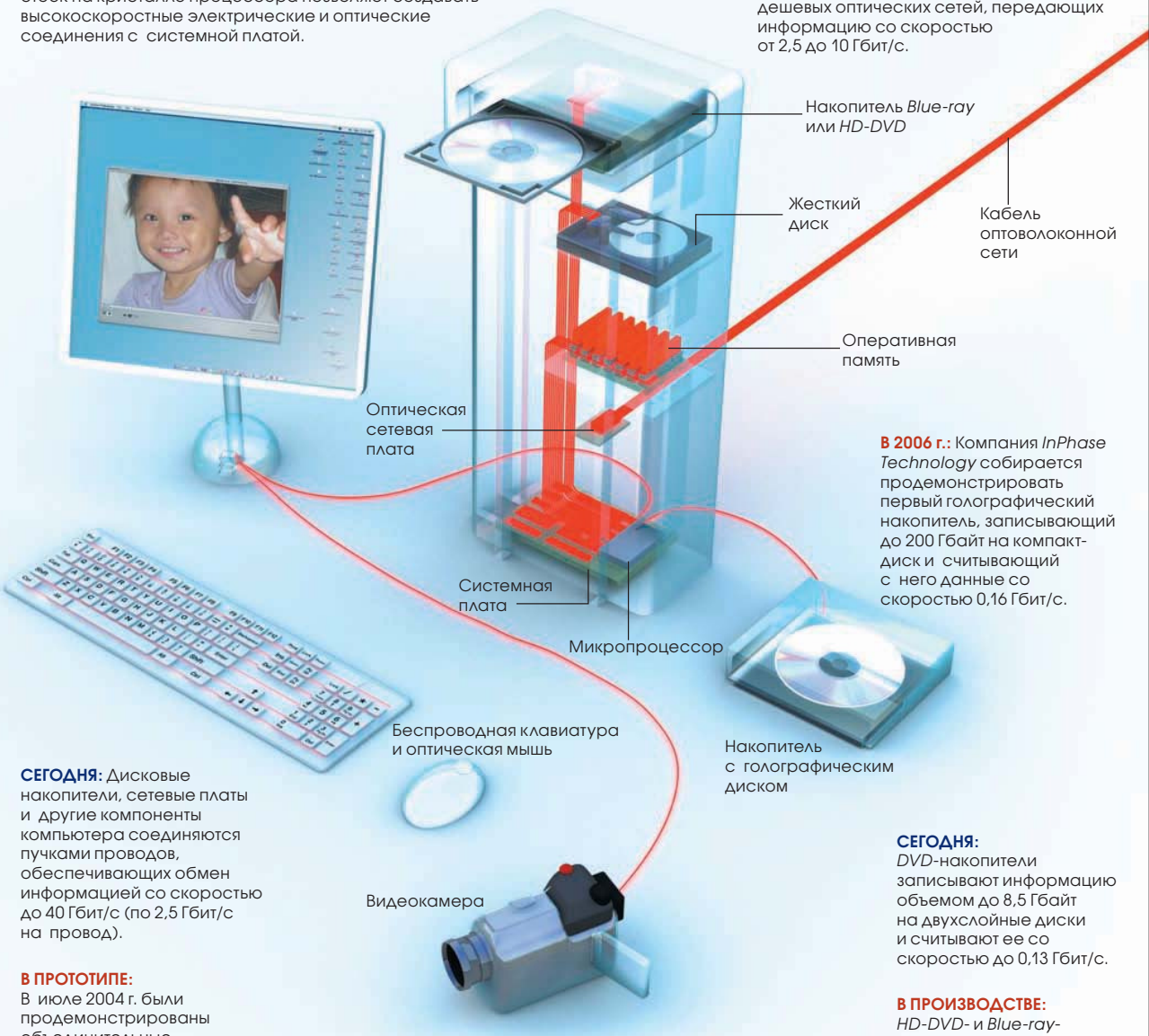
СЕГОДНЯ: Микропроцессоры работают на тактовых частотах свыше 3 ГГц, но часто простаивают, поскольку данные к ним поступают от микросхем памяти, работающих на частоте всего 0,4 ГГц. Новейшие микропроцессоры могут получать данные по многопроводным линиям со скоростью до 51 Гбит/с.

В ПРОТОТИПЕ: Каждый световод оптического соединения между оперативной памятью и процессором пропускает частоты до 1,25 ГГц.

В ЛАБОРАТОРИИ: Новые методы изготовления тысяч полимерных стоек на кристалле процессора позволяют создавать высокоскоростные электрические и оптические соединения с системной платой.

СЕГОДНЯ: По оптоволоконным сетям данные передаются со скоростью до 10 Гбит/с, но в большинстве компьютеров используются недорогие *Ethernet*-карты, предельная скорость работы которых не превышает 0,1 Гбит/с.

В ПРОТОТИПЕ: Разработанные компанией *Intel* кремниевые оптические модуляторы можно использовать для создания дешевых оптических сетей, передающих информацию со скоростью от 2,5 до 10 Гбит/с.



В 2006 г.: Компания *InPhase Technology* собирается продемонстрировать первый голографический накопитель, записывающий до 200 Гбайт на компакт-диск и считывающий с него данные со скоростью 0,16 Гбит/с.

СЕГОДНЯ: Дисковые накопители, сетевые платы и другие компоненты компьютера соединяются пучками проводов, обеспечивающих обмен информацией со скоростью до 40 Гбит/с (по 2,5 Гбит/с на провод).

В ПРОТОТИПЕ: В июле 2004 г. были продемонстрированы объединительные платы с оптическими соединениями из полимерных световодов, обеспечивающих передачу данных со скоростью до 8 Гбит/с на световод.

СЕГОДНЯ: Мыши, видеокамеры и другие устройства соединяются с компьютером через шину *USB* 2.0. Соединительный кабель длиной до 5 м обеспечивает скорость обмена до 0,48 Гбит/с.

В ПРОИЗВОДСТВЕ: Дорогие оптоволоконные разъемы, разработанные компанией *Xanoptix*, способны передавать данные со скоростью до 245 Гбит/с на расстояния до 500 м.

СЕГОДНЯ: *DVD*-накопители записывают информацию объемом до 8,5 Гбайт на двухслойные диски и считывают ее со скоростью до 0,13 Гбит/с.

В ПРОИЗВОДСТВЕ: *HD-DVD*- и *Blue-ray*-накопители записывают на диск до 50 Гбайт и передают данные со скоростью 0,04 Гбит/с. Возможно, ее удастся повысить до 0,32 Гбит/с.

обратили внимание именно на такие полупроводники. Так, в 2004 г. группа Дэниела Блюменталя (Daniel Blumenthal) и Лари Колдрена (Larry Coldren) из Калифорнийского университета создала на основе фосфида индия фотонный повторитель. Он принимает оптические биты на одной длине волны, при необходимости усиливает их и с помощью перестраиваемого лазера изменяет длину световой волны без промежуточного преобразования в электронную форму. Подобное устройство весьма пригодится при создании фотонного компьютера.

Однако в отличие от кремниевых $A_{III}B_V$-микросхемы очень тяжело изготовить, и поэтому они очень дороги. Так, если обычная кремниевая КМОП-микросхема стоит $5, то аналогичный ей чип из фосфида индия обойдется в $500. А поскольку характеристики кремниевых микросхем постоянно улучшаются, «конкурировать с КМОП-индустрией – это все равно что лечь на рельсы: рано или поздно поезд вас переедет», – отметил Равиндра Аталь (Ravindra A. Athale), заведующий отделом фотоники в Управлении перспективных исследований и разработок министерства обороны США (*DARPA*).

Чтобы оптоэлектроника появилась на системных платах ценой в $100, ей придется вскочить в этот поезд. Поэтому в последние годы многие НИИ сосредоточились на поисках КМОП-совместимых путей интеграции электронных и фотонных устройств. Такая стратегия уже приносит плоды. «Сегодня мы добились таких результатов, о которых два года назад никто и не мечтал, – заявил Сальваторе Коффа (Salvatore Coffa), руководитель лаборатории в компании *STMicroelectronics* в Катанье (Сицилия). – Скоро мы выйдем на рынок с первым кремниевым устройством, выполняющим оптические функции».

Все на КМОП-экспресс!

Есть как минимум три способа посадить фотонные компоненты в КМОП-экспресс. Самый консервативный подход, называемый гибридной интеграцией, наиболее близок к коммерческому успеху: его применение позволяет уже сейчас выпускать оптоэлектронные микросхемы для телекоммуникационной отрасли.

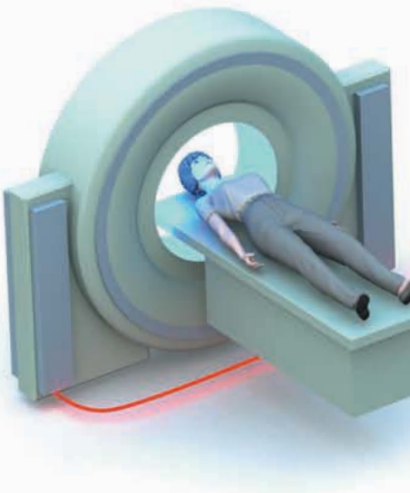
В гибридных устройствах кремниевые логические микросхемы встраиваются в один корпус с $A_{III}B_V$-микросхемами, выполняющими все оптические функции. Ни один технолог не допустит присутствия арсенида галлия или фосфида индия вблизи многомиллионного оборудования для изготовления КМОП-чипов, поскольку эти соединения могут загрязнить технологические линии кремниевого производства. Однако составные части гибридного устройства можно изготавливать на разных заводах.

Молодая американская компания *Xanoptix* использовала описанную концепцию для совмещения арсенидгаллиевых лазеров с управляющими кремниевыми микросхемами. В результате получился оптический разъем размером около 25 мм, похожий на штепсель для *USB*. Но если предельная частота для *USB*-кабелей не достигает и 0,5 Гбит/с, то оптический разъем *Xanoptix* способен пропускать до 245 Гбит/с через 72 оптических волокна, собранных в пучок толщиной с карандаш.

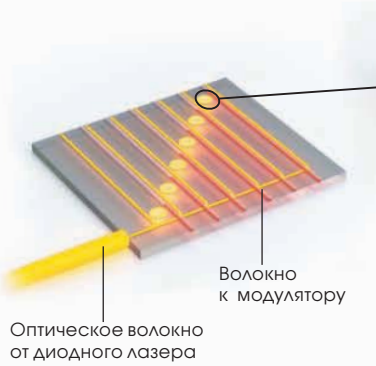
Впрочем, в недалеком будущем гибридная интеграция столкнется с определенными трудностями. С повышением тактовой частоты микропроцессора растет и его рабочая температура. Наиболее горячие области некоторых современных микросхем нагреваются почти до 90°C, а при таких температурах $A_{III}B_V$-лазеры выходят из строя. Поэтому гибридные оптоэлектронные микросхемы годятся лишь для сравнительно медленных внешних разъемов, но не для сердца компьютера.

Руководство компании *Intel* приняло решение сосредоточиться на КМОП-технологии – в расчете на то, что со временем удастся встроить

Вероятно, микросхемы с фотоникой сначала найдут применение в специализированных компьютерах для быстрой обработки огромных объемов данных. В частности, в ЯМР-томографии можно использовать микроскопические лазеры (*внизу слева*) и кремниевые оптические модуляторы (*внизу*



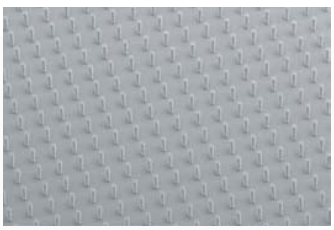
ПОЛУЧЕНИЕ СВЕТА



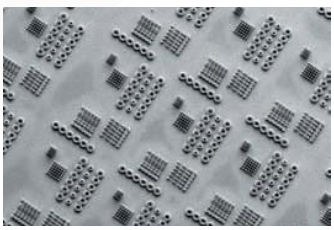
Тысячи микролазеров, разработанных Керри Вахалой из Калифорнийского технологического института, можно изготавливать прямо на стандартных кремниевых микросхемах. Микроскопические кольца очищают свет недорогих диодных лазеров и изменяют длину его волны (цвет) для согласования с другими фотонными компонентами.

в середине) для пересылки информации к ЭВМ. Сегодня разрабатываются оптические соединения для передачи больших объемов данных непосредственно к центральному процессору (*справа*). Сверхбыстрые каналы также помогут врачам проводить дистанционные консультации с коллегами.

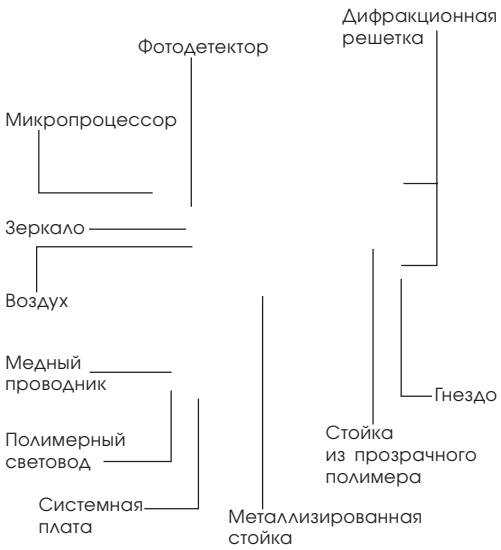
ФОТОННЫЙ МИКРОПРОЦЕССОР



Микропроцессор может соединяться с системной платой с помощью тысяч микроскопических стоек из прозрачного полимера, расположенных на нижней стороне чипа.



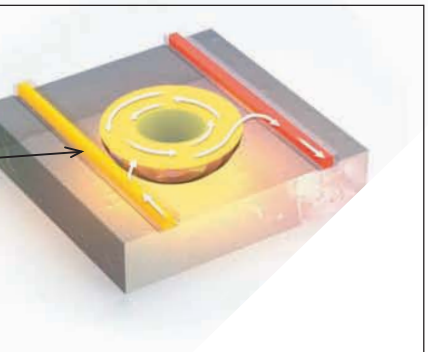
Стойки будут вставляться в специальные гнезда системной платы.



Через стойки можно передавать и электрические, и оптические сигналы. Для обычных электрических соединений можно использовать металлизированные стойки. Световые импульсы будут передаваться по полимерным световодам, отклоняться полимерными дифракционными решетками или металлическими зеркалами и детектироваться кремниевыми фотодиодами.

МОДУЛЯЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Оптические модуляторы принимают электрический цифровой сигнал и преобразуют его в оптический. Сначала луч разветвляется в два плеча световода (*вверху*). Электрический сигнал подается на конденсатор, установленный рядом с оптическим волокном, и изменяет фазу проходящего рядом света. В точке соединения плеч световые сигналы интерферируют, формируя импульсы в выходном пучке (*внизу*).



Свет определенной длины волны из сверхтонкого оптического волокна попадает в кольцо (*желтое*) и резонирует в нем (*стрелки*), порождая лазерное излучение, попадающее в другое оптическое волокно (*красное*). В действующих микросхемах кольцевые лазеры скорее всего будут формироваться на внутренних краях отверстий, а соединительные оптические волокна будут встроены в поверхность чипов.

световые системы непосредственно в микропроцессоры и другие микросхемы, изготавливаемые на существующих заводах. Чтобы добиться так называемой монолитной интеграции, нужно заставить кремний или другие КМОП-совместимые элементы излучать, принимать и преобразовывать световые сигналы.

«Тяжелее всего давались первые шаги, – вспоминает Паниция. – Мы были уверены, что сможем сделать из кремния все что угодно, кроме лазеров». Квантово-механические свойства кремния не позволяют ему излучать свет. Однако группе Коффы из *STMicroelectronics* удалось частично решить задачу. Добавляя небольшое количество церия или эрбия в слой кварца (S_iO_2), легированного нанокристаллами кремния, они создали кремниевые микросхемы, излучающие синий или зеленый свет при подаче небольшого напряжения.

Поскольку люминесценция некогерентна, полученные светоизлучающие диоды не являются лазерами. «Но они столь же эффективны, как светодиоды из арсенида галлия, – отметил Коффа. – При этом они КМОП-совместимы, и мы можем встраивать их в уже существующие электронные устройства». В 2005 г. *STMicroelectronics* планирует выпустить кремниевые оптроны, которые позволят компьютерам управлять высоковольтным оборудованием.

Кремниевые светодиоды могут стать источниками света для КМОП-совместимого лазера, продемонстрированного в начале 2004 г. группой Керри Вахалы (Kerry J. Vahala) из Калифорнийского технологического института. Исследователи разместили микроскопические кварцевые диски на вершинах кремниевых столбиков. Шлифуя края дисков и тщательно контролируя их диаметры, они изготовили оптический эквивалент «шепчущей галереи». Часть света, проходящего по расположенному рядом оптическому волокну, попадает в диск и циркулирует вдоль его края. Когда интенсивность света увеличивается в миллион раз (*см. рис. на стр. 66–67*), он выходит наружу в виде лазерного луча.

Некогерентные светодиоды могут подавать свет в диски или использоваться для фильтрации, усиления и изменения частоты лазерного излучения, поступающего на вход микросхемы. «Вместо дисков можно использовать вытравленные отверстия: вторичное излучение будет формироваться на их внутренних краях, – считает Вахала. – Такую конструкцию проще соединять с волноводами и другими световыми компонентами, расположенными на поверхности чипа. К тому же микрополостные лазеры могут генерировать несущую, на которой будет передаваться выходной сигнал микросхемы».

Чтобы такая система работала, нужно найти способ перевода информации из электронной формы в оптическую. Долгое время решить поставленную задачу с помощью кремниевых устройств не удавалось, поскольку, когда дело доходит до управления светом, кремний становится капризным и неповоротливым. Однако в феврале 2004 г. команда Паниции успешно использовала его для быстрой амплитудной модуляции лазерного луча цифровым сигналом.

Когда я был в Оптической лаборатории *1A* исследовательского центра компании *Intel* в Санта-Кларе, Паниция показал мне кремниевую пластину величиной с почтовую марку, в которой уместились около ста модуляторов. В дальнем конце комнаты стоял компьютер, который воспроизводил киноленту «Терминатор 3» с *DVD* высокого разрешения. Обрабатывая потоковое видео, он одновременно пересылал копию каждого бита по *Ethernet*-кабелю на небольшую плату с одним из таких чипов.

Модулятор подпитывается лазером, но действует точно так же, как средневолновое радио (*см. рис. на стр. 66–67*). Устройство разветвляет лазерный луч, направляя его в два плеча световода. КМОП-конденсаторы, находящиеся под каждым плечом и соединенные с *Ethernet*-кабелем, запасают и высвобождают статический электрический заряд. Когда они заряжены до предела, электроны взаимодействуют со светом и его фаза изменяется. Затем излучение из обоих световодов воссоединяется и интерферирует, в результате чего выходной луч пульсирует, воспроизводя последовательность битов видеопотока.

Световые импульсы переносят информацию по одиночному оптическому волокну, которое соединяет модулятор с фотодетектором другого компьютера, находящегося в нескольких метрах от первого. На обоих мониторах Шварценеггер выпрыгивает из автомобиля абсолютно одновременно.

Продемонстрированный модулятор работает на частоте 2,5 ГГц. Однако Паниция уверен, что его можно сделать гораздо меньше и поднять частотный предел до 10 ГГц. Разместив все перечисленные элементы в одной микросхеме, можно будет изготовить кремниевое оптическое устройство размером не больше *Ethernet*-разъема. Оно будет подключаться к сетевой плате за $250, которая заменит маршрутизатор стоимостью $25 тыс.

Прежде чем передавать сигнал на частоте 10 ГГц, сначала нужно научиться принимать его. Для волн инфракрасного диапазона, используемых обычно в световых устройствах, кремний прозрачен, как стекло. Однако КМОП-совместимые фотодетекторы для преобразования световых импульсов в электронные биты все-таки можно изготовить, добавив в кремний германий, примеси которого уже давно вводят в материал микросхем для повышения их быстродействия.

У реки два берега

Как материал для фотоники, кремний прошел за два года большой путь. Однако для обработки оптических данных на частотах свыше 20 ГГц нужно пройти еще больше. Поэтому не исключено, что более

Со временем высокоскоростные фотонные соединения избавят нас от необходимости размещать все компоненты компьютера в одном корпусе. Физические процессы, протекающие при передаче электрических сигналов на четыре метра и на четыре сантиметра, сильно различаются. В оптическом мире между сантиметрами и метрами (и даже сотнями метров) нет существенной разницы. Поэтому отдельные узлы компьютера, соединенные оптической связью, можно разнести на значительные расстояния, и они все равно будут работать как единая машина.

Например, в автомобиле несколько процессоров, блоков памяти и дисковых накопителей можно встроить в разные места кузова и соединить оптоволокном. Компания *DaimlerChrysler* планирует установить гигабитные оптические соединения в автомобилях *Mercedes* класса *S* уже в 2005 г.

В будущем сотрудники смогут пользоваться компьютером, узлы которого разнесены по всему зданию и связаны между собой оптическими соединениями. Такой компьютер можно будет временно «модернизировать», подключая к нему более быстрый процессор или более емкую оперативную память для решения какой-либо сложной задачи.

О применении оптических связей в компьютерах пока лишь только говорят. Системные архитекторы не задумываются о них, поскольку нужная технология еще не разработана. Но лед уже тронулся.

экономичным окажется сравнительно новый метод «втягивания» фотоники в электронику – полилитическая интеграция. Если соединить КМОП-процессор с системной платой с помощью плотной матрицы оптических и электрических соединений, то можно будет вводить свет в процессор с помощью миниатюрных (и, следовательно, недорогих) $A_{III}B_{V}$-микросхем, установленных на достаточном удалении от него и поэтому не перегревающихся.

Несколько полилитических схем изготовили Джеймс Мейндл (James D. Meindl) и Муханнад Бакир (Muhannad S. Bakir) из Университета Джорджии, работающие в сотрудничестве с Энтони Муле (Anthony V. Mule) из компании *Intel*. Одну из них назвали «морем проводов»: на последнем этапе изготовления процессора к нему притравливаются тысячи *S*-образных металлических пружинок, по которым передаются электрические сигналы. Световые импульсы проходят через отверстия в пружинках и попадают на дифракционную решетку, которая направляет их в световоды, встроенные в подложку чипа или системную плату.

Во второй схеме процессор опирается на тысячи стоек из прозрачного полимера, вставленных в круглые пластмассовые гнезда системной платы (*см. рис. на стр. 67*). Группа Мейндла сумела изготовить регулярные матрицы из столбиков толщиной всего 5 мкм, размещенных на расстоянии 12 мкм друг от друга. Некоторые стойки и гнезда были покрыты металлом для осуществления электрических, а не оптических соединений. Возможно, через 10–15 лет микропроцессоры с щетиной микроскопических стоек смогут передавать инфракрасные импульсы, обработанные высокочастотной электроникой, т.к. в промежутках между лазерами и световодами на подложках микросхем можно вытравливать транзисторы и проводники. Похоже, вскоре нам удастся перекинуть мост через пропасть, разделяющую лабораторную фотонику и потребительскую электронику. Что ж, компьютеры и их хозяева от этого только выиграют. ■

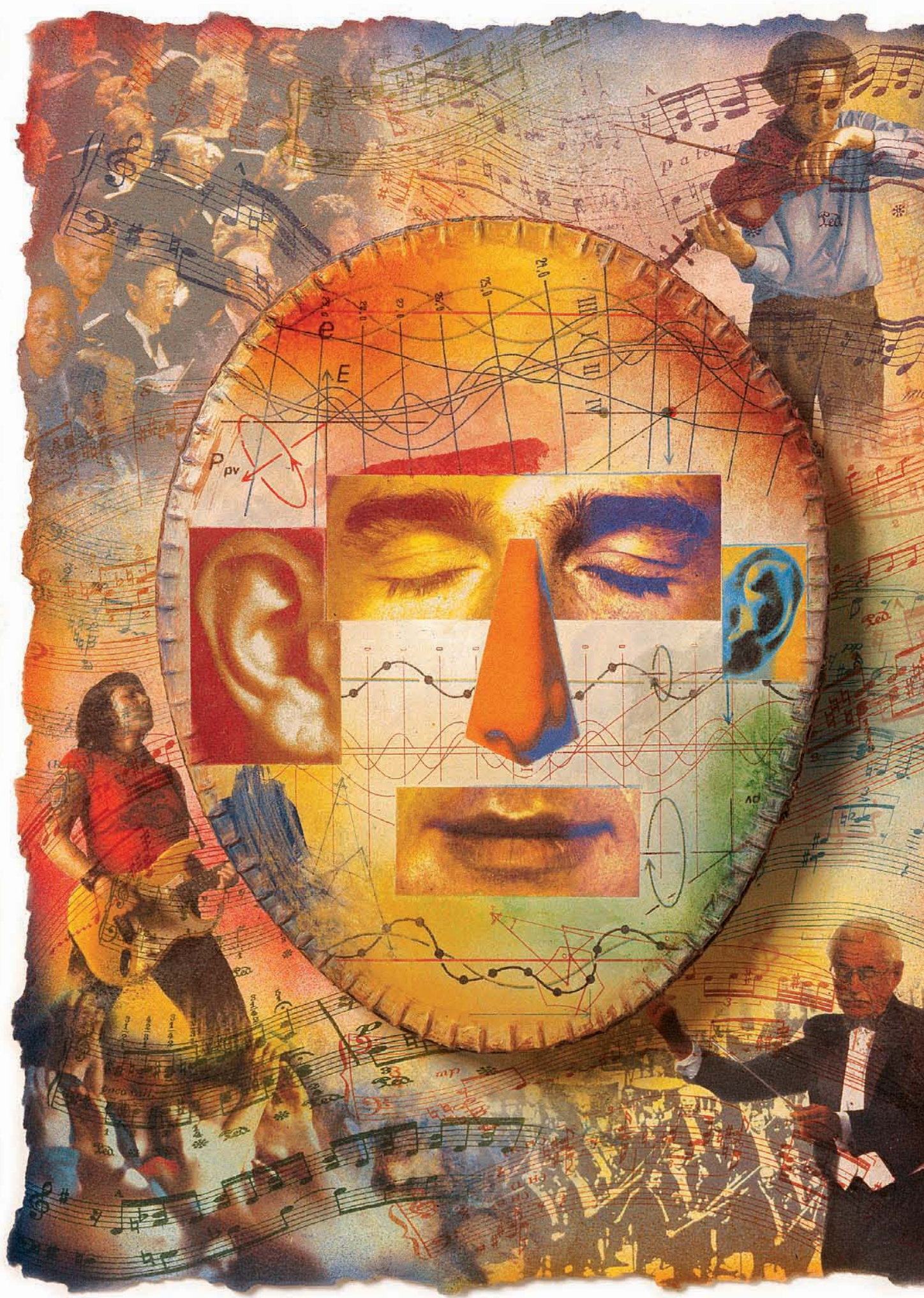
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

■ A High speed Silicon Optical Modulator Based on a Metal-Oxide-Semiconductor Capacitor. Mario Paniccia et al. in Nature, Vol. 427, pages 615 – 618; February 12, 2004.

■ Ultralow-Threshold Microcavity Raman Laser on a Microelectronic Chip. Kerry J. Vahala et al. in Optics Letters, Vol. 29, No. 11, pages 1224 – 1226; June 1, 2004.

■ Sea of Polymer Pillars Electrical and Optical Chip I/O Interconnections for Gigascale Integration. M. S. Bakir and J. D. Meindl in IEEE Transactions On Electron Devices, Vol. 51, No. 7, pages 1069 – 1077; July 2004.

■ Silicon Photonics. Ed. by Lorenzo Pavesi and David J. Lockwood. Springer, 2004.



Норман Уэйнбергер

В чем секрет завораживающей власти музыки?

Музыка и мозг

Музыка окружает нас повсюду. При звуках мощного оркестрового крещендо на глаза наворачиваются слезы и по спине бегут мурашки. Музыкальное сопровождение усиливает художественную выразительность фильмов и спектаклей. Рок-музыканты заставляют нас вскакивать на ноги и танцевать, а родители убаюкивают малышей тихими колыбельными песнями.

Почему музыка столь значима для человека и имеет над ним такую власть?

Любовь к музыке имеет глубокие корни: люди сочиняют и слушают ее с тех пор, как зародилась культура. Более 30 тыс. лет назад наши предки уже играли на каменных флейтах и костяных арфах. Похоже, это увлечение имеет врожденную природу. Младенцы поворачиваются к источнику приятных звуков (консонансов) и отворачиваются от неприятных (диссонансов) (*см. врезку на стр. 76*). А когда мы испытываем благоговейный трепет при финальных звуках симфонии, в головном мозге активизируются те же центры удовольствия, что и во время вкусной трапезы, занятий сексом или приема наркотиков.

Почему же музыка столь значима для человека и имеет над ним такую власть? Окончательных ответов у нейробиологов пока нет. Однако в последние годы начали появляться некоторые данные о том, где и каким образом происходит переработка музыкальной информации. Изучение пациентов с черепно-мозговыми травмами и исследование здоровых людей современными методами нейровизуализации привели ученых к неожиданному выводу: в головном мозге человека нет специализированного центра музыки. В ее переработке участвуют многочисленные области, рассредоточенные по всему мозгу, в том числе и те, что обычно задействованы в других формах познавательной деятельности. Размеры активных зон варьируют в зависимости от индивидуального опыта и музыкальной подготовки человека. Наше ухо располагает наименьшим количеством сенсорных клеток по сравнению с другими органами чувств: во внутреннем ухе находится всего 3,5 тыс. волосковых клеток, а в глазу – 100 млн. фоторецепторов. Но наши психические реакции на музыку отличаются невероятной пластичностью, т.к. даже кратковременное обучение способно изменить характер переработки мозгом «музыкальных входов».

Музыка в голове

До того как были разработаны современные методы нейровизуализации, исследователи изучали музыкальные способности головного мозга, наблюдая за пациентами (включая знаменитых композиторов) с различными нарушениями его деятельности вследствие травмы или инсульта. Так, в 1933 г. у французского композитора Мориса Равеля появились симптомы локальной мозговой дегенерации – заболевания, сопровождающегося атрофией отдельных участков мозговой ткани. Мыслительные способности композитора не пострадали: он помнил свои старые произведения и хорошо играл гаммы. Но сочинять музыку не мог. Говоря о своей предполагаемой опере «Жанна д'Арк», Равель признавался: «Опера у меня в голове, я слышу ее, но никогда не напишу. Все кончено. Сочинять музыку я больше не в состоянии». Он умер спустя четыре года после неудачной нейрохирургической операции. История его болезни породила среди ученых представление, что головной мозг лишен специализированного центра музыки.

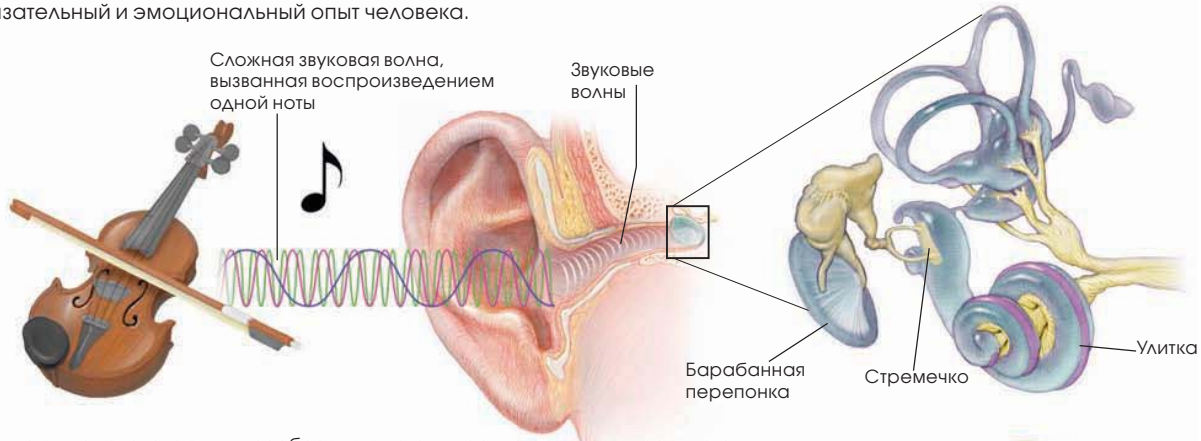
Гипотезу подтвердил случай другого известного музыканта. После перенесенного в 1953 г. инсульта русский композитор Виссарион Шебалин оказался парализован и перестал понимать речь, но до самой смерти, последовавшей через 10 лет, сохранил способность к сочинительству. Таким образом, предположение о независимой переработке музыкальной и речевой информации оказалось верным. Впрочем, более поздние исследования внесли коррективы, связанные с двумя общими особенностями музыки и языка: обе психические функции являются средством общения и обладают синтаксисом – набором правил, определяющих надлежащее соединение элементов (нот и слов, соответственно). По мнению Анирудха Патела (Aniruddh D. Patel) из Института нейробиологии в Сан-Диего, исследования, проведенные методами нейровизуализации,

ОБЗОР

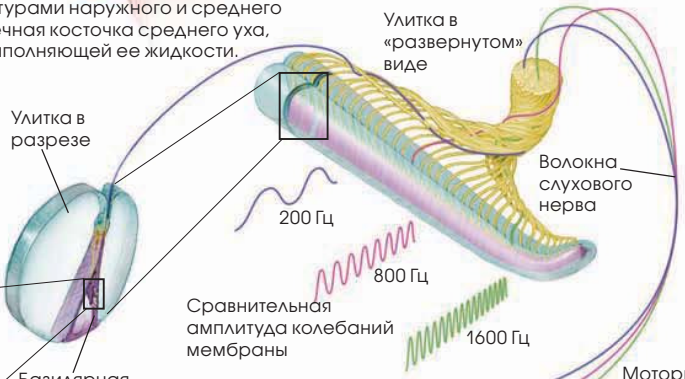
МУЗЫКАЛЬНЫЙ МОЗГ

- Даже двухмесячные младенцы поворачивают голову к источнику приятных для слуха звуков.
- На акустические и эмоциональные составляющие музыки реагируют многочисленные области мозга. Головной мозг способен изменяться, усиливая свои реакции на звуки, приобретающие для человека особую важность.

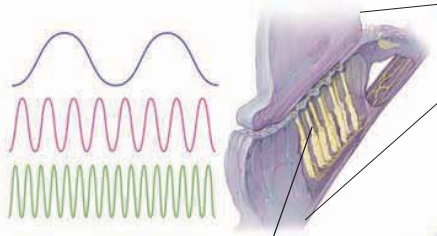
Когда мы слушаем музыку, головной мозг реагирует на нее активизацией нескольких областей за пределами слуховой коры, включая те, которые обычно участвуют в других формах мыслительной деятельности. На переработку музыкальной информации оказывает влияние зрительный, осязательный и эмоциональный опыт человека.

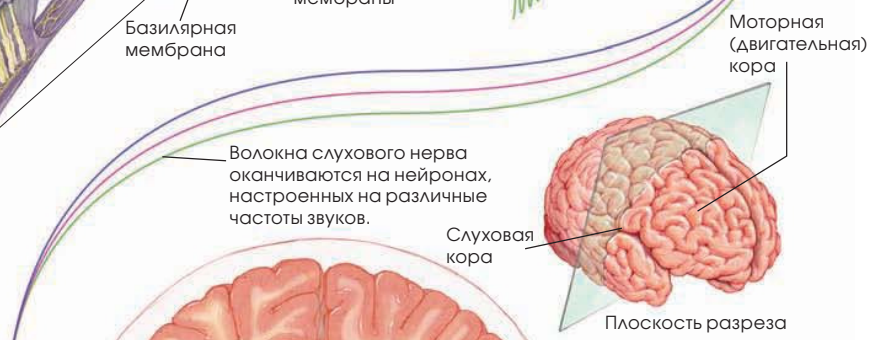


Достигающие человека звуки преобразуются структурами наружного и среднего уха в колебания жидкости во внутреннем ухе. Крошечная косточка среднего уха, стремечко, «сотрясает» улитку, изменяя давление заполняющей ее жидкости.

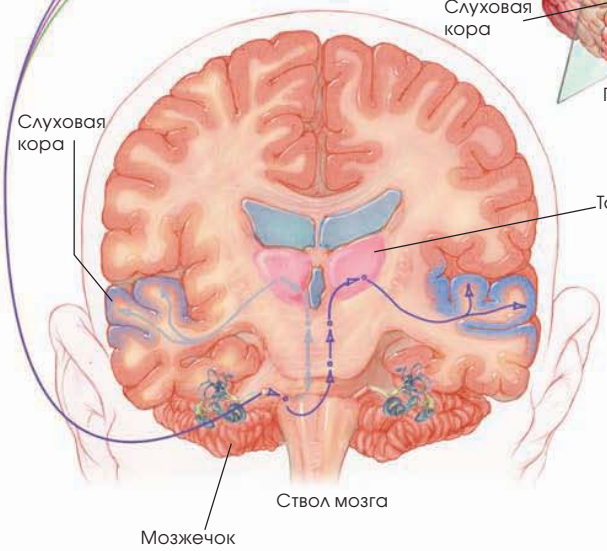


В свою очередь, вибрации базилярной мембраны улитки заставляют сенсорные рецепторы уха, волосковые клетки, генерировать электрические сигналы, направляющиеся по слуховому нерву в головной мозг. Каждая волосковая клетка настроена на определенную частоту колебаний жидкости.





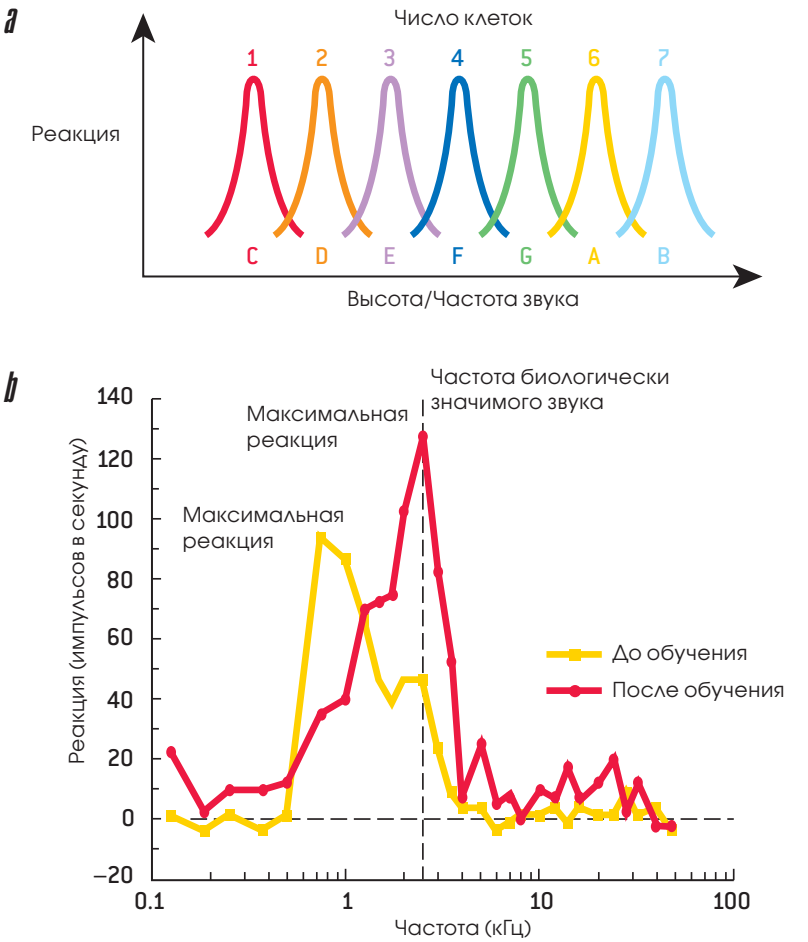
Переработка головным мозгом музыки основана на иерархическом и пространственном принципах. Первичная слуховая кора, получающая входы от уха и (через таламус) низших слуховых центров, участвует в начальных процессах восприятия музыки, например, анализе высоты звука (частоты тона). Под влиянием опыта первичная слуховая кора может перенастраиваться – в ней увеличивается число клеток, обладающих максимальной реактивностью к важным для человека звукам и музыкальным тонам, что влияет на дальнейшую переработку музыкальной информации во вторичных слуховых областях коры и слуховых ассоциативных зонах, где происходит переработка более сложных музыкальных характеристик (гармонии, мелодии и ритма).



Когда музыкант играет на инструменте, активность моторной коры, мозжечка и других структур мозга, участвующих в планировании и осуществлении специфических, точно выверенных во времени движений, возрастает.

ANDREW SWIFT

Каждая клетка мозга реагирует на определенную высоту (частоту) звука (*a*). Когда какой-либо тон приобретает для животного особую значимость, первоначальная настройка клеток изменяется (*b*). В результате участвует более обширная область мозга (*c*).



указывают на то, что правильную конструкцию языкового и музыкального синтаксисов обеспечивает участок фронтальной (лобной) коры, а другие отделы мозга отвечают за переработку связанных с ним компонентов языка и музыки.

Также мы получили полное представление о том, как головной мозг реагирует на музыку. Слуховая система, как и все прочие сенсорные системы организма, имеет иерархическую организацию. Она состоит из цепочки центров, которые перерабатывают нервные сигналы, направляющиеся из уха в высший отдел слухового анализатора – слуховую кору. Переработка звуков (например, музыкальных тонов) начинается во внутреннем ухе (улитке), сортирующем сложные звуки (издаваемые, например, скрипкой) на составляющие элементарные частоты. Затем по волокнам слухового нерва, настроенным на разную частоту, улитка посылает информацию в виде последовательности нейронных разрядов (импульсов) в головной мозг. В итоге они достигают слуховой коры в височных долях мозга, где каждая клетка реагирует на звуки определенной частоты. Кривые частотной настройки соседних клеток перекрываются, т.е. разрывы между ними отсутствуют, и на поверхности слуховой коры формируется частотная карта звуков.

Реакции головного мозга на музыку гораздо сложнее. Музыка состоит из последовательности нот, и ее восприятие зависит от способности мозга улавливать взаимосвязь между звуками. Многие его области участвуют в переработке различных компонентов музыки. Возьмем, например, тон, включающий в себя как частотные составляющие, так и громкость звука. Одно время исследователи считали, что клетки, настроенные на определенную частоту, «услышав» ее, всегда реагируют одинаково.

Но в конце 1980-х гг. Томас Маккена (Thomas M. McKenna) и автор настоящей статьи подвергли

В 1960 году во время плавания в Японском море наш корабль – малый рыболовецкий тральщик – стоял на рейде метрах в ста от берега одного из островов Малых Курил. Море было удивительно спокойным, а день – солнечным и тихим. Я вышел на палубу и увидел, что на расстоянии нескольких метров, высунув из воды забавные мордочки, на меня внимательно смотрят несколько небольших тюленей. Я спросил боцмана, что их так привлекает.

– Да они музыку слушают!

Действительно, по громкой связи звучала несложная мелодия. Боцман зашел в рубку и вырубил звук. Зверьки огорченно завертели головами и уплыли. Но стоило включить музыку, как они вернулись. Я навсегда запомнил их выразительный взгляд, ушки на макушке, усы и то, с каким вниманием они слушали нашу, человеческую музыку. Ее я, правда, вспомнить не могу.

С.П. Капица

это представление сомнению. В те годы мы изучали реакции головного мозга на звуковые контуры – комплексы звуков увеличивающейся или уменьшающейся высоты, которые составляют основу любой мелодии. Мы сконструировали мелодии, состоящие из различных контуров, используя пять одинаковых тонов, а затем зарегистрировали реакции одиночных нейронов слуховой коры кошки. Было обнаружено, что реакции клеток (число разрядов) зависели от положения данного тона в мелодии: нейроны могли разряжаться более интенсивно, если тону предшествовали другие тоны, чем когда он был первым в мелодии. Кроме того, на один и тот же тон клетки реагировали по-разному, в зависимости от того, был ли он частью восходящего контура (в котором высота звуков увеличивалась) или нисходящего. Это указывает на большое значение паттерна мелодии: переработка информации в слуховой системе существенно отличается от простой ретрансляции звуков в телефоне или стереосистеме.

Реакции мозга на музыку зависят также от опыта и подготовленности слушателя. Они могут меняться даже под влиянием кратковременного обучения. Так, например, еще 10 лет назад ученые считали, что каждая клетка слуховой коры раз и навсегда настроена на определенные характеристики звука. Однако оказалось, что настройка клеток может меняться: некоторые нейроны становятся сверхчувствительными к звукам, привлекающим внимание животных и хранящимся у них в памяти.

В 1990-х гг. Йон Бейкин (Jon S. Bakin), Жан-Марк Идлайн (Jean-Marc Edeline) и я провели опыт, в котором попытались выяснить, изменяется ли у животного базовая организация слуховой коры, когда оно начинает понимать, что какой-то определенный тон для него важен. Вначале мы предлагали морским свинкам множество разнообразных тонов и регистрировали ответы нейронов, чтобы определить, какие из них вызывают максимальные реакции клеток. Затем мы обучали животных воспринимать определенный тон как сигнал, предшествующий болевому раздражению лап слабым электрическим током. Условный рефлекс вырабатывался у морских свинок через несколько минут. После этого мы снова определяли силу нейронных ответов непосредственно после обучения и некоторое время (до двух месяцев) спустя. Было обнаружено, что настройка нейронов изменилась, сместившись в область частот сигнального тона. Таким образом, мы выяснили, что обучение вызывает перенастройку мозга, в результате которой увеличивается число нейронов, отвечающих максимальными реакциями на поведенчески значимые звуки. Процесс охватывает всю слуховую кору, переиначивая частотную карту так, чтобы переработкой информации о значимых звуках занимались более обширные ее участки. Для того чтобы определить, какие звуковые частоты представляют для животного особую важность, достаточно изучить частотную организацию его слуховой коры.

В 1988 г. Рей Долан (Ray Dolan) из Лондонского университетского колледжа провел аналогичное исследование с людьми: их обучали придавать особую значимость одному из предъявляемых тонов. Было установлено, что это вызывает у испытуемых точно такой же сдвиг

Обучение вызывает перенастройку мозга: в нем увеличивается число нейронов, реактивных к биологически значимым звукам.

ОБ АВТОРЕ:

Норман Уэйнбергер (Norman M. Weinberger) работает на факультете нейробиологии Калифорнийского университета в г. Ирвин. Он основал Центр нейробиологических механизмов обучения и памяти и Компьютерный архив музыкальной и научной информации.

Все люди рождаются музыкантами. Чтобы отыскать музыкально одаренного ребенка, далеко ходить не надо – достаточно взглянуть на любого малыша. Задолго до того, как он начинает понимать и произносить первые слова, у него возникают отчетливые реакции на музыку. Вот почему многие родители инстинктивно предпочитают общаться со своими детьми с помощью мелодий.

Исследование, проведенное в 1999 г. в Йоркском университете в Торонто, показало, что и белые, и индейские матери напевали одну и ту же песенку в двух ситуациях – в присутствии и в отсутствие своего ребенка. Затем оба варианты записей проигрывали другим родителям, и те точно определяли, при каких обстоятельствах напевала мать (независимо от того, исполнялась ли песня на их родном или чужом языке).

Откуда же мы знаем, что младенцы понимают музыку, если они даже не умеют разговаривать? Мы определяем это с помощью объективной оценки их поведения. Например, ребенок сидит на коленях у матери. Слева и справа находятся две колонки, а рядом с ними – ящики из прозрачного пластика. Обычно ящики темные, но когда малыш поворачивает голову к одному из них, в нем загорается свет и начинает двигаться игрушечная собачка или обезьянка. Во время эксперимента исследователь, чтобы отвлечь внимание ребенка от ящиков, манипулирует перед ним различными предметами. Музыкальный стимул (тон и мелодия) появляется из одной колонки. Время от времени экспериментатор нажимает спрятанную кнопку, изменяющую характер стимула. Если малыш замечает разницу в звучании стимула и поворачивает голову к колонке, он получает вознаграждение – вид движущейся игрушки.

Опыты показывают, что младенцы выявляют различия между двумя близкими по звучанию тонами не хуже взрослых. Кроме того, малыши замечают изменения как темпа (скорость воспроизведения) музыки, так и ритма и тональности. Кроме того, недавно обнаружили, что 2–6-месячные дети предпочитают созвучия-консонансы диссонансам. Музыкальное образование ребенка начинается еще раньше – в материнском чреве.

частотной настройки нейронов, что и у животных. Долгосрочные эффекты обучения за счет нейронной перенастройки помогают, к примеру, объяснить, почему мы так быстро распознаем знакомую мелодию в шумной комнате и почему люди, страдающие потерей памяти вследствие болезни Альцгеймера и других нейродегенеративных заболеваний, способны вспоминать музыку, которую они запомнили в далеком прошлом.

Музыкально одаренный мозг

Подобно тому, как кратковременное обучение увеличивает число нейронов, реагирующих на звук, длительное обучение усиливает реакции нервных клеток и даже вызывает физические изменения в мозге. Реакции головного мозга профессиональных музыкантов существенно отличаются от реакций немузыкантов, а некоторые области их мозга развиты чрезмерно.

В 1998 г. Христо Пантев (Christo Pantev) из Мюнстерского университета в Германии показал, что, когда музыканты слушают фортепианную игру, площадь слуховых зон, реагирующих на музыку, у них на 25% больше, чем у немузыкантов. Исследования детей также подтверждают предположение, что ранний музыкальный опыт облегчает «музыкальное» развитие мозга. В 2004 г. Антуан Шахин (Antoine Shahin), Ларри Робертс (Larry E. Roberts) и Лорел Трейнор (Laurel J. Trainor) из Университета Макмастера в Онтарио регистрировали реакции головного мозга 4–5-летних детей на звуки фортепиано, скрипки и чистые тоны. У ребят, в чьих домах постоянно звучала музыка, выявлена более высокая активность слуховых областей мозга, чем у тех, которые были на три года старше, но музыку слушали мало.

Как сообщил в 2002 г. Питер Шнейдер (Peter Schneider) из Гейдельбергского университета в Германии, объем слуховой коры у музыкантов на 30% больше, чем у людей, не имеющих отношения к музыке. Кроме того, у них большая площадь мозга вовлечена в управление движениями пальцев, необходимыми для игры на различных инструментах. В 1995 г. Томас Элберт (Thomas Elbert) из Констанцского университета (Германия) сообщил, что площадь мозговых зон, получающих сенсорные ходы от указательного, среднего, безымянного пальцев и мизинца левой руки у скрипачей, была значительно больше, чем у немузыкантов (именно эти пальцы и совершают быстрые и сложные движения во время игры на инструменте). С другой стороны, ученые не выявили никакого увеличения площади корковых зон, получающих входы от правой руки, в которой музыкант держит смычок и пальцы которой не совершают особых движений. И, наконец, в 2001 г. было выявлено, что головной мозг трубачей генерирует ответы повышенной амплитуды только на звуки трубы, но не скрипки или фортепиано.

Ода радости или печали?

Исследователи изучают не только переработку мозгом «акустической» со-

ставляющей музыки, но и процессы, благодаря которым она эмоционально воздействует на людей. В одной из таких работ было показано, что физические реакции на музыку (в виде мурашек, слез, смеха и т.д.) возникают у 80% взрослых людей. Согласно данным опроса, проведенного в 1995 г. Яаком Пэнксеппом (Jaak Panksepp) из Университета в г. Боулинг-Грин, 70% из нескольких сотен опрошенных сказали, что они наслаждаются музыкой, «потому что она порождает эмоции и чувства».

но не для возникновения соответствующей эмоциональной реакции, в развитии которой участвуют как подкорковые структуры, так и лобные доли коры.

В 2001 г. Анна Блад (Anne Blood) из Университета Макгилла попыталась выявить области мозга, участвующие в развитии эмоциональных реакций на музыку. В исследовании использовались слабые эмоциональные раздражители, связанные с реакциями людей на консонансы и диссонансы. К созвучиям-консо-

нальных реакций участвуют различные области. Аккорды-консонансы активизировали орбитофронтальную область коры (часть мозговой системы вознаграждения) правого полушария, а также часть области, расположенной под мозолистым телом. Аккорды-диссонансы вызывали активизацию правой парагиппокампальной извилины. Таким образом, в развитии эмоциональных переживаний, связанных с восприятием музыки, принимают участие две различные системы мозговых структур.

Этой костяной флейте, найденной во Франции, по меньшей мере 32 тыс. лет: люди сочиняли и исполняли музыку с тех пор, как зародилась культура.

До недавнего времени механизмы таких реакций оставались для ученых загадкой. Однако исследование больной, страдающей двусторонним повреждением височных долей, затронувшим и области слуховой коры, подсказало ответ на мучивший нас вопрос. У пациентки сохранился нормальный интеллект и общая память, не возникает никаких трудностей с языком и речью. Но музыку (будь то старые и прежде хорошо известные ей произведения или же новые, только что прослушанные) она не узнает. Девушка не способна различить и две мелодии, какими бы разными они ни были. И тем не менее у нее наблюдаются нормальные эмоциональные реакции на музыку разных жанров, а ее способность отождествлять эмоции с настроением музыкального произведения абсолютно адекватна. Мы предположили, что височные доли мозга необходимы для понимания мелодии,

нансам относятся такие музыкальные интервалы или аккорды, для которых характерно простое соотношение частот составляющих их звуков. В качестве примера можно привести до первой октавы (частотой примерно 260 Гц) и соль той же октавы (частотой около 390 Гц). Соотношение тонов составляет 2:3, что при одновременном их воспроизведении порождает приятное для слуха созвучие. Напротив, до первой октавы и соседний до-диез (частотой 277 Гц) дают сложное соотношение частот, составляющее 8:9, и при одновременном звучании воспринимаются как неприятный аккорд.

Как реагирует на благозвучные и неблагозвучные сочетания тонов головной мозг? Его изображения, полученные с помощью позитронно-эмиссионной томографии во время прослушивания испытуемыми созвучий-консонансов и диссонансов, показали, что в развитии эмоцио-

Ученые раскрыли еще одну тайну, связанную с восприятием музыки. Когда они сканировали голов-ной мозг музыкантов, блаженствовавших во время прослушивания мелодий, они обнаружили, что звуки вызывали активизацию ряда тех же самых мозговых систем вознаграждения, которые активизируются и под влиянием вкусной еды, занятий сексом и приема наркотиков.

Полученные данные указывают на то, что восприятие музыки имеет биологическую природу и опосредовано специфической функциональной организацией головного мозга. Ученым совершенно ясно, что различные аспекты переработки музыкальной информации связаны с деятельностью многочисленных мозговых структур, одни из которых обеспечивают восприятие музыки (например, понимание мелодии), а другие опосредуют развитие эмоциональных реакций. ■

ALEXANDER MARSHACK

Уэйт Гиббз

два в одном

Плохая новость для разработчиков программного обеспечения: физика вынуждает изготовителей процессоров пересмотреть архитектуру своих изделий.

Прошлый год оказался тяжелым для всей полупроводниковой промышленности, но нагляднее всего были мучения флагмана микроэлектронной отрасли – корпорации *Intel*. Из-за проблем с производством выпуск процессора *Prescott* (более быстродействующий вариант *Pentium 4*) был отложен более чем на полгода. Когда же чип со 125 млн. транзисторов наконец сошел с конвейера, аналитики были разочарованы: по своим характеристикам он ненамного превзошел своего предшественника с 55 млн. транзисторов. Кроме того, корпорации пришлось отозвать дефектную партию еще одной микросхемы, задержать выпуск новых процессоров для ноутбуков и отложить до 2005 г. поставку четырехгигагерцевой модели *Pentium*, которая должна была появиться осенью 2004 г.

Еще более знаменательным было решение *Intel* о прекращении работ над процессорами *Pentium 4* и *Xeon* нового поколения, принятое в мае 2004 г. По оценке менеджера группы платформ для настольных систем компании *Intel* Уильяма Сю (William M. Siu), который предложил остановить работы, до их завершения оставалось года два. Несомненно, это был очень важный шаг. И не только потому, что он повлек потерю больших вложений, но и потому, что микроархитектура процессора *Pentium* – основы не только бизнеса *Intel*, но и трех четвертей всех компьютеров в мире, – достигла предела своих возможностей раньше, чем планировалось.

С 2005 г. во всех новых микропроцессорах *Intel* для рабочих станций и серверов будет не одно, а два ядра в одном кристалле. В некоторых мощных компьютерах уже сегодня используются несколько процессоров, размещенных на одной системной плате. Однако интеграция нескольких процессоров в одном многоядерном кристалле – это гораздо более радикальное изменение.

«Размещение нескольких процессоров в одном кристалле позволяет уменьшить время их взаимодействия до долей наносекунды», – пояснил Джастин Раттнер (Justin R. Rattner), который пришел в *Intel* в 1973 г. и сейчас руководит лабораторией системных технологий. Переход к многоядерной архитектуре, несомненно, повлияет на модернизацию, программирование и продажу компьютеров.

Опасная зона

«Мы не были первыми, кто создал многоядерный процессор, – сказал глава лаборатории исследований архитектуры компании *Intel* Боб Лян (Bob Liang). – Корпорация *IBM* выпустила двухъядерный процессор *Power 4* еще в 2001 г., но мы первыми сделаем такой процессор для массового рынка». Правда, для этого нужно будет обойти не только фирму *AMD*, которая в августе 2004 г. продемонстрировала двухъядерный вариант

популярного процессора *Opteron* и планирует наладить его массовое производство к середине 2005 г., но и компанию *Sun Microsystems*, которая заканчивает разработку нового процессора для сетевых серверов *Niagara*, состоящего из восьми одинаковых ядер.

«Мы хотим взять несколько более медленных и более простых процессоров, чем сегодняшние одноядерные, но использовать их совместно», – отметил руководитель лаборатории технологии микропроцессоров *Intel* Стивен Павловски (Stephen S. Pawlowski). Слова «медленнее» и «проще» не часто услышишь в микропроцессорной отрасли: они вызывают мигрень у маркетологов, но зато отражают единственный практический способ избежать серьезных технических и экономических трудностей.

Несмотря на возрастающую технологическую сложность, инженеры продолжают уменьшать размер транзисторов. Предполагается, что в процессорах следующего поколения, выпуск которых ожидается в 2006 г., длина логических вентилей будет уменьшена с 50 нм до 35 нм. «Новый технологический процесс позволяет нам изготавливать опытные образцы микросхем с полумиллиардом транзисторов», – заявил директор *Intel* по технологии производства Марк Бор (Mark T. Bohr). Он отметил, что к концу текущего десятилетия появятся чипы с вентилями длиной 18 нм. Таким образом, количество электронных ключей в одной микросхеме (т.н. транзисторный бюджет) продолжает увеличиваться (*см. «Первые наночипы», «В мире науки», №7, 2004 г.*).

Однако потребление мощности и выделение тепла тоже возрастают. В последние годы существенно повысилась тактовая частота процессоров, и их пиковое потребление мощности уже превышает 110 Вт (*см. нижний график на стр. 80*). Основная часть потребляемой энергии превращается в тепло. Новый *Pentium 4* может выделять больше тепла на квадратный сантиметр, чем утюг, установленный на «хлопок». Поскольку инженеры продолжают уменьшать размеры транзисторов и увеличивать плотность их размещения на кристалле, рабочие температуры будут расти, пока не прекратится гонка за тактовыми частотами.

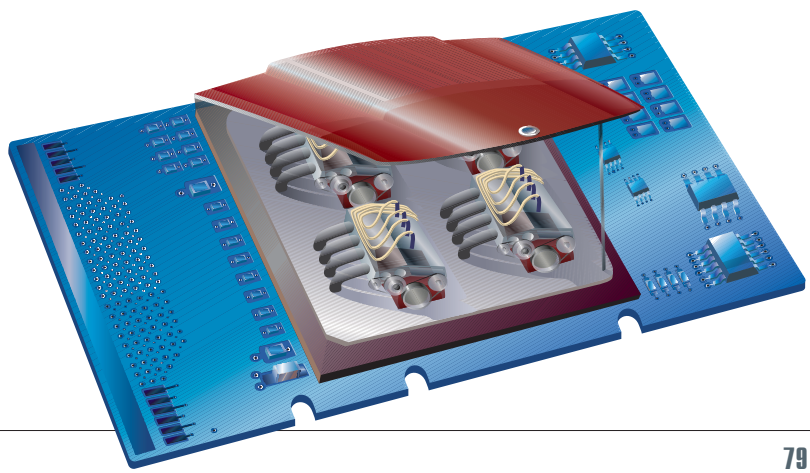
«Один из пределов, с которыми мы сталкиваемся, – это пороговое напряжение транзисторов, определяющееся их способностью запирать ток», – сказал Бор. Он сравнил транзистор с водопроводным краном: «Обычно для того, чтобы полностью открыть или полностью закрыть его, нужно повернуть вентиль на три-четыре оборота. Сегодня же мы имеем дело с кранами, которые открываются или закрываются при повороте вентиля всего на несколько градусов. Такая чувствительность транзисторов приводит к утечкам: даже в запертом состоянии они пропускают ток около 100 нА. Казалось бы, не так уж и много, но умножьте это на 100 млн. транзисторов, и мало не покажется!»

«Когда выделение тепла увеличивается, скажем, до 100 Вт/см^2, в кремнии возникают значительные механические напряжения, – отметил Павловски. – Благодаря применению сложных металлических радиаторов и нескольких вентиляторов даже самые горячие микропроцессоры не нагреваются до критической температуры. Но затраты на отвод тепла из корпуса компьютера становятся неприемлемо большими».

Intel может попробовать перейти с воздушного охлаждения на жидкостное. Именно так поступила компания *Apple Computers* в своих системах *Mac G5*. Однако это удорожает систему. Именно поэтому *Intel* продает примерно в 50 раз больше компьютеров на базе процессоров *Pentium 4*, чем *Apple* – на основе *Mac G5*.

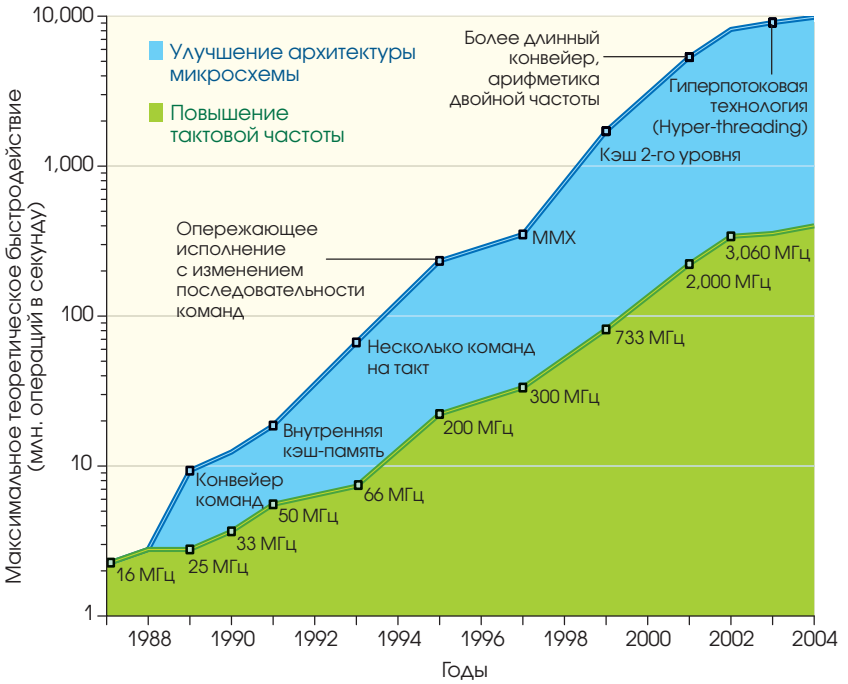
В любом случае дело не только в мощности и выделении тепла. «Если вам нужно передать сигнал от транзистора в одном углу кристалла к транзистору в противоположном углу, требуется медный проводник, – говорит Бор. – Скорость движения электронов по нему ограничивается его сопротивлением и емкостью. С одной стороны, проводники в микросхемах становятся все короче, но с другой стороны, они становятся более тонкими, и задержки сигнала, обусловленные сопротивлением и емкостью, увеличиваются. В итоге межсоединения становятся ограничивающим фактором».

Еще хуже дело обстоит с медленным соединением между процессором и оперативной памятью. Микропроцессор с тактовой

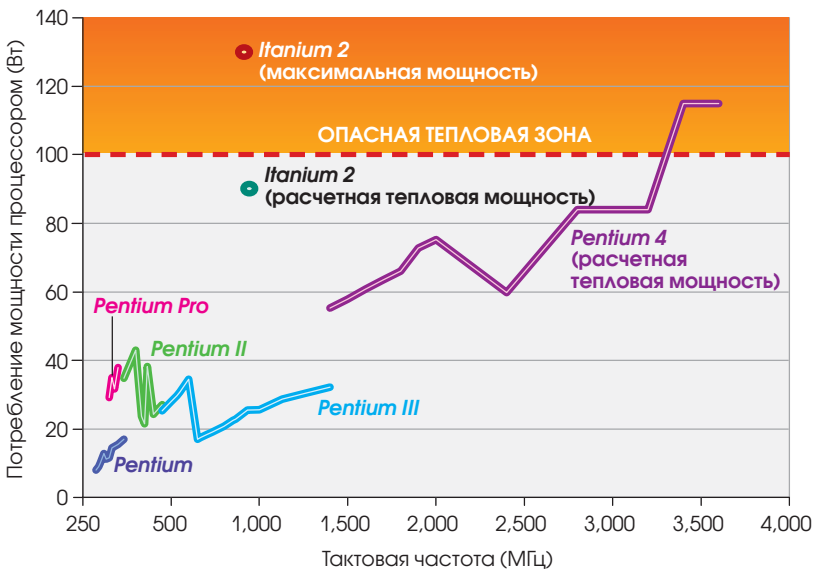


Заглянув «под капот» новейшего микропроцессора в конце 2005 г., вы, вероятно, увидите на кремниевой пластинке не менее двух отдельных вычислительных машин, работающих параллельно.

ELIZA JEWETT



Совершенствование микропроцессоров *Intel* достигалось в основном за счет повышения тактовой частоты, задающей скорость работы транзисторов. Однако инженеры компании говорят, что увеличивать тактовую частоту прежними темпами уже невозможно. Дальнейшее улучшение характеристик может быть достигнуто за счет изменения внутренней архитектуры микросхемы. Процессоры следующего поколения будут состоять из нескольких вычислительных ядер, тактовая частота которых поначалу будет ниже максимально достигнутых на сегодня 3 600 МГц.



Процессоры *Pentium 4* и *Itanium 2* выделяют очень много тепла. Чтобы предотвратить их повреждение из-за перегрева, инженеры *Intel* применяют схемы термоконтроля, которые понижают тактовую частоту, если температура процессора достигает опасного значения. Процессоры *Intel* следующих поколений будут состоять из нескольких ядер, размещенных на одном кристалле и работающих с меньшими тактовыми частотами. Они будут выделять меньше тепла, которое будет распределяться по кристаллу большей площади.

частотой 3,6 ГГц может выполнять по нескольку операций на каждый такт, т.е. каждые 277 триллионных долей секунды. Но на получение информации из основной оперативной памяти уходит примерно в 400 раз больше времени. «Большую часть времени процессор просто ждет, пока из памяти поступят новые данные», – сокрушается Раттнер.

В архитектуре современных микропроцессоров предусмотрена накристальная кэш-память и параллелизм на уровне команд, который позволяет процессору выполнять инструкции B и C, пока он ждет информацию, необходимую для выполнения директивы A. Однако возможности этой методики практически исчерпаны. «Мы оказались не на той стороне квадратичной зависимости, – пояснил Раттнер. – Небольшое увеличение параллелизма на уровне команд требует экспоненциального увеличения количества транзисторов и громадного увеличения площади кристалла и потребляемой им мощности».

Все это привело к принципиальному пересмотру стратегии. Поскольку в каждом новом поколении процессоров количество транзисторных вентилей увеличивается на десятки миллионов, инженеры пытаются использовать более высокий уровень параллелизма, размещая в одном кристалле несколько отдельных ядер.

Первые двухъядерные процессоры *Intel* будут работать на более низких частотах, чем самые быстрые модели *Pentium*. Но главный технический директор *Intel* Патрик Гельзингер (Patrick P. Gelsinger) утверждает, что тактовые частоты по-прежнему будут расти, хотя и гораздо медленнее, чем раньше. Недавно компания *Intel* стала обозначать свои процессоры абстрактными номерами вместо тактовых частот в мегагерцах, к которым мы так привыкли за последние 15 лет. Гельзингер считает, что в дальнейшем улучшение характеристик процессоров на 70% будет

НОВАЯ СТРАТЕГИЯ: *E PLURIBUS UNUM* («из многих единое»)

КОМПАНИЯ	РАЗРАБОТКА МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ
AMD	В августе 2004 г. продемонстрировала свой первый двухъядерный процессор; рассчитывает выпустить его на рынок летом 2005 г.
Cisco Systems	В мае 2004 г. выпустила сетевой маршрутизатор на базе 192-ядерного процессора для обслуживания интернет-трафика интенсивностью 1,2 трлн. бит в секунду.
IBM	В 2001 г. первой выпустила двухъядерный процессор *Power 4*. Появившийся в мае 2004 г. процессор *Power 5* также имеет два ядра.
Intel	Имеет опытные образцы двухъядерного процессора *Itanium 2;* в мае 2004 г. объявила, что ее новые процессоры для настольных ПК и серверов будут иметь несколько ядер.
Sun Microsystems	Представленный в феврале 2004 г. процессор *UltraSpark-IV* имеет два ядра; на начало 2006 г. намечен выпуск восьмиядерных процессоров *Niagara*.

зависеть от совершенствования архитектуры (главным образом, за счет использования параллелизма), а вовсе не от повышения тактовой частоты.

В параллельном мире

В принципе, многоядерные процессоры эффективнее и гибче сегодняшних одноядерных. Например, если микропроцессор для ноутбука состоит из восьми ядер, то написанная соответствующим образом программа может делиться на несколько потоков, выполняемых независимо разными ядрами. Вместе с тем для увеличения времени работы от батареи операционная система может отключать некоторые ядра.

Кроме того, включение в состав процессора различных ядер поможет справиться с тем, что большинство существующих программ не рассчитаны на многоядерную архитектуру. «Можно сделать большое однопоточное ядро для работы со старыми приложениями, а рядом разместить несколько ядер поменьше для программ, предусматривающих их наличие», – объяснил Павловски. Немного подумав, он добавил: «Откровенно говоря, программисты не скоро начнут работать в этом направлении: им занимаются слишком мало людей».

«Главная трудность заключается в том, что распараллеливание программы тяжело представить и еще тяжелее написать соответствующий алгоритм, – сказал Дэвид Кук (David J. Kuck), директор компании *KAI Software Lab.*, которую *Intel* приобрела, чтобы облегчить переход на многоядерную архитектуру. – Когда потоки начинают обмениваться данными, люди просто теряются».

Многоядерный процессор лишает программистов самого ценного средства отладки – повторяемости. «Разделенная на потоки программа не детерминистична, – объяснил Дэвид. – Она каждый раз выполняется по-разному из-за небольших случайных различий в синхронизации состояний машины. Поэтому большинство программистов шарахается от параллелизма, как черт от ладана. Это касается всех – от малолетних хакеров до таких гигантов, как *Oracle* и *Microsoft*».

«Даже если оставить в стороне сложность параллельного программирования, существуют приложения, для которых многоядерность оказывается просто бесполезной», – отметил директор *Intel* по разработке микроархитектуры Гленн Хинтон (Glenn J. Hinton).

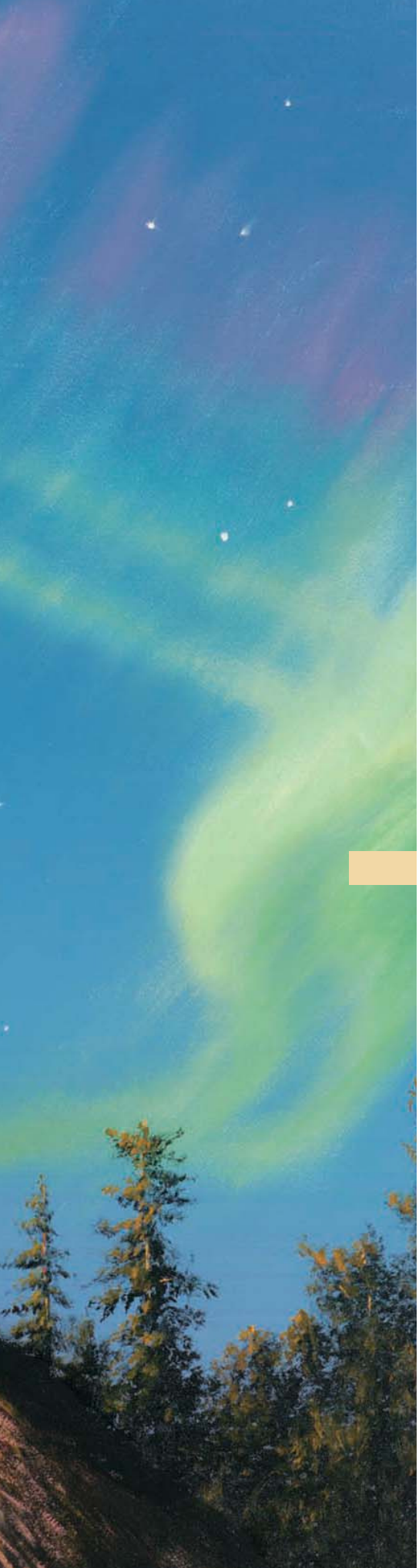
И все же многие задачи будут решаться намного быстрее, если их оптимизировать для многоядерных процессоров. Так, при переводе видеофильма в формат DVD можно будет параллельно обрабатывать несколько кадров. Разделение на потоки намного ускорит выполнение программ для построения трехмерных изображений, обработки фотографий, обсчета научных моделей, поиска в базах данных и др. Для решения некоторых специальных задач можно будет использовать все имеющиеся в распоряжении ядра.

«Впрочем, в большинстве случаев существует так называемая точка снижения КПД, – утверждает Павловски. – Иными словами, шестнадцать ядер не всегда намного лучше, чем восемь».

В долгосрочной перспективе изготовителей микропроцессоров больше всего тревожит возможность того, что из-за перехода на многоядерные процессоры у потребителей может пропасть желание приобретать новые, более совершенные компьютеры. Быстродействия сегодняшних персональных ЭВМ более чем достаточно для работы с большинством популярных программ. Спрос на более мощные машины уже начал падать. В июле корпорация *Intel* сообщила, что запас непроданных изделий вырос на 15%, и в результате курс ее акций упал на 11%.

Кардинальное изменение архитектуры, как правило, настораживает потребителей. Неизвестно, захотят ли те, кто купил первые компьютеры с двухъядерными процессорами и поставил соответствующее программное обеспечение, еще раз пройти эту процедуру года через три ради преимуществ четырехъядерных процессоров. Проще говоря, многие пользователи (а значит, и большинство производителей программного обеспечения) могут решить, что переход на новую архитектуру просто не стоит хлопот. Однако за всю историю вычислительной техники ни одного большого скачка производительности компьютеров не хватало надолго. ■

Самым многочисленным хищником на Аляске в конце мелового периода был троодон (*Troodon*). Динозавр достигал в длину 2–3 м и имел огромные круглые глаза.



Энтони Фиорилло

динозавры АРКТИЧЕСКОЙ АЛЯСКИ

Примерно 75–70 млн. лет назад на Северной Аляске проживали сверхвыносливые динозавры.

Летом 2002 г. я приехал на Аляску, в глухое местечко на берегу реки Колвилл, чтобы завершить раскопки черепа диковинного рогатого динозавра, родственника трицератопса (*Triceratops*) – пахиринозавра (*Pachyrhinosurus*). Это не первая находка окаменелостей древнего ящера в Арктике. Вместе с палеонтологами из Даллasского музея естественной истории, Южного методистского университета и Университета Аляски мы находили останки еще семи видов динозавров. Все они были одного возраста и, по-видимому, погибли группой в результате наводнения или какого-либо иного стихийного бедствия. Найденная груда костей стала первым фактическим подтверждением догадки, что рогатые динозавры, обитавшие за Северным полярным кругом, были стадными животными.

Ни здесь, ни в какой-либо другой части Аляски исследователи еще ни разу не извлекали из земли полностью сохранившийся скелет динозавра. Тем не менее палеонтологам из нашей группы удалось установить, что на Крайнем Севере обитали, по меньшей мере, восемь видов ящеров, идентифицированных по частично сохранившимся скелетам, костям, зубам и окаменевшим

отпечаткам лап (*см. врезку на стр. 86–87*). Все они жили в меловой период, 145–65 млн. лет назад, однако большинство останков относится к периоду 75–70 млн. лет назад, который всего на 5 млн. лет предшествовал знаменитому массовому вымиранию динозавров на планете.

И хотя наши исследования только начались, нам уже удалось уточнить список древних ящеров, обитавших много миллионов лет назад в Арктике, а также узнать много нового об их жизни.

Заполярные динозавры

Четыре из восьми видов заполярных динозавров питались растениями, а остальные (тероподы) охотились на растительноядных собратьев и других животных. Больше всего ископаемых останков динозавров обнаружено в одной из северных областей Аляски, получившей название Северного склона. Наиболее распространенным ящером здесь был гадрозавр эдмонтозавр (*Edmontosaurus*) – крупный растительноядный динозавр, которого из-за широкого клюва, похожего на утиный, называют также утконосым ящером (правда, в отличие от уток его челюсти были усажены сотнями мелких зубов, помогавших размалывать грубую растительную пищу). Гадрозавры передвигались на четвереньках, поскольку задние конечности у них были гораздо длиннее передних, во время ходьбы они раскачивались из стороны в сторону. Чтобы дотянуться до высоких веток деревьев, ящеры поднимались на задние лапы.

В отличие от многих гадрозавров, населявших другие части света, на голове у эдмонтозавра не было никаких гребней и прочих украшений. Он по праву считается одним из самых крупных гадрозавров Северной Америки – его вес составлял 1,5–2 тонны. Эдмонтозавры жили стадами, о чем свидетельствуют груды костей, обнаруженные в различных районах Северной Аляски.

Ученые находили останки ящеров в различных областях западной части Северной Америки, так что говорить о каких-либо уникальных динозаврах с Аляски пока не приходится. Однако число видов, обнаруженных в северных широтах, сравнительно невелико. Уменьшение биологического разнообразия с увеличением широты местности характерно и для популяций современных животных, и, как и сегодня, в древности оно могло быть связано с меньшей доступностью источников пищи на Крайнем Севере.

Аляска – не единственное холодное место на планете, где жили динозавры. Джад Кейз (Judd Case) из Колледжа св. Марии в Калифорнии постоянно находит останки древних ящеров в горных породах в южных полярных регионах Земли. Исследователи обнаружили здесь кости теропод, гадрозавров и представителей других групп динозавров. А Патриция Викерз-Рич (Patricia Vickers-Rich) и Томас Рич (Thomas Hewitt Rich) из Университета Монаха идентифицировали останки гораздо более древних ящеров, обитавших у Южного полюса.

Как динозавры попали на Аляску?

Каким образом динозавры очутились в одном из самых северных уголков планеты? Скорее всего, они пришли сюда из Азии: предковые формы почти всех групп динозавров мелового периода, обнаруженных в Северной Америке, обитали в Азии. По мнению палеонтологов, многие из этих ящеров мигрировали в Америку через перешеек, обнажившийся на месте современного Берингова моря в результате падения уровня моря (*см. врезку на стр. 85*). Возможно, некоторые из иммигрантов остались на Крайнем Севере, а другие переселенцы направились дальше к югу. Вероятно, что один вид перебрался в Америку иным путем. Аламозавр (*Alamosaurus*), растительноядный динозавр длиной около 20 м, воспользовался южным маршрутом миграции: ископаемые останки его предков обнаружены только в Южной Америке и Африке.

Аляска состоит из огромных геологических блоков, причем некоторые из них возникли вдали от своего современного местонахождения. Но в меловой период многие части суши уже располагались на уровне тех широт, где они находятся сегодня. А значит, окаменелости динозавров, найденные на Аляске, не могли быть транспортированы сюда из отдаленных мест перемещавшимися геологическими структурами: в меловой период динозавры жили в высоких широтах. Но оставались ли они здесь круглый год? И если да, то как им удавалось выживать?

Как выживали древние ящеры?

75–70 млн. лет назад климат на Аляске был теплее, чем сегодня, но в высокоширотных (полярных)

ОБЗОР

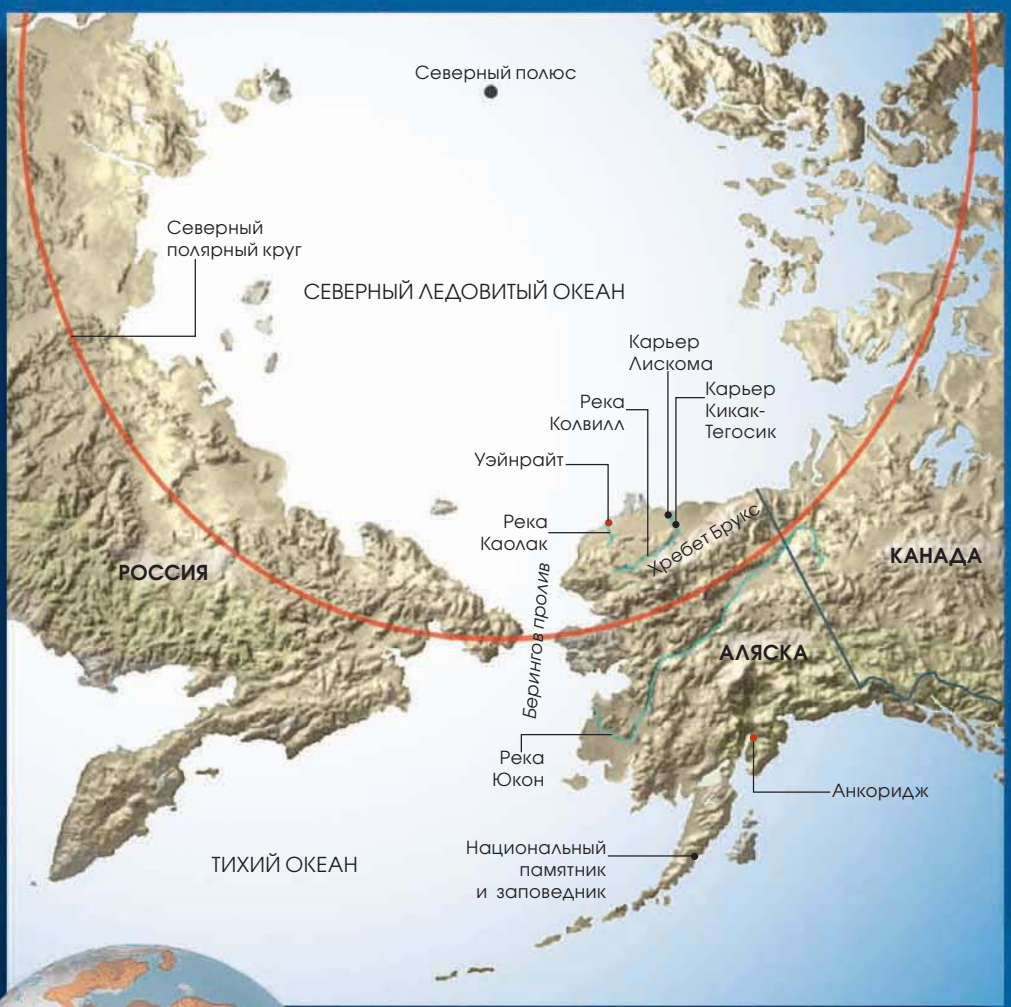
АРКТИЧЕСКИЕ ДИНОЗАВРЫ

- Палеонтологи установили, что в северной (арктической) части Аляски обитала крупная популяция динозавров.
- До сих пор ученым удалось обнаружить восемь видов древних ящеров, живших здесь 75–70 млн. лет назад.
- Заполярные динозавры имели адаптации, необходимые для выживания в темное и холодное время года. Некоторые из них уже известны ученым.

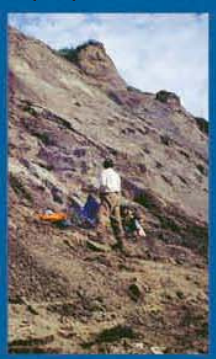
АРКТИЧЕСКИЕ ДИНОЗАВРЫ

В меловой период, примерно 75 млн. лет назад, на месте современного Берингова пролива неожиданно появился перешеек, соединивший Азию и Северную Америку (*оранжевый цвет*). По этому сухопутному мосту динозавры и проникли из Азии в Северную Америку. Одни ящеры остались на Крайнем Севере, другие отправились дальше на юг.

Сегодня палеонтологи пытаются отыскать на Аляске ископаемые останки этих загадочных существ, решивших обосноваться неподалеку от Северного полюса Земли. Одно из богатейших местонахождений их костей – карьер Лискома, где ученые нашли окаменелости группы молодых утконосых динозавров, или гадрозавров (*их кости показаны на нижнем правом снимке*), погибших в результате внезапного наводнения. Окаменевшие отпечатки лап небольшого хищного ящера (*справа*) были обнаружены неподалеку от реки Каолак. Еще один отпечаток гадрозавра (*центральный снимок внизу*) был найден на юге Аляски, в Национальном памятнике и заповеднике.



Карьер Лискома



Отпечатки лап динозавра у реки Каолак

Континенты 75 млн. лет назад

Слепок с отпечатка лапы гадрозавра из Национального памятника и заповедника Аниакчак

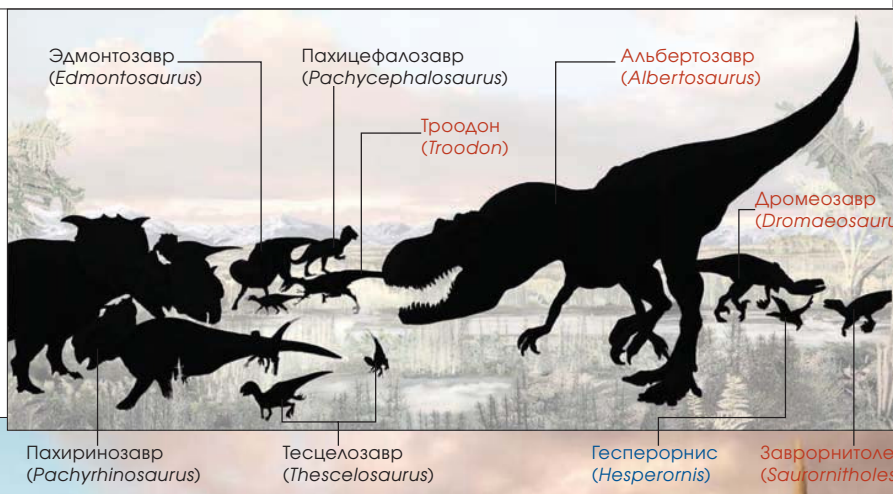
Кости передних конечностей трех молодых гадрозавров, найденные в карьере Лискома.

областях и тогда зимы были очень холодными и снежными. Анализ ископаемой пыльцы, листьев и древесины показывает, что северные леса мелового периода состояли из лиственных и хвойных (в том числе и листопадных) древесных пород и подлеска из цветковых растений, папоротников и саговников. В наши дни хвойно-широколиственные леса растут в четко очерченной климатической зоне, где среднегодовая температура колеблется от 3°С до 13°С, а это значит, что средняя годовая температура на севере Аляски в меловой период была сравнима с теперешней.

В областях, расположенных на уровне Северного полярного круга, солнце перестает появляться из-за горизонта в день зимнего солнцестояния (22 декабря). Поскольку в меловой период северная часть Аляски располагалась еще ближе к северу, чем сегодня, обитавшим здесь динозаврам приходилось приспосабливаться не только к холоду, но и к полярной ночи.

У нас нет четкого объяснения того, как им удавалось выживать

Аляска 75 млн. лет назад. На древних просторах полуострова, поросших лесами из болотных кипарисов и деревьев, напоминавших современные метасеквойи, паслись и охотились четыре вида растительноядных и четыре вида хищных динозавров (*подписи, соответственно, черного и красного цвета*). Покрытые снегом горы на заднем плане – древний хребет Брукс. В нижнем правом углу картины изображена птица гесперорнис (*Hesperornis*), улетающая от маленького хищного динозавра заврорнитолеста (*Saurornitholestes*).



КАРЬЕР ЛИСКОМА

В 1961 г. геолог Роберт Лиском (Robert L. Liscomb) обнаружил горстку небольших костей утконосого динозавра эдмонтозавра. Кости прекрасно сохранились, но, поскольку среди коллег ученого не было ни палеонтологов, ни зоологов, они приняли их за окаменелости гораздо более поздних млекопитающих. На следующий год Лиском погиб на горном склоне, а о его находке все забыли.

В конце 1980-х гг. ученые из Калифорнийского музея палеонтологии и музея Университета Аляски начали раскопки в удаленном уголке Аляски и извлекли из земли множество ископаемых останков динозавров и других древних животных (в том числе и кости, найденные Лискомом). С 1998 г. я каждый год приезжаю на Аляску, где в последние годы палеонтологические раскопки начали проводиться и в нескольких национальных парках.

Автор статьи раскапывает череп пахиринозавра в карьере Лискома.

в столь суровых условиях. Вряд ли 10-метровый гадрозавр проводил часть года в спячке, забившись в вырытую в земле нору. Однако известно, что в крайне неблагоприятных условиях скорость метаболизма у некоторых животных снижается и, следовательно, уменьшаются потребности в пище. Возможно, что нечто подобное происходило и с арктическими динозаврами.

Выживание гадрозавров в суровом арктическом климате попытался объяснить Николас Хоттон (Nicholas Hotton) из Смитсоновского университета. Ученый предположил, что зимой они откочевывали на тысячи километров к югу, где было теплее, светлее и сытнее. Позже другие палеонтологи попытались обосновать теорию о миграциях арктических динозавров на примере американских северных оленей (карибу), животных, совершающих далекие сезонные кочевки.

Но правомерно ли рассматривать карибу в качестве аналога древних ящеров? Роланд Ганглофф (Roland Gangloff) из музея Университета Аляски и я решили сравнить размеры тела взрослых и молодых животных трех арктических стад карибу. Было обнаружено, что к началу зимней миграции длина тела молодых карибу достигала 80–85%, а их вес – 53–74% соответствую-

ОБ АВТОРЕ:

Энтони Фиорилло (Anthony R. Fiorillo) в 1989 г. стал кандидатом философских наук в области палеонтологии позвоночных в Пенсильванском университете. В 1995 г., после работы в Музее естественной истории Карнеги и Палеонтологическом музее Калифорнийского университета в Беркли, он переехал в Даллас, где стал куратором Далласского музея естественной истории и адъюнкт-профессором Южного методистского университета.

щих показателей взрослых оленей. Затем мы обратились к ископаемым останкам гадрозавров. Изучение структуры костей мелких особей показало, что окаменелости принадлежали годовалым гадрозаврам, а не представителям какой-нибудь высокогорной популяции карликовых динозавров. Судя по размерам костей молодых гадрозавров, длина их тела составляла от 27 до 37%, а вес – 11% соответствующих показателей взрослых ящеров. Таким образом, размеры молодых гадрозавров были значительно меньше, чем размеры молодых карибу перед самым началом сезонной миграции. Следуя несложным биомеханическим расчетам, можно предположить, что вряд ли арктические гадрозавры могли совершать далекие сезонные миграции.

Однако если динозавры проводили в высоких широтах круглый год, чем же они питались в холодные зимние месяцы? Мы полагаем, что хищники в это время продолжали охотиться и есть мясо: судя по характеру стирания зубов, никаких существенных изменений их рацион на протяжении года не претерпевал. Однако чем кормились зимой растительноядные ящеры, мы не знаем. Можно попытаться провести аналогию с эдмонтозавром, чей ареал обитания простирался от северной части Аляски до восточной части Техаса. Сегодня сравнимым ареалом обладает другое растительноядное животное, живущее в южных широтах, – североамериканский снежный баран. Как ни странно, его диета более однообразна, чем рацион его северных сородичей. Причина, возможно, кроется в том, что у южных баранов имеется больше доступных источников корма, а потому они могут позволить себе быть более разборчивыми в еде. Вероятно, что и северные эдмонтозавры потребляли более разнообразную пищу, чем их южные собратья.

Если динозавры не совершали сезонных миграций, у них должны были выработаться приспособления, позволявшие им оставаться в северных широтах круглый год. Наиболее ярким тому примером служит маленький плотоядный динозавр троодон (*Troodon*), ископаемые останки которого редко встречаются в южных областях Северной Америки. Однако на Аляске ученые постоянно находят его зубы, что свидетельствует о былой многочисленности и широком распространении троодона на территории полуострова. Но в каких бы широтах ни жил этот ящер, от прочих хищных динозавров он резко отличался огромными глазами. У современных животных такой признак ученые объясняют адаптацией (приспособлением) к жизни в условиях низкой освещенности. Вполне вероятно, что большие глаза троодона могли быть преадаптацией к физическим ограничениям высокоширотной среды, что обеспечило ему селективное преимущество, а в конечном итоге сделало его наиболее многочисленным хищником в северной экосистеме.

Но если троодон был хорошо адаптирован к темным арктическим зимам, как же он жил в теплые месяцы года? Возможно, он укрывался от яркого солнечного света под сенью деревьев. Огромные глаза троодона были хорошо приспособлены к таким условиям, что позволяло ему охотиться и в светлое время года.

Мы ничего не можем сказать о размере глаз других динозавров Аляски, т.к. обнаруженные останки их черепов либо слишком фрагментарны, либо находятся в процессе подготовки для изучения. Несмотря на то что ящеры из Южной Австралии, описанные Томом и Пэт Ричами, намного старше своих собратьев с Аляски и значительно от них отличаются, диаметр их глазниц не больше, чем у динозавров из «светлых» частей света.

После катастрофы

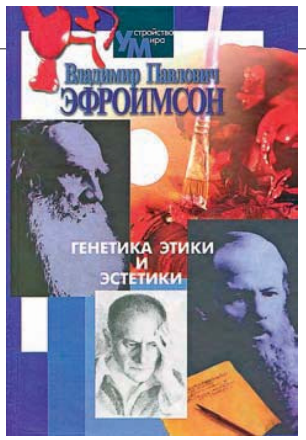
Могли ли динозавры с Аляски выжить после катастрофы в конце мелового периода, уничтожившей ящеров в других частях света?

По мнению большинства палеонтологов, динозавры вымерли в результате столкновения Земли с крупным метеоритом. Наиболее вероятное место его падения – кратер Чикулуб в Мексике. Для изучения отдаленных последствий этого события лучше всего подходят регионы, находящиеся вдалеке от Мексики, например Аляска. К сожалению, мы не смогли обнаружить там каких-либо ископаемых останков динозавров, относящихся к периоду катастрофы. Однако данные, полученные в результате изучения ископаемой пыльцы, неопровержимо свидетельствуют о том, что этому времени вполне соответствует возраст многочисленных массивов горных пород на Северном склоне и в других регионах Аляски. Если помимо пыльцы в породах будут обнаружены останки ископаемой фауны, то они смогут пролить свет на судьбу динозавров с Аляски после планетарной катастрофы. ■

ANTHONY R. FIORILLO

Вертолет ВВС США поднимает из карьера Кикак-Тегосик пластиковый контейнер с фрагментами черепов трех пахиринозавров.

ДОБРО ИЛИ ЗЛО

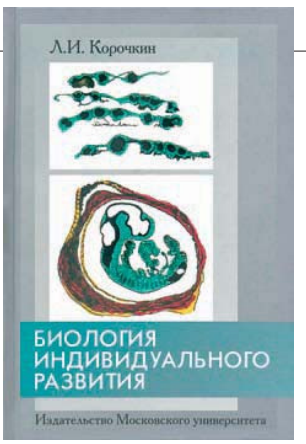


Современная цивилизация навязывает человеку рутинный труд ради добычи денег и бессмысленный отдых, при котором эти деньги тратятся. Мозг современного человека начиная со школьного возраста отключается от размышлений о смысле жизни, о природе добра и зла в себе самом и в окружающей действительности... А ведь пищи для подобных размышлений немало, хотя найти ее не просто: книги о главном выходят очень малыми тиражами.

Зададим себе самый обычный вопрос: биологическая природа человека – добро или зло? Технические чудеса оттесняют природные свойства человеческого тела и ума. Красавцы-роботы на экранах телевизоров и компьютеров обычно выходят победителями из самых жестких ситуаций. А если и не победителями, то в запасе у них всегда есть еще несколько «жизней»... А все ли мы знаем о жизни в начале III тысячелетия?

Зная об успехах современной науки в изучении жизни, все труднее придерживаться традиционных многовековых представлений о примитивности человеческого тела, слепленного Творцом из глины, а также о непознаваемости сложности духа, являющегося неотъемлемой частью самого Творца. Впрочем, все это нелегко, если *знать* об успехах науки. Проще не знать и наделять множеством «жизней» виртуальных героев компьютерных игр. Чтобы знать, нужно читать. И не комиксы и детективы, а книги, написанные людьми, которые создают систему научных представлений о мире и человеке.

«Мы должны лелеять то добро, которое выпадает нам на долю, и мужественно сносить зло в себе и вокруг нас, с твердым намерением положить ему предел». – Эти слова Т. Гексли приведены В.П. Эфроимсоном в недавно переизданной его книге **«Генетика этики и эстетики»** (М.: Тайдекс Ко, 2004. – 304 с.). Мысли и чувства автора о роли и месте биологического и социального в современном человеке, безусловно, заслуживают внимания. Владимир Павлович Эфроимсон (1908–1989) – классик отечественной генетики. Именно над генетиками советская история поставила особо жестокий эксперимент по отбору на честность, порядочность, совесть, стойкость к жизненным испытаниям. В.П. Эфроимсон выдержал с честью самые суровые испытания, отдав ГУЛАГу около 10 лет жизни в самом активном творческом возрасте, неоднократные изгнания из научных институтов, войну... Огромным достоянием для отечественной культуры стали три книги этого автора, убеждающие читателя в изначальной природной нравственности человека, творческой одаренности каждого, генетическом наследовании эстетических свойств личности. Кроме названной выше книги это **«Педагогическая генетика»** (М.: Тайдекс Ко, 2003. – 240 с.) и **«Генетика гениальности»** (М.: Тайдекс Ко, 2004. – 376 с.).



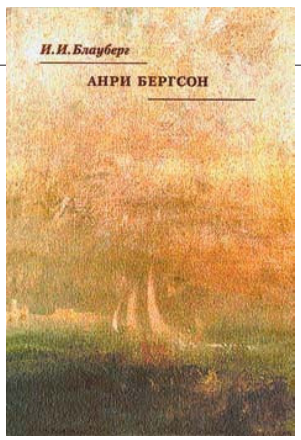
Спасет ли красота мир? И может ли эта идея овладеть массами, погруженными в техническую цивилизацию? И кто нужнее сейчас: гении или просветители? В конце книги В.П. Эфроимсона «Генетика этики и эстетики» приведена статья еще одного корифея отечественной научной мысли – Александра Александровича Любищева (1890–1972). Автор полемизирует с Эфроимсоном, полагая, что «генетический компонент этики существует, но он играет настолько ничтожную роль по сравнению с идеологическим компонентом, что в первом приближении может полностью игнорироваться». При этом, несмотря на ряд разногласий, оба автора едины в том, что отказ человечества от примата морали в миропонимании и основах политики – чудовищная ошибка.

Тем из читателей, кто захочет углубиться в новейшие представления молекулярной генетики о биологии индивидуального развития, я от души советую книгу известного российского генетика член-корреспондента РАН Л.И. Корочкина (**«Биология индивидуального развития (генетический аспект)»**. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 264 с.), написанную по программам авторского курса лекций для студентов МГУ им. М.В. Ломоносова и Новосибирского госуниверситета. Книга Леонида Ивановича Корочкина – это экскурсия в мир современной науки, знакомство с выдающимися учеными, чей творческий труд создает систему представлений о тех закономерностях функционирования молекулярно-генетического аппарата живой клетки, которые определяют судьбу развивающегося

организма. Перед глазами читателя проходят 49 портретов (из них 27 – отечественные светила и 5 – нобелевские лауреаты). Портрет самого автора очень деликатно возникает лишь на последних страницах в группе членов оргкомитета одной из тематических конференций. На 264 страницах книги размещено 140 рисунков и схем, помогающих восприятию материала. Действительно, язык современной молекулярной генетики чужд неспециалистам, но этот языковой барьер стоит преодолеть – хотя бы ради того, чтобы не повторять к месту и не к месту, как это принято в наши дни: «О-о... это у него записано в генах!» Книга Л.И. Корочкина заставляет всерьез задуматься над тем, как легко ошибиться в прочтении генетических записей, а прочтя, даже верно, дать

этим инструкциям неверный ход, выбрав неверных исполнителей или неподходящие средства...

Для души можно прочесть **«Психосоматику»** (К.: Ника-Центр, 2002. – 256 с.) М. Воронова. Марк Владимирович Воронов – врач-психотерапевт, сочетающий работу в харьковском хосписе с преподаванием на кафедре психологии Харьковского института Межрегиональной академии управления персоналом. Размышления автора о связи психического (души) и соматического (тела) выстраданы ценой многолетних усилий по облегчению состояния людей, находящихся на границе между жизнью и смертью. Разработанная Вороновым собственная система представлений о неразрывном единстве души и тела уходит корнями в представления древней китайской медицины, однако сформулированные им практические советы предназначены нашим современникам. Книга заслуживает того, чтобы вдумчиво над ней поработать.



ВСЕ ОБ АНРИ БЕРГСОНЕ

Имя Бергсона, классика западной философии XX в., лауреата Нобелевской премии 1927 г. по литературе, хорошо известно не только специалистам, но и широкому кругу читателей.

Работа И.И. Блауберг стала первым обстоятельным отечественным исследованием жизни и деятельности ученого. Книга написана в форме философской биографии – достаточно редкого жанра, объединяющего рассказ о жизни исследователя, развитии его мировоззрения и описание его научных трудов.

Автор также знакомит читателя с эволюцией мировоззрения Бергсона, с его разносторонней деятельностью.

Своей книгой И. Блауберг дополняет ту обширную литературу, которая в последнее время издана по русской религиозной философии.

Блауберг И.И. Анри Бергсон. – М.: Прогресс-Традиция, 2003. – 672 с.

ИСКУССТВО XX ВЕКА СКВОЗЬ ПРИЗМУ АВАНГАРДА

Исследованиям авангарда посвящено немало книг и статей, в том числе и предлагаемый словарь. В нем представлены сведения как о разных направлениях, стилях и объединениях (ташизм, югендштиль, производственное искусство, «ослиный хвост», ОБЭРИУ и т.д.), так и об отдельных деятелях культуры. Многие из них незаслуженно забыты, например, композитор М. Мосолов, художник В. Матвейс, поэт Б. Кушнер и др. Автор рассказывает о том, как авангардное мышление, преследуемое в 30-е годы, определило сознание последующих поколений. Так, постмодернизм рассматривается в словаре как вид авангардизма, в книгу включены также такие понятия, как хэппенинг, перформанс, получившие широкое распространение после Второй мировой войны. Статьи дополнены редкими и малоизвестными документами.

Энциклопедия русского авангарда. – Минск, 2003. – 416 с.

Марк Фишетти

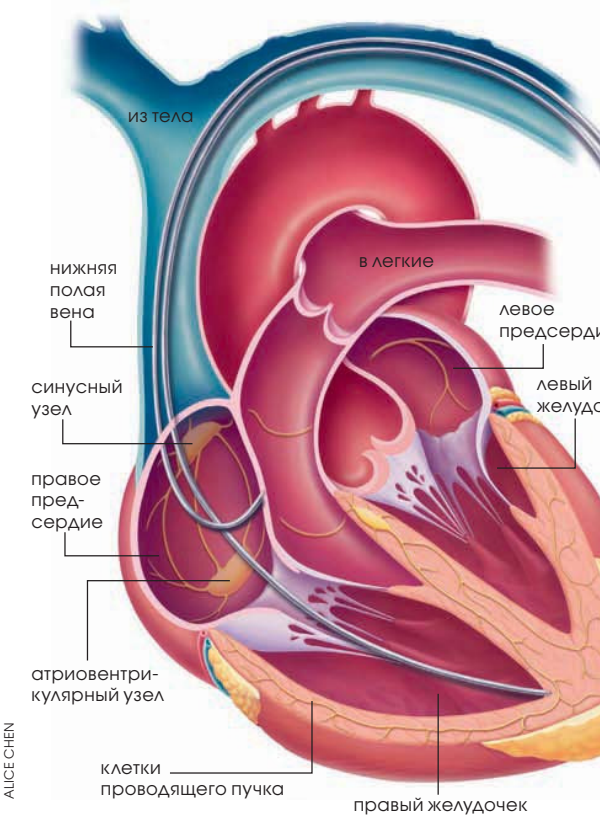
ЧТОБЫ СЕРДЦЕ БИЛОСЬ: кардиостимуляторы

Впервые устройства для нормализации ритма сердечных сокращений были применены 50 лет назад, а сегодня они помогают жить почти четырем миллионам человек. В здоровом сердце клетки миокарда реагируют на импульсы водителя ритма (называемого также пейсмекером) сокращением предсердий и желудочков (*см. иллюстрацию*).

При заболеваниях сердца кардиостимулятор посылает электрический импульс в те точки, где необходимо скоординировать ритм сокращений. Изначально прибор мог поддерживать всего одну частоту пульса, однако большинство современных аппаратов следят за состоянием проводящей системы, а также за движениями тела, и, соответственно, корректируют частоту ритма. Сегодня врачи могут имплантировать пациентам кардиостимуляторы, стимулирующие желудочки, восстанавливая нарушенную синхронность их сокращений. Такое нередко происходит у больных, чья сердечная мышца ослаблена инфарктом миокарда.

Устройство удалось уменьшить до размеров спичечного коробка. В наконечник электрода, стимулирующего сердце, встроен резервуар, наполненный стероидом. Стероид сводит к минимуму воспаление, развивающееся после имплантации, что позволяет уменьшить зазор между электродом и сердечной мышцей и снизить пороговое напряжение, генерируемое кардиостимулятором. «Стероид был и остается важнейшим звеном», – считает Тоби Марковиц (Toby Markowitz) из миннеаполисского отделения корпорации *Medtronic*. Когда батарейки садятся (обычно их хватает на 6–10 лет работы), весь блок, кроме электродов, заменяют, поскольку кардиостимуляторы за это время, как правило, значительно модернизируются. В 1980-х гг. получила известность такая техническая новинка, как имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор (ИКД). Аппарат размером со спичечный коробок способен подавать на предсердия или желудочки сильный электрический разряд при возникновении в них фибрилляции или учащенных хаотичных сокращений. Благодаря такому воздействию проводящая система сердца приходит в нормальное состояние. Таким образом предотвращают внезапную остановку сердца, от которой только в США ежегодно умирают 450 тыс. человек. В 2003 г. было имплантировано около 80 тыс. ИКД. Марковиц считает, что в один прекрасный день ИКД придут на смену кардиостимуляторам. ■

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ИМПУЛЬС запускает каждый удар сердца. Когда предсердия наполняются кровью, мышечные клетки, расположенные около синусного узла, деполяризуются. Волна деполяризации (т.е. электрический импульс) достигает атриовентрикулярного узла, который замедляет прохождение импульсов до тех пор, пока предсердия не наполнят желудочки. Затем он посылает сигнал желудочкам, стимулируя их синхронное сокращение. Синусный узел регулирует ритм сердца на основании поступающей от рецепторов информации о концентрации кислорода в крови (при физической нагрузке содержание кислорода снижается).

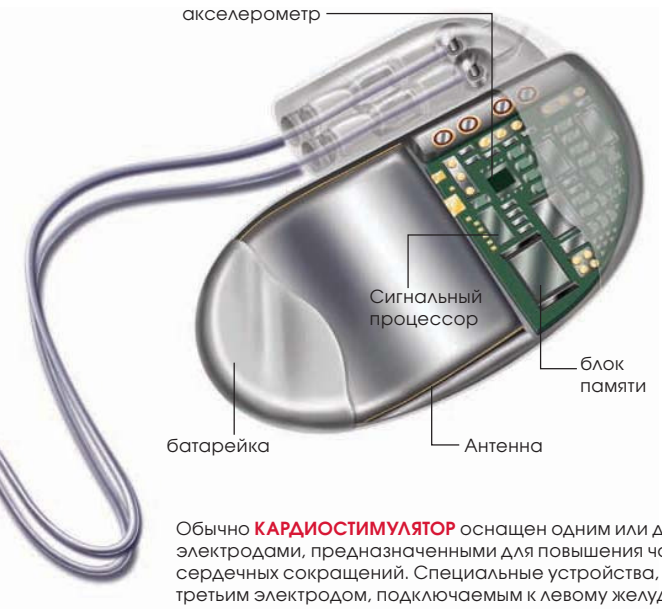


ALICE CHEN

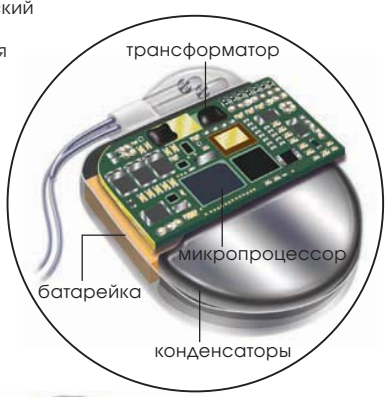
ЗАПАСНОЙ ВАРИАНТ: Клетки сердечной мышцы способны самостоятельно сокращаться. Особенно интенсивно это делают клетки синусного узла, поэтому именно они подают импульсы, распространяющиеся по всему сердцу, тем самым поддерживая пульс 60–100 ударов в минуту. Если синусный узел поврежден, клетки предсердий принимают функции водителя ритма на себя. Они способны поддерживать всего 40–80 ударов в минуту, но этого достаточно, чтобы сохранить человеку жизнь.

ЗВОНОК ДРУГУ: Приблизительно раз в полгода каждый пациент осуществляет дистанционную проверку своего кардиостимулятора, надевая на запястья специальные манжеты и прикладывая магнитное считывающее устройство к груди, туда, где находится прибор. Затем человек присоединяет телефонную трубку к передатчику, соединенному с манжетами и считывающим устройством, и звонит врачу, который проверяет работу кардиостимулятора и состояние батарейки. Новые устройства способны самостоятельно посылать данные на компьютер доктора.

СЮДА НЕЛЬЗЯ: По данным корпорации *Medtronic*, пациентам с имплантированным кардиостимулятором не нужно бояться электромагнитных помех, вызываемых микроволновыми печами, одеялами с электроподогревом или металлодетекторами, установленными в аэропортах. Магнитные турникеты, установленные в магазинах, не опасны, если к ним не прислоняться. Не следует слишком близко подходить к устройствам, создающим сильные магнитные поля, например, к стереодинамикам и бензиновым двигателям. Нельзя также носить сотовые телефоны в нагрудных карманах, проходить обследования на магнито-резонансном томографе. Несмотря на перечисленные факторы, главное – кардиостимуляторы надежны и редко ломаются.

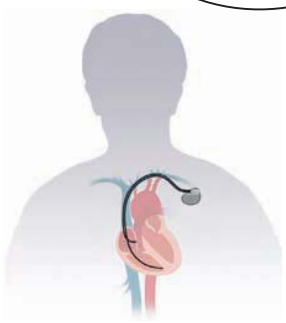


Когда в **СИГНАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР** поступает информация о том, что сердечные сокращения слишком медленные или вообще прекратились, схема кардиостимулятора выдает электрический импульс в 1–5 В. Когда регистрируется физическая активность, акселерометр подает сигнал ускорить сердечные сокращения. Врач может извлечь необходимые сведения из блока памяти при помощи магнитного считывающего устройства, которое осуществляет связь через кожу на радиочастоте. Имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор (*см. врезку*) устраняет фибрилляцию предсердий или желудочков, способную привести к внезапной остановке сердца, направляя в сердечную мышцу электрический разряд с энергией в 30 Дж или более, тем самым перезапуская проводящую систему сердца. Этот аппарат способен устранять тахикардию, а также выполнять функции кардиостимулятора.



Обычно **КАРДИОСТИМУЛЯТОР** оснащен одним или двумя электродами, предназначенными для повышения частоты сердечных сокращений. Специальные устройства, снабженные третьим электродом, подключаемым к левому желудочку, синхронизируют несогласованные сокращения желудочков.

НАКОНЕЧНИК ПРОВОДА закреплен в ткани сердца. Через него поступают слабые импульсы, которые вызывают возбуждение в клетках проводящей системы. С помощью этого же электрода кардиостимулятор следит за сердечными сокращениями. Резервуар со стероидом расходуется в течение нескольких месяцев после имплантации, что минимизирует воспаление и снижает риск отторжения.



ОСНОВНОЙ БЛОК кардиостимулятора или ИКД имплантируют в грудь; от него к сердцу по сосудам протягивают провода.

как правильно выбрать стоматологическую клинику?

Что сегодня может предложить современная стоматология людям, желающим иметь голливудскую улыбку? Как избавиться от пародонтита? Что такое эстетическая реставрация, бескаркасная керамика? Какие бывают пломбы и вкладки? Ответы на все эти вопросы читатели смогут прочесть в ближайших номерах журнала. Но чтобы ответить на первый из них, наш корреспондент провела собственное журналистское расследование.

Побывав едва ли не в двух десятках клиник и центров, я уяснила: все они делятся на две очень неравные группы, к большей из которых относятся заведения, не вызывающие доверия. Этот опыт стоил немалых сил и времени, зато теперь дал возможность судить о стоматологической клинике не только по внешнему виду и уровню общения с посетителем, но и по гораздо более профессиональным признакам. Например, теперь я не поеду через всю Москву туда, где по телефону обещают имплантаты за $300. (Для имплантата это нереально.) Такой ответ означает либо полную неосведомленность в современных технологиях, либо коварный, но распространенный умысел: пускай приедет, а мы уж тут уговорим ее сделать хоть какой-нибудь протез.

Теперь я также знаю, к примеру, почему слишком низкая цена должна настораживать. Дешевизна обычно скрывает просроченные или несертифицированные материалы, купленные не официально, а с рук. (И не надо стесняться спрашивать сертификат!) Но начнем с начала.

Об уровне клиники многое скажет уже первый телефонный разговор. Если администратор ответил на все ваши вопросы, надежда, что профессионально здесь не только говорят, возрастает. Второе, на что нужно обращать внимание, – стерильность клиники. Врач должен работать только в одноразовых перчатках и в маске. Уходите не задумываясь, если доктор достает инструменты из какого-нибудь лоточка с марлечкой: в приличных местах все инструменты хранятся в стерильных упаковках. Между тем я убедилась в том, что едва ли не в большинстве столичных центров традиционно стерилизуют только боры, а наконечники, на которые их надевают, лишь протирают, что не обеспечивает уничтожения опасных вирусов иммунодефицита и гепатита. Абсолютную чистоту гарантирует только автоклав.

Не менее важно и то, какое оборудование используется в клинике. Самый высокий современный уровень предполагает наличие универсальных стоматологических установок, обеспечивающих безопасность и пациентов, и врачей. Предусмотрена защита от заражения вирусами, передающимися при контакте с оборудованием, и исключен риск перекрестной инфекции.

Любой серьезной клинике обязательно нужен рентген или более щадящая по дозе облучения и удобная визиография. В последнем случае снимок сразу выводится на монитор, а визиограф подкатят прямо к креслу. Не придется бежать на рентген с иголками в зубе, чтобы проверить, правильно ли пломбируются каналы – ведь точнейший рентгенографический контроль необходим на всех стадиях лечения.

Не обойтись хорошей клинике и без собственной зуботехнической лаборатории. В ней, к примеру, изготавливающий коронку зубной техник может работать вместе с вашим лечащим врачом при подборе цвета и восстановлении особенностей формы вашего зуба.

Техническая оснащенность и личная гигиена, конечно, необходимы. Но еще важнее квалификация. Врач-профессионал обязательно предложит варианты лечения и объяснит, почему, по его мнению, стоит остановиться на том или ином решении. Это касается не только методов работы, но и видов пломб, материалов, из которых они делаются, и их производителей.

Такие общие принципы выбора стоматологической клиники я вывела на собственном опыте и из бесед со специалистами. ■

Мария Альперт

откуда появляются пузырьки в газированных напитках?

Рассказывает химик Университета штата Юта **Чак Вайт**:

Когда мы встряхиваем бутылку с газировкой, то появляются пузырьки. Если потрясти более энергично, то содержимое может выплеснуться наружу.

Специфический вкус газированному напитку придают молекулы двуокиси углерода. Для того чтобы начался процесс образования пузырьков, растворенный в жидкости газ должен преодолеть энергию ее внутреннего напряжения. Как только появился маленький пузырек, он тут же начинает увеличиваться в размерах.

Встряхивание банки с газировкой приводит к образованию большого количества микроскопических пузырьков, на базе которых формируются более крупные, и процесс многократно ускоряется. ■

почему мужья беременных женщин порой начинают чувствовать, что сами находятся в положении?

На этот вопрос отвечает **Кэтрин Эдвардс** (Katherine Edwards), профессор биологии из Королевского университета в Кингстоне, штат Онтарио.

Биологи обратили внимание на эту проблему лишь в последние годы. Множество разнообразных факторов – от социальных до гормональных – приводит к тому, что мужья беременных женщин могут испытывать тошноту, вздутие живота, резкую смену настроения и даже прибавлять в весе. В странах Запада в той или иной форме эти признаки встречаются у 20–80% будущих отцов. Перемены в образе жизни одного из членов семьи влияют на психическое и физическое состояние другого. Если будущая мама постоянно испытывает жажду и у нее прекрасный аппетит, то ее супруг может набирать лишние килограммы, страдать изжогой и расстройством желудка. Настроение женщины, ожидающей появления ребенка, постоянно меняется: то она плачет, то смеется, депрессия внезапно сменяется радостью. При этом будущий отец может завидовать супруге, способной вынашивать дитя, испытывать чувство вины из-за ее изменившейся внешности, а также сожалеть, что все внимание окружающих приковано не к нему. Изменения в сексуальной сфере, смена социальных приоритетов и даже неожиданный приезд родственников, несомненно, влияют на поведение супругов.

Исследования показали, что уровень тех же самых гормонов, которые вырабатываются организмом беременной, колеблется и в организме мужчины. Существует интересная закономерность: чем больше в организме будущего отца содержится пролактина (гормона, вызывающего у молодой матери потребность кормить ребенка грудью), тем сильнее он реагирует на изменения, происходящие в организме женщины. Именно перед родами содержание пролактина достигает пика. В организме мужчины вырабатываются также кортизол, тестостерон и эстрадиол, но, конечно же, не в таком объеме, как у женщины.

Нельзя утверждать, что особенности поведения и гормональные изменения в мужском организме вызваны именно беременностью супруги. Может быть, это просто совпадение, но вопросов, на которые пока нет ответов, остается множество. ■

SARA CHEN (*bottom*)

Читайте в следующем выпуске журнала:

ВИРУС: СУЩЕСТВО ИЛИ ВЕЩЕСТВО?

Оптика и реализм Ренессанса

Дело о потерянной планете

Собственная марихуана мозга

Оформить подписку на журнал «В мире науки» 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.

Где купить журнал (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», (812) 324-67-40; ООО «Заневская пресса» (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.

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»		
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»		
Плательщик		

Выгодные тарифы новых карт TARIO по
воляют звонить в Санкт-Петербург в 6 ра
дешевле, чем через «восьмерку». За разгово
с Грузией вы заплатите меньше почти в 5 ра
с Арменией — в 4 раза. В Германию и Фра
цию звонить дешевле более чем в 5 ра
в Америку — в 8 раз, в Израиль — почт
в 11 раз, в Китай — в 14 раз! Комфорт и удо
тво вам обеспечит персональная телефонна
книжка карты, в которую заносятся полны
номера абонентов. Вы всегда будете дозван
ваться без ошибок и очень быстро (без набор
ПИН-кода, кода города и номера абонент
Подробная информация о тарифах, серв
сах и ближайших точках продажи новы
карт TARIO — по телефону (095) 755-60-8

Лицензия Минсвязи РФ № 23702

Карты TARIO говорят сами за себя
(пока вы говорите по телефону)

TARIO

РОССИЙСКИЙ НОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НАШЕ ОБРАЗОВАНИЕ - ПУТЬ К УСПЕШНОЙ КАРЬЕРЕ

Государственная лицензия №1785 от 03.03.2004 г. Министерства образования РФ
Государственная аккредитация № 0426 от 26.11.2001 г. Министерства образования РФ

Факультеты:

- финансово-экономический
- второго высшего образования
- информационных систем и компьютерных технологий
- юридический
- социально-культурного сервиса и туризма
- психологии и педагогики
- иностранных языков и межкультурной коммуникации

Отсрочка от призыва на военную службу

для лиц, обучающихся по очной форме в университете и колледже

www.rosnou.ru

Адрес приемной комиссии:
ул. Радио, дом 22
Проезд: метро «Бауманская», тм. №37, 45, 50,
до остановки «Лефортовская набережная»
метро «Курская», тм. №24,
до остановки «Лефортовская набережная»

Тел.: (095) 105-0388, 244-8080