

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

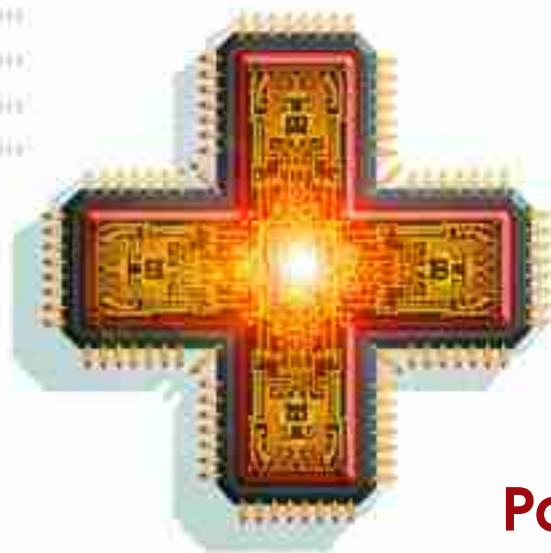
scientific american

№ 9 2003

тема номера:

Саморемонтирующиеся

КОМПЬЮТЕРЫ



Дитя
из пробирки

Разгадка тайны
солнечных нейтрино

Жертва
искусственного кровообращения

Смертельно опасная болезнь
убивает оленей

ISSN 0208-0621

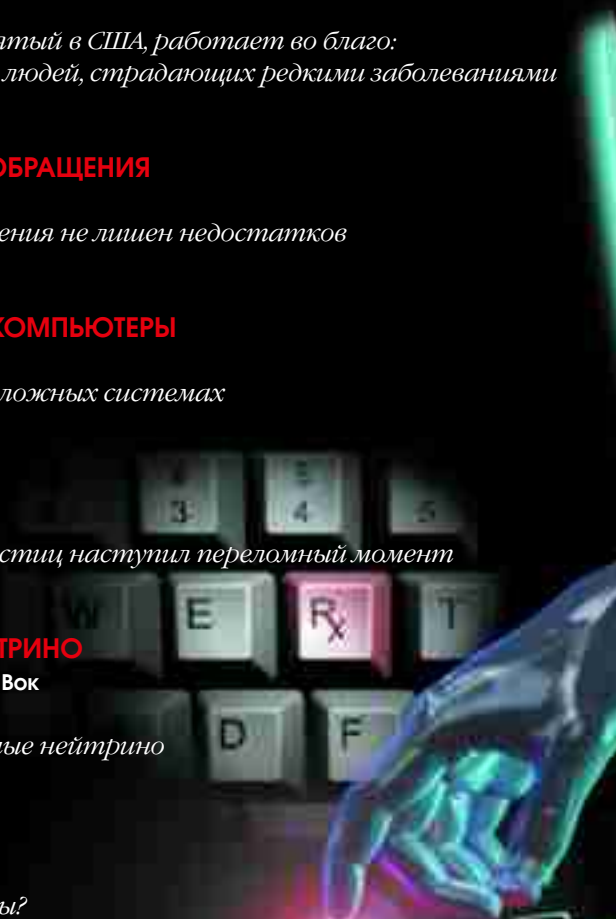


9 770208 062001 >

Содержание

СЕНТЯБРЬ 2003

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

- 22 **ЭКОЛОГИЯ**
УНИЧТОЖИТЬ, ЧТОБЫ СОХРАНИТЬ
Филип Ям
Почему в США уничтожили 18 тыс. диких оленей?
- 28 **50-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ ДНК**
Интервью с Е. Д. Свердловым
Вероятно, скоро на Земле будут колоситься поля трансгенных злаков и пастись стада клонированных животных...
- 32 **БИОТЕХНОЛОГИИ**
ДИТЯ ИЗ ЯЩИКА ПАНДОРЫ
Робин Маранц Хениг
Когда-то искусственное оплодотворение считалось вторжением в святая святых. Сегодня такие же обвинения звучат в адрес клонирования
- 38 **БИОТЕХНОЛОГИИ**
ОБРАТНАЯ СТОРОНА МЕДАЛИ
Томас Медер
Закон о препаратах-«сиротах», принятый в США, работает во благо: на рынке появились 229 лекарств для людей, страдающих редкими заболеваниями
- 46 **МЕДИЦИНА**
ЖЕРТВА ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ
Брюс Статц
Аппарат искусственного кровообращения не лишен недостатков
- 52 **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ КОМПЬЮТЕРЫ
Армандо Фокс, Дэвид Паттерсон
Как приспособиться к неполадкам в сложных системах
- 60 **ФИЗИКА**
ЗАРЯ НОВОЙ ЭРЫ
Гордон Кейн
В развитии физики элементарных частиц наступил переломный момент
- 68 **АСТРОФИЗИКА**
РАЗГАДКА ТАЙНЫ СОЛНЕЧНЫХ НЕЙТРИНО
Артур Макдональд, Джошуа Клейн, Дэвид Вок
*Откуда берется энергия Солнца?
Ключом к пониманию стали неуловимые нейтрино*
- 78 **АСТРОНОМИЯ**
«ЗВЕЗДОПОДОБНЫЕ» БРОДЯГИ
Юрий Чудецкий
Чем грозят Земле астероиды и кометы?
- 

Учредитель и издатель:

Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет»

Главный редактор: С. П. Капица

Заместитель главного редактора: В. Э. Катаева

Ответственный секретарь: О. И. Стрельцова

Редакторы отделов: А. Ю. Мостинская
В. Д. Ардаматская

Редакторы: Д. В. Костилова, А. А. Приходько

Старший менеджер по распространению:
С. М. Николаев

Научные консультанты:

доктор экономических наук, профессор
М. В. Конотопов
кандидат медицинских наук Н. П. Теллюк
доктор медицинских наук, профессор
М. Р. Чиатурели

Над номером работали:

М. М. Агафонов, Е. В. Базанов, Е. Г. Богадист,
Е. Г. Булгакова, О. А. Василенко, Е. М. Веселова,
А. В. Зернов, Ф. С. Капица, Т. М. Колядич,
Б. А. Квасов, Г. Н. Кричевец, О. В. Литвинова,
Д. А. Мисюрюв, А. А. Рогова, М. А. Сажин,
И. Е. Сацевич, В. В. Свечников, В. И. Сидорова,
М. Г. Смирнова, А. А. Сорокин, В. Г. Сурдин,
Н. Н. Шафрановская, О. Б. Ширяев,
Э. А. Хазанова, П. П. Худолей, Ю. В. Чудецкий

Корректура: Ю. Д. Староверова

Препресс: P-studio

Отпечатано: ОАО «АСТ Московский полиграфический дом» Заказ №2120

Адрес редакции:

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

Телефон: (095) 105-03-72, тел./факс (095) 105-03-83

e-mail: red_nauka@rosnou.ru

© В МИРЕ НАУКИ РОСНОУ, 2003

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати. Свидетельство ПИ № 77-13655 от 30.09.02

Тираж: 15000 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,
Carol Ezzell, Steve Mirsky, Georg Musser

News Editor: Phillip M. Yam

Contributing editors:

Mark Fichetti, Marguerite Holloway,
Michael Shermer, Sarah Simpson, Paul Wallich

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: Rolf Grisebach

President and chief executive officer:
Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director, international: Charles McCullagh

Vice President: Frances Newburg

© 2003 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

СЕРЬЕЗНЫЕ ПРИТЯЗАНИЯ

16 РАЗРЕШЕНИЕ НА ЭКСПЕРИМЕНТ

Неужели ученому, прежде чем приступить к работе, требуется получить заключение суда?

МНЕНИЕ

18 ПОД КРЫЛОМ САМОЛЕТА...

О прошлом и будущем российской авиации рассуждает действительный член Российской Академии наук, президент Международного инженерного университета Юрий Рыжов

ПРОФИЛЬ

20 ТРЕЗВЫЙ ВЗГЛЯД

Инспектор ООН по разоружению Ирака не нашел в этой стране биологического оружия.

ЗНАНИЕ – СИЛА

92 ВНОВЬ ОБРЕСТИ СЛУХ

Новое о слуховых аппаратах

ОБЗОРЫ

ОТ РЕДАКЦИИ

3 ПРОБЛЕМА ТРАНСПЛАНТАЦИИ

4 50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6 НОВОСТИ И КОММЕНТАРИИ

- Проблемы глобализации торговли
- Красный свет предотвращает потерю зрения
- Особенности клонов
- Загрязнение воздуха
- Солнечное излучение и глобальное потепление
- Репортаж с фотовыставки «Чечня. Международный терроризм. Трудная дорога к миру»

84 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

ПУТЕШЕСТВИЕ

88 ОКНО В ПУЧИНУ

Подводная прогулка по монтерейскому океанариуму

ГОЛОВОЛОМКА

94 ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ ПОТЕРИ

95 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

Стоит ли детям пить «газировку»?

ПОНЯТНЫЕ **опасения**

Можно ли решить проблему нехватки органов для трансплантации?

В 2001 г. 6 000 американцев умерли, так и не дождавшись своей очереди на операцию по пересадке органов. Увеличивается средняя продолжительность жизни, параллельно этому возрастает число лиц, для которых трансплантация необходима по медицинским показаниям. Катастрофически не хватает донорских органов, несмотря на то, что новое поколение иммуноподавляющих лекарственных препаратов, которые препятствуют отторжению, позволяет хирургам пересаживать орган, который данному пациенту подходит не по всем параметрам.

Причины дефицита органов для трансплантации различны: религиозные и этические ограничения. Понятны опасения, с которыми доноры идут на добровольную жертву, поскольку они рискуют своим собственным здоровьем как во время операции, так и в будущем. Некоторые политики предлагают ввести радикальные меры для решения проблемы нехватки трансплантатов. На рассмотрение правительства США представлены разнообразные программы финансового поощрения как добровольных доноров, так и семей, дающих согласие на трансплантацию органов покойных. Так, в Пенсильвании Американским обществом хирургов по трансплантации одобрено решение о выплате компенсации в размере \$300 семьям, разрешившим использовать органы погибших родственников. Сторонники программы финансовой поддержки добровольных доноров

обращают внимание общественности на тот факт, что сумма компенсационных выплат слишком мала, скорее это – «выражение признательности» за жертву, но не оплата. Что-то вроде кружки или зонтика, которые обычно получают участники телевизионного или радиошоу.

Вызывает беспокойство то, что подобные программы извратят идею добровольной жертвы, расценив ее как поддержку рынка по торговле человеческими органами. Такие опасения не беспочвенны. Хотя прямая покупка органов незаконна, в некоторых странах функционируют черные рынки по купле-продаже органов. Разрешение подобной торговли отрицательно сказывается на положении беднейших слоев населения. Опрос 305 доноров в Индии, например, выявил, что 96% продали свою почку за \$1070, из них $\frac{3}{4}$ вскоре вновь стали бедными, а 79% жалеют о содеянном.

Это наглядно иллюстрирует, как опасно назначать цену на те или иные органы. Возможно, следует отказаться от подобных радикальных мероприятий. Сейчас в конгрессе США обсуждаются проекты законов, награждение добровольных доноров почетной медалью, предоставление им отпуска, оплата страхования жизни и, в случае возникновения осложнений после операции, – пенсия по инвалидности.

Одновременно с этими инициативами необходимо проводить просветительскую работу, разъясняя населению суть проблемы. Для врачей и персонала

клиник следует проводить специальный тренинг. Действующее законодательство некоторых европейских стран уже содержит законы, согласно которым органы могут быть изъяты у человека после его смерти в том случае, если в завещании об этом упоминается. (Но за членами семьи остается право принять окончательное решение.)

С точки зрения этики, предпочтительнее, чтобы человеческие органы перестали рассматриваться как объект купли-продажи. Исследования показали, что более 95% семей согласились бы отдать органы погибшего родственника, если бы они были уверены, что не идут против воли почившего. Обратившись к лучшим человеческим чувствам, мы сможем увеличить число органов, необходимых для спасения жизни тысяч пациентов, ожидающих своей очереди на операцию по трансплантации. ■



СЕНТЯБРЬ 1953

СИЛА ПРИРОДЫ. Что скрепляет частицы атомных ядер? За последнюю четверть века разрешению этого вопроса ученые-физики посвятили огромное количество теоретических работ и экспериментов. Они потратили на это больше времени, чем на все другие научные проблемы за всю историю человечества. Ведь согласно всем известным на тот момент законам физики, протоны, входящие в состав атомного ядра, должны отталкиваться, а не держаться вместе так крепко, что для того, чтобы рассмотреть их по отдельности, нам приходится строить огромные установки. Клей, скрепляющий ядро, должен представлять собой какую-то неизвестную доселе силу. Японский физик Хидеки Юкава в 1935 г. предположил существование особой частицы, испускание и поглощение которой и обуславливает возникновение ядерных сил. То, что существовало тогда только в теории, теперь известно как мезон. – Ханс Бете (Hans A. Bethe) ■

СТАЛИН И ЛЫСЕНКО. Трофим Лысенко, с 1948 года царствовавший в сельском хозяйстве и символизировавший советскую науку, после смерти Сталина утратил свое величие. Он подвергся критике в ботанических журналах и в главном издании советской Академии наук. Недавно журнал *Science*

опубликовал в США замечательный документ, автором которого был сам Лысенко. Это был опубликованный в «Правде» материал, где он рассказал, что именно Сталин был автором его теорий. «Товарищ Сталин нашел время для подробного исследования важнейших проблем биологии... Он сам редактировал план моей статьи «О положении в биологической науке» и дал подробные указания о написании ряда ее разделов». ■

СЕНТЯБРЬ 1903

ТАТУИРОВКА. Слово «татуировка» происходит от полинезийского слова *tattau* и впервые было введено в английский язык капитаном Куком. Морис Бершон (Maurice Berchon) определил ее как «странный и очень древний обычай введения в подкожный эпидермис, на различную глубину, красящих веществ с целью нанесения долго сохраняющихся узоров». В Японии татуировки распространены в основном в низших классах, представители которых украшают себя рисунками, подобными наносимым на фарфоровую посуду. В качестве пигментов чаще всего используются кинноварь и тушь. ■

ПЛАНЕР УАЙТХЕДА. Г-ном Густавом Уайтхедом, последние 15 лет изучавшим механику полета, были проведены эксперименты с аэропланом (планером). Для взлета Уайтхед разбежался против ветра, и после того, как он поднимался в воздух, помощник тащил его за веревку. Г-н Уайтхед сейчас занят проектированием нового мотора мощностью в 10 лошадиных сил, вес которого не будет превышать 18 кг (за счет использования алюминия). Предполагается установить его на аэроплане, способном подниматься вертикально в неподвижном воздухе, перемещаться горизонтально и опять опускаться вертикально вниз. (От издателя: нет никаких убедительных доказательств того, что Уайтхеду удалось построить новый улучшенный моторизованный аэроплан.) ■

СЕНТЯБРЬ 1853

ПРЕДАННОСТЬ. Попытки профессора Луиса Агассиса (Louis Agassiz) обнаружить что-нибудь новое и неожиданное в ривовых болотах Юга Америки увенчались успехом. Среди его находок оказалась рыба без вентральных (брюшных) плавников, но сам профессор едва выжил, заразившись малярией. Когда он стал выздоравливать, посетивший его друг выразил сочувствие в связи с его опасной болезнью, на что Агассис с энтузиазмом сказал: «А, это пустяки, зато я нашел рыбу без вентралей». ■

АВТОМАТИЗАЦИЯ ШИТЬЯ. В 1846 г. был выдан первый американский патент на швейную машинку. Сейчас тысячи людей носят одежду, состроенную механизмом с аккуратностью, не уступающей кашмирским швеям. Ни у одной из женщин нашей страны швейные машины не отняли кусок хлеба. ■



Японское искусство татуировки, 1903 г.

ГЛАЗАМИ В МАМУ, НО С ДРУГИМ ХАРАКТЕРОМ

Кэрол Эззел

Клоны могут иметь поведенческие и физические различия.



Клонированные кошки.

Свинья по кличке Обжора с удовольствием поглощает спелый банан, а ее клонированная сестра Привереда отворачивается от него. Капризуля брыкается, когда ее берут на руки, и пытается убежать, в то время как другие радостно приветствуют человека. Несмотря на то, что клоны считаются однойцовыми близнецами, но изучение их поведенческих и физиологических особенностей не подтверждает это.

Тед Френд (Ted Friend) и Грег Ачер (Greg Archer) из Сельскохозяйственного и политехнического университета Техаса сравнили поросят из четырех пометов – двух клонированных (состоящих из четырех и пяти особей), и двух зачатых естественным путем (восемь поросят). У особей из одного помета во всех случаях обнаружились четкие различия не только в пищевых предпочтениях и темпераменте, но и в физических характеристиках: густота щетины и количество зубов были различны.

«В этом отношении клоны не отличаются от обычных свиней. Они совершенно не похожи на однойцовых близнецов», – отмечает Френд. Каждая особь имеет две копии каждого гена. В одних случаях блокируется действие материнской копии, в других – отцовской. Современные исследователи пытаются выяснить, что лежит в основе такой селективной экспрессии генов и как определяются свойства формирующегося эмбриона.

Эксперименты со свиньями свидетельствуют, что клоны – не тождественные копии. Создатель первой в мире клонированной кошки *Cc* (от англ. *Carbon copy* – «отпечатанный через копирку»), Дуэйн Кремер (Duane C. Kraemer), работающий в Сельскохозяй-

ственном и политехническом университете Техаса считает, что ее тоже нельзя считать копией. *Cc* более любознательна и игрива, чем Рейнбоу – кошка, клоном которой она является. Окраска их шерсти также различна. Это связано с тем, что в период развития плода, пятна на шерсти образуются в процессе случайной миграции клеток, транспортирующих пигмент.

По мнению Роберта Ланза (Robert P. Lanza), работающего в группе передовых технологий в Вустере Массачусетского технологического института в Вустере, как однойцовые близнецы, так и клоны, часто имеют разные черты. Ланза столкнулся с аналогичным явлением, экспериментируя с группами клонированного рогатого скота. В стаде, клонированном от одного животного, на основе чего сформировалась традиционная социальная иерархия. Некоторые коровы были пугливы, а другие отличались смелостью.

Ланза отмечает – клонирование может помочь исследователям понять роль генетики в поведении. В сотрудничестве с группой из Уэйк-форестского университета он пытался клонировать обезьяну-алкоголика по кличке Лютик, с тем, чтобы изучить, будет ли потомство животного склонно к алкоголю. Опыт не удался, но будем надеяться, что будущие исследования позволят точно оценить влияние генов на поведение. ■

ЭПИТАФИЯ: ПРОЩАЙ ДОЛЛИ

Первой клонированной овце Долли судьба предначертала вечно встречать посетителей Национального музея Шотландии. Ее усыпили в возрасте шести лет, что соответствует примерно половине средней продолжительности жизни обычной овцы. Она страдала воспалением легких и хроническим артритом – болезнями, типичными для клонов. Ее печальная участь привела к возобновлению дискуссии о безопасности клонирования и об этической стороне вопроса.

развлечение для СМЫШЛЕННЫХ

Дж. Минкель

Физик Лидерик Боке (Lyderic Bocquet) из французского Университета Клода Бернара Лиона разработал теорию многократных отскоков плоского камня от спокойной поверхности воды. Побудил его к этому любознательный семилетний сын, который хотел знать, почему скачет по воде («печет блины», как говорят в России) плоский камешек. Боке рассмотрел движение тонкого плоского камня, отскакивающего от ровной поверхности воды при падении под малым углом. Сформулировав уравнения движения камня, Боке пришел к выводу, что возможность многократных отскоков

зависит от начальной скорости камня и скорости его вращения. Вращение камня создает гироскопический эффект, который сводит к минимуму изменение угла наклона камня при каждом ударе о поверхность воды. Если камень падает на воду слишком круто, он тонет. Согласно уравнениям Боке, мировой рекорд в 38 «блинов» соответствует камню, брошенному со скоростью 12 м/с и совершающему 14 оборотов в секунду. Работа французского физика опубликована в февральском номере *American Journal of Physics*. ■



Вот как надо! Такова физика полета камня-попрыгунчика.

баллистическое ЧТЕНИЕ БИТОВ

Дж. Минкель

Главная трудность в деле создания сверхплотных микросхем памяти состоит не в том, чтобы втиснуть биты на кремниевую пластинку, а в том, чтобы считать их магнитные состояния – нули и единицы. Чем меньше размер бита, тем слабее его магнитное поле. Однако Сюзан Хуа (Susan Hua) и Хаш Дип Чопра (Harsh Deep Chopra) из Государственного Нью-Йоркского университета в Буффало (the State University of New York at Buffalo) описали устройство, электрическое сопротивление которого в магнитном поле изменяется в 100 тыс. раз. В принципе, оно достаточно чувствительно, чтобы можно было считывать записи терабитной плотности, т. е. в 1000 раз более плотные, чем в современных микросхемах. Устройство представляет собой нитевидный монокристалл никеля толщиной несколько нанометров. Наличие сужений, создаваемых в процесс изготовления монокристалла, приводит



к возникновению баллистического магниторезистивного эффекта (*ballistic magnetoresistance, BMR*), благодаря которому электроны пролетают через кристалл, почти не сталкиваясь с ато-

мами. Нью-Йоркские ученые уже научились создавать такие структуры. Чопра сообщил, что *BMR*-устройства могут оказаться ценными датчиками для биологических исследований. ■

глобализация торговли

Роджер Дойл

Каким образом решать проблему интеграции, покажет следующая фаза развития мировой торговли.

Основные игроки

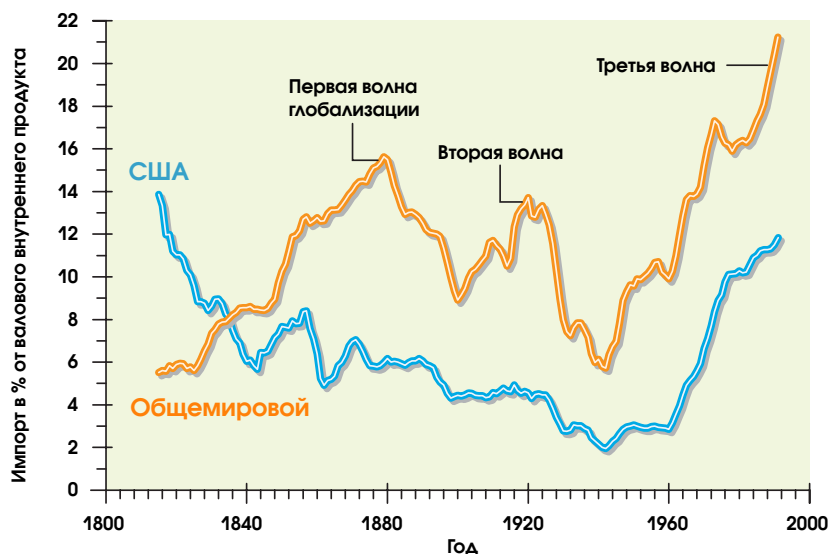
| 12 крупнейших индустриальных стран | Удельный вес в объеме мирового рынка товаров и услуг в 2000 г. (в %) | |
|------------------------------------|--|---------|
| | импорт | экспорт |
| США | 18,7 | 14,1 |
| Германия | 8,1 | 8,3 |
| Япония | 6,3 | 7,2 |
| Великобритания | 5,5 | 5,2 |
| Франция | 4,6 | 5,0 |
| Канада | 3,6 | 4,1 |
| Италия | 3,7 | 3,9 |
| Китай | 2,6 | 3,3 |
| Нидерланды | 3,2 | 3,4 |
| Бельгия | 2,7 | 3,0 |
| Южная Корея | 2,7 | 2,7 |
| Испания | 2,3 | 2,2 |

Источник: Ежегодник ООН «Статистика международной торговли», 2000

С процессом глобализации торговли человечество столкнулось в начале XIX в. Группа социологов под руководством Кристофера Чейза-Данна (Christopher Chase-Dunn) из Калифорнийского университета, основываясь на анализе соотношении объема импортных товаров и валового национального продукта, пришла к выводу, что процесс глобализации экономики начался в 1830 г. и достиг пика к 1880г., когда международная торговля стала определять развитие общества. До XIX в. предметами международной торговли были уникальные товары, такие как, например, пряности, табак, другие предметы роскоши, имевшие ограниченный спрос. Первая волна глобализации была вызвана развитием железных дорог судоходства, снизивших транспортные издержки, и с отменой протекционистских законов в 1846 г.

в Великобритании, установивших пошлину на импортное зерно, что привело к росту цен на него. Второй период глобализации пришелся на 1900 г. и был вызван увеличением производства электроэнергии и стали, а достиг наивысшего подъема в 20-х гг. XX в. Современная волна началась после Второй мировой войны, когда государства стали заключать международные соглашения, такие как Генеральное соглашение о тарифах и торговле, ставшее основой для создания Всемирной торговой организации (ВТО). Сокращение расходов на транспорт и связь легло в основу развития международной торговли, но нельзя не учитывать и иные факторы, влияющие на характер процесса глобализации на современном этапе. Выводы Кристофера Чейза-Данна основывались на теории «стабильность за счет гегемонии», в соответствии с которой великие державы являются гарантами успешного развития. Первая и третья волны глобализации совпали с периодами господства Великобритании и США, но второй период не соответствует выводам предложенной теории, т.к. в это время экономика Великобритании находилась в состоянии спада, а США не обладали превосходством на мировом рынке.

В XIX и начале XX вв. США, в отличие от Великобритании, проводившей политику свободной торговли, установила высокие ввозные пошлины и открыла свой внутренний рынок только после Второй мировой войны. Не удивительно, что США отстают от других развитых стран на международной



Источник: по материалам Кристофера Чейза-Данна, 2000.

торговой арене. Огромный внутренний потребительский рынок супердержавы обеспечивает гораздо больший спрос, чем экономика других государств. Несомненно, международная торговля будет расширяться, по мере того как будут уменьшаться тарифы на транспорт и связь, но существенным препятствием на пути ее развития может стать недоверие к институтам государственного регулирования. Опрос общественного мнения, проведенный в более чем ста

странах Международной организацией «Трэнспэрэнси интернэшнл», основанной правительствами нескольких европейских государств, показал, что в 2003 г. степень доверия к государственным институтам в индустриально развитых странах составила 7,3 пунктов по десятибалльной шкале, а в развивающихся странах – 2,3. Каким образом правительства будут решать проблему интеграции, покажет следующая фаза развития мировой торговли. ■

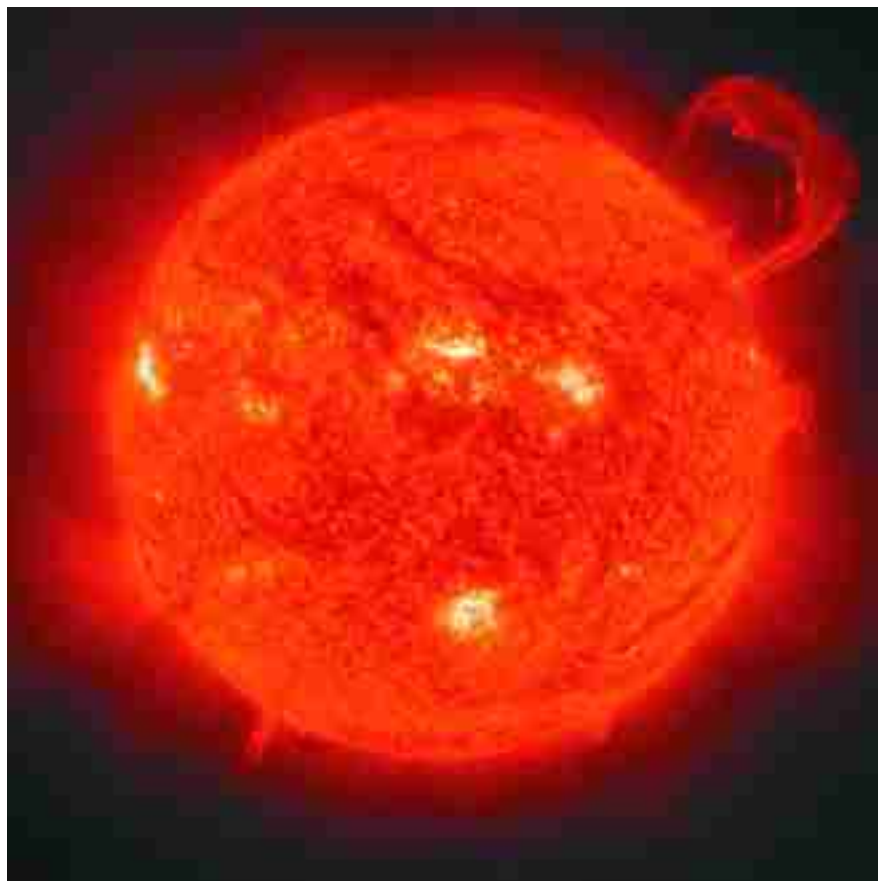
Дополнительная литература:

- Waves of Integration in the World-System. Christopher Chase-Dunn, Yukio Kawano and Benjamin D.Brewer in American Sociological Review, Vol. 65, Feb. 2000
- Globalization, Trade, and development: Some Lessons from History. Alan M.Taylor. National Bureau of Economic Research working paper 9326. November 2000.

растущая активность солнца

Сара Симпсон

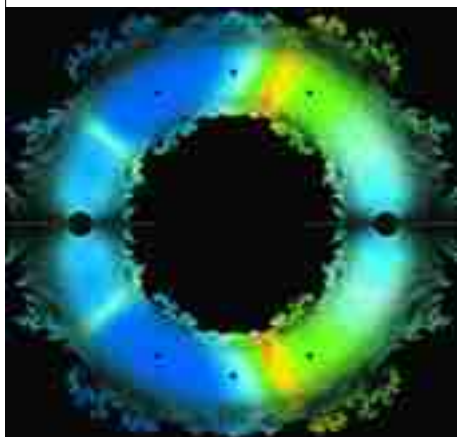
Данные, поступающие с шести спутников, ведущих наблюдение за Солнцем, говорят о том, что ответственность человечества за глобальное потепление, по всей вероятности, преувеличена. Поток солнечного излучения, в котором буквально купается наша планета, в течение последних 24 лет нарастал приблизительно на 0,05% в десятилетие. «Если процесс начался в первые годы прошлого века, то его следует рассматривать как важнейший фактор глобального потепления, основной причиной которого принято было считать антропогенные парниковые газы», – говорит Ричард Вильсон (Richard C. Willson) из Центра исследования климатических систем Колумбийского университета в Колорадо, штат Калифорния. Доклад был опубликован 4 марта в «Записках геофизических исследований». Оговорившись, что о воздействии плавных изменений солнечной активности на земной климат науке известно мало, Вильсон выразил уверенность, что в течение ближайшего столетия человечество убедится, что потеплением управляет Солнце. ■



Означает ли это глобальное потепление? Снимок Солнца в ультрафиолетовом диапазоне.

цифровой срез числа ρ

Уэйт Гиббс



Графическое изображение математических конструкций позволяет выявить их скрытую структуру. Цветные полосы на графике, отображающем все решения полиномиальных уравнений (в данном случае вида $\pm 1 \pm x \pm x^2 \pm x^3 \pm \dots \pm x^n = 0$, при n от 1 до 18), еще предстоит объяснить методами традиционного анализа.

ЧИСЛОВАЯ МЕЛЬНИЦА

Математические эксперименты требуют программного обеспечения, которое может манипулировать числами длиной в тысячи знаков. Дэвид Бейли написал программу для расчетов с точностью такого порядка, которая доступна на www.nersc.gov/~dhbailey/mpdist/ вместе с PLSQ-алгоритмом, позволившем открыть новую формулу для расчета ρ . Участие добровольцев в программе распределенных вычислений позволит проверить известную гипотезу Римана. (В 1859 г. немецкий математик Берхард Риман высказал гипотезу о том, что все нетривиальные нули зета-функции образуют некую кривую.) На сегодняшний день при помощи 5 тыс. задействованных компьютеров удалось отыскать более 300 млн. нулей. Подробнее см. www.zetagrid.net.

«Как ни странно, информационная революция, начатая Джоном Ньюманом и Аланом Тьюрингом, в настоящий момент почти не связана с наукой, которая ее породила», – так начинается книга Джонатана Борвейна (Jonathan M. Borwein) и Дэвида Бейли (David H. Bailey) *Experimentation in Mathematics*. По мнению авторов, за последние годы многое изменилось: компьютеры, которые раньше были просто большими калькуляторами, стали достаточно мощными, чтобы с их помощью можно было проводить эксперименты и совершать фундаментальные открытия.

В 1996 г., когда Бейли был ведущим технологом Национального научно-исследовательского вычислительного центра в Беркли, он вместе с коллегами разработал компьютерную программу для нахождения простых множителей натуральных чисел. Примерно в 300 г. до н.э. Евклид разработал методику поиска простых делителей, с помощью которой можно найти наибольший общий делитель двух натуральных чисел. А в 1977 г. Хельман Фергюсон (Helaman Ferguson) и Родни Форкейд (Rodney W. Forcade) предложили способ нахождения делителей для произвольного количества чисел. Основываясь на этом опыте, группа Бейли использовала компьютеры для вычисления таких фундаментальных констант, как $\log 2$ и др.

К большому удивлению ученых, после месяцев расчетов машины выдали формулы, которые позволяют рассчитать любой знак числа ρ или $\log 2$ без информации о старших разрядах, что раньше считалось невозможным.

Команда исследователей из Японии использовала этот алгоритм для проверки миллионного знака числа ρ , рассчитанного с помощью суперкомпьютера более медленным способом. Спонтанно появившаяся группа любителей

интегрировала алгоритм в широко распространенную программу распределенных вычислений, что позволило получить квадриллионный знак ρ . Серьезные математики принялись искать ответ на вопрос: является ли число ρ нормальным? Обычно мы считаем константу нормальной, если она принадлежит к одному из числовых классов. Так, число ρ является трансцендентным: его знаки продолжают бесконечно, а само оно не может быть представлено ни в виде простой дроби (например, $355/311$), ни в виде решения алгебраического уравнения (такого как, скажем, $x^2 - 2 = 0$). Во множестве всех чисел трансцендентные преобладают.

Для математиков «нормальность» ρ означает, что числа в бесконечном ряду начинающемся с 3,14159..., должны быть действительно случайными, т.е. вероятность появления 1 должна равняться $1/10$, 22 – $1/100$ и т.д. Ни одна последовательность цифр не должна превалировать в записи константы в разных системах счисления – десятичной, двоичной или любой другой.

«В настоящее время у нас нет возможности проверить нормальность даже одной константы», – сожалеет Борвейн, директор Центра эмпирической и прикладной математики в Университете Саймона Фрейсера в Британской Колумбии.

«Возможно, формула, найденная компьютерной программой, позволит решить эту задачу», – считает Бейли. Вместе с Ричардом Крэнделлом (Richard E. Crandall) из Колледжа Рида он показал, что алгоритм позволяет перевести задачу о нормальности в плоскость других, более изученных областей математики, таких как теория хаоса и псевдослучайных чисел.

«Решение многих задач, относящихся к теории чисел, похоже, не за горами», – предсказывает Борвейн. ■

МЕСТНЫЕ ИНИЦИАТИВЫ

Дэйвид Аппель

Федеральные власти США бездействуют, в то время как местные органы управления некоторых штатов предпринимают меры по очищению воздуха от газов, способствующих развитию парникового эффекта. Они достигли более ощутимых результатов, чем страны, подписавшие «Киотский протокол», который в США до сих пор не ратифицировали, предусматривающий сокращение выбросов в атмосферу соединений углерода. Инициативы местных властей помогут выработать властям федеральный подход к вопросам защиты окружающей среды. «За последние 2–4 года ситуация изменилась к лучшему», – утверждает Сюзан Тиерни (Susan Tierney), сотрудница консалтинговой компании *Lexecon* из штата Массачусетс. Инициаторами проведения программ по защите окружающей среды традиционно выступают Калифорния и Нью Джерси. Штаты Новой Англии также озабочены экологической обстановкой и содействуют использованию возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий.

«25 штатов успешно борются с парниковым эффектом, а всего в программе участвует 60 государств», – отмечает Барри Рейб (Barry Rabe), сотрудник Мичиганского университета в Анн-Арбор, автор исследования «Парниковый эффект и законодательство», в котором анализируются меры по защите атмосферы, проводимые в девяти штатах. Отмечено, например, что Техас опережает Францию по сокращению вредных выбросов в атмосферу. Здесь благодаря выдаче кредитов на развитие возобновляемых источников энергии в период с 1999 по 2002 год в шесть раз увеличилась выработка энергии ветровыми генераторами. В Нью-Хэмпшире власти предпринимают действенные меры для сохранения знаменитых кленов,



гибель которых может снизить поток туристов, желающих полюбоваться осенней листвой.

В Калифорнии в 2002 г. был принят исторический «Биль Павлей», вводящий жесткий контроль за выбросами автотранспортом вредных газов. Ограничения начнут действовать с 2009 г. Введение новых норм приведет к модификации всего автомобильного парка как в Калифорнии, так и в еще шестнадцати штатах, выразивших желание присоединиться к программе. Шесть штатов, входящих в состав Новой Англии, совместно с пятью канадскими провинциями подписали в 2001 г. законодательный План по изменению климата, предусматривающий сокращение вредных выбросов в атмосферу в 2010 г. до уровня 1990 г., а к 2020 – еще на 10%. По «Киотскому протоколу» США должны были бы уменьшить выбросы в 2008–2012 гг. на 7% по сравнению с 1990 г.

Только в 38 штатах были определены (замерены) объемы вредных выбросов, которые составляли 87% от общего объема загрязненного воздуха ▶

Замена автомобилей спортивного класса с большим потреблением топлива – одно из направлений по сокращению выброса углекислого газа.

ФАКТЫ:

Воздействие на атмосферу парникового газа пересчитывается по эквиваленту в миллионы тонн двуокиси углерода. При таком подсчете за основу принимается суммарный парниковый эффект от всех выбрасываемых в атмосферу газов и сопоставляется с двуокисью углерода.

- Предполагаемый выброс парникового газа в США за 2001 г.: 1883,3 ММТСО₂
- Выбросы в 1990 г.: 1683 ММТСО₂
- Программы, реализованные штатами: 20
- Объем сокращения выбросов в 2000 г.: 3,2 ММТСО₂
- Планируемый объем сокращения выбросов к 2010 г.: 71 ММТСО₂
- Планируемый объем сокращения выбросов к 2020 г.: 96 ММТСО₂
- Экономическая выгода к 2010 г.: \$8 млрд.

в США. Городские власти также участвуют в этом процессе. В борьбе за сохранение чистоты окружающей среды планируется перевести спортивные автомобили в ведение правительств штатов, использовать светодиоды для освещения автодорог. Суммарное сокращение вредных выбросов в семи штатах составило 1,2 млн. тонн в пересчете на двуокись углерода.

Совет местных экологических инициатив, объединяющий 141 участника, разработал 31 план по защите окружающей среды. Теперь общий выброс вредных веществ в атмосферу в городах-участниках организации составляет 16% от всего объема США.

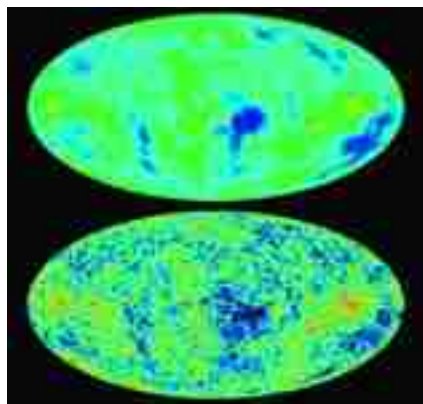
В ходе реализации программ в городах западного побережья – Сан-Диего, Портланд и Солт-лейк-сити – удалось сократить вредные выбросы на 10 млн. тонн. Несомненно, действия местных властей не заменят федеральное

законодательство, но они могут заставить представителей бизнеса задуматься о последствиях своих действий и придерживаться экологических стандартов. Иногда инициативы штатов встречают противодействие со стороны федеральных властей. «Нет разницы, о каком законодательстве идет речь: федеральном, штата или местном. Все они не способствуют, а порой препятствуют росту экономики и приводят к сокращению рабочих мест», – говорит Даррен Маккини (Darren McKinney), сотрудница Национальной ассоциации производителей, выступающей против подписания «Киотского протокола».

Тем не менее усилия местных властей компенсируют состояние эйфории, существующее у администрации Буша в вопросах экологии. А наша планета будет благодарна за любые действия, которые помогут ей стать процветающей. ■

НОВОСТИ ОТ WMAP

Джордж Массер



Вселенная в возрасте 380 тыс. лет, какой ее видели десять лет назад спутник COBE (вверху), а недавно – более зоркий аппарат WMAP (внизу). Желтым и красным цветами показаны более теплые (а следовательно, более плотные) области, а синим – более холодные (более разреженные).

Не так давно был запущен космический зонд WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), названный так в честь астрофизика Дэвида Уилкинсона (David Wilkinson). Установленная на его борту аппаратура для исследования анизотропии микроволнового космического излучения обладает в 30 раз большей разрешающей способностью, чем приборы более раннего спутника NASA COBE. Благодаря WMAP удалось перейти на совершенно новый уровень физических знаний. Результаты высокоточных измерений поляризации излучения подтвердили теорию расширения Вселенной и позволили установить, когда произошла ионизация межгалактического газа, вызванная самыми первыми звездами. Данные WMAP свидетельствуют об относительной нехватке малых пятен

в излучении и помогают разгадать давнюю загадку: почему во Вселенной меньше малых галактик, чем предсказывают некоторые модели. Наконец, WMAP подтвердил еще одно непонятное расхождение, выявленное еще зондом COBE, – отсутствие крупномасштабных угловых неоднородностей, которое может означать, что Вселенная конечна и имеет странную топологию. ■

Подробный отчет о результатах, полученных с помощью спутника WMAP, можно найти по адресу: arXiv.org/abs/astro-ph/0302207.

без телефона ЖИЗНЬ ТРУДНА

Дмитрий Мисюров



В июне 2003 года в дар Российской государственной библиотеке была передана уникальная коллекция таксофонных карт ОАО «Московская городская телефонная сеть», включающая более 300 карт, выпущенных с 1994 по 2003 год. Директор по библиотечной работе РГБ Нина Хахалева отметила, что коллекцию в библиотеке ждали уже давно: «Впервые в российской истории в библиотечный фонд попадают таксофонные карты. Они являются не только интересным историческим памятником своей эпохи, но и представляют несомненную художественную ценность». Храниться карты будут в отделе изданий – уникальном собрании печатных изобразительных материалов, содержащем более полутора миллионов альбомов, плакатов, эстампов, экслибрисов, гравюр, лубков, репродукций, открыток, произведений прикладной графики, фотографий и других изобразительных документов, причем некоторые экспонаты датируются XVII веком.

Коллекционирование таксофонных карт (телекартия) сродни филателии и нумизматике. В Интернете проходят даже аукционы телекартистов. В зависимости от тиража и года выпуска цена карты может достигать несколько сотен долларов. На выставке, открытой в связи с передачей коллекции, представлена редкая российская карта, выпущенная в 1990-х годах – детский рисунок с надписью: «Без телефона жизнь трудна, а с телефоном жизнь красна». Карточки в своеобразной форме отражают реалии нашей эпохи. Можно выделить тематические серии «Разум против наркотиков», «Чистый город», «Маленький принц», интересен проект под названием «Театр одного звонка». С большой ответственностью со-

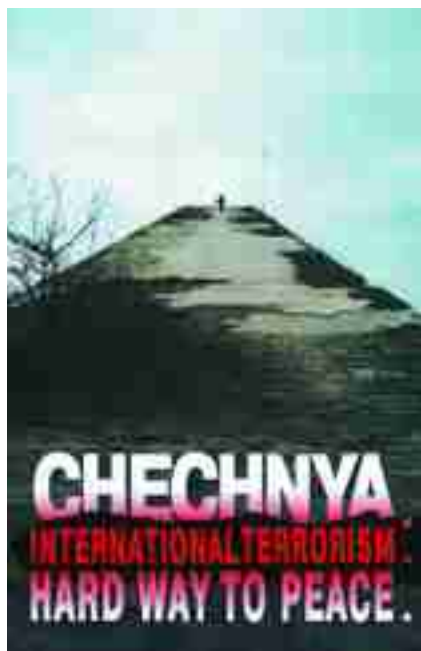
трудники МГТС подошли к разработке дизайна карты «Помогите детям!» в поддержку детей-инвалидов. В ряду исторических серий выделяются «История Российского флота», «История московского быта», «Слава России. Наградное оружие. Ордена». Специалисты компании постоянно следят за значимыми событиями в жизни Москвы и России и отражают их на картах: «55-летие Великой Победы», «Москве 850 лет», «А. С. Пушкину 200 лет», «Санкт-Петербургу 300 лет». Сейчас готовятся карточки с созвездиями, серия, посвященная Илье и Петрову, и другие.

Читателей библиотеки весьма интересует вопрос о скорейшем открытии основных фондов РГБ. К сожалению, внутренние работы по реконструкции книгохранилища затянулись на долгие годы, и фонды открываются постепенно и частично. А между тем в стенах Библиотеки находится уникальное по своей полноте и универсальное по содержанию собрание отечественных и зарубежных документов на 247 языках мира; объем фонда превышает 42 млн. единиц хранения. Здесь есть специализированные собрания карт, нот, звукозаписей, редких книг, диссертаций, газет и др. Количество записей в электронном каталоге РГБ приближается к 2 миллионам. ■

ТРУДНАЯ ДОРОГА **к** миру

Ольга Литвинова

Репортаж о фотовыставке, проходящей сейчас в городах Европы и Америки



Международная фотовыставка под общим названием «Чечня. Международный терроризм. Трудная дорога к миру.» уже полгода путешествует по миру. Старт был дан в Вашингтоне, далее – Нью-Йорк, Копенгаген, Берлин, Париж..

Экспозиция организована Московским союзом художников при содействии Информационного управления Президента РФ. Активное участие в ее подготовке приняли исполнительный директор Московского союза художников Г.Зарянкин, известный художник А.Будаев. Обширная коллекция фотоматериалов предоставлена корреспондентами ИТАР-ТАСС и «Известий».

«Название выставки, на мой взгляд, верно отражает не только ее направленность, но и ситуацию в самой республике. Путь к миру труден и тернист, но, как говорится, дорогу осилит идущий», – так прокомментировал открытие экспозиции глава администрации Чеченской Республики А.Кадыров. Выставка отражает два периода современной истории Чечни: военные снимки – свидетельства всех ужасов международного терроризма, и фотографии, отражающие процесс мирного строительства. На фотоснимках, запечатлевших современную Чечню, у людей светлые, вдохновенные лица: они хотят строить у себя новую жизнь, надеются, что на их дома никогда больше не обрушатся бомбы, а дети спокойно пойдут в школу. Снимки не приукрашивают действительность, они реально отражают дорогу от войны к миру, дорогу долгую и сложную.

«Худой мир лучше доброй ссоры», – гласит мудрая русская поговорка.

Бессмысленно ворошить прошлое, пытаюсь докопаться до истоков и виновников трагических событий, обрушившихся на Чечню. Сыграли свою роль и политические амбиции, и религиозный экстремизм, и жажда наживы. Невосполнимы и горьки наши потери в схватках с бандформированиями. Причины, вероятно, следует искать в слабости государственной машины: она, по словам В.Путина, не сработала.

Терроризм многолик и вездесущ, и никто не застрахован от него. Весь мир окончательно убедился в этом 11 сентября. 2001 г. Тем важнее и своевременнее выставка для западной цивилизации, где многие еще не поняли, какую опасность для каждого несет международный терроризм.

На открытии экспозиции в Копенгагене и Париже федеральный министр по делам Чечни С.Ильясов провел «круглые столы» и пресс-конференции для иностранных и российских журналистов, где подробно обрисовал нынешнюю обстановку в республике и планы на будущее. «Ознакомившись с выставкой, непременно заряжаешься верой в неизбежную победу жизни и добра над смертью и злом», – отметил в своей речи помощник Президента РФ С. Ястржембский.

Огромное внимание к трагической судьбе одной из российских республик не только не ослабевает в Европе, но и возрастает день ото дня. А потому выставка, вызывающая неподдельный интерес не только у политиков и журналистов, но и у простых людей, отправляется дальше – в Брюссель, Вену, Варшаву, Лондон, Рим...



разрешение НА ЭКСПЕРИМЕНТ

Гэри Стикс

Неужели ученому, **прежде** чем приступить к работе, требуется получить **заключение суда?**

Биологи исследуют функции гена и продуцируемого им белка, не задумываясь о том, запатентована соответствующая ДНК или нет. Теперь правительственные круги США требуют принять решение, которое обяжет всех ученых, прежде чем приступить к исследованиям, выяснить у юриста, не нарушают ли они права патентовладельцев.

Университеты и некоммерческие организации всегда исходили из того, что использование любого научного оборудования и материалов разрешено законом, т.е. научные работники освобождались от ответственности за нарушение патентного права. В 2002 г. апелляционный суд федерального округа – *CAFC* – вынес решение, ограничившее применение спасительной для исследователей уловки, что сделало ее практически бесполезной: согласно решению суда, теперь льготы распространяются только на «занятия, направленные на удовлетворение праздного любопытства или в философских изысканиях». Академическую науку суд счел действующей в «целях бизнеса» и привилегий лишил. Теперь исследователи будут вынуждены выкраивать средства, чтобы сначала провести патентный поиск и заключить лицензионные соглашения, а уж после ставить эксперимент.

Поводом для освобождения исследователей от ответственности за нарушение патентного права были судебные решения, принятые в 1813 г. Однако, по мнению юристов, введенное

послабление никому не принесло существенной выгоды. Адвокат Линн Пасахоу (Lynn H. Pasahow), занимающийся защитой интеллектуальной собственности совместно с калифорнийской юридической фирмой



Fenwick & West, заявляет, что льготы в области патентного права стали менее эффективными, поскольку университеты приобретают права на доходы от открытий, сделанных в ходе исследований.

Джон Мейди (John Madey), изобретатель лазера на свободных электронах, в 1997 г. возбудил дело против Университета Дьюка после того, как был уволен с должности заведующего лабораторией. В своем заявлении Мейди указал, что университет нарушил его авторские права, продолжая бесплатно использовать запатентованное им лазерное оборудование. Окружной

апелляционный суд вернул дело в суд нижней инстанции без рассмотрения, мотивируя это тем, что ответчик не имел права эксплуатировать уникальное оборудование без заключения лицензионного соглашения с Мейди, как с патентовладельцем, и соответствующих выплат последнему, прикрываясь льготой для научных сотрудников. После отказа университет Дьюка обратился в Верховный суд США, требуя пересмотреть решение суда. Коллегу поддержали несколько университетов и научных обществ.

Лита Нильсен (Lita Nelsen), возглавляющая лицензионный отдел Масачусетского технологического института, полагает, что большинство частных лиц и компаний не заинтересовано затевать громкие тяжбы с университетами. «Ученые обычно не задумываются о патентах, – говорит Нильсен. – Если кто-нибудь заявит: «У меня есть патент, и вы должны приостановить такую-то деятельность», – я прежде всего поинтересуюсь, насколько тщательно он все обдумал, и только после этого займусь защитой его прав».

Даже если Верховный суд не будет пересматривать дело «Мейди против Дьюка», прецедент поможет усовершенствовать действующее законодательство и прояснит, в каких случаях университеты и некоммерческие организации могут проводить исследования без предварительного звонка адвокату. ■

ПОД КРЫЛОМ самолета...

Легендарная эпоха советской авиации. Летчики были национальными героями, их имена – у всех на устах, мальчишки грезил о самолетах, об авиаторах снимали фильмы и пели песни, ими гордилась вся страна. В популярной детской энциклопедии тех лет «Что такое? Кто такой?» первая статья была посвящена авиамоделированию, которым увлекались и стар и млад. Героическая эпоха российского самолетостроения закончилась, но что ждет нас впереди?

О прошлом и будущем российской авиации, ее перспективах, роли и месте в современном мире рассуждает действительный член Российской Академии наук, президент Международного инженерного университета, посол России во Франции (1992–1999 гг.) Юрий Рьжов.

– Юрий Алексеевич, как развивалось наше авиастроение в последние десятилетия?

– В России была могущественная авиационная промышленность. На заре перестройки, в начале 80-х гг., СССР выпускал до 3 тыс. единиц авиационной техники в год – и военной, и гражданской, и спортивной. Я бы сказал, что у нас было перепроизводство и самолетов, и летчиков. Самолеты производились как для внутреннего рынка, так и на экспорт. Мы продавали много воен-

ной техники, в частности истребителей. Причем машины обладали прекрасными аэродинамическими характеристиками, маневренностью, прочностью, использовались новейшие композитные материалы.

В начале 70-х гг. наши МиГи покупали многие страны, а Индия производила их по лицензии. Всем хорош был МиГ, но то, что называется «электронным бортом» (т.е. системы опознавания, наведения и т.д.), оставляло желать лучшего. В 80-е годы Израиль предлагал всем желающим менять борт за \$5 млн. В России многие тогда считали, что нам самим пора осуществлять подобные переоснащения, но дальше разговоров дело не пошло: страна катастрофически отставала в электронных технологиях от ведущих мировых государств. Тем не менее, иностранные специалисты утверждают, что переоснащенные «МиГи» будут вполне работоспособны вплоть до 2010 г.

Военная техника составляла львиную долю нашей авиационной промышленности. Считалось, что для истребителя не так уж важна экономичность двигателя и даже его надежность, поскольку, по расчетам, срок жизни истребителя в условиях войны – полтора боевых вылета. Кстати сказать, за последние годы катастрофически упало количество учебных «налетов»: если нормой у военных летчиков считаются 170–200 часов в год, то сегодня летают от силы 20 и, соответственно, теряют квалификацию.

Гражданская авиация имеет свои приоритеты: здесь важна экономичность, надежность, а также безопасность пассажиров. Увы, наши самолеты не только неэкономичны (в советские времена при дешевом топливе это не имело принципиального значения), но

и неэкологичны – и по шумам, и по выбросам в атмосферу загрязняющих веществ, особенно на форсажных режимах (взлете и посадке). В связи с этим Международная организация гражданской авиации (ИКАО) стала вводить санкции, запрещать полеты наших самолетов в ряд стран.

– Каковы на сегодня объемы производства авиационной техники?

– В начале 90-х гг. они резко упали. Для того чтобы авиапромышленность выжила (я уж не говорю о ее развитии), необходимо выпускать хотя бы 500 самолетов в год, мы же не производим и 100. Основная причина – отсутствие платежеспособного спроса. В свое время у нас были разработаны новые интереснейшие модели гражданских самолетов, такие, как «Ту-204», «Ту-214», но за все эти годы их произвели буквально несколько единиц. Производители рады даже небольшим заказам на 20–30 машин, но подобное штучное производство не может быть эффективным. Продолжающиеся еще разработки держатся на энтузиазме старого поколения конструкторов.

– Удастся ли России продавать самолеты на Запад?

– Был предпринят ряд попыток выйти на западные рынки. Когда европейские страны задумали менять свои военнотранспортные самолеты на машины нового поколения, им был предложен весьма перспективный «Ан-70». Европейцы заинтересовались, вопрос неоднократно обсуждался на разных уровнях, однако России в конце концов было отказано. Такая же судьба постигла и другую российскую инициативу – попытку принять участие в совместном производстве большого самолета на 500 мест системы Airbus.



Россия рассчитывала получить заказ на производство панели крыла и гидравлики шасси – для этого у нас было и оснащение, и опыт. Однако нас вновь постигла неудача.

– *Это злой умысел или существуют объективные причины?*

– Иностранцы ездили по заводам, производящим комплектующие, и выяснили, что лишь малая часть их продукции соответствует международным нормам качества. Мы так долго были закрытой милитаризованной страной, что пришли к катастрофическому технологическому отставанию. Кроме того, относительные ассигнования на научно-исследовательские и конструкторские разработки начали сокращаться уже в 70-х гг. Приходится признать печальный факт – наше крупное авиастроение существовать самостоятельно и независимо уже не в состоянии.

– *Каков же выход?*

– Мы можем сохранить производство и, главное, рабочие места (не только в авиастроении, но и в целом в машиностроении), только работая совместно с иностранными фирмами.

По большому счету, не важно, кто станет хозяином завода, – важно, чтобы выпускалась качественная продукция, имеющая спрос и приемлемую цену; важно, чтобы производство давало рабочие места и достойную зарплату. В России так вопрос никогда не ставился. Та скромная доля гражданской продукции, которая все же выпускалась нашей милитаризованной индустрией, могла в советские времена быть любого качества – ее все равно брали, поскольку другой не было.

Кризис нашей военизированной экономики в 70-х гг. был предотвращен всплеском цен на нефть. И до сих пор практически вся наша экономика остается сырьевой, а это не способствует развитию высоких технологий.

– *Сколько лет «живет» самолет?*

– В авиации существует такое понятие, как планер, то есть фюзеляж, крылья, шасси и т.д. – все, исключая двигатель. Так вот, планер «носится» порядка 30 лет.



– *Как последние войны повлияли на перспективы самолетостроения?*

– Военные определяют предназначение, скажем, истребителя как средство завоевания превосходства в воздухе. Война в Ираке, а еще раньше – наша война в Афганистане показали, что требуется нетрадиционный подход к ведению боевых действий и несколько иные технические средства. Современным истребителям, например, в горах на сверхзвуковых скоростях делать нечего. Там нужен дозвуковой штурмовик со скоростью 600–700 км/ч хорошо защищенный броней, который будет работать среди гор на небольшой высоте, не боясь «Стингеров», и бить по объектам прицельно и точно. Был разработан проект такого штурмовика, однако афганская война к тому времени закончилась, денег в стране не было, и проект так и не был осуществлен. Я думаю, что западные государства будут разрабатывать новую технику, опираясь на опыт последних конфликтов в горячих точках. Впрочем, генералы всегда готовятся к прошлой войне...

– *Какова основная тенденция развития мировой авиационной промышленности?*

– По большому счету, в мире крупную технику выпускают две фирмы: *Boeing* в Америке и *Airbus* в Европе, причем в производство включены многие европейские государства. Мы же не смогли

объединить свои фирмы аналогичного назначения, хотя такая необходимость возникла еще в советское время. У нас по сей день большие машины – это КБ Туполева и Ильюшина; истребители и легкие самолеты – КБ Микояна, Сухого и Яковлева; вертолеты – это Камов и Миль. Мы до сих пор пытаемся позволить себе роскошь, от которой отказались богатые США и Европа.

– *Сколько времени нужно, чтобы осуществить проект нового самолета?*

– От момента закладки проекта, например, двигателя для истребителя до выхода в серийное производство проходило в среднем 17 лет. В принципе, процесс можно ускорить, но требуется система «виртуального» проектирования. Если при обычной технологии необходимо каждую деталь вычертить, подогнать, сделать образцы, проверить на прочность, на тепло, на вибрацию и т.д., то здесь многие операции продельвает компьютер. Такой системой, объединяющей 3000 компьютеров, пользуется *Boeing*. Компьютерное проектирование позволяет сократить процесс раза в полтора.

К сожалению, наши КБ такой системой не располагают. На одном из самых успешных предприятий – не более нескольких десятков «окон», не связанных по-настоящему в систему. Поэтому радужных перспектив у нашего авиастроения пока нет. ■

ТРЕЗВЫЙ Взгляд

Гэри Стикс

Инспектор Комиссии ООН по разоружению Ирака Рокко Касагранде **не нашел** в этой стране биологического **оружия**. Однако он подозревает, что власти не были до конца откровенны.

Биотехнологический центр им. Саддама при Багдадском университете славился своим оснащением – он был буквально напичкан тайком ввезенным в страну импортным оборудованием

для амплификации микроскопических количеств ДНК и приборами для фракционирования белков. «Казалось, будто вы находитесь в самой современной американской лаборатории», –

вспоминает Рокко Касагранде (Rocco Casagrande), начавший свои инспекционные поездки по Ираку в середине декабря 2002 г.

Центр был оборудован всем необходимым для амплификации ДНК с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР), позволяющей получать многочисленные копии нужного гена. И, как ни странно, вся эта баснословно дорогая техника использовалась для единственной цели – генетической идентификации коз, на которых, по утверждению иракских генетиков, проводились эксперименты по искусственному оплодотворению. Правда, с плодовитостью этих животных в Ираке все в порядке. Касагранде взял из лаборатории центра образцы и проверил записи в компьютере, но никаких свидетельств клонирования генов с целью создания биологического оружия не обнаружил. Возможно, здесь велись какие-то работы по клонированию человека, однако и это было лишь предположение, так что реальное назначение центра осталось тайной.

Этот загадочный случай не был единственным за три месяца пребывания Касагранде в Ираке. Но ни разу ни ему, ни другим инспекторам ООН не удалось выйти на след каких-нибудь патогенов – возбудителей сибирской язвы, ботулизма и т.д. Касагранде был одним из 10 представителей США в международной группе инспекторов из 100 человек, которые искали в Ираке



РОККО КАСАГРАНДЕ: СВИДЕТЕЛЬ ИСТОРИИ

- Один из 20 инспекторов ООН по биологическому оружию, которые обследовали 150 объектов на территории Ирака.
- Среди этих объектов были пивоварни, молочные комбинаты, больницы, аэродромы, полевые склады, фармацевтические предприятия, консервные заводы.
- «Покидая Ирак, я не был уверен, что в стране нет биологического оружия. Очень многое здесь говорило об обратном».

ядерное, химическое и биологическое оружие. Во время их пребывания (с декабря 2002 г. вплоть до отъезда из страны перед самым началом военных действий) за ними неустанно следило иракское телевидение. Иракцы знали всех инспекторов в лицо, они тут же становились объектом пристального внимания в любом магазине или ресторане.

В Ираке 29-летнему Касагранде, несколько лет назад получившему степень доктора в Массачусетском технологическом институте, пришлось заняться обустройством лаборатории, в которой он анализировал биологические образцы, собираемые во время ежедневных поездок по объектам.

Еще когда Касагранде работал над докторской диссертацией, он оказался участником коллоквиума в рамках Гарвардско-Сассекской программы по проблемам химических и биологических войн, руководителем которого был известный микробиолог из Гарвардского университета Мэтью Мезелсон (Matthew Meselson). Именно здесь Касагранде понял, что работа эксперта в области биологического оружия позволит ему осуществить две давние мечты – заниматься наукой и историей. До поездки в Ирак он работал над созданием биодетекторов. А в поле зрения госдепартамента США Касагранде попал после того, как в изданиях *Nonproliferation Review* и *Bioscience* появились его статьи о потенциальной опасности биологического оружия для зерновых и домашнего скота. Вскоре правительство рекомендовало его на одну из должностей в Организации Объединенных Наций.

Находясь в Ираке, Касагранде четко понимал, что положительный результат любого из бесчисленных тестов может отразиться на ситуации во всем мире. «Мы старались не думать о последствиях нашей деятельности, – говорил он. – Но мы осознавали, что ее результаты могли стать поворотным моментом в истории». Группа из 20 экспертов по биологическому оружию обследовала самые разные объекты – от пивоварен до военных предприятий.

Они знали, что вполне безобидное оборудование по производству пива или томатного сока можно использовать для культивирования возбудителя сибирской язвы и других патогенов.

В беседах с персоналом часто возникали тупиковые ситуации, порождаемые страхом, глубоко укоренившимся в сознании людей. В ответ на простой вопрос: «Как долго вы возглавляете это предприятие?» – можно было услышать пространные рассуждения, не имеющие никакого отношения к делу. Иногда реакция была просто враждебной. Касагранде вспоминает разговор с главой одного сельскохозяйственного исследовательского центра, который обвинял лично его во введении санкций против Ирака. Случалось, что персонал категорически отрицал наличие в учреждении тех или иных микроорганизмов. Работник одной университетской лаборатории утверждал, что не имеет никакого отношения к одному из штаммов возбудителя сибирской язвы, обнаруженного инспекторами (при этом штамм годился только для получения вакцины, а не для биологического оружия).

Инспекторов постоянно сопровождали иракские агенты. Между ними даже установились приятельские отношения. Во время одной из поездок на объект экспертам пришлось очень долго ждать, пока их сопровождающие подберут ключи к 150 зданиям, запертым на всяческие замки. Как оказалось, в строениях находились обычные боеприпасы. Один из охранников пошутил, что если нападение на Ирак все же произойдет, хорошо бы предупредить об этом месяца за три, чтобы они успели отпереть бункеры. Однако излишняя откровенность иракцев не могла остаться незамеченной. Как-то один из сопровождающих обмолвился, что завидует своим родственникам, эмигрировавшим в США, – больше инспекторы его не видели.

Американцы не нашли в Ираке то, что искали, и Касагранде покидал страну с чувством неудовлетворенности. Ему казалось странным, что руководство, придающее столь большое значение



Просто масло? Военный инспектор ООН Рокко Касагранде осматривает брошенные бочки с маслом на одной из ферм в 40 км к югу от Багдада. Январь 2003 г.

правильному оформлению всевозможных документов (фиксировалось даже перемещение обычной центрифуги из одной комнаты в другую), не может толком объяснить, куда подевались культуры патогенных микроорганизмов, оставшиеся после закрытия в Ираке программы по биологическому оружию, или огромное количество культуральных сред для их выращивания.

Были и такие места, в которые инспекторы не имели доступа. Биологическое оружие могло храниться в культовых сооружениях, которых в Ираке великое множество, например в построенной недавно мечети «Мать всех воинов» с минаретами, напоминающими нацеленные в небо ракеты «Скад». Вызывала подозрение и программа вакцинации населения против оспы.

И все же Касагранде не считает, что время потрачено впустую. Инспекторы вынуждены были прекратить работу досрочно, но собранная информация могла пригодиться в дальнейшем, при проведении полномасштабных обследований, которые позволили бы судить о наличии у Ирака тщательно скрываемых программ по созданию биологического оружия. В конце концов, аргументированные предположения о наличии запасов оружия могли послужить оправданием начала военных действий – пусть даже задним числом. ■

уничтожить, чтобы сохранить

Филип Ям



Хроническая изнуряющая болезнь (родственница коровьего бешенства) распространяется среди диких оленей в некоторых районах США. Если ситуацию не контролировать, заболевание нанесет североамериканским популяциям оленей невосполнимый ущерб. Оно может оказаться опасным и для домашнего скота и людей.

Место, получившее название «**ЗОНА ЛИКВИДАЦИИ**», расположено в 65 км от города Мадисон (штат Висконсин) и занимает площадь 1 100 кв. км. Здесь живут, а точнее – жили, тысячи **белохвостых оленей**.

В прошлом году департамент природных богатств штата Висконсин принял решение об уничтожении в этой местности свыше 18 тыс. оленей. Осенью туши убитых животных доставлялись в места регистрации, где государственные служащие в защитных костюмах и перчатках выгружали их из грузовиков и помещали на раскладные столы с пластиковым покрытием. С помощью слесарных ножек они отпиливали у мертвых животных головы, упаковывали их в мешки и отсылали для дальнейших исследований. Туши оленей сжигались.

Висконсинские власти устроили отстрел в надежде остановить распространение смертельно опасного заболевания диких оленей, получившего название хронической изнуряющей болезни (ХИБ), и предотвратить заражение ею еще 1,6 млн. этих животных. Тестирование позволило специалистам оценить масштабы эпизоотии (примерно 1,6% общего поголовья белохвостых оленей) и выяснить, способен ли отстрел замедлить темпы ее разрастания. Сегодня не существует каких-либо тестов, позволяющих обнаруживать ХИБ у внешне здоровых оленей – для ее выявления необходимо лабораторное исследование ткани головного мозга.

Болезнь возникает, если в организме присутствует некий патогенный фактор, который вспенивает ткань головного мозга многочисленными микроскопическими пузырьками (вакуолями) и вызывает образование токсических скоплений белка (амилоидных бляшек), что приводит к массовой гибели нервных клеток. Долгое

время ХИБ встречалась лишь в одном месте близ Скалистых гор, сегодня она зарегистрирована уже в 14 штатах США и в двух канадских провинциях. Она легко передается от одного оленя другому: похоже, естественная устойчивость к ней у этих животных отсутствует. «Эпизоотия будет набирать силу и впредь, – комментирует ситуацию Майкл Миллер (Michael W. Miller), эксперт по ХИБ из колорадского отделения Фонда дикой природы. – Сама собою она никогда не прекратится».

Тревога специалистов оправдана: хроническое изнурение оленей относится к тому же семейству болезней, что и печально известная губчатая энцефалопатия домашнего скота (ГЭДС), называемая в обиходе коровьим бешенством. Впервые зарегистрированная в Великобритании в 1980-х гг., в настоящее время она встречается в 25 странах мира. В 1996 г. ученые установили, что болезнь может передаваться людям, употребляющим в пищу зараженное мясо, и приводить к развитию у них смертельно опасного состояния – вариантной болезни Крейтцфельдта-Якоба (ВБКЯ), отличающейся от обычной спорадической БКЯ, которая возникает спонтанно у одного человека из миллиона. Сегодня специалисты пытаются выяснить, способна ли ХИБ заражать людей и домашний скот и, следовательно, может ли она стать американским «аналогом» английского коровьего бешенства.

Патогенный белок

Патогенный фактор, ответственный за все упомянутые выше болезни, получил название приона. Прион – белок,

присутствующий в организме всех животных. Его молекула может принимать две различные пространственные конфигурации. Нормальный прионный протеин (*PrP*) (т.е. прионный белок с нормальной структурой) изобилует в нейронах головного мозга и принимает участие в метаболизме меди. Аномальный (деформированный) *PrP* превращается в смертельно опасный патоген: он может изменять конфигурацию нормального *PrP* по своему образу и подобию, т.е. обладает способностью к воспроизведению себе подобных.

Прионы не содержат ни ДНК, ни рибонуклеиновой кислоты (РНК), поэтому необычайно устойчивы к внешним воздействиям. Ультрафиолетовый свет, формальдегидные ванны и кипячение, быстро разрушающие нуклеиновые кислоты бактерий и вирусов, почти не влияют на аномальные прионы. Зараженную прионами ткань ученые подвергали воздействию сухого жара при температуре 600°C, но через три года они обнаружили, что патогенные частицы, хотя и значительно ослабленные, сохраняли свои инфекционные качества. Врачи, сами того не ведая, заражали своих пациентов прионовыми болезнями через хирургические инструменты и трансплантируемые органы, предварительно подвергшиеся стандартным процедурам стерилизации.

История болезни

Главная причина быстрого распространения ХИБ кроется в необычайной жизнеспособности аномальных прионов. Заболевание было впервые зарегистрировано в 1967 г. на биостанции в Футхилсе в штате Колорадо. ▶

Оно возникло у нескольких чернохвостых оленей, содержащихся в неволе (это самый многочисленный олень на западе США). Больные животные в течение нескольких недель теряли в весе, у них возникали приступы жажды, вынуждавшие их выпивать большое количество воды и, соответственно, выделять много мочи; отмечалось и обильное слюноотделение. Больные олени нередко прекращали общаться с сородичами, становились вялыми, апатичными и предпочитали стоять в стороне, понунив головы. Смерть обычно наступала через 3-4 месяца после появления первых симптомов ХИБ (некоторые животные, впрочем, погибали спустя несколько дней, а другие – только через год после начала болезни). Продолжительность инкубационного периода колеблется от 20 до 30 месяцев.

Биостанция в Футхилсе превратилась для оленей в смертельную западню. Между 1970 и 1981 гг. 90% этих животных, проводивших здесь более двух лет, погибали от ХИБ или подвергались эвтаназии. В 1980 г. болезнь распространилась за пределы Колорадо и была обнаружена в Исследовательском центре в Сибилле, расположенном в юго-восточной части штата Вайоминг, приблизительно в 200 км к северу-западу от Футхилса. Поскольку две упомянутые биостанции обменивались оленями в целях их скрещивания, исследователи предположили, что ХИБ – инфекционное заболевание, которым могут заражаться даже другие виды животных: в обоих центрах хроническим изнурением вскоре

заболели и лоси. (Олени и лоси принадлежат к одной группе млекопитающих – семейству оленевых.)

Долгие годы ученые считали ХИБ результатом неправильного кормления животных, отравления или стресса, связанного с их содержанием в неволе. Но в 1977 г. Элизабет Уильямс (Elizabeth S. Williams) из Университета штата Колорадо, пришла к совершенно иному выводу. Исследуя срезы мозга больных оленей, она увидела в ткани множество микроскопических вакуолей. Полости были точно такие же, как при скрепи – болезни овец, которая фактически и была первой зарегистрированной формой губчатой энцефалопатии.

По сути дела, ХИБ берет свое начало от скрепи. Ричард Рейс (Richard E. Race) из лаборатории в Скалистых горах при Национальном институте здравоохранения в штате Монтана провел серию лабораторных исследований, не выявивших каких-либо различий между аномальными *PrP* овец, больных скрепи, и оленей с хроническим изнурением. Ученые из Национального центра заболеваний животных в штате Айова также не обнаружили каких-либо различий между патологическими изменениями тканей в образцах головного мозга лося с ХИБ и лося, экспериментально зараженного скрепи. (От скрепи, возможно, появилась и ГЭДС: эта болезнь возникла у коров после того, как им давали корм, в котором содержалось мясо инфицированных скрепи овец.)

В отличие от коров, больных ГЭДС (и людей, страдающих ВБКА), олени

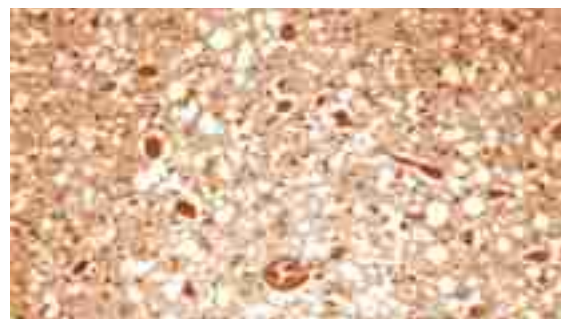
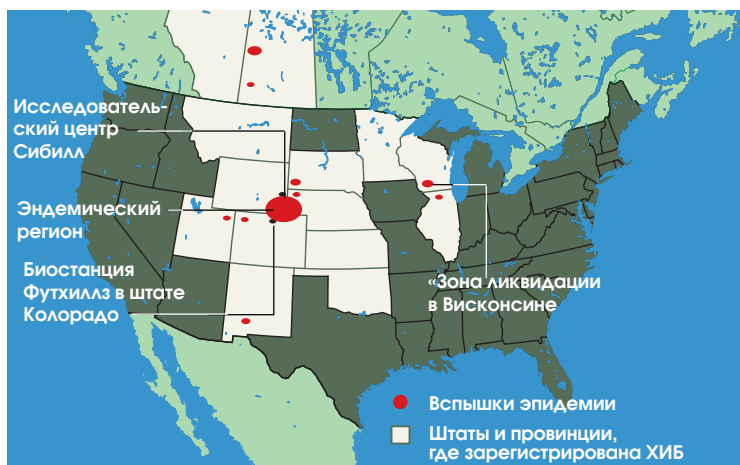
заражаются ХИБ не через пищу, однако способ передачи инфекции пока не ясен. Возможно, прионы присутствуют в моче животных. Во время гона каждый самец слизывает мочу десятков самок, чтобы определить их готовность к спариванию. Самки лося вылизывают самцов, обрызгивающих себя мочой. Животные могут заражаться ХИБ и через слюну: и олени, и лоси во время приветствий при встречах облизывают друг другу нос и губы. Лоси, разводимые на ранчо, могут «обмениваться» слюной во время кормежки из одной кормушки. Не исключено, что они поглощают патоген на пастбищах, где оставили помет, мочу и слюну больные ХИБ животные.

В 1985 г. ветеринары выявили ХИБ у оленей и лосей, живущих на воле в радиусе 50 км от обеих биостанций. Ученым до сих пор не ясно, возникла ли болезнь у диких животных, а затем поразила оленей, живущих в загонах, или наоборот. Времени для контактов между ними было предостаточно. В сезон спаривания дикие олени обнюхивали и вылизывали домашних через ограждения из перекладин. Зараженные животные могли убежать из загонов или их выпускали на волю ничего не подозревающие о недуге работники биостанций.

Болезнь быстро распространялась, пока наконец не охватила территорию площадью 40 тыс. кв. км – северо-восток Колорадо, юго-запад Вайоминга и (с 2001 г.) юго-запад Небраски. Заболеваемость в этой эндемической области составляет 4–5%, но в некоторых местах она достигает 18%. Чтобы остановить дальнейшее распространение заболевания, научно-исследовательские центры прекратили взаимный обмен содержащимися в неволе животными. Большую надежду ученые возлагали на горы, которые, по их мнению, вполне смогли бы удержать ХИБ в пределах образованной эндемической области. Однако обойти естественные препятствия болезни помогли сами люди, развозившие зараженных животных на грузовиках.

ОБЗОР: ХРОНИЧЕСКАЯ ИЗНУРЯЮЩАЯ БОЛЕЗНЬ

- Хроническая изнуряющая болезнь (ХИБ) – смертельно опасное заболевание, быстро распространяющееся среди диких оленей в некоторых областях США. Оно убивает животных, «забывая» головной мозг токсичным белком.
- Болезнь вызывают белки, получившие название прионов. Из-за их необычайной устойчивости к внешним воздействиям и длительного инкубационного периода ХИБ контролировать распространение заболевания очень сложно.
- Ученые пытаются выяснить, возможно ли заражение ХИБ домашнего скота и людей.



Хроническая изнуряющая болезнь приводит к истощению оленей и лосей. Эпизоотией охвачены 14 штатов США и некоторые канадские провинции (см. карту). В лаборатории ученые исследуют ткань головного мозга отстреленных в Висконсине белохвостых оленей. В частности, они пытаются обнаружить аномальные прионные белки. В образце мозговой ткани чернохвостого оленя такой белок выделен красным цветом (см. микрофотографию справа).

География эпизоотии

В США и Канаде оленей и лосей содержат и разводят примерно 11 тыс. фермерских хозяйств. Первый случай возникновения ХИБ у животного с фермы был зарегистрирован в 1996 г. К 2001 г. сообщения о болезни поступили уже с 20 ранчо в 6 штатах США и в одной канадской провинции. В результате радикальных мер (уничтожения животных) ситуация была взята под контроль.

Тем не менее транспортировка инфицированных оленей могла привести к заражению диких популяций этих животных как в этих штатах, так и за их пределами (например, заражению белохвостых оленей в висконсинской

зоне ликвидации). Неизвестно, однако, когда и каким образом чернохвостые олени могли заразить белохвостых – самых многочисленных оленей на Востоке США. «К тому времени, как эти факты всплыли на поверхность, – говорит Миллер, – болезнь, возможно, сидела там уже десятилетиями. Так что оглядываться назад и пытаться воссоздать истинный ход событий – дело безнадежное». Исходя из уровня заболеваемости оленей в висконсинской зоне ликвидации (около 2%) и предсказаний эпидемиологов, Миллер полагает, что болезнь появилась там в начале 1990-х гг.

Опыт изучения ХИБ в Висконсине может пригодиться всем ученым,

занимающимся прионовыми болезнями. «Главное – выявить очаг заболевания и уничтожить в этой области всех животных», – говорит Уильямс. В Висконсине вполне возможно быстрое распространение ХИБ: на юго-западе штата плотность популяции оленей очень высока – 50–100 оленей на 2,5 кв. км, что в 10 раз больше соответствующего показателя в эндемической области вокруг станции в Футхилсе. «А можно и вообще ничего не делать, – говорит Уильямс и тут же добавляет: – Знаете, рано или поздно ситуация все равно сама стабилизируется».

К концу марта висконсинские охотники отстрелили 9 287 оленей, что сократило их осеннюю популяцию на 25%, ▶



Обезглавленные туши оленей, отстреленных в висконсинской «зоне ликвидации» в марте 2003 г. Для полного разрушения прионов их доставляли на грузовиках к месту сжигания.

но отнюдь не искоренило ХИБ. А значит, массовый отстрел животных скорее всего будет продолжен.

Хроническое изнурение и оленина

Неизвестно, может ли ХИБ поражать людей. В одном из лабораторных исследований ученые смешали прионы, ответственные за ХИБ, с нормальными

прионными белками оленей, людей, овец и коров. ХИБ-прионы с трудом трансформировали нормальные человеческие PrP в аномальные – изменение структуры претерпело не более 7% белка. С другой стороны, ХИБ-прионы преобразовывали PrP человека с такой же эффективностью, что и прионы, ответственные за развитие ГЭДС. А поскольку ГЭДС заражает людей,

такую же опасность может представлять и ХИБ. Впрочем, говядину люди едят гораздо чаще, чем оленину, так что угроза общественному здоровью со стороны ХИБ неизмеримо меньше.

Чтобы выяснить, поражает ли ХИБ людей, сотрудники центров по контролю и предупреждению заболеваний изучили обстоятельства смерти трех юношей, употреблявших в пищу

оленину и скончавшихся от БКЯ. Все они были не старше 30 лет, а БКЯ в таком возрасте отмечается крайне редко. Первой жертвой стал 28-летний кассир из штата Мэн, умерший в 1997 г.; оленину и лосятину он ел ребенком. Вторым в 1999 г. умер 30-летний продавец из штата Юта, регулярно охотившийся на оленей начиная с 1985 г. Третий пострадавший – 27-летний водитель грузовика из Оклахомы, скончавшийся в 2000 г.; оленину он ел, по меньшей мере, раз в год. Исследование

центра заболеваний животных в Амесе, штат Айова, ввел суспензии мозговой ткани, полученные от больных ХИБ чернохвостых оленей, в головной мозг 13 бычков абердин-ангусской породы. Двое животных заболели ХИБ через два года после заражения, трое других – спустя 5 лет. В ноябре 2002 г. ученый приступил к новой серии экспериментов, на сей раз с использованием суспензии мозговой ткани, полученной от больных ХИБ белохвостых оленей.

Хроническая изнуряющая болезнь не причинила пока никакого вреда американскому домашнему скоту. К сожалению, этого сказать нельзя в отношении других животных. Когда в лесу умирает больной олень, его останками кормятся многочисленные койоты, рыси и прочие падальщики. Кроме того, в клинической фазе заболевания изрядно ослабевшие животные становятся легкой добычей хищников. В отличие от представителей семейства псовых, кошки не обладают

Наиболее эффективное средство для приостановки распространения смертельно опасной болезни оленей – массовое уничтожение этих животных.

тканей 1037 оленей и лосей, отстреленных во время охотничьего сезона в 1999 г. в тех же регионах, где было добыто мясо, которое потребляли жертвы БКЯ, не выявило ХИБ ни в одном случае. А в головном мозге пострадавших не было обнаружено каких-либо поражений или изменений, характерных для человеческих прионовых заболеваний.

Однако делать окончательные выводы о том, что ХИБ не представляет никакой опасности для людей, явно преждевременно. Продолжительность инкубационного периода прионовых заболеваний достигает 40 лет, а заметное распространение ХИБ отмечается только в последнее десятилетие. Учитывая это обстоятельство, а также тот факт, что прионовые болезни могут заражать и людей, ученые предупреждают население от потребления продуктов, которые могут содержать мясо животных с признаками губчатой энцефалопатии.

Кроме того, исследователи пытаются выяснить, представляет ли ХИБ угрозу для домашнего скота. Амир Хамир (Amir Namir) из Национального

Впрочем, заражения быков и коров ХИБ в естественных условиях не отмечалось. Уильямс установила, что коровы, которые вот уже более 5 лет содержатся в тесном контакте с больными животными, остаются здоровыми и по сей день. Пока не обнаружены признаки прионовых заболеваний и у быков, содержащихся в загонах, где лежат разлагающиеся туши оленей, умерших от ХИБ. Уильямс пытается также выяснить, возможно ли заражение животных через инфицированное мясо. С этой целью в ноябре 2001 г. она начала скармливать телятам ткань головного мозга больных оленей. В связи с длительным инкубационным периодом прионовых заболеваний на завершение этих экспериментов уйдет еще несколько лет.

природной невосприимчивостью к прионовым заболеваниям. Сегодня ученые изучают возможность заражения ХИБ пум.

Наиболее действенное средство прекращения или хотя бы приостановки распространения смертельно опасной болезни оленей – массовое уничтожение этих животных. Можно надеяться, что, когда эпизоотия прекратится, в американских лесах останутся олени, резистентные к ХИБ. Ведь обладают же невосприимчивостью к скрепи некоторые линии овец. Однако ученые считают, что среди белохвостых и чернохвостых оленей таких животных нет. Как ни горько, но спасти американских оленей может только их массовое истребление. ■

ОБ АВТОРЕ:

Филип Ям (Philip Yam) – редактор раздела новостей *Scientific American*. Эта статья написана по материалам его книги *The Pathological Protein: Mad Cow, Chronic Wasting And Other Deadly Prion Diseases*. Copernicus Books, 2003. («Патологический белок: коровье бешенство, хроническое изнурение»).

Эпоха двойной спирали

50-летний **юбилей** важнейшего
события в истории **генетики**.

Интервью с академиком
РАН и РАСХН
Е. Д. Свердловым



В истории науки случаются открытия, определяющие целую эпоху дальнейших исследований, поднимающие обширный пласт как серьезных разработок, так и не менее серьезных экзистенциальных проблем. Таким знаковым событием стало открытие в 1953 г. двойной спирали ДНК, ознаменовавшее новую эру науки.

Кто мы и откуда? Сотворены ли по образу и подобию Божьему или произошли в процессе эволюции путем естественного отбора? Каковы взаимосвязи человека с окружающим миром? Является ли человек царем природы или стоит в одном ряду с другими животными, существенно не отличаясь от них?

Об этом и о многом другом мы беседуем с Евгением Давидовичем Свердловым, академиком РАН и РАСХН, директором Института молекулярной генетики РАН и заведующим лабораторией структуры и функций человека Института биоорганической химии им. М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН.

– Евгений Давидович, все ли организмы имеют ДНК?

– ДНК есть у всего живого. Некоторые вирусы (которые, впрочем, являются не живыми существами, а комплексом очень сложных молекул, которые начинают «жить» только попадая в живую клетку) имеют вместо нее РНК – другой вариант самовоспроизводящейся генетической молекулы. Таков, например, вирус атипичной пневмонии (см. журнал «В мире науки» №8 «Очевидное-невероятное; атипичная пневмония»).

– Всегда ли спираль имеет двойную структуру?

– Есть вирусы, которые содержат одинарную ДНК, которая затем все равно переходит в двойную. Т.е. двойной принцип всегда осуществляется на той или иной стадии.

– Что проку современному обывателю от ДНК?

– С момента открытия двойной спирали и по сей день, особенно после расшифровки генома человека, научные изыскания приносят значительные практические результаты. Для человечества

в целом – это лекарства и вакцины нового поколения, необычайно эффективные методы диагностики и трансгенные растения и животные как средство интенсификации сельского хозяйства.

– Трансгенные продукты вызывают у большинства людей определенные опасения...

– Можно спорить о том, насколько они опасны, но это свершившийся факт, не зависящий от нашего предубеждения. Физики, например, считают, что, как бы мы ни относились к ядерной энергии, это энергетика будущего, без которого дальнейшее развитие невозможно. То же самое можно сказать о трансгенных растениях и животных – это наше будущее. Еще Томас Р. Мальтус – английский священник, экономист и математик (1766–1834 гг.) – подсчитал, что человечество растет в геометрической прогрессии, а производство продуктов питания – в арифметической, следовательно, перенаселение и конфликт между потребностями человека и возможностями земли неизбежен. Более того, он уже существует: огромное количество людей живет впроголодь, и, чтобы их накормить, необходима интенсификация сельского хозяйства. Причем речь идет не только о трансгенных растениях, но и о создании стад клонированных животных с внесенными генетическими изменениями, повышающими их хозяйственную ценность.

– Каковы перспективы терапии нового поколения?

– Генная или клеточная терапия основана на превращении стволовых клеток в любые другие необходимые для организма клетки. Стволовыми называют «родоначальные» клетки, входящие в состав постоянно обновляющихся тканей млекопитающих, способные развиваться в различных направлениях и обеспечивающие восстановление ткани при гибели части ее клеток. Такие клетки можно использовать для лечения, допустим, диабета, подсаживая больным производящие инсулин клетки поджелудочной железы. Страдающим

болезнью Паркинсона можно вживлять клетки нервной системы. Главное – можно использовать стволовые клетки самого больного, вводить в них новую генетическую информацию и таким образом превращать их в те клетки, которые у человека повреждены. Это позволяет избежать конфликта с иммунной системой, поскольку организм получает свои собственные клетки и не отторгает их, как случается при пересадке органов.

– Подобные операции уже проводятся?

– Пока это только разработки, имеющие, однако, реальную перспективу. В будущем, вероятно, при рождении человека можно будет выделять определенное количество его стволовых клеток и сохранять их для того, чтобы в случае необходимости превращать в любые необходимые клетки: нервные, клетки мозга, кожи, печени и т.д.

– Расскажите, пожалуйста, о работе Вашей лаборатории структуры и функций генов человека.

– В качестве примера можно привести наши исследования по выделению гена интерферона человека. Этот ген программирует синтез интерферона, который в начале 1980-х гг. считался универсальным средством, с помощью которого можно лечить все вирусные заболевания, рассеянный склероз и даже рак. Прогнозы относительно универсальности не подтвердились, однако в некоторых случаях препарат оказался очень эффективным. В те годы про интерферон знали очень мало, его выделяли из крови, и, по подсчетам, для того, чтобы получить достаточное его количество для исследований и для медицинских нужд, пришлось бы взять всю кровь всего человечества. Каким же образом получить интерферон? Развивавшаяся генная инженерия, основанная на работе с ДНК, позволила решить данный вопрос: из ДНК человека выделялся необходимый ген, который затем вводился в бактериальную клетку, например в кишечную палочку, где он начинал работать так же, как в человеческом организме, производя тот же продукт – в данном случае интерферон. ▶

Таким образом, введя ген человека в кишечную палочку и заставив ее производить интерферон, мы избавились от дефицита данного вещества – ныне он производится на микробиологических заводах, где в огромных емкостях растут бактерии и выделяют интерферон. Следуя данному принципу, можно ввести необходимый ген, допустим, в корову, которая будет выделять в молоко некий ценный продукт, который невозможно получить иным путем.

Например, цесаревичу Алексею, страдавшему гемофилией А, необходимо было вещество, называемое фактор-8 свертываемости крови, но в те времена он был неизвестен. Сейчас его можно получать вышеупомянутым способом,

выполнять свои функции в любом другом живом организме, будь то бактерия, дрожжи, животное.

– *Возможно ли с помощью воздействия на ДНК лечить рак?*

– Рак – очень трудная болезнь. Помимо того, что существует около ста основных его видов, у каждого человека он протекает по-своему. Поэтому универсальных средств терапии пока нет. Все заболевания (не только рак) было бы неплохо лечить индивидуально, как в свое время пытались делать земские врачи, но у них не было для этого средств. Сейчас уникальные возможности если еще не существуют, то уже очевидны, генная терапия стала реальным путем к индивидуальному подходу.

структура генома человека, исследователи получили колоссальную информацию, открывающую широкие возможности.

– *Возможна ли генетическая диагностика?*

– Допустим, при рождении человека можно выделить его гены, нанести на пластину, а потом, по мере роста, брать кровь и, используя сохраненные гены, диагностировать заболевания на ранней стадии. Такой метод дал бы возможность обследовать целую популяцию, выявить предрасположенность к тем или иным недугам на основе совокупности данных о всех генах человечества. Массированная генетическая диагностика дала бы возможность

Человеческий ген может успешно выполнять свои функции в любом другом живом организме

вводя соответствующий ген в организм козы, которая выделяла бы его в молоко. Тогда было бы достаточно очень небольшого стада, чтобы обеспечить спасительным лекарством всех жертв «царской болезни». Если бы подобные технологии существовали на заре XX века, несчастный цесаревич не мучился бы, тогда, вероятно, не появился бы Распутин, и, кто знает, возможно, история пошла бы по иному пути...

Эти примеры наглядно демонстрируют потенциал исследований ДНК. Можно получить большой спектр регуляторов активности человеческого тела в организме животных или бактерий.

Кстати сказать, возможность встраивания генов из одного организма в другие и их работы в новом организме можно считать доказательством единства всего живого на Земле. Если бы человек был существом уникальным, резко отличающимся от других обитателей планеты, его гены тоже были бы уникальными и не воспринимались бы другими организмами. Однако человеческий ген может успешно

Особенность рака в том, что раковые клетки плохо распознаются организмом, поскольку являются не инородными, а собственными переродившимися клетками. Кроме того, на определенной стадии они начинают угнетать иммунную систему. Для лечения рака с помощью генной терапии необходимо выделить больные клетки, ввести в них некий ген, который позволит иммунной системе распознать их, а затем внедрить обратно в организм больного. Иммунная система реагирует на «чужаков», включается – и опухоль начинает рассасываться. На животных подобные опыты дают положительные результаты, однако до реального лечения людей, очевидно, еще далеко. Подобные исследования допускается проводить (даже на добровольцах) только на поздней стадии заболевания, когда весь организм пронизан метастазами, в то время как любая терапия наиболее эффективна на ранних этапах. Но если бы не ДНК и связанные с ней технологии, ученые и думать не могли бы о подобных подходах. Когда была установлена

определять не болезнь, а ее вероятность, и заранее осуществлять профилактику. Уже сейчас появляются безопасные вакцины нового поколения, обладающие широким спектром действия. Генетический подход открывает широкие возможности для диагностики. Если бы атипичная пневмония возникла 50 лет назад, ее сочли бы гриппом с осложнениями. Благодаря анализу генетического материала была определена природа вируса. Еще не умея лечить, медики имеют возможность по крайней мере принимать эпидемиологические меры и предотвращать распространение заболевания.

– *Можно ли методами работы с ДНК осуществлять пренатальную диагностику?*

– Конечно. К сожалению, мы еще не умеем лечить многие тяжелые наследственные заболевания, но можем выявлять предрасположенность к ним и заранее предупреждать родителей. Кроме того, существуют отклонения, терапия которых возможна только на самых ранних стадиях. Так, фенилкетонурия –

наследственное заболевание, которое диагностируется у новорожденных, излечивается главным образом с помощью специальной диеты. Если же момент упущен, развиваются неизлечимые умственные отклонения и многие другие неприятные симптомы.

– *Что такое клонирование с точки зрения ДНК?*

– Точную копию ДНК клонировать невозможно. Она была отобрана природой в качестве нашего генетического материала, в частности, из-за способности постоянно меняться. С одной стороны, она стабильна – благодаря этому дети похожи на родителей, а с другой – нестабильна, а потому дети только похожи, но не являются их точной копией. Именно так шла эволюция. Будь ДНК абсолютно стабильна, живые организмы не претерпевали бы никаких изменений, и некие микроорганизмы, что обитали на Земле 3,5–4 млрд. лет назад, никогда не развились бы в более сложные существа.

– *Т.е. овечка Долли не была точной копией «изначальной» овцы?*

– Нет, их ДНК не идентичны. Появление Долли всколыхнуло общественность, но никто не задумался над тем, что клонирование в принципе невозможно. Однако есть и другие аспекты. Клонированные животные всегда нездоровы и имеют серьезные отклонения. Так, Долли очень рано начала страдать старческими заболеваниями, в частности артритом. При этом мы никогда не узнаем, насколько ее мозг отличался от мозга обычного животного.

– *Сколько всего было клонировано животных и каких?*

– Сотни: от мышей до кроликов, коз, свиней, крупного рогатого скота. Но во всех известных мне случаях животные имели заметные отклонения от нормы – ожирение, нездоровую иммунную систему, преждевременное старение и неожиданную смерть.

– *А от чего умерла Долли?*

– Она прожила шесть лет, страдая прогрессирующим заболеванием легких, артритом, ожирением, но оставалась способной к размножению. В конце

концов у нее развился рак легких, и ее вынуждены были усыпить.

– *Возможно ли искусственное конструирование человека?*

– Невозможно получить точную матрицу того, что бы вы хотели, – ДНК меняется непредсказуемо. Можно пробовать, например, клонировать людей, об этом много говорят. Можно даже думать о том, чтобы вводить в клонированные псевдокопии новые гены с разными целями, т.е. в определенном смысле конструировать человека. Вопрос, однако, в том, насколько конечный результат отличается от вашей задумки. Можно «заказать» Эйнштейна, а получится скорее всего идиот. В нашей черепной коробке содержится 10^{11} клеток, находящихся в тончайшей взаимосвязи. Малейшее отклонение от схемы чревато непредсказуемыми последствиями.

– *Решит ли ДНК вечные вопросы человечества: кто мы и откуда?*

– На основе ДНК можно делать потрясающие заключения. Например, о происхождении человечества из Африки и последующем расселении по миру, причем можно даже примерно определить скорость, с которой происходила миграция. Можно определить, насколько близки разные народности, насколько родственны, допустим, якуты и башкиры. Этим занимается этногеомика.

– *Возможно ли по ДНК определить национальность и родство?*

– Национальность пока скорее нельзя, чем можно, хотя подобные попытки предпринимаются. А вот родство определить можно.

В этой области есть масса интересных открытий. Издавна в Индии существовала легенда о том, что высшая каста, брамины, будто бы пришла из Европы и резко отличается от других каст. И исследования ДНК подтвердили это. Другой пример – история еврейского первосвященства: около 3300 лет назад, согласно библейской версии, был учрежден сан первосвященника. Им стал Аарон, брат Моисея, и с тех пор у евреев существовало жреческое сословие – коганим, причем священнический сан



передавался по наследству по мужской линии. Анализ данных современных людей по фамилии Коэн, Коган и т.д. показал, что их ДНК сохраняют близость друг к другу. Штирлицу сегодня не удалось бы его миссия, поскольку Мюллер немедленно послал бы его на экспертизу ДНК, которая показала бы, что он не тот, за кого выдает себя. Кстати, с помощью ДНК можно осуществлять криминалистическую экспертизу с колоссальной степенью достоверности.

– *Каковы перспективы дальнейшего изучения двойной спирали?*

– Мы уже многое знаем о ДНК, однако оценить подлинное значение для человечества этого открытия пока невозможно. Исследования генома, возможно, приведут к кардинальному перевороту в медицине. Уже сейчас изучение ДНК подводит ученых к пониманию причин старения, механизмов функционирования иммунной системы т.д. Но большую часть полученных данных еще только предстоит исследовать, причем ДНК готовит нам еще немало сюрпризов и загадок. Например, у человека 30 тыс. генов, а у червячка нематоды 19 тыс., при этом у червячка 1000 клеток, а у человека 10^{14} . Имея всего в два раза больше генов, человеческий организм неизмеримо сложнее, чем червячок. Вот загадка!

А выделить ген или вставить – это теперь рутинная работа... ■

дитя

ИЗ ЯЩИКА ПАНДОРЫ

Робин Маранц Хениг



Когда-то искусственное оплодотворение считалось вторжением в святая святых. Сегодня подобные обвинения звучат в адрес клонирования.

25 июня сего года исполнилось 25 лет одной замечательной особе. На первый взгляд, это обычная английская воспитательница детского сада – милостивая блондинка, которая не прочь провести часок-другой в местном пабе за игрой в дартс. Но в свое время появление Луизы Браун (так зовут эту молодую женщину) обсуждалось во всех средствах массовой информации, пресса называла ее «дитя века». Луиза была первым в мире ребенком, зачатым в пробирке.

Сегодня мало кто помнит об этой истории. Время стерло из памяти тот ужас, который охватил людей, узнавших о том, как пришла в этот мир малютка. Будет ли ребенок нормальным или лабораторные манипуляции приведут к необратимым психическим расстройствам? Не произойдет ли у нее психологический слом, когда она узнает о столь необычном способе своего зачатия? Не станет ли ее рождение предвестником появления целой расы искусственных существ, созданных с какими-нибудь неблагоприятными целями?

Сейчас, когда на Земле живет около миллиона человек, обязанных своим рождением искусственному оплодотворению (*IVF: in vitro fertilization*), эти страхи кажутся смешными. Но все беспокойства, звучавшие когда-то в адрес *IVF*, теперь раздаются по поводу клонирования человека. Станет ли оно такой же привычной процедурой, как и искусственное оплодотворение? Нужно ли этого бояться или стоит принять как должное? Уроки, извлеченные из опыта применения *IVF*, помогут ответить на эти вопросы.

Тогда и теперь

После того как искусственное оплодотворение перестало быть только темой для обсуждения, отношение к нему приобрело двойственный характер. Одни рассматривали его просто как научный курьез. Они говорили: «Развитие ребенка из пробирки сродни выращиванию трансплантируемых крыльев, предназначенных для создания летающих свиней». Другие считали *IVF* рискованным вмешательством в природу. «Создание ребенка в пробирке – самая большая угроза человечеству со времен появления атомной бомбы», – утверждали они.

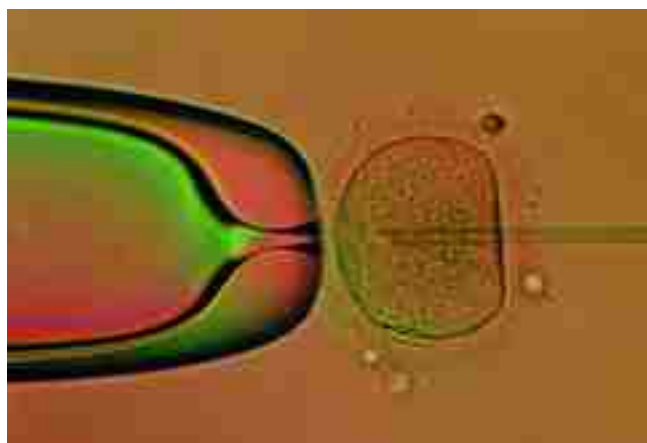
Ярый противник искусственного оплодотворения, биолог из Чикагского университета, занимающийся вопросами биоэтики, Леон Касс (Leon Kass) вскоре после рождения Луизы Браун написал: «Если общество не поставит преграду на пути *IVF*, под угрозой окажутся очень важные вещи – идеи гуманизма и единства человеческого общества, наша половая принадлежность, отношения с предками и потомками». Вот что пишет этот неистовый борец с любыми новыми технологиями в области репродукции сегодня, спустя 30 лет: «Клонирование – это первый шаг на пути сотворения евгенического мира, в котором дети становятся объектом манипуляций и создаются по чьей-то воле». К его мнению стоит прислушаться хотя бы потому, что последние два года ученый возглавляет Совет по биоэтике при президенте США.

Искусственное оплодотворение не привело ни к созданию легиона

неполноценных детей, ни к разрушению человеческого сообщества. А за последние 10 лет появилось так много новых, более совершенных способов *IVF*, что тот, который дал жизнь Луизе Браун, кажется анахронизмом. Но одно пророчество сбылось. В 1970-х гг. оппоненты *IVF* предсказывали, что в конце концов эта «скользящая дорожка» приведет к созданию более сложных и в чем-то спорных технологий в сфере репродукции, – и однажды люди обнаружат, что больше не властны над своим потомством, поскольку оплодотворение яйцеклеток человека в лаборатории разрешено без ведома донора.

Сегодня мы вспоминаем эти слова, ведь все вмешательства в генетический материал, о которых столько говорят (пренатальная диагностика, встраивание генов в половые клетки эмбриона для коррекции генетических дефектов, манипуляции со стволовыми клетками и, наконец, клонирование), вряд ли стали бы реальностью, не займись ученые опытами по оплодотворению яйцеклетки человека в чашке Петри. ▶





Микроинъекции ДНК спермия в яйцеклетку человека – оплодотворение *in vitro* (слева). Когда Луизе Браун, первому «зачатому в пробирке» ребенку, исполнилось 14 месяцев, она стала героиней телевизионного шоу (справа).

Не приведут ли современные технологии по репродукции к тому, чего все так боятся, – выращиванию эмбрионов для получения органов, созданию гибридов между человеком и животным или клонированию человека? Имеет ли право на существование область науки, затрагивающая моральные и этические аспекты? Или она должна с самого начала развиваться под пристальным наблюдением общества?

Жесткий контроль

По иронии судьбы, *IVF* получило очень широкое распространение в США потому, что его оппоненты, и в первую очередь противники аборт, пытались его запретить. Основным аргументом было то, что при искусственном оплодотворении нередко образуется несколько эмбрионов, и всех их, кроме одного, безжалостно уничтожают – генотип похуже абортов!

Начиная с 1973 г. целый ряд комиссий при президенте пытались обсуждать этические аспекты *IVF*, но дело

не двинулось с мертвой точки. Одни погрязли в дебатах по поводу абортов, другие пришли к заключению, что эксперименты по искусственному оплодотворению следует считать приемлемыми с этической точки зрения только если ученые станут относиться к эмбриону как к «потенциальному человеку» (на практике это невозможно). В 1974 г. правительство наложило запрет на федеральное финансирование исследований человеческого плода и эмбриона. В 1993 г. президент Билл Клинтон подписал указ о финансировании работ по искусственному оплодотворению, однако в 1996 г. конгресс вновь запретил подобные исследования. В образовавшийся финансовый вакуум хлынули предприимчивые ученые, поддерживаемые частным капиталом. Они действовали на потребу рынка, превратив *IVF* в дойную корову. К 1990 г. число клиник, занимавшихся искусственным оплодотворением, перевалило за 160, однако их уровень был очень сомнительным.

Пытаясь избежать повторения ошибок, правительство решило жестко контролировать эксперименты по клонированию. После появления на свет овечки Долли, первого клонированного млекопитающего, в администрации президента Клинтона был разработан механизм, препятствующий проведению подобных процедур на человеке (он действует и поныне). А недавно был рассмотрен законопроект, согласно которому любая такая попытка грозит штрафом в \$1 млн. и заключением на срок до 10 лет. (Палата представителей уже одобрила его, но сенат до сих пор обсуждает.) Тем самым политики объединили два типа клонирования, которые ученые четко разграничивают: «терапевтическое», ставящее своей целью получение эмбриональных стволовых клеток, которые дифференцируются затем в специализированные органы и ткани, и «репродуктивное», направленное на создание клонированного человека. При обсуждении законопроекта сенату следовало бы недвусмысленно поддержать первое направление и наложить запрет на второе.

ОБЗОР: IN VITRO VERITAS

- Оппоненты искусственного оплодотворения настаивали на том, чтобы правительство не финансировало исследования в области репродукции. По иронии судьбы, именно это и повлекло за собой бурное развитие *IVF*.
- Отсутствие всякого контроля привело к тому, что только в последние несколько лет обратили внимание на отрицательные последствия *IVF*: повышенную частоту врожденных дефектов и низкий вес новорожденных.

Подводные камни

Только спустя 25 лет после появления *IVF* стало ясно, что зачатые искусственным путем дети отличаются от обычных и составляют группу риска. В 1980–1990-е гг. считалось, что искусственное оплодотворение никак

не влияет на протекание беременности. Единственная особенность – повышенная частота рождения двойняшек и тройняшек (до 1/3 всех новорожденных), как следствие широко распространенной практики имплантации в матку 6–10 оплодотворенных яйцеклеток (в надежде, что ребенок разовьется хотя бы из одной). И когда первые исследования показали, что при этом частота самопроизвольных выкидышей увеличивается вдвое, а неонатальная смертность и число мертворожденных – втрое, многие отнесли это на счет многоплодной беременности, а не самой процедуры *IVF*.

Но в конце концов негативные последствия *IVF* стали очевидны. В марте 2002 г. в *New England Journal of Medicine* были опубликованы результаты исследований, в ходе которых обнаружались новые проблемы. В одном из них сравнивали вес 42 тыс. американских новорожденных, появившихся на свет благодаря применению репродуктивных технологий, с весом 3 млн. обычных младенцев. Даже если исключить всех близнецов и недоношенных новорожденных, средний вес детей, зачатых в пробирке, оказался гораздо меньше среднестатистического и составлял 2,5 кг. В другом исследовании речь шла о 5 тыс. австралийских детей, из которых 22% составляли младенцы, появившиеся на свет в результате искусственного оплодотворения. Обнаружилось, что у последних частота врожденных дефектов (прежде всего хромосомных аберраций и скелетно-мышечных аномалий) вдвое выше, чем у обычных новорожденных. Ученые предположили, что это результат действия лекарственных препаратов, назначаемых для индукции овуляции или сохранения беременности на ранних стадиях. Определенную роль в возникновении патологий могут играть и факторы, обуславливающие бесплодие, а также сам акт искусственного оплодотворения. В одном из его вариантов спермию инъецируют в яйцеклетку искусственным путем. Возможно, они не смогли бы проникнуть туда самостоятельно, а следовательно, ▶

От ненависти до любви... любви...

Отсутствие детей у семейной пары Дель-Зио привело их в 1970 г. к врачу Ландруму Шеттлзу (Landrum Shettles) из Колумбийского пресвитерианского медицинского центра, решившемуся на опрометчивый шаг – искусственное оплодотворение. Однако в ситуацию вмешался начальник Шеттлза, Реймонд Ван-де-Виле. Возмущенный безрассудством своего подчиненного и его пренебрежением медицинской этикой, он изъял контейнер со спермой и яйцеклетками пары Дель-Зио и заморозил их. Супруги же обвинили его в преднамеренном убийстве и предъявили иск на \$1,5 млн.

По случайному стечению обстоятельств судебное разбирательство дела состоялось в июле 1978 г., как раз тогда, когда родилась Луиза Браун, и давняя попытка Шеттлза осуществить искусственное оплодотворение представала в другом свете. Теперь большинство людей, в том числе члены суда присяжных, сочли *IVF* медицинским чудом, а не посягательством на моральные устои общества. Разбирательство длилось шесть недель, каждая из сторон приводила свои аргументы по поводу гуманности, безопасности и законности *IVF*. В конце концов Ван-де-Виле был признан виновным лишь в самоуправстве, и его обязали выплатить супругам Дель-Зио \$50 тыс.

Результаты судебного процесса в значительной степени способствовали развитию *IVF*, и в течение следующих пяти лет появилось свыше 200 младенцев, «зачатых в пробирке», в их числе сестра Луизы Браун Натали. (Теперь Натали сама стала матерью, причем оплодотворение произошло естественным путем. Она первая в мире женщина, появившаяся на свет таким необычным путем, у которой родился ребенок.) Изменилось отношение к искусственному оплодотворению и у самого Ван-де-Виле. И когда в 1983 г. в Нью-Йорке Колумбийский университет организовал первую клинику, где занимались *IVF*, он стал одним из ее директоров.



Обходительное правосудие: Дорис Дель-Зио и ее адвокат Майкл Деннис у здания окружного суда в Нью-Йорке 17 июля 1978 г. после заседания суда присяжных.



Пикет противников клонирования перед штаб-квартирой биотехнологической фирмы в Массачусетсе, занимающейся разработкой новых клеточных технологий для клонирования человека (ноябрь 2001 г.). Такие же акции проводились в 1970-е гг. в знак протеста против искусственного оплодотворения.

на свет не появился бы ребенок с дефектами развития.

Помимо очевидных медицинских аспектов у *IVF* есть и другие, пока еще никак не обсуждавшиеся. Например, такой страшный феномен, как «матки напрокат» – женщины из низших слоев общества, которым платят за вынашивание ребенка для бесплодных богатых родителей. Впрочем, «суррогатное материнство» обходится слишком дорого и вряд ли получит широкое распространение.

Возможно, клонирование со временем перестанет быть «страшилкой». Рынок сделает репродуктивное клонирование невыгодным, а научные достижения – попросту ненужными. Предположим, что некая семейная пара решила прибегнуть к репродуктивному клонированию, поскольку в организме партнера (или партнерши) не образуются нормальные спермии (или яйцеклетки). Но те технологии, которые используются при клонировании, позволяют создать искусственные яйцеклетки или спермии, содержащие ДНК самих партнеров, которые можно

объединить и получить нормальное потомство. В будущем под клонированием будет пониматься только его терапевтическая составляющая: лабораторная методика получения клеток – например, с целью регенерации поврежденных органов. А то клонирование, которого сегодня все так боятся, в конце концов будет использоваться лишь для создания точных копий кошек и собак – любимцев семьи.

История с *IVF* показывает, какие ловушки подстерегают клонирование, если пустить ситуацию на самотек. Однако в философском плане эти две технологии совершенно различны. Цель *IVF* – обеспечить репродукцию половым путем, с тем чтобы в результа-

те на свет появилось уникальное в генетическом отношении человеческое существо. Изменен только способ оплодотворения, все остальное идет естественным путем. В клонировании же половой процесс отсутствует, его цель – не воссоздание нормального хода вещей, а получение точной копии уже существующего человека. Но, возможно, самое большое различие состоит в предмете нашего беспокойства. В 1970-х гг. больше всего боялись, что *IVF* потерпит неудачу и обманет ожидания многих людей, а возможно, приведет к появлению на свет уродцев. Сегодня же, думая о клонировании, люди опасаются, что оно окажется успешным. ■

ОБ АВТОРЕ:

Робин Маранц Хениг (Robin Marantz Henig) – автор семи книг, последняя из которых «Монах в саду: утраченный и обретенный гений» посвящена Грегору Менделю. Хениг – стипендиат Фонда Алисии Паттерсон, выдвигалась на Национальную премию кружка литературных критиков. Следующая ее книга «Дитя из ящика Пандоры» посвящена первым исследованиям в области искусственного оплодотворения.



ЛАУРА МАКГИННИС (Laura McGinnis) (внизу) страдает цистинозом, редким заболеванием, при котором в организме в опасных для жизни концентрациях накапливается аминокислота цистин. Спасти ее может только препарат-«сирота» цистагон. Стоимость лечения превышает \$7000 в год. Лауре вводят препарат вместе с пищей через желудочный зонд.



У ДЭНИЕЛ БАКЕТТ (Danielle Barckett) семи лет (слева) наследственное заболевание тирозинемия тип 1, при котором в организме отсутствует фермент, в норме разрушающий аминокислоту тирозин, от чего страдают почки и печень. Девочка чувствует себя вполне здоровой благодаря препарату-«сироте» орфадину. Стоимость лечения – \$88 000 в год.



ОБРАТНАЯ сторона медали

Томас Медер

Закон о препаратах-«сиротах» направлен на поддержку фармацевтических компаний, занимающихся разработкой и производством лекарств для лечения редких заболеваний. Он **принес свои плоды**, и некоторые из них – весьма неожиданные.

В июне 1989 г. небольшая биотехнологическая калифорнийская компания *Amgen* подала заявку в Администрацию по контролю за продуктами питания и лекарствами США (*FDA*) на разрешение к применению препарата эпоэтина-альфа (эпогена), предназначенного для лечения анемии (осложнения последней стадии почечной недостаточности). Число больных с такой патологией невелико – примерно 78 000 человек, поэтому компания не рассчитывала на прибыль, однако надеялась, что эпоген получит статус препарата-«сироты». Закон о таких лекарствах предоставлял определенные льготы организациям, занимающимся созданием препаратов для лечения редких заболеваний. Если бы не он, коммерчески невыгодные лекарственные средства действительно ожидала бы участь «сирот» – никто не стал бы тратить деньги даже на оплату расходов *FDA* по их проверке.

Позже выяснилось, что эпоген эффективен при лечении анемии у пациентов,

подвергающихся почечному диализу, при восстановлении кроветворной способности костного мозга у зараженных СПИДом и раковых больных после курса химиотерапии. Его применение позволяло снизить и частоту трансфузий, связанных с хирургическим вмешательством. Очень скоро компания стала получать от продажи эпогена баснословные прибыли. Оскорбленные законодатели и потребители заговорили об обмане, обвиняя *Amgen* в злоупотреблении щедростью правительства. К 2001 г. эпоген и прокрит (более поздняя версия эпоэтина-альфа) вышли на 6-е и 7-е места по объему продаж в США (в сумме доход составлял \$5 млрд. в год). Столь небывалый успех породил массу вопросов: не является ли закон о препаратах-«сиротах» одновременно и законом о покровительстве биотехнологиям? И если это так, то не следует ли предусмотреть меры по предотвращению возможных злоупотреблений?

Оглядываясь назад

Резонность этих вопросов становится более очевидной, если вернуться к истории принятия закона. До 1983 г. практически никто не соглашался браться за выпуск лекарства для лечения редких заболеваний. Жертвами таких недугов в США являются 25 млн. человек, однако эта огромная группа состоит из более чем 6 000 подгрупп численностью от десятков до пары сотен тысяч больных. Стоимость разработки лекарственных препаратов невероятно высока (для выпуска нового средства необходимо \$800 млн.), поэтому крупные фармацевтические компании обычно имеют дело только с препаратами, которые применяются для лечения широко распространенных заболеваний, например гипертонии, депрессии, артритов, и становятся лидерами продаж.

В конце 1970-х гг. многие неправительственные организации выступали за принятие закона, поощряющего работы в области фармакотерапии, ▶

которые касались бы уже идентифицированных, но не сулящих коммерческой выгоды препаратов. Так, одна из компаний отказалась от выпуска пимозида (лекарства, эффективного при синдроме Туретта), несмотря на то, что только он мог помочь многочисленным больным. Такая же участь ожидала и пеницилламин (болезнь Вильсона), 5-гидрокситриптофан (миоклонус), гамма-гидроксипутират (нарколепсия), валпроат натрия (некоторые формы эпилепсии), цистеамин (цистиноз). Пациенты были вынуждены прибегать к услугам лиц, нелегально ввозивших эти препараты из других стран или изготавливающих их незаконно. Нужно было материально заинтересовать компании, чтобы они откликнулись на нужды многочисленных потребителей, т.е. сделать невыгодное выгодным.

Первый законодательный акт не дал ожидаемых результатов, поскольку не имел необходимых экономических рычагов, однако он привлек внимание представителей общественности, фарминдустрии и правительственных кругов. Делу помог один курьезный случай. В 1981 г. актер Джек Клугман (Jack Klugman) в телевизионном шоу, где он исполнял роль непреклонного медицинского эксперта, якобы докладывал членам конгресса о катастрофическом положении дел на рынке лекарственных препаратов для лечения



Актеры Джек Клугман и Роберт Ито в сцене, где они выступают перед членами Конгресса. Обсуждается проблема лечения больных, страдающих редкими недугами. Спустя пять дней после выхода шоу на экраны Клугман разыграл эту же сцену перед членами настоящего конгресса.

редких заболеваний. Представление имело большой успех. Некоторое время спустя эта сцена была показана настоящим членам конгресса, а в январе 1983 г. президент США Рональд Рейган подписал закон о препаратах-«сиротах».

В первоначальном варианте закон относил к «сиротам» те лекарства, на создание которых, по предварительным оценкам, затрачивалось больше

средств, чем удавалось выручить от их продажи в США. Это отпугивало компании, так что результаты первого года были неутешительными. И тогда в 1984 г. в закон было внесено уточнение: препарат безоговорочно получал статус «сироты», если число его потребителей в США не превышало 200 тыс. человек.

Монополизация рынка

Закон в его нынешнем виде предоставляет фирмам 50%-ную скидку на клинические испытания препаратов-«сирот», освобождает их от уплаты потребительского налога (на сегодня это примерно \$550 000), который обычно платят FDA фирмы-производители, и запрещает FDA выдавать разрешение на выпуск аналогичных лекарств другим фирмам в течение семи лет. Этот семилетний «срок эксклюзивности» и стал движущей силой закона.

Закон не только предоставляет экономические льготы производителям, но и стимулирует разработку более совершенных аналогов. В стандартных клинических испытаниях участвуют

ОБЗОР: ПРЕПАРАТЫ-«СИРОТЫ»

- К «сиротам» относят коммерчески невыгодные препараты с небольшими объемами продаж. По решению FDA лекарство относят к этой категории, если число его потребителей не превышает 200 000.
- Закон о препаратах-«сиротах» предоставляет фармацевтическим и биотехнологическим компаниям, занимающимся поиском лекарств для лечения редких заболеваний, ряд финансовых льгот и обеспечивает приоритетный статус на рынке – семилетний «срок эксклюзивности».
- Ряд препаратов-«сирот», в первую очередь эпоэтин-альфа, сегодня являются лидерами продаж. Эта парадоксальная ситуация наводит на мысль о незаконности их статуса.
- Однако сторонники закона утверждают, что он работает во благо: сегодня на рынке имеется 229 препаратов-«сирот», в которых в общей сложности нуждаются 11 млн больных. Большинство из них без этих лекарств погибнут.

тысячи больных, и они нередко затягиваются на годы. Порой людей, страдающих редким недугом, может оказаться гораздо меньше, чем это необходимо для соблюдения всех пунктов протокола. Так, когда одна из фирм занялась созданием препарата для лечения дефицита аденозиндезаминазы (*ADA*) – патологии, приводящей к сложным формам иммунологической недостаточности (*SCID*), в США было всего 12 детей, страдающих этим заболеванием. А испытание саркозидазы – фермента, используемого теперь для лечения дефицита сахаразы-изомальтазы, проводилось на 41 больном.

В США для продвижения на рынок более эффективных и безопасных лекарств разработана специальная система дотаций. Начиная с 1983 г. *FDA* выдало 370 грантов на общую сумму \$150 млн. исследовательским группам, занимающимся поисками таких препаратов.

Благодарные «сироты»

Исследования, связанные с поисками способов лечения редких заболеваний, иногда приносят неожиданные результаты. В основе многих таких недугов лежит генетический дефект (например, точковая мутация), а потому их симптомы помогают установить нормальную функцию соответствующего гена. Например, эмфизема, проявляющаяся в раннем возрасте и связанная с дефицитом альфа-1-антитрипсина, дает исследователям возможность изучить природу этой патологии в чистом виде, без наложения побочных факторов (курения или возрастных изменений). Другой пример – тромботическая пурпура. Она характеризуется отсутствием фермента, в норме разрушающего один из белков крови, и часто сопровождается инфарктами и инсультами.

Закон о препаратах-«сиротах» стимулирует развитие биотехнологической индустрии. В отличие от обычных фармацевтических компаний, выпускавших в основном препараты низкомолекулярных соединений, биотехнологические фирмы занялись

производством белков, заменяющих дефектные белки или возмещающих их дефицит. Для этого они использовали технологию рекомбинантных ДНК, т.е. выделяли нужный ген, встраивали его в геном бактерий или клеток человека в культуре и нарабатывали кодируемый этим геном продукт. Многие редкие заболевания лучше всего поддаются лечению именно биотехнологическими методами. Больные с серьезными, угрожающими жизни патологиями, такими как ферментная недостаточность, обусловленная

мутациями в генетическом материале, нуждаются в заместительной терапии белковыми препаратами, производство которых обычными методами обходится слишком дорого. В период с 1983 по 1992 гг. на долю препаратов-«сирот», полученных биотехнологическими методами, приходилось 19% всего объема лекарств этого типа, а в 2001 г. – уже 41%.

Одним из ярких примеров технологических достижений, связанных с созданием препаратов-«сирот», стало включение в самые разные белковые

НЕКОТОРЫЕ РЕДКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

ЦИСТИНОЗ: избыточное образование аминокислоты цистина, приводящее к повреждениям многих органов (прежде всего почек и печени). В США этим заболеванием страдают 400 человек.

БОЛЕЗнь ГОШЕ: отложение жировых веществ в различных органах, особенно в костном мозге, селезенке, легких и печени. Проявляется увеличением печени и селезенки, снижением уровня тромбоцитов, аномалиями скелета. Заболевание связано с дефицитом фермента глюкоцереброзидазы. Во всем мире этим недугом поражены не менее 10 000 человек.

НАСЛЕДСТВЕННАЯ ТИРОЗИНЕМИЯ ТИП 1: дефицит фермента, в норме разрушающего аминокислоту тирозин. Характеризуется опасными для жизни нарушениями работы печени и почек. В США этим заболеванием страдают 100 человек.

МИОКЛОНУС: неврологическое заболевание, характеризующееся резким непроизвольным сокращением мышц. Встречается у 9 из 100 000 человек.

ДЕФИЦИТ САХАРАЗЫ-ИЗОМАЛЬТАЗЫ: отсутствие ферментов сахаразы и изомальтазы, приводящее к неспособности усваивать сахара и крахмал. Среди североамериканцев встречается с частотой 0,2%.

ТРОМБОТИЧЕСКАЯ ПУРПУРА: снижение уровня тромбоцитов и уменьшение продолжительности жизни эритроцитов, приводящие к множественным кровоизлияниям в коже и слизистых. В США этим заболеванием страдают от 15 000 до 22 000 человек.

СИНДРОМ ТУРЕТТА: множественные подергивания (тики) мышц и голосовых связок могут сопровождаться хрюкающими или лающими звуками, у многих больных отмечается непроизвольное сквернословие. В США эта патология отмечается у 100 000 людей.

БОЛЕЗнь ВИЛЬСОНА: отложение меди в различных органах и тканях, в первую очередь в печени, головном мозге и сетчатке. Может приводить к дисфункции нервной системы и циррозу печени. Во всем мире этим заболеванием страдают 30 000 человек.

препараты полиэтиленгликоля (ПЭГ), который продлевает время пребывания лекарственного вещества в крови и защищает его от атак со стороны иммунной системы. Впервые этот метод использовала фирма *Enzon*, выпустившая на рынок препарат адаген для лечения *ADA-SCID*. Во всем мире этим заболеванием страдали всего несколько десятков детей, а разработанная

компанией технология используется теперь при изготовлении препарата ПЭГ-интрон, применяющегося в комплексной терапии при гепатите С.

«Сироты»-богачи

Встречаются просто вопиющие случаи злоупотребления Законом о препаратах-«сиротах», и это касается не только эпозтина-альфа. Гормон роста

человека (*bGH*) и препарат *AZT* появились на рынке в статусе «сирот» и предназначались для лечения дефицита *bGH* и СПИДа. Но затем *bGH* стали назначать низкорослым детям, а применение *AZT* резко возросло в связи с распространением СПИДа, и теперь фирмы-изготовители получают миллиардные прибыли. Стали раздаваться голоса, что подобные

ДЕСЯТЬ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ-«СИРОТ», ЛИДЕРОВ ПРОДАЖ

| № | Фирменное название | Международное название | Заболевание | Объем продаж по всему миру, млн. \$ | Фирма-производитель в США | Дата одобрения в США |
|----|--|-------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1 | Эпоген Прокрит Эпрекс | Эпоэтин-альфа | Анемия | \$5 588 | <i>Amgen</i> | Июнь 1989 |
| 2 | Интрон А ПЭГ-интрон Ребетрон | Интерферон-альфа 2b | Гепатит С | \$1 447 | <i>Schering-Plough</i> | Ноябрь 1988 |
| 3 | Нейпоген | Филграстим | Нейтропения (пониженное содержание нейтрофильных гранулоцитов в крови) | \$1 300 | <i>Amgen</i> | Февраль 1991 |
| 4 | Хумулин | Человеческий инсулин | Диабет | \$1 061 | <i>Genentech</i> | Октябрь 1982 |
| 5 | Авонекс | Интерферон-бета 1a | Рассеянный склероз | \$972 | <i>Biogen</i> | Май 1996 |
| 6 | Ритуксан | Ритуксимаб | Неходжжкинские лимфомы | \$819 | <i>IDEC Pharmaceuticals</i> | Ноябрь 1997 |
| 7 | Протопин Нутропин Генотропин Хуматроп | Соматотропин биосинтетический | Нарушения развития | \$771 | <i>Genentech</i> | Октябрь 1985 |
| 8 | Энбрел | Этанерсепт | Артриты | \$762 | <i>Amgen</i> | Ноябрь 1998 |
| 9 | Ремикад | Инфликсимаб | Болезнь Крона | \$721 | <i>Centocor</i> | Август 1998 |
| 10 | Синагис | Паливизумаб | Респираторные заболевания у детей | \$516 | <i>Medimmune</i> | Июнь 1998 |

■ Препараты, с самого начала отнесенные к категории «сирот».

■ Препараты, исходно не относящиеся к «сиротам», но ныне получившие этот статус.

■ Препараты, никогда не имевшие статуса «сирот».

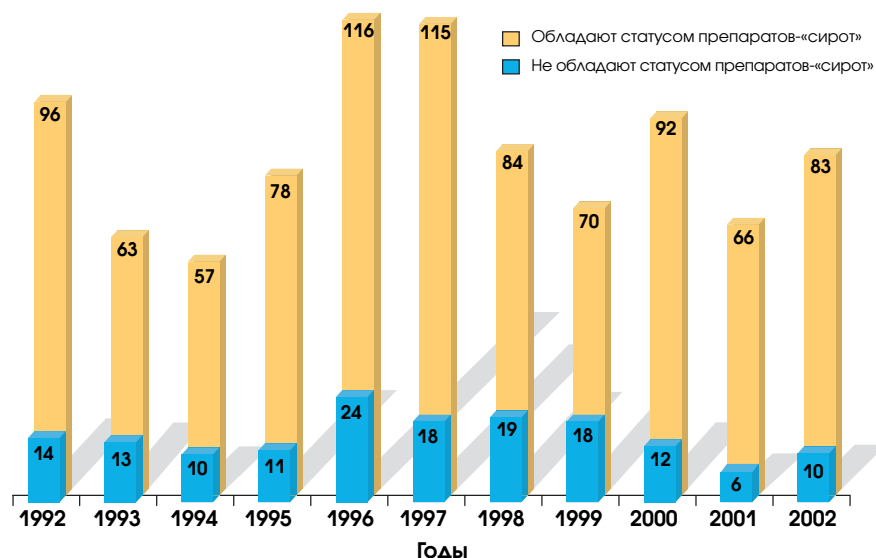
«сироты» не нуждаются в поддержке, а фирмы должны быть лишены льгот. Не так давно Европейский союз принял закон, согласно которому препараты лишаются статуса «сирот», если за пять лет от их продаж были получены сверхприбыли. Однако американские законодатели под давлением фармацевтических компаний не раз отклоняли подобную поправку.

Пока слишком рано говорить, помогут ли принятые ЕС меры поправить положение дел. Возможно, стоит прибегнуть к государственному контролю за ценовой политикой. Показательна ситуация с имиглюцеразой (церезимом) фирмы *Genzyme*, препаратом, применяющимся для лечения болезни Гоше, которой страдают 2000 жителей США. Лечение этого недуга обходится дороже, чем любого другого заболевания. Годовая прибыль *Genzyme* от продажи имиглюцеразы – \$0,5 млрд, при этом стоимость лечения одного больного составляет от \$100 000 до \$400 000 в год в зависимости от возраста. Компания не пошла на снижение цен даже после того, как стала использовать более дешевый биотехнологический способ производства препарата (раньше его выделяли из плаценты человека).

Пытаясь оправдать высокую стоимость лекарств, компании ссылаются на то, что это необходимо для их выживания и для проведения дальнейших исследований. К тому же, замечают они, есть случаи, когда назначаемая цена ниже, чем могла бы быть. Так, фирма *Rare Disease Therapeutics* (филиал *Swedish Orphan* в Теннесси), продает свой препарат орфадин, предназначенный для лечения наследственной тирозинемии тип 1, на \$80 000 дешевле, чем стоит операция по трансплантации печени, единственного альтернативного способа лечения в этом случае. Фирма вполне могла бы продавать свой продукт вдвое дороже.

Все это – слабое утешение для больных. Однако не зафиксировано ни одного случая, когда человек с редким недугом остался без одобренного FDA лекарства потому, что не в состоянии за него заплатить. У большинства

Лекарственные препараты и природные биологические вещества, одобренные FDA



На долю препаратов-«сирот» приходится 17% всех лекарственных средств и природных биологических веществ, одобренных FDA за последние 10 лет.

компаний, выпускающих препараты «сироты», есть программы бесплатного обеспечения лекарствами больных с низкими доходами. Существуют и федеральные программы помощи людям с редкими патологиями, в частности больным гемофилией (лечение некоторых из них обходится ежегодно в \$100 000).

Никакого приемлемого решения проблемы сверхприбылей пока не найдено. Абби Мейерс (*Abbegey S. Meyers*), президент Национальной организации по редким заболеваниям (*NORD*), которая могла бы протестовать против такого положения вещей, благодарна уже за то, что хотя бы какие-то группы больных от этого выигрывают. «Цены – это то, с чем мы ничего не можем поделать. Если люди имеют

возможность лечиться, это уже большое дело», – говорит Мейерс. Ее очень беспокоит, что вмешательство в столь деликатную сферу приведет к разрушению всей системы. «Мы изо всех сил стараемся сохранить закон о препаратах-«сиротах» в его нынешнем виде, – заявляет она. – Ведь компании, если им понадобится, найдут ключ к каждому члену конгресса, а мы останемся с кучкой неприкаянных родителей с больными детьми на руках».

«Нарезка салами»

Закон о препаратах-«сиротах» критикуют не только за то, что он не лишает статуса «сирот» лекарства, приносящие слишком большие прибыли, в нем есть еще одна лазейка, позволяющая поднять уровень доходов. ▶

ОБ АВТОРЕ:

Томас Медер (*Thomas Maeder*) – главный советник по научному планированию в Медицинском центре Джорджтаунского университета. Автор ряда книг, в том числе *Adverse Reactions* («Неприятные последствия»), в которой на примере трагической истории с хлорамфениколом рассказывается о современном положении дел на фармацевтическом рынке.

УНИКАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

FDA – высший арбитр в сфере не только лекарственных средств, но и медицинского инструментария. Центр по медицинским инструментам и радиологической защите (*CDRH*) при *FDA* дает разрешение на применение самых разных вещей – от шпателя для придавливания языка и хирургических салфеток до искусственного сердца и аппаратов для сканирующей компьютерной томографии.

В *CDRH* разработаны льготные правила для уникальных приспособлений, изготавливаемых на заказ, согласно которым отменяются многие требования, предъявляемые к обычным инструментам. Правила касаются устройств, предназначенных для небольшого числа больных или изготавливаемых по специальному заказу врача. Обычно такие льготы предоставляются примерно полдюжине приспособлений в год. И когда стал расти спрос на одно из них – специальную трубку-расширитель, применяющуюся при obstructивной уропатии у плода, – *FDA* не знало, что делать.

В США число случаев данной патологии составляет примерно 200 в год, и если не обеспечить выхода мочи в амниотическую жидкость, то плод может погибнуть. В 1982 г. фирма по изготовлению медицинских инструментов в г. Спенсер (штат Индиана) начала продавать расширитель для отвода мочи. Сначала такие устройства изготавливались на заказ, но когда их число достигло 680, *CDRH* уже не могло относить их к категории уникальных.

Закон о льготах для производителей распространяется на приспособления для диагностики и лечения заболеваний, которым в США подвержены не более 4000 человек, и, в отличие от закона о препаратах-«сиротах», четко оговаривает прибыли производителей. Компании освобождаются от необходимости доказывать, что их продукт эффективен, достаточно обосновать его безопасность; кроме того, разрешается продавать товар до завершения клинических испытаний. Однако за шесть лет действия закона льготы были предоставлены всего 28 устройствам, так что возникает вопрос: не стоит ли отменить запрет на прибыль, чтобы компаниям было выгодно поставлять свою продукцию на рынок?



С одобрения *FDA* любое заболевание можно представить как ряд последовательных состояний и рассматривать каждое из них как самостоятельную единицу со своими симптомами, по которым и подсчитывается число больных. В таком случае статус «сирот», для которых число потребителей не превышает 200 000, получит больше препаратов.

Положение дел еще более усложнится с развитием фармакогенетики и персонализированной медицины. Появится возможность подбирать более прицельные, а следовательно, более безопасные и эффективные препараты с учетом генетических особенностей групп больных и даже отдельных пациентов. Это поставит перед фарминдустрией новые задачи, поскольку сегодня она предпочитает иметь дело с обширным малодифференцированным рынком. В ближайшие десять лет большие группы больных с одинаковым диагнозом, по-видимому, будут разбиты на более мелкие группы, различающиеся в диагностическом и терапевтическом плане, и для каждой из них будет существовать свой набор оптимальных лекарственных средств. В таком случае статус «сирот» придется присваивать очень многим препаратам.

Со времени принятия закона о препаратах-«сиротах» прошло 20 лет. В течение 10 лет, предшествующих году его принятия, на рынок было выпущено всего 34 препарата для лечения редких заболеваний, а за 20 лет, прошедших с 1983 г., их число достигло 229. Эти лекарства принимают 11 млн. человек, в основном страдающих опасными для жизни патологиями.

Аналогичные законы (почти дословная копия американского) приняты сегодня Европейским союзом, Австралией, Японией и некоторыми другими азиатскими странами. А Управление внутренней безопасности США даже намеревается взять его за основу при разработке аналогичных актов, касающихся вакцин и антидотов, направленных против возможных компонентов биологического и химического оружия. ■



Жертва

ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Брюс Статц

Аппарат искусственного кровообращения, который заменяет работу сердца и легких во время операций коронарного шунтирования, **НЕ ЛИШЕН НЕДОСТАТКОВ.**

Меня готовили к операции на открытом сердце, которую в США ежегодно переносят порядка 500 тыс. человек. Последнее, что я запомнил, была холодная комната с потолком из нержавеющей стали. После того как подействовала анестезия, хирурги сделали разрез в паху, чтобы получить доступ к бедренной вене и артерии. Через вену они ввели в правое предсердие (верхнюю камеру сердца) трубочку, называемую канюлей, которая, как и еще одна, присоединенная к артерии, тянулась к аппарату искусственного кровообращения, известному также как насос-оксигенатор, или аппарат сердце-легкие. Инъекция гепарина не позволяла крови свертываться при прохождении через устройство. В аппарате венозная кровь охлаждалась, чтобы не травмировать ткани. Температуру тела снизили до 25°C (77° по Фаренгейту). Наступило состояние глубокой гипотермии. Хирурги ввели в аорту пневматический зажим, перекрыв ее. Сердце было остановлено при помощи двух литров специального охлажденного калийного раствора, и на ближайшие два часа его роль взял на себя насос-генератор. Двадцатисантиметровый разрез на правой стороне ребра позволил врачам ввести фотокамеры и инструменты, а затем провести операцию на сердечном клапане, пораженном врожденной патологией.

Через неделю я выписался из больницы. Шрам зажил быстро и не беспокоил. Две недели спустя я уже выходил из дома и совершал неторопливые

прогулки, а через месяц отправился в спортзал. Несмотря на неплохое физическое состояние, мое сознание не прояснялось: мысли путались, иногда я терял нить размышлений. Вскоре мне пришлось убедиться, что терапевт, предупредивший меня: «Возможно, некоторое время вы будете немного подавлены», – выразился слишком мягко. Настроение было то взвинченным, то подавленным. Я не мог сосредоточиться. Очень хотелось снова обрести способность логически думать. Все равно о чем.

В то время я не знал, что все происходившее со мной имеет объяснение. У пациентов, прошедших через АИК при операциях на открытом сердце (в моем случае – на сердечном клапане), наблюдается временное помрачение сознания. Таких больных хирурги между собой называют «айкнутыми». Они испытывают изменения личности и трудности в общении. Все это вызывало недоверие к аппарату искусственного кровообращения. Согласно пятилетним наблюдениям над пациентами, перенесшими коронарное шунтирование, восстановление умственных способностей проходит крайне медленно. Неужели в этом действительно виноват аппарат сердце-легкие, ежегодно обслуживающий 900 тыс. операций коронарного шунтирования?

История АИК

Пятьдесят лет назад в Джефферсоновском медицинском колледже в Филадельфии Джон Гиббон-младший (John

Heysdam Gibbon, Jr.) впервые прооперировал больного с использованием аппарата сердце-легкие. Он начал разрабатывать это устройство еще в 1930-х гг., будучи стажером Гарвардской медицинской школы. Гиббон пользовался консультациями инженеров и опирался на финансовую помощь президента *IBM* Томаса Уотсона (Thomas J. Watson) и других спонсоров.

До того как в эксплуатацию был введен насос Гиббона, в распоряжении хирургов было всего 15 минут, обеспечиваемых вводимым наркозом или охлаждением тела пациента, вызывающим замедление обмена веществ и циркуляции крови. Хирургам катастрофически не хватало времени на операцию, так как организм пациента страдал от дефицита кислорода. Аппарат Гиббона поглощал кровь, идущую к сердцу и легким, насыщал ее кислородом и вновь направлял в аорту и далее в артериальную систему и тем самым противостоял кислородному ▶



голоданию. Хирурги провели так много операций аортокоронарного шунтирования (АКШ), что стали называть их попросту «капустой», от английской аббревиатуры CABG, напоминающей слово *cabbage* (капуста). Однако многие годы медики не принимали в расчет последствия такого рода хирургических вмешательств.

После публикации результатов исследований мы получили более 4 тыс. писем от тех, кто перенес коронарное шунтирование. Многие были счастливы убедиться, что вовсе не сошли с ума», – писал ученый.

Группа Ньюмана использовала пять психологических тестов. 261 пациент из числа нуждающихся в коронарном

но 42% продемонстрировали резкое снижение умственных способностей, даже с поправкой на естественное старение.

В чем же причина?

Считается, что применение АИК может вызвать психические расстройства, но это и не доказано. Врачи полагают, что

У пациентов, прошедших через АИК при операциях на открытом сердце, **наблюдается** временное **помрачение сознания**. Настроение бывает **то взвинченным, то подавленным**.

Ситуация изменилась. В статье Марка Ньюмана (Mark F. Newman), заведующего отделением анестезиологии Медицинского центра при Университете Дьюка, опубликованной в «Медицинском журнале новой Англии», утверждалось, что даже через пять лет после такой операции многие пациенты страдали от серьезных психических расстройств. «При описании психических нарушений, происшедших после АКШ, ранее использовали такие определения, как «едва различимые», «временные» и «субклинические», которые не отражали всю серьезность происшедших измене-

шунтировании должен был кратко пересказать некий сюжет, воспроизвести по памяти изображение, объединить в пары символы и цифры, а также составить последовательность из чисел и букв. Почти сразу после хирургического вмешательства 53% испытуемых были не способны продемонстрировать те же результаты, что и до операции. Спустя шесть недель недомогание испытывали 36% группы, а через шесть месяцев эта доля снизилась до 24%.

По прошествии пяти лет Ньюман повторно провел тесты. Некоторые из пациентов показали приблизительно те же результаты, что и до операции,

определенный вред организму наносит насос, изменяющий естественную циркуляцию крови пациента, а также засоряющий ее мелкими частицами (комочки жира, кровяные сгустки) и пузырьками. Возможно, красные кровяные клетки при прохождении через аппарат повреждаются, вызывая кислородное голодание. Аппарат Гиббона прокачивает кровь по трубкам, огибающим ролики, прилегающие к вращающимся рычагам, которые, подобно венчику для взбивания яиц, помогают роликам проталкивать кровь по трубкам. Даже в аппаратах новейшего образца соприкосновение со стенками трубок может травмировать клетки. Движущиеся ролики могут деформировать или даже раздавить их.

В конструкциях Гиббона кровь для насыщения кислородом капает на проволочную сетку, что при непосредственном контакте с воздухом приводит к кислородному отравлению. Возникающие при этом пузырьки воздуха приводят к закупорке артерий. Чтобы свести к минимуму негативные последствия, исследователи применили искусственное легкое, снабженное проницаемой для газов синтетической мембраной.

ОБЗОР: АППАРАТ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

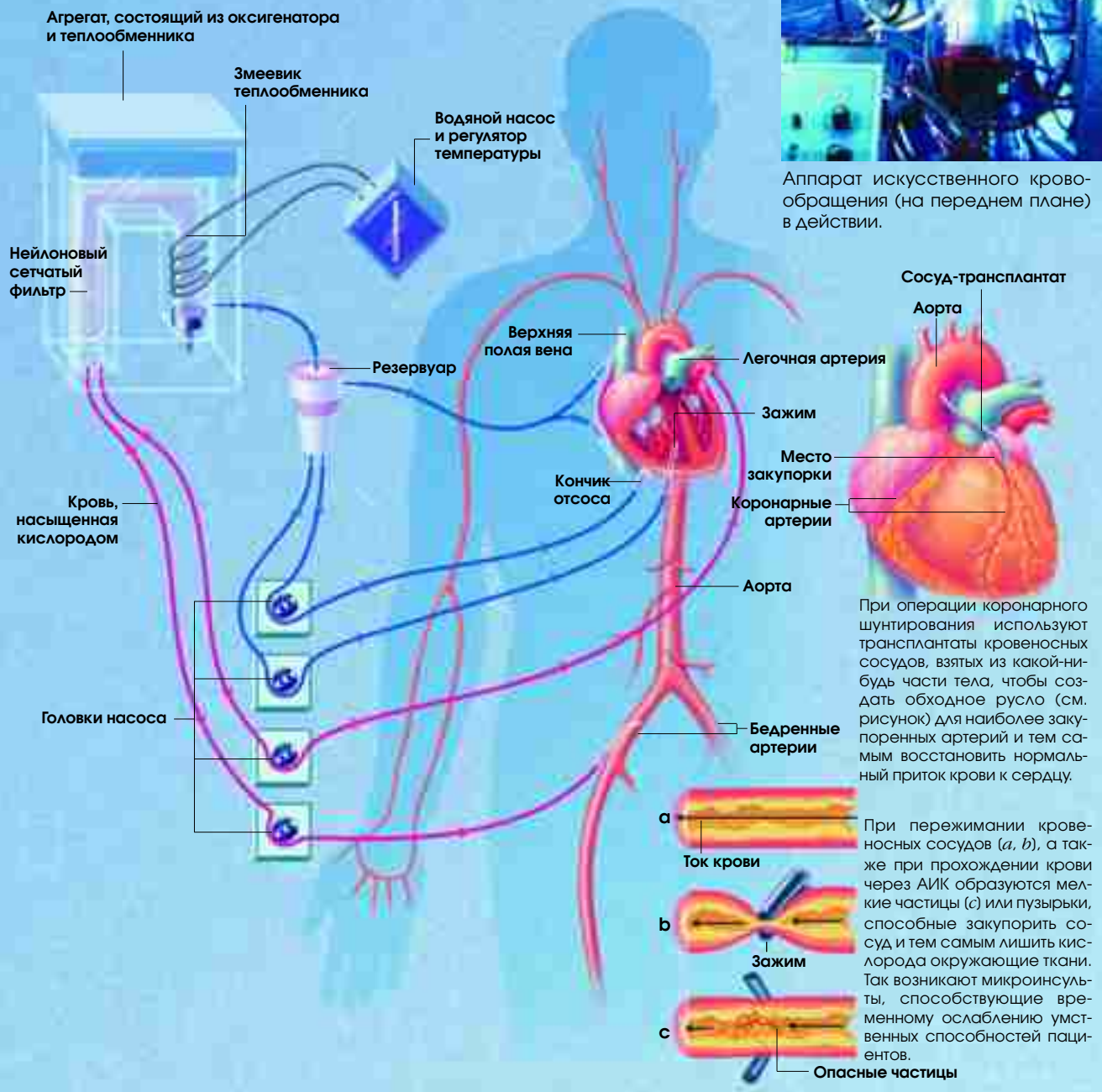
- АИК впервые был применен на человеке в 1953 г., что произвело переворот в коронарной хирургии, поскольку позволило врачам оперировать на открытом сердце более часа. В прошлом в распоряжении хирурга было всего 15 минут.
- О кратковременном ослаблении умственных способностей после операций с применением АИК стали сообщать в печати. Осложнения считались временными и расценивались как общая реакция организма на хирургическое вмешательство.
- Ослабление умственных способностей после операции может сохраняться годами. Считается, что основная причина недуга – мелкие частицы и пузырьки, засоряющие кровяное русло в результате работы АИК.

МЕХАНИЧЕСКОЕ СЕРДЦЕ И ЛЕГКИЕ

Аппарат искусственного кровообращения осуществляет кровоток и обогащает кровь кислородом во время операций на сердце или сердечных клапанах. В нем действует роликовый насос. Кровь из вен подается в резервуар, а оттуда – в оксигенатор, где она выделяет углекислый газ и насыщается кислородом; фильтр задерживает нежелательные частицы и пузырьки. Сначала теплообменник охлаждает кровь, чтобы предохранить ткани от повреждений. Хирурги пережимают аорту и останавливают сердце при помощи холодного калийного раствора, функции сердца и легких берет на себя аппарат сердце-легкие. По окончании операции теплообменник вновь нагревает кровь, хирурги удаляют зажимы и восстанавливают работу сердца.



Аппарат искусственного кровообращения (на переднем плане) в действии.



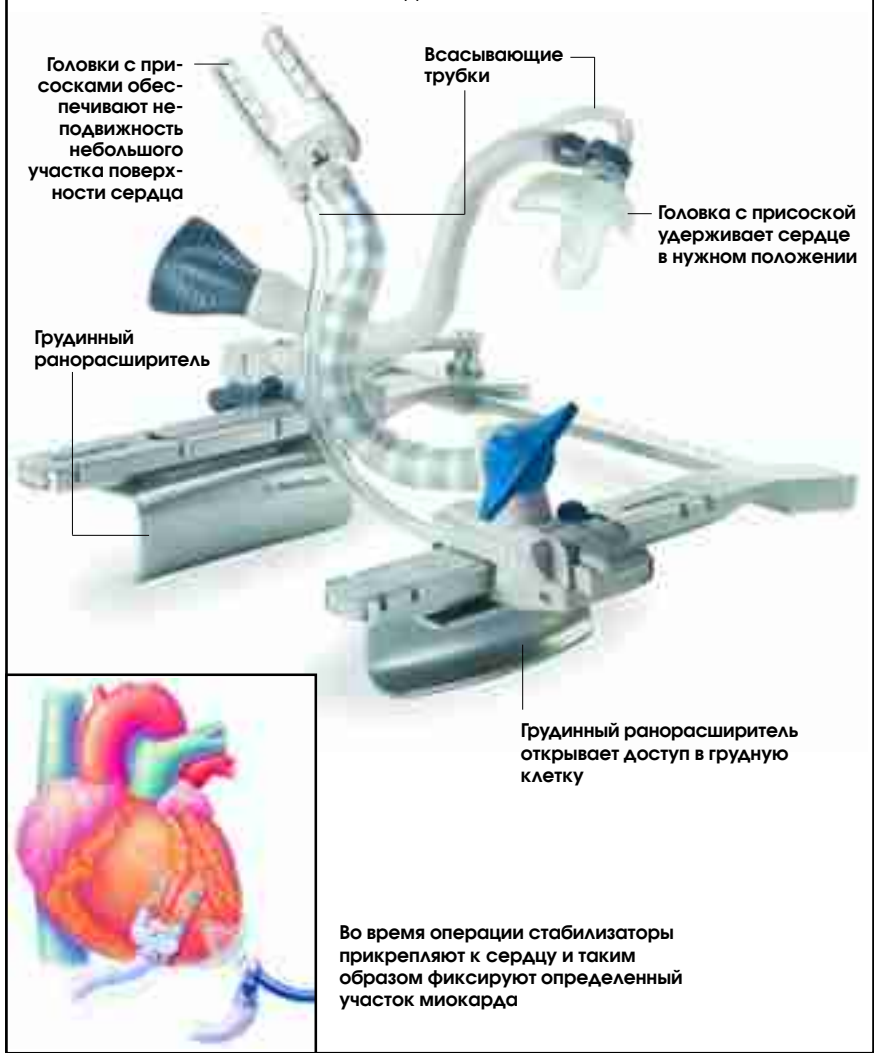
Несмотря на всякие усовершенствования (поливиниловые трубки, к которым не прилипают кровяные клетки; центробежные насосы, бережно обращающиеся с кровью; газообменники, уменьшающие размер пузырьков, и модифицированная система контроля температуры), ситуация не улучшалась. В результате АИК и хирургического вмешательства в кровяном русле появлялись пузырьки и инородные тела. Оболочки разрушенных кровяных клеток, частицы полимерных трубок и фрагменты артериальных бляшек образовывали эмбол, способный пройти через аппарат и канюлю в периферические сосуды и перекрыть кровоток (как при инсульте). Возникало локальное кислородное голодание, иногда отмирали прилегающие ткани.

Усовершенствованная техника помогает справиться с крупным эмболом: частицы размером 0,2–0,5 микрон можно отфильтровать в аппарате искусственного кровообращения при помощи сетки из полимерных нитей. Бесшовные коннекторы сокращают время работы с аортой и отсекают частицы, засоряющие кровяное русло. Для поиска блуждающих микропузырьков используются доплеровские ультразвуковые детекторы. Однако специалист, отвечающий за работу аппарата, перфузиолог, регулирует прохождение крови через газообменник; эмбол, размером меньше того, который способен обнаружить детектор, может остаться незамеченным. В течение часа в кровь оперируемого поступает 200–300 таких частиц, представляющих угрозу тканям организма.

Ньюман и его коллеги убеждены, что подобные побочные действия хирургического вмешательства вызывают психические осложнения. Другие исследователи не разделяют этой точки зрения. Вольфганг Мюльгес (Wolfgang Mullges) из Вюрцбургского университета в Германии на протяжении пяти лет наблюдал 52 человека, перенесших коронарное шунтирование. В результате исследований общего ослабления

«РУКА», ПОМОГАЮЩАЯ ХИРУРГУ

При операциях на работающем сердце аппарат искусственного кровообращения не применяется. Для того чтобы зафиксировать участок поверхности органа в определенном положении, используются локальные стабилизаторы с присосками (см. рисунок). Они позволяют хирургам оперировать, не прибегая к остановке сердца. До сих пор неизвестно, помогает ли эта методика избежать осложнений на мозг.



умственных способностей по сравнению с дооперационным выявлено не было. Тем не менее активно велись разработки устройства, альтернативного АИК.

Операции без аппарата искусственного кровообращения

Хирурги шутят, что производить коронарное шунтирование без АИК, т.е. на

работающем сердце, все равно что гранить алмазы, сидя верхом на лошади. Стабилизатор напоминает конечность паука, снабженную подушечкой, фиксирующей положение сердца при помощи вакуумной присоски. Несмотря на то что операции без применения АИК не всегда возможны, они могут быть альтернативой для некоторых пациентов, чувствительных к стрессу, вызываемому аппаратом. Сейчас в 20–80%

случаев (в зависимости от хирурга и больницы) при операциях на сердце отказываются от насоса-оксигенатора. (Подробнее об альтернативной методике см.: К. Борст (Cornelius Borst). «Операция на бьющемся сердце», «В мире науки», пилотный выпуск.)

Выяснилось, что новая методика позволяет снизить количество нежелательных включений в крови пациентов. Так, в 2001 г. Джейсон Боулес

учитывая то, что это снизит стоимость операций и сократит срок реабилитации? Пока вопрос остается без ответа. Слишком много факторов, действующих как во время хирургического вмешательства, так и после него, могут ослабить умственные способности пациента. Среди них: воспаление, гипоксия (недостаточное снабжение тканей кислородом), пониженное кровяное давление, аномальные сердечный

лихорадочное состояние причиной мозговой дисфункции или только ее симптомом.

Ньюман считает, что главное – решить, какие действия врачей более конструктивны: «Если различные усовершенствования способны повлиять на последствия операции, значит, мы в состоянии изменить состояние умственных способностей пациентов в лучшую сторону».

Главное – **РЕШИТЬ**, какие действия врачей наиболее эффективны **В ХОДЕ ОПЕРАЦИИ**.

(В. Jason Bowles) со своими коллегами из Медицинского центра святого Франциска в Гонулулу обследовал 40 пациентов, перенесших операцию на работающем сердце, при помощи доплеровского ультразвукового детектора. Число нежелательных частиц в крови этих больных в среднем составило 27 против 1766 у пациентов, оперированных с использованием АИК. Правда, осталось неясным, снизилось ли число осложнений на мозг. Результаты исследований противоречивы. Эксперты заявляют, что прежние попытки определить, что под наблюдением находилось недостаточное количество испытуемых, а также возникли определенные трудности при оценке умственных способностей. В 2007 г. Министерство по делам ветеранов США подведет итоги широкомасштабного исследования, которое возглавит Фредерик Гроувер (Frederick L. Grover), заведующий хирургическим отделением Научно-исследовательского центра здравоохранения при Университете Колорадо. 2200 кардиологических больных из 17 госпиталей подвергнутся тщательному мониторингу психических последствий операции. На работу выделено \$10 млн.

Следует ли нам отказаться от аппарата искусственного кровообращения,

ритм и температура тела (и то и другое может быть слишком высоким и слишком низким). Хилари Грокотт (Hilary P. Grocott), адъюнкт-профессор анестезиологии в Университете Дьюка, обнаружила, что у тех пациентов, у которых в первые сутки после АКШ сохранялась высокая температура, возрастала вероятность ослабления умственных способностей по прошествии шести недель; при этом нельзя сказать с уверенностью, было ли

Между тем я решил самостоятельно бороться с недугом. Сократив часы, посвященные работе, я увеличил пешие прогулки. Собраться с мыслями мне помогла игра на фортепиано. Через полтора года после операции я наконец почувствовал, что ко мне вернулись рассудок и жизненная энергия.

«Аикнутые», не отчаивайтесь! Посмотрите, я ведь справился с этой статьей. ■

ОБ АВТОРЕ:

Брюс Статц (Bruce Stutz) – бывший главный редактор журнала *Natural History*. Пишет о науке и путешествиях. Статц – автор книги «Жизнь в новые времена» (*Natural Lives, Modern Times*), посвященной природе и истории долины реки Делавэр.

Дополнительная литература

- Longitudinal Assessment of Neurocognitive Function after Coronary-Artery Bypass Surgery. Mark F. Newman et al. in *New England Journal of Medicine*, vol. 344, No. 6, pages 395–402; February 8, 2001.
- Cognitive Outcome after Off-Pump and On-Pump Coronary Artery Bypass Graft Surgery: A Randomized Trial. Diederik Van Dijk, Erik W. L. Jansen, Ron Hijman et al. in *Journal of the American Medical Association*, vol. 287, No. 11, pages 1405–1412; March 20, 2002.
- Protecting the Brain in Coronary Artery Bypass Graft Surgery. Daniel B. Mark and Mark F. Newman in *Journal of the American Medical Association*, vol. 287, No. 11, pages 1448–1450; March 20, 2002.

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ компьютеры

Армандо Фокс, Дэвид Паттерсон

Нельзя избежать сбоев в сложных системах,
но можно оптимизировать
процесс их восстановления.



За последние два десятилетия быстродействие компьютеров увеличилось в десятки тысяч раз. Задача, требовавшая год вычислений в 1983 г., сегодня решается за час, а современный настольный компьютер намного мощнее настольного тех времен.

Но за усовершенствования приходится платить. Чем сложнее становятся цифровые системы, тем более неустойчиво и ненадежно они функционируют. Персональные компьютеры регулярно зависают, интернет-сайты то и дело перестают работать. Новое программное обеспечение (ПО), разработанное для увеличения производительности, зачастую только ухудшает ситуацию. В результате ежегодные затраты на поддержку и ремонт систем намного превышают общую стоимость оборудования и ПО как для индивидуальных пользователей, так и для корпораций.

Наша группа сотрудников Стэнфордского и Калифорнийского университетов выработала новый подход, приняв ошибки операторов и сбои в вычислительных системах как данность. Вместо того чтобы пытаться избавиться от неполадок, мы сосредоточились на разработке системы, способной быстро восстановиться после выхода из строя. Такой подход получил название «вычисления, ориентированные на восстановление» – *ROC (recovery oriented computing)*.

Мы решили заняться разработкой приложений для интернет-сайтов – быстро развивающихся высокотехнологичных компьютерных систем, постоянно доступных для пользователей.

Например, всего несколько лет назад база данных поисковой системы *Google* состояла лишь из нескольких сотен миллионов ссылок на англоязычные веб-страницы, тогда как сейчас в ней содержатся указатели на 3 млрд. сайтов более чем на 20 языках в дюжине кодировок. Между тем ежедневное количество поисковых запросов выросло со 150 тыс. до 150 млн.

Из-за постоянной необходимости модернизации систем и программного обеспечения интернет-сайтов многие инженерные технологии, применявшиеся в прошлом для поддержания надежного функционирования системы, сегодня оказываются слишком дорогими. Поэтому мы считаем ПО для сети Интернет хорошим полигоном для проверки наших идей и, возможно, моделью для других компьютерных систем, включая настольные компьютеры и ноутбуки. Если подход *ROC* поможет выжить большому животному в компьютерных джунглях, то и мелкие зверьки не останутся без внимания.

Руководствуясь проверенной инженерной стратегией, впервые примененной во времена строительства железнодорожных мостов в XIX в., мы решили первым делом поучиться на чужих ошибках. Особенно нас интересовал вопрос: почему интернет-системы перестают работать и как этого избежать? Ко всеобщему удивлению, первой причиной остановки систем оказались ошибки операторов. Традиционные меры по увеличению надежности ПО и оборудования рассчитаны на то, что операторы действуют безошибочно, и сейчас во многих случаях именно

из-за их оплошности система выходит из строя на более длительное время, чем из-за любых других неполадок (см. рис. на стр. 55).

Беда в том, что программисты часто жертвуют простотой использования ради увеличения быстродействия. Например, для обслуживания крупной базы данных может потребоваться большая команда профессиональных администраторов. Забавно, что ПО и оборудование со временем дешевеет, и зарплата обслуживающего персонала становится основной статьей расходов на поддержку интернет-сайта.

Итак, мы выработали четыре принципа *ROC*-ориентированной компьютерной системы. Первый заключается в ее быстром восстановлении: поскольку так или иначе будут происходить сбои, инженеры должны закладывать в свои разработки возможность быстрой реанимации. Второй принцип состоит в предоставлении операторам инструментов, позволяющих быстро определять причины неполадок. Третий – программистам желательно внедрять в ПО возможность отмены действий (как в текстовых редакторах), чтобы операторы могли исправлять свои ошибки. И последнее: в программный комплекс нужно внедрять тестовые ошибки. Это позволит предсказывать поведение системы и поможет в обучении операторов. Мы планируем представить компьютерному сообществу все ПО с использованием принципов *ROC* на бесплатной основе. Стимулом для внедрения наших разработок будет выпуск программ для оценки отказоустойчивости и скорости восстановления.

ОБЗОР: ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ

- Мощност компьютеров возрастает, а пользователи по-прежнему страдают от поломок оборудования и сбоев в программах. Подход к разработке систем, ориентированных на восстановление – *ROC*, поможет устранить эту проблему.
- Основные принципы *ROC* – разработка средств быстрой реанимации системы, создание ПО для оперативного поиска неполадок, реализация функции отката действий пользователя и внедрение тестовых ошибок.
- Появление программ, оценивающих скорость восстановления различных систем, заставит производителей принять меры по повышению надежности своих продуктов.

Быстрое возвращение

Многие пользователи не задумываясь перезагружают свои ПК – преимущественно при непонятном поведении системы или при ее зависании. Перезагрузка часто применяется и для больших компьютеров, поскольку удаляет из памяти процессы с ошибками и все связанные с ними неполадки.

К сожалению, перезагрузка в большинстве случаев занимает длительное время и, что самое неприятное, может

привести к потере данных. Мы считаем, что процесс перезагрузки можно сделать более гибким. Любая компьютерная система состоит из множества программных компонент. Например, в случае интернет-магазина одни модули позволяют осуществлять поиск необходимого товара, другие – добавить его в виртуальную «корзину», а третьи отвечают за процесс оплаты. Управляющее ПО согласовывает их работу, гарантируя, что каждый элемент кода используется только при необходимости.

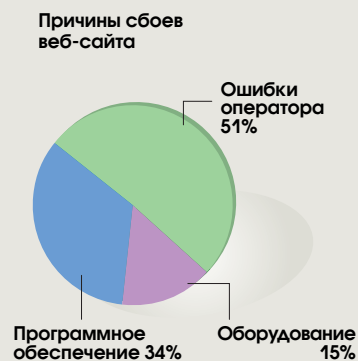
Часто только один из модулей начинает работать неустойчиво, но когда пользователь перезагружает компьютер, останавливается все ПО. Если каждая из компонент комплекса сможет перезагружаться независимо от других, вся система никогда не будет останавливаться. Таким образом, если ошибка появится только в некоторых частях системы, их перезагрузка устраним проблему. Если такой прием не сработает, то можно перезапустить большее количество процессов. Тонкость состоит в том, чтобы загрузить заново только один модуль, не давая ошибке распространиться далее.

Аспиранты из Стэнфорда Джордж Кандеа (George Candea) и Джеймс Катлер (James Cutler) разработали метод независимой перезагрузки (мы называем ее микроперезагрузка). Ранее Катлер занимался созданием недорогих наземных приемников из ПК, любительских радиостанций и экспериментального ПО для приема информации со спутников. Наземные приемные станции часто работают с перебоями, и если оператор не в состоянии перезапустить систему вручную, сигнал со спутника, а вместе с ним и вся информация с его орбиты могут быть утеряны.

В прошлом году Кандеа и Катлер опробовали микроперезагрузку на ПО для наземных станций и модифицировали его так, чтобы программные модули продолжали работать корректно при перезагрузке одного из них. Проконсультировавшись с операторами, исследователи выяснили наиболее распространенные причины выхода систем из строя, а затем долго

КТО ВИНОВАТ?

В традиционных методах повышения отказоустойчивости компьютерных систем человеческий фактор не принимается во внимание. Однако к наиболее длительным простоям, как правило, приводят ошибки операторов, а не проблемы с оборудованием и программным обеспечением. Круговая диаграмма (справа) иллюстрирует процентное соотношение типичных причин сбоев в работе трех интернет-сайтов.



Простои вычислительных систем обходятся слишком дорого, а иногда просто недопустимы. Часть времени, в течение которой система работает корректно, называется отказоустойчивостью и измеряется «девятками» (см. график). Комплекс с надежностью в пять «девяток» работает без сбоев 99,999% времени, т.е. за 25 лет в общем простаивает примерно 2 часа. Вместо того чтобы пытаться устранить все ошибки, сторонники ROC стремятся уменьшить время восстановления системы после сбоев. Переход от двух «девяток» к пяти позволяет сохранить почти 90 часов рабочего времени в год.



экспериментировали с ПО и в конце концов определили набор компонент, вызывающих неполадки. Таким образом, удалось автоматизировать процесс восстановления системы в случае ряда повторяющихся сбоев и сократить время простоя с 10 до 2 мин. Этого вполне достаточно, чтобы не потерять сигнал и продолжить прием данных со спутника.

Процент времени, в течение которого система функционирует стабильно, определяет ее работоспособность и оценивается в «девятках». Комплекс, который работает без сбоев 99,999% времени, например, имеет надежность в пять «девяток», т.е. будет неработоспособен примерно 2 часа за 25 лет. К сожалению, большие вычислительные системы нормально функционируют лишь от 99% до 99,9% времени (две или три «девятки»). Переход от двух «девяток» к пяти поможет спасти

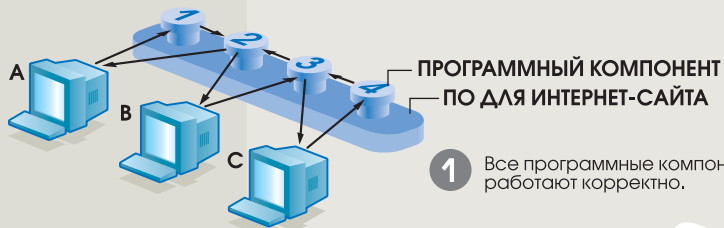
90 часов рабочего времени в год – совсем немало, если простой стоит больших денег (см. рис. выше). Существует два подхода к повышению надежности: уменьшение количества сбоев или, что еще лучше, ускоренная реанимация системы.

Для операторов спутниковых приемных станций пятикратное уменьшение времени перезагрузки оказалось более предпочтительным, нежели увеличение во столько же раз времени между сбоями, хотя и то и другое определяло одинаковый уровень надежности. Мы уверены, что во многих компьютерных системах такой подход также будет оправдан.

Несмотря на то что ручная переработка ПО для наземных станций оказалась весьма трудоемкой, Кандеа и Фокс уже рассматривают возможность применения этой технологии в автоматизированном варианте для ▶

КАК ВЫБОРОЧНАЯ ПЕРЕЗАГРУЗКА СНИЖАЕТ ВРЕМЯ ПРОСТОЯ

Три пользователя (А, В и С) приходят на сайт. А и В используют компонент №2, а С – нет.



1 Все программные компоненты работают корректно.

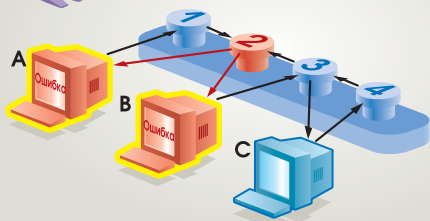
СТАРЫЙ МЕТОД



Оператор

Компонент №2 дает сбой. Пользователи А и В получают сообщение об ошибке. Оператор не может определить, в каком из компонентов произошел сбой.

2



ВРЕМЯ ПРОСТОЯ

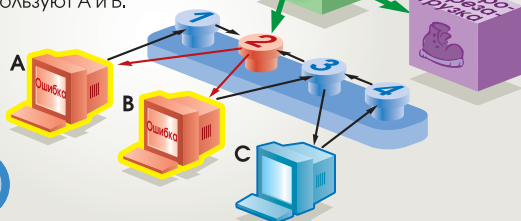
НОВЫЙ МЕТОД

«Похоже, что сбой произошел в компоненте №2»

2

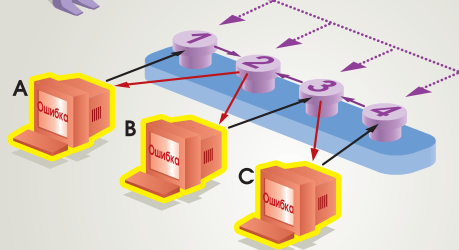
Компонент №2 дает сбой. Пользователи А и В получают сообщение об ошибке. PinPoint анализирует ситуацию и решает, что неисправен компонент №2, т.к. его используют А и В.

ПРОГРАММНЫЕ АГЕНТЫ



Поскольку компонент с ошибкой не может быть определен, оператор должен перезагрузить всю систему.

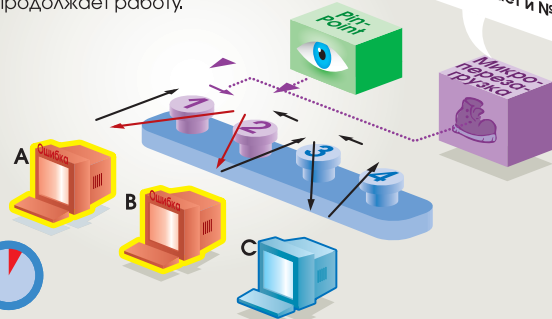
3



3

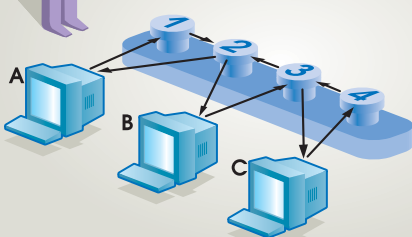
Служба микроперезагрузки просматривает свою базу данных и определяет, что если вышел из строя компонент №2, то скорее всего не работает и компонент №1. Принимается решение перезагрузить оба компонента. Пользователь С продолжает работу.

«Если вышел из строя №2, то скорее всего не работает и №1»



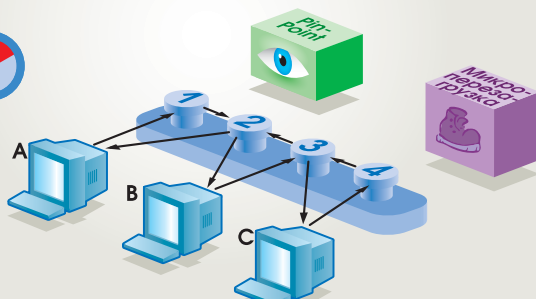
На перезагрузку всей системы уходит много времени.

4



4

Поскольку только 2 компонента системы были перезагружены, она возвращается к работе быстрее.



программирования веб-сайтов с использованием платформы *Java 2 Enterprise Edition*, популярной для программирования интернет-приложений.

На сегодня наиболее распространенный способ исправления сбоев – перезагрузка всей системы, требующая от 10 с (если перезагружается только одно приложение) до 1 мин. (если перезагружается весь комплекс). В соответствии с результатами наших исследований микроперезагрузка только необходимых компонентов занимает меньше секунды. Пользователь не видит сообщение об ошибке, а замечает лишь трехсекундную задержку.

Поиск виновных

Одно дело – исправить неполадки, причины которых известны, другое, более сложное, – найти нетипичные сбои. Для этого операторам нужно предоставить соответствующие средства – второй принцип *ROC*.

При построении традиционной высоконадежной компьютерной системы программисты начинают с детального анализа программных и аппаратных компонентов. Затем они пользуются детальным графом анализа сбоев, содержащим несметное количество причин нестабильности комплекса, которые могут быть исправлены на стадии проектирования или во время работы. Интернет-системы, как правило, гетерогенны, т.е. состоят из ПО разных производителей. В процессе развития системы модули часто обновляются. Обычно сбои возникают именно из-за некорректной совместной работы приложений, а не из-за ошибок в них. При возникновении такого динамического сбоя пользователь видит сообщение об ошибке.

Для диагностики комплексных неполадок аспиранты из Стэнфорда Имри Кисильман (Emre Kicilman) и Юджин Фраткин (Eugene Fratkin) написали *Pin Point* – программу на базе *ROC*-системы, которая определяет нестабильно работающие компоненты. Каждый раз, когда кто-либо подключается к ресурсам веб-сайта, *Pin Point* отслеживает

используемые компоненты. Когда запрос на доступ к сервису не проходит, например, пользователь получает сообщение об ошибке, *Pin Point* это регистрирует. Через некоторое время управляющее приложение анализирует совокупность запрашиваемых компонент и выясняет, какие из них работали нормально и в каких произошли сбои. Таким образом, *Pin Point* помогает определить модули, ответственные за наибольшее количество ошибок. Работа программы замедляет работу системы примерно на 10%, зато отпадает необходимость в традиционном предварительном планировании при смене компонент, так как *Pin Point* работает с любым их набором.

Исправляем ошибки

Возможно, наибольшим достижением в повышении надежности будет организация защиты от случайных ошибок операторов – третий принцип *ROC*, подразумевающий возможность отката действий. Даже текстовые редакторы были чрезвычайно неудобными, пока в них не появилась функция, позволяющая отменить любую команду.

У операторов крупных вычислительных комплексов нет такой возможности. Когда закладывались основы информационных систем, никто не думал о необходимости удаления ошибок. Поэтому для реализации функции отмены требуются серьезные доработки, дополнительное место на носителе информации, что, возможно, будет замедлять работу системы.

ОБ АВТОРАХ:

Армандо Фокс (Armando Fox) и **Дэвид Паттерсон** (David Patterson) работают над повышением надежности компьютерных систем. В 1999 г. Фокс стал доцентом Стэнфордского университета. Ранее он занимался разработкой прототипов современных интернет-кластеров веб-приложений для мобильных устройств. Фокс также принимал участие в разработке процессоров компании *INTEL*, а позже организовал небольшую компьютерную фирму. Профессор Паттерсон из Беркли известен как автор работ, посвященных упрощению архитектуры микропроцессоров и построению надежных систем хранения данных.

Аспирант из Беркли Аарон Браун (Aaron Brown) вместе с Паттерсоном недавно закончили работу над прототипом малой *e-mail*-системы с возможностью отката действий, которая сейчас проходит тестирование (см. стр. 59). Представьте, что традиционное хранилище *e-mail*-сообщений заражается вирусом. Оператору необходимо дезинфицировать сервер, а это длительная процедура. Наша система автоматически запишет все действия сервера, включая потерянные во время проверки сообщения. Если сервер будет атакован вирусом, оператор воспользуется откатом до момента заражения и запустит программу-антивирус. Затем можно будет «проиграть вперед» *e-mail*-сообщения, созданные после заражения, и вернуть систему в нормальное состояние. Таким образом, все подозрительные сообщения будут обработаны антивирусом. В результате удастся избавиться от повреждений системы без потери важных сообщений.

Учебные грабли

Последний принцип *ROC* – использование ошибок для пользы дела: настройка систем путем внедрения тестовых неполадок.

Такой подход помогает оценивать способность системы восстанавливаться и принимать меры для повышения надежности. Он применяется при разработке микропроцессоров, когда разработчики встраивают дополнительные цепи для упрощения тестирования, даже если подобные дополнения увеличивают размер кристалла и не используются после ▶

БОРЬБА ЗА НАДЕЖНОСТЬ

С каждым годом компьютерные системы становятся сложнее, а значит, и уязвимее. В ответ на непрерывный рост стоимости администрирования, обслуживания и вынужденных простоев ученые и инженеры повышают надежность своих изделий. Примечательно, что их усилия во многом сосредоточены на сведении человеческого участия (а вместе с ним и ошибок операторов) к минимуму.

Недавно менеджеры корпорации *Microsoft* предприняли необычный шаг: разработка ПО была приостановлена на целый месяц, а все усилия были брошены на устранение ошибок и брешей в безопасности разрабатываемых операционных систем (ОС). Вопросы надежности приобрели особую важность, поскольку многие системные администраторы стали использовать *Windows* в качестве платформы для веб-сайтов своих компаний. Вскоре *Microsoft* планирует выпустить очередную версию *Windows* под названием *Palladium*, которая будет избавлена от ранее выявленных ошибок и оснащена новыми средствами защиты от хакеров.

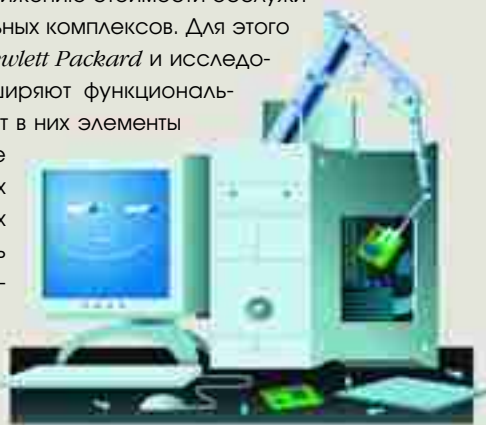
Особое внимание уделяется снижению стоимости обслуживания и поддержки вычислительных комплексов. Для этого программисты лаборатории *Hewlett Packard* и исследовательского центра *IBM* расширяют функциональность своих изделий и внедряют в них элементы

самоуправления. На повестке дня разработка глобальных сетевых систем, способных самостоятельно распределять ресурсы, настраиваться, отслеживать и исправлять неисправности без вмешательства оператора. В рамках одного из проектов *HP* планируется создание корпоративных информационно-вычислительных центров, включающих в себя до 50 тыс. офисных компьютеров – в 10 раз больше, чем у современных аналогов.

Специалисты *IBM* черпают идеи из теории управления (введение обратной связи для стабилизации системы) и используют концепцию искусственного интеллекта (накопление опыта человека-эксперта и применение его для самостоятельного устранения серьезных проблем). Комплексы, построенные по этим принципам, будут отличаться гибкостью поведения в критических ситуациях и способностью адаптироваться к изменяющимся условиям.

Когда выяснилось, что ошибки операторов неизбежны, разработчики стали проектировать системы, функционирование которых требует минимума человеческого вмешательства. Однако гипертрофированная автоматизация, как правило, только ухудшает ситуацию. Дело в том, что полностью избавиться от участия человека невозможно, так как пока удастся алгоритмизировать только относительно простые процедуры. Вот и приходится людям выполнять сложные задачи, пользуясь ограниченными возможностями, – верный путь к сбоям и неполадкам.

Что же поможет нам достичь удовлетворительной надежности: дальнейшая автоматизация вычислений или обеспечение комфортного использования систем в сочетании со средствами, повышающими эффективность работы операторов? Время покажет.



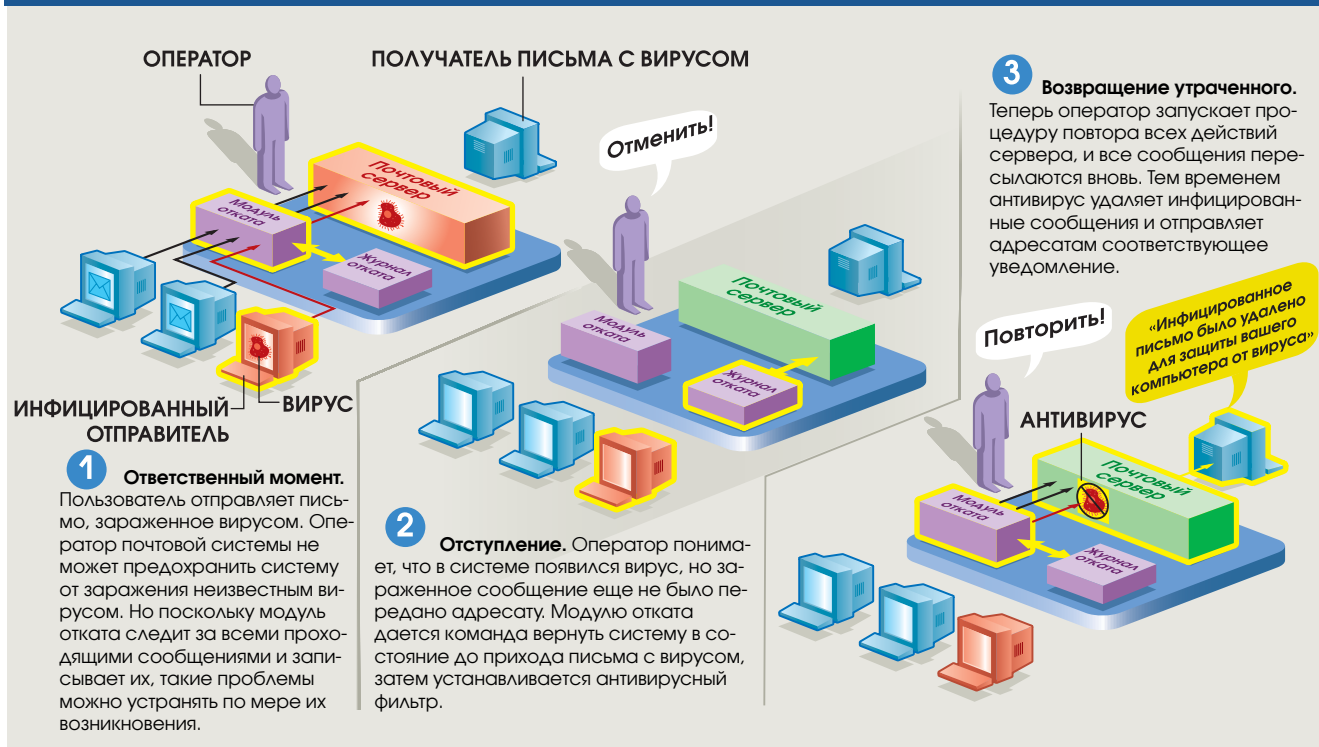
того, как микросхемы покидают фабрику. Производители считают эти меры оправданными, так как они уменьшают стоимость проверки чипов. Помимо всего прочего тестовые схемы позволяют внедрять ошибки, чтобы проверить стабильность устройства.

Мы предлагаем программную версию тестовых схем. Например, при переходе к стратегии выборочной перезагрузки тестовые ошибки помогут определить, какие компоненты нужно перезагрузить, чтобы справиться со специфическими неисправностями. Если проблема возникла только из-за одного или нескольких компонент, достаточно перезагрузить только их. Однако если в нестабильной работе замешаны многие модули, предпочтительнее перезагрузить всю систему. Мы начали с внедрения тестовых ошибок для выявления нестабильностей интернет-сайтов, построенных с использованием *Java 2 Enterprise Edition*.

Другая версия этого ПО помогает потенциальным покупателям понять, как компьютерная система справляется с ошибками, и выбрать подходящий программный продукт. Разработанная аспирантами из Беркли Навином Састри (Naveen Sastry) и Джонатаном Траупманом (Jonathan Traupman) программа *Fig* оценивает способность приложений бороться с неожиданными ошибками в стандартной библиотеке языка Си – части операционной системы, которая используется большинством приложений. *Fig* расшифровывается как «добавление тестовых ошибок в стандартную библиотеку Си» (*Fault Injection in glibc*).

Внедрение ошибок также позволяет осуществить сложную проверку механизмов устранения сбоев. С помощью *Fig* операторы смогут диагностировать и исправлять неполадки если не на реальных, то хотя бы на экспериментальных системах. Эта программа использовалась несколько раз и доступна бесплатно на сайте *ROC* (см. дополнительную информацию).

НАЗАД В БУДУЩЕ



Тестирование систем восстановления

Как показывает многолетняя практика, развитие вычислительных средств нуждается в оценке. Когда после многолетней задержки появились стандартные программы для анализа быстродействия систем, покупатели наконец-то получили возможность сравнивать характеристики каждого продукта. Компании, отстававшие в технологическом плане, были вынуждены тратить больше средств на разработку и затем оценивать свои успехи, пользуясь сравнительными тестами. Их результаты стимулировали дальнейшее увеличение быстродействия.

Дэвид Опенхеймер (David Oppenheimer), Браун и Паттерсон работают над тестовой программой для сравнения надежности компьютеров. Мы предлагаем набор наиболее распространенных тестовых неполадок, включающий ошибки людей, ПО и оборудования. Потенциальные покупатели смогут запускать нашу программу на своих компьютерах и оценивать

время восстановления. Примечательно, что в нынешних маркетинговых заявлениях чаще упоминаются тесты на безотказность систем (процент простоя), которую гораздо сложнее измерить.

Двигаясь к намеченной цели, ученые и инженеры могут за короткое время достичь удивительных результатов. Это доказывает сногшибательный 30-летний прогресс как быстро-

действия, так и рыночной эффективности компьютеров. Если темпы развития компьютерных технологий сохранятся, то к 2023 г. вычислительные системы станут в 10 тыс. раз быстрее, но останутся такими же ненадежными. Лишь при помощи ПО, повышающего и анализирующего отказоустойчивость, они станут такими, какими их хотят видеть пользователи. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- To Engineer Is Human: The Role of Failure in Successful Design. H. Petroski. Vintage Books, 1992.
- The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering. Second edition. Frederick P. Brooks. Addison-Wesley, 1995.
- Managing the Risks of Organizational Accidents. James Reason. Ashgate Publishing Company, 1997.
- Autonomic Computing. IBM Research, 2001. (Доступно по адресу: www.research.ibm.com/autonomic/manifesto)
- Building a Secure Platform for Trustworthy Computing. Microsoft, August 2002. (Доступно по адресу www.microsoft.com/security/whitepapers/secure_platform.asp)
- www.hpl.hp.com/org/issl/current_research_themes.htm
- <http://roc.cs.berkeley.edu>
- Turing. Christos Papadimitriou. MIT Press (готовится к изданию).



Заря

НОВОЙ ЭРЫ

Гордон Кейн

В истории Стандартной модели физики элементарных частиц наступил переломный момент.

Физика элементарных частиц скоро вступит в новую эру, если с помощью коллайдера «Теватрон» в Национальной лаборатории им. Ферми удастся организовать столкновение кварка и антикварка (красный и синий). В результате должны возникнуть две тяжелые суперсимметричные частицы (бледно-красные), которые, в свою очередь, могут распасться на W - и Z -частицы (оранжевые) и две более легкие суперсимметричные частицы (темно-красные). W - и Z -частицы распадаются на невидимое антинейтрино (серое), а также электрон, антиэлектрон и мюон (все три – зеленые), которые можно зарегистрировать.

Сегодня мы знаем, что все великолепие окружающего мира построено из фундаментальных частиц шести видов: электронов, верхних и нижних кварков, глюонов, фотонов и бозонов Хиггса. Достаточно еще одиннадцати частиц, чтобы описать все загадочные явления в микромире. Аналогия с представлениями древних греков о четырех базовых элементах (земля, воздух, огонь и вода) совершенно неуместна, поскольку речь идет о самой сложной и успешной теории природных явлений в истории науки – о Стандартной модели физики элементарных частиц. Она была сформулирована в 70-х гг. и подтверждена опытным путем в начале

80-х. Почти три десятилетия уточняющих экспериментов проверили теорию до мельчайших деталей и убедили ученых в состоятельности ее предсказаний.

С одной стороны, такой успех доказывает, что мы разбираемся в природных явлениях на более глубоком уровне, чем когда-либо прежде. С другой – как ни странно, триумф теории дал повод для новых вопросов. До появления Стандартной модели физикам доводилось ставить эксперименты, в которых наблюдались еще неоткрытые частицы или другие указания на необходимость создания очередной теории раньше, чем стихали овации в честь предыдущей.

Похоже, тридцатилетнее затишье подходит к концу. Результаты экспериментов по столкновению частиц с небывало высокими энергиями и по изучению некоторых ключевых физических явлений уже с трудом вписываются в рамки Стандартной модели. Они не опровергают ее, а дополняют описанием ранее не рассматривавшихся частиц и сил. Пожалуй, самый важный эксперимент начался в 2001 г. на модернизированном коллайдере «Теватрон» в Национальной лаборатории ускорителей им. Ферми в Батавии, шт. Иллинойс. Там впервые будут получены бозоны Хиггса – последний кирпичик в здании Стандартной модели, а также

суперпартнеры частиц, предсказываемые наиболее состоятельными дополнениями теории.

Важная информация начинает поступать с « B -фабрик» – американских и японских коллайдеров, на которых получают миллиарды b -кварков (одна из 11 дополнительных частиц) и их эквивалентов из антивещества, чтобы изучить нарушение зарядовой четности (CP). Зарядовая четность – симметрия, связывающая вещество и антивещество; ее нарушение означает, что вещество и антивещество ведут себя не совсем одинаково (т. е. антивещество не является «зеркальным отражением» вещества). Наблюдавшаяся до сих пор степень нарушения CP в реакциях распада частиц согласуется со Стандартной моделью, но есть веские причины ожидать значительно большего нарушения CP , чем допускает современная теория.

Считается, что электроны и кварки подобны микроскопическим магнитам, а их поведение в электрическом поле полностью определяется собственным электрическим зарядом. Сила магнитного поля и электрические свойства частиц, предсказываемые новыми теориями, несколько отличаются от описанных в Стандартной модели. Сегодня в распоряжении физиков имеется достаточно чувствительная аппаратура, чтобы обнаружить эти расхождения. ▶

СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ

Частицы

Хотя Стандартную модель следует расширить, ее частиц достаточно, чтобы описать окружающий нас мир и явления, наблюдаемые в микромире.

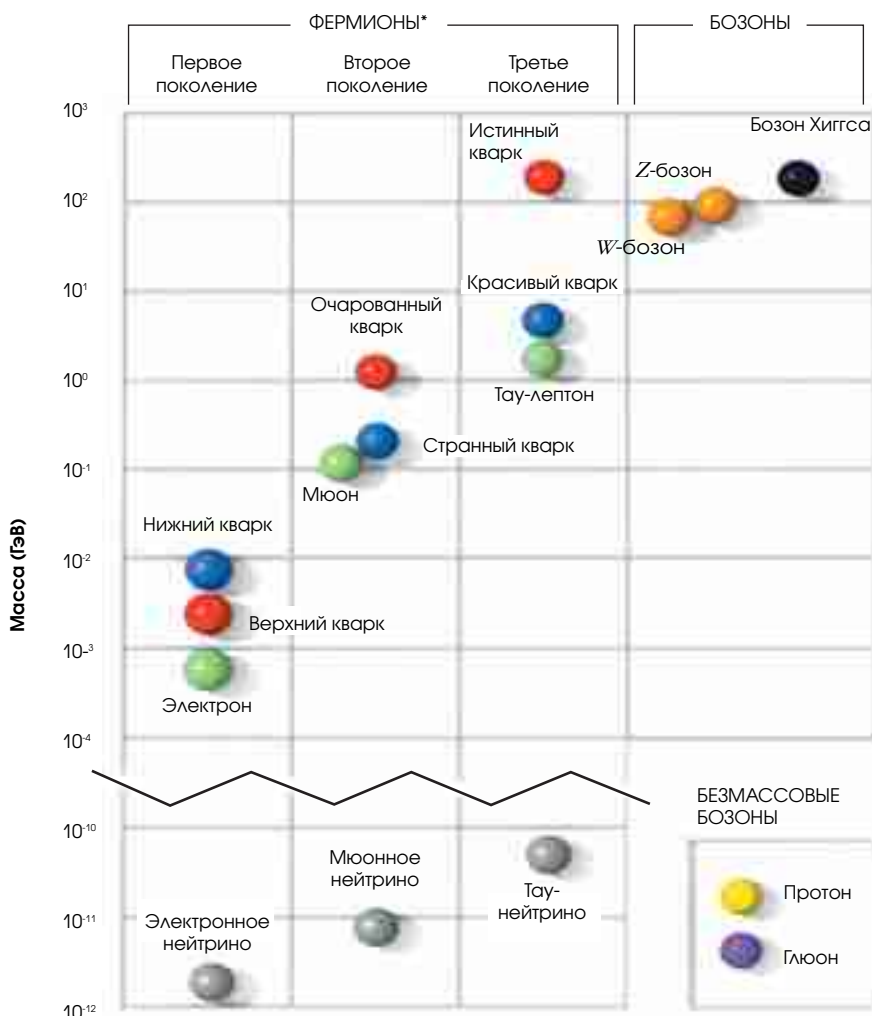
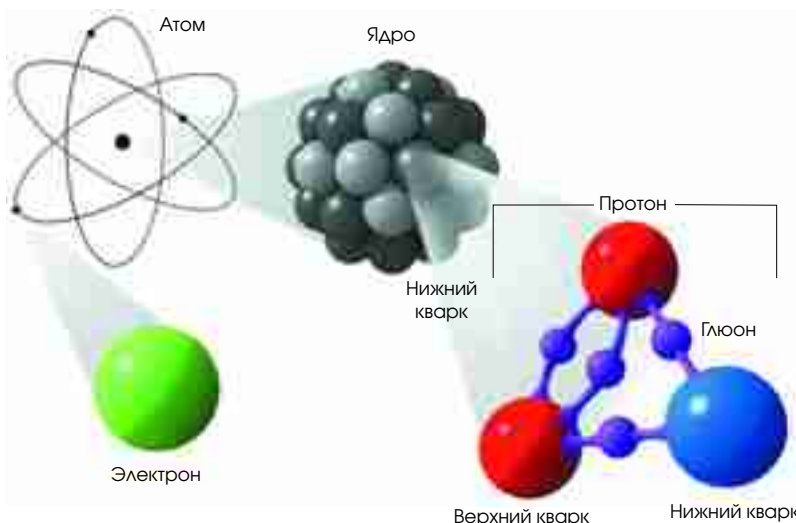
ЧАСТИЦЫ МАТЕРИИ (ФЕРМИОНЫ)

Электрон, верхний кварк (u) и нижний кварк (d) – это элементарные частицы обычного вещества. Триплеты кварков, вступая в связь, образуют протоны (uud) и нейтроны (udd), входящие в состав атомных ядер (см. рис. сверху). Электрон, верхний и нижний кварки вместе с электронным нейтрино образуют первую из трех групп частиц, называемых «поколениями» и идентичных во всех отношениях, кроме масс частиц (см. диаграмму справа). Указанные на диаграмме массы нейтрино выбраны таким образом, чтобы согласоваться с наблюдениями.

ПЕРЕНОСЧИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ (БОЗОНЫ)

Стандартная модель описывает три из четырех известных взаимодействий: электромагнетизм, слабое (участвующее в формировании химических элементов) и сильное (удерживающее вместе протоны, нейтроны и ядра) взаимодействия. Силы создаются частицами-переносчиками: фотонами для электромагнетизма, W - и Z - бозонами для слабого взаимодействия и глюонами – для сильного. Для гравитации постулированы гравитоны, но силы тяготения не входят в Стандартную модель. Электромагнитное и слабое взаимодействия считаются гранями одного «электрослабого» взаимодействия при высоких энергиях и на расстояниях меньше диаметра протона.

Несомненный успех Стандартной модели в том, что формы взаимодействий (детальная структура уравнений, описывающих их) в значительной степени определены общими принципами теории, а не выбором в соответствии с эмпирическими данными.



* Фермионы разделяются на кварки и лептоны; в число лептонов входят электроны, мюоны, тау и три вида нейтрино.

Например, релятивистская квантовая теория поля для электромагнетизма и наличие электронов подразумевают существование фотонов, свойства которых согласуются с наблюдаемой природой света. Аналогичным образом было предсказано существование и свойства (позже подтвержденные) глюонов, W - и Z -частиц.

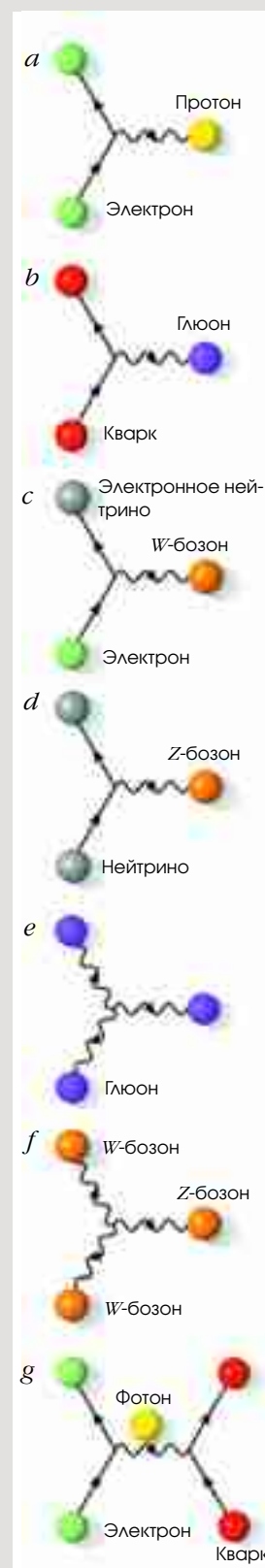
ИСТОЧНИК МАССЫ Кроме описанных выше частиц Стандартная модель предсказывает существование бозона Хиггса, который пока экспериментально не зарегистрирован. Масса частиц обуславливается их взаимодействием с бозонами Хиггса.

БОЛЕЕ ГЛУБОКИЕ УРОВНИ? Будет ли Стандартная модель заменена теорией, в которой кварки и электроны состоят из более фундаментальных частиц? Почти наверняка – нет. Даже в самых глубоких экспериментах не было найдено ни одного намека на существование дополнительной структуры. И, что более важно, Стандартная модель – согласованная теория, которая имеет смысл, если электроны и кварки фундаментальны. При высоких энергиях все взаимодействия становятся подобными, особенно если суперсимметрия справедлива (см. стр. 65). Если бы электроны и кварки состояли из более мелких частиц, то взаимодействия не становились бы равными. Релятивистская квантовая теория поля рассматривает электроны и кварки как точечные, бесструктурные объекты. Возможно, в будущем их будут рассматривать как крошечные струны или мембраны (как в теории струн), но они все равно останутся электронами и кварками, свойства которых описаны в Стандартной модели.

Правила игры

Стандартная модель описывает элементарные частицы и их взаимодействия. Но также необходимо знать, по каким правилам вычислять результаты взаимодействий. Пример, помогающий объяснить это положение, – закон Ньютона, $F=ma$. Здесь F – любая сила, m – масса любой частицы, и a – ускорение частицы, вызванное этой силой. Даже если частицы и силы, действующие на них, известны, невозможно вычислить, как они поведут себя, если не знать закон $F=ma$. Современная версия правил – релятивистская квантовая теория поля, сформулированная в первой половине XX в. В разработанной позже Стандартной модели была раскрыта природа частиц и сил, подчиняющихся правилам квантовой теории поля. Одновременно была расширена классическая концепция силы: при взаимодействии частицы могут не только отталкиваться и притягиваться, но и менять свою природу (тождественность), рождаться и распадаться.

Диаграммы Фейнмана (см. справа), впервые предложенные физиком Ричардом Фейнманом, наглядно описывают взаимодействия в квантовой теории поля. Прямые линии изображены траектории материальных частиц; волнистыми – частиц, переносящих взаимодействия. Электромагнитные силы возникают при излучении или поглощении фотонов заряженной частицей. Например, электрон может испустить фотон, изменив направление движения (a). В сильном взаимодействии участвуют глюоны, испускаемые (b) или поглощаемые кварками; в слабом – W - и Z -частицы (c, d), испускаемые или поглощаемые как кварками, так и лептонами. W -частица заставляет электрон изменить свою тождественность. Глюоны (e), W и Z (f) могут взаимодействовать сами с собой, а фотоны – нет. Диаграммы ($a-f$) называют вершинами взаимодействий. Силы можно представить как объединение двух или нескольких вершин. Например, электромагнитное взаимодействие между электроном и кварком в основном возникает при переносе фотона (g). Все в нашем мире (за исключением гравитации) является результатом комбинаций таких вершин.



Изучая чрезвычайно слабо взаимодействующие с веществом солнечные нейтрино и нейтрино в космических лучах, ученые установили, что эти призрачные частицы имеют массу. Такого результата давно ожидали теоретики, занимающиеся расширением Стандартной модели (см. статью «Разгадка тайны солнечных нейтрино»). Дальнейшие исследования прояснят содержание теории, объясняющей наблюдаемые массы нейтрино.

Кроме того, разрабатываются эксперименты, в которых будут обнаружены таинственные частицы, образующие холодную темную материю Вселенной. Также в ближайшее время ученые надеются выяснить, распадаются ли протоны. Любая из этих работ может стать отправной точкой путешествия за пределы Стандартной модели.

Подобные исследования возвещают приход новой эры захватывающих открытий в физике элементарных частиц. Примерно в 2007 г. вступит в строй Большой адронный коллайдер (*LHC*) с длиной окружности 27 км, строящийся в *CERN*, Европейской лаборатории физики элементарных частиц недалеко от Женевы. В стадии проектирования находится 30-километровый линейный электронно-позитронный коллайдер, который дополнит *LHC*.

С появлением первых признаков перехода к пост-Стандартной физике в новостях стали мелькать сообщения о том, что Стандартная модель неверна и вот-вот будет отвергнута. Ничего

подобного. Вспомним электродинамические уравнения Максвелла, написанные в конце XIX в. В начале прошлого века выяснилось, что они не применимы для микромира. Поэтому были составлены расширенные квантовые уравнения Максвелла, занявшие свое место в Стандартной модели. В любом случае мы не говорим, что уравнения Максвелла оказались неверными. Более того, они и по сей день успешно применяются при проектировании широчайшего спектра электронной аппаратуры.

Непоколебимая твердыня

Стандартная модель – это законченная математическая теория, весьма устойчивая система взаимосвязанных взглядов. Она может стать частью более обширной доктрины, но никак не может быть ошибочной. Если хотя бы одна ее часть была неверна, то рухнула бы вся структура, и множество успешных проверок оказались бы чисто случайным совпадением. Вместе с тем теория точно описывает сильные, слабые и электромагнитные взаимодействия при низких энергиях.

Стандартная модель предрекла существование *W*- и *Z*- бозонов, глюона и двух тяжелых кварков – очарованного и верхнего. Все названные частицы были впоследствии найдены и имели точно предсказанные свойства.

Второй важной проверкой стало измерение электрослабого угла смешивания – параметра, используемого при описании слабых и электромагнитных

взаимодействий и, согласно теории, имеющего одно и то же значение во всех электрослабых процессах. Если бы Стандартная модель была несостоятельна, угол смешивания для разных процессов был бы различен. Однако во всех экспериментах наблюдается одно и то же значение с точностью около 1%.

Третий пример – наблюдения за 20 млн. *Z*-бозонов, полученных на Большом электронно-позитронном коллайдере (*LEP*) в *CERN* с 1989 по 2000 гг. Каждый из них распался в полном соответствии со Стандартной моделью, позволяющей рассчитать количество распадов каждого типа, энергию и направление разлета частиц. Вот лишь некоторые из многих испытаний, надежно подтверждающих теорию.

Стандартная модель содержит 17 частиц и приблизительно столько же свободных параметров, таких как массы частиц и силы взаимодействий (см. стр. 62–63). В принципе, эти величины могут принимать любые значения, и мы определяем их с помощью измерений. Кабинетные критики иногда сравнивают множество параметров Стандартной модели с эпициклами на эпициклах, которыми средневековые теоретики пользовались для описания траекторий планет. Они считают, что Стандартная модель носит частный и даже условный характер и путем подбора некоторого параметра может объяснить все, что угодно.

На самом деле справедливо обратное: измеренные в каком-либо процессе массы и силы взаимодействия оказываются зафиксированными для любого другого эксперимента и для теории в целом, не оставляя никакой свободы выбора. Более того, точные формы всех уравнений Стандартной модели заданы теорией. На сегодняшний день измерены все параметры, кроме массы хиггсовского бозона. Пока мы не вышли за пределы Стандартной модели, получение новых результатов лишь повышает точность измеренных значений параметров. При этом становится все труднее сохранять взаимосогласованность экспериментальных данных. Казалось бы, дальнейшее добавление частиц

ОБЗОР: НОВАЯ ЭРА

- Стандартная модель – самая успешная физическая теория в истории науки. Однако, ее, похоже, необходимо дополнить описанием новых частиц, которые принимают участие в реакциях при высоких энергиях.
- Вскоре существование новых частиц будет подтверждено экспериментально. После 30 лет затишья теория элементарных частиц входит в новую эру открытий. Физика пост-Стандартной модели поможет разгадать многие тайны мироздания.
- Нам все еще предстоит опытным путем убедиться в существовании бозона Хиггса – одной из частиц Стандартной модели. Коллайдер «Теватрон» в лаборатории Ферми, по-видимому, позволит обнаружить хиггсовские бозоны в ближайшие годы.

и взаимодействий может дать значительно большую свободу для расширения Стандартной модели, но это не обязательно так. В наиболее широко признанном дополнении – Минимальной суперсимметричной стандартной модели (*MSSM*) – каждому виду частиц ставится в соответствие частица-суперпартнер. Мы мало что знаем о массах частиц-суперпартнеров, но их взаимодействия жестко задаются суперсимметрией. Как только массы будут измерены, в *MSSM* останется еще меньше степеней свободы, чем в Стандартной модели из-за ограничений, вносимых математическими соотношениями суперсимметрии.

Десять загадок

Если Стандартная модель столь хороша, зачем ее расширять? Поиски ответа приводят нас к давней задаче объединения всех сил природы. Воспользовавшись экстраполяцией, мы можем узнать, какими были силы взаимодействий при чрезвычайно высоких температурах вскоре после Большого взрыва. При низких энергиях сильное взаимодействие приблизительно в 30 раз сильнее слабого и более чем в 100 раз сильнее электромагнитного. При высоких энергиях значения сил этих трех взаимодействий становятся очень близкими, но все же неодинаковыми. В Стандартной модели, расширенной до *MSSM*, с ростом энергии силы становятся по существу идентичными (см. справа). Кроме того, при несколько более высоких энергиях они приближаются к силе гравитационного взаимодействия, что наводит на мысль о связи между тяготением и взаимодействиями Стандартной модели – немаловажный довод в пользу *MSSM*.

Доработка Стандартной модели необходима и для объяснения целого ряда явлений. Одни она не способна обосновать, а с другими просто несовместима:

1. Все современные теории предполагают наличие даже в самых пустых областях пространства огромной распределенной энергии, гравитация которой должна была быстро свернуть Вселенную или, наоборот, вызвать ее

расширение до существенно больших размеров, чем сейчас. Стандартная модель не в силах разрешить это противоречие, называемое проблемой космологической постоянной.

2. Долгое время считалось, что расширение Вселенной замедляется из-за взаимного гравитационного притяжения вещества. Теперь мы знаем, что расширение происходит с ускорением, причина которого (названная «темной энергией») не может быть объяснена с позиций Стандартной модели.

3. Есть все основания полагать, что в первые доли секунды Большого взрыва Вселенная прошла стадию инфляции, т.е. чрезвычайно быстро расширилась. В Стандартной модели отсутствует описание полей, ответственных за инфляцию.

4. Если Вселенная возникла в результате Большого взрыва как колоссальный выброс энергии, вещество и антивещество должны были бы развиваться в равной степени (*CP*-симметрия). Но звезды и туманности состоят из протонов, нейтронов и электронов, а не из соответствующих им античастиц. Стандартная модель не способна объяснить зарядовую асимметрию материи.

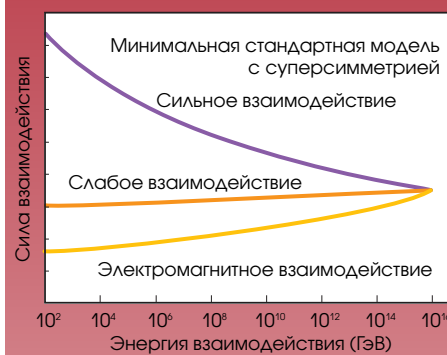
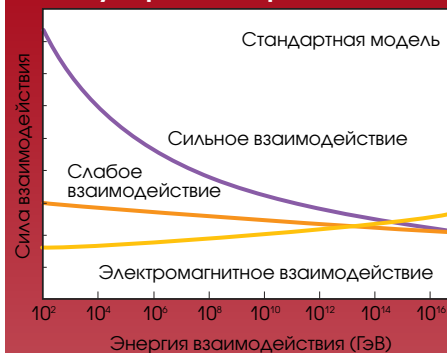
5. Примерно четверть Вселенной составляет невидимая холодная темная материя, которая не может состоять из частиц, описанных в Стандартной модели.

6. Согласно теории, появление у частиц массы обусловлено их взаимодействием с полем Хиггса (которое связано с хиггсовским бозоном). В рамках Стандартной модели нельзя обосновать весьма необычную форму хиггсовских взаимодействий.

7. Рассчитанная с учетом квантовых поправок масса бозона Хиггса оказывается огромной, а значит, массы всех остальных частиц тоже должны быть очень велики. Являясь неизбежным следствием Стандартной модели, такой результат порождает серьезные принципиальные трудности.

8. В Стандартную модель нельзя включить описание гравитации, структура которой в корне отличается от структуры трех других видов взаимодействия.

Проверка существования суперсимметрии



Минимальная стандартная модель с суперсимметрией – наиболее распространенная теория, предлагаемая взамен Стандартной модели. В ней каждая известная частица связана операцией суперсимметрии с частицей-суперпартнером. Все частицы образуют два широких класса: бозоны (типа частиц-носителей взаимодействий), которые, группируясь, могут находиться в одном состоянии, и фермионы (такие, как кварки и лептоны), избегающие одинаковых состояний. Суперпартнер фермиона – всегда бозон и наоборот. Косвенные доказательства суперсимметрии можно получить при экстраполяции взаимодействий к высоким энергиям. При этом в Стандартной модели три взаимодействия становятся похожими, но не равными по силе (вверху). При существовании суперпартнеров экстраполяция приводит к совпадению всех сил при определенной энергии (внизу). Таким образом, приняв предположение о суперсимметрии, можно говорить о едином происхождении всех взаимодействий.



Огромные детекторы частиц на «Теватроне», модернизация которых была проведена физиками лаборатории им. Ферми с 1996 по 2000 гг., используются для наблюдения бозонов Хиггса и суперсимметрии.

Только благодаря космологическим исследованиям мы смогли узнать, что Вселенная построена из вещества (а не из антивещества) и примерно на четверть состоит из холодной темной материи. Но космологи не могут разобраться, какие частицы ее образуют, как возникла асимметрия вещества и как происходит инфляция. Понимание макро- и микропроцессов, по-видимому, придет к нам одновременно.

Поле Хиггса

Физики уже ломают головы над загадками пост-Стандартной модели, но остается неясным один существенный аспект Стандартной модели. В теории предполагается, что наличие массы у лептонов, кварков, W - и Z -бозонов обусловлено взаимодействием с полем Хиггса, которое еще не было непосредственно зарегистрировано в эксперименте.

Поле Хиггса существенно отличается от любого другого поля. Например, электрические заряды создают электромагнитное поле, которое способно переносить энергию. Естественным состоянием в отсутствие излучения и заряженных частиц является нулевое поле. Другое дело – поле Хиггса. Как ни парадоксально, Стандартная модель требует, чтобы при самой низкой энергии значение поля Хиггса было отличным от нуля. Таким образом, это поле пронизывает всю Вселенную, и частицы всегда взаимодействуют с ним, проходя сквозь него подобно людям, идущим по пояс в воде. Взаимодействие придает частицам массу, инертность.

С полем Хиггса связан бозон Хиггса. Базовые принципы Стандартной модели не позволяют нам рассчитать массы частиц, в том числе массу самого бозона Хиггса. Зато некоторые массы можно вычислить (например, верхнего кварка, W - и Z -бозонов), используя другие измеренные величины. Поскольку подобные расчеты хорошо согласуются с результатами проверочных экспериментов, теоретическое описание поля Хиггса можно считать правильным.

Кое-что о массе бозона Хиггса мы уже знаем. На LEP -коллайдере было

9. Стандартная модель не позволяет рассчитать массы кварков и лептонов.

10. В Стандартной модели имеют место три поколения частиц. Окружающий нас мир полностью состоит из частиц первого поколения, законы поведения которых образуют самостоятельную непротиворечивую теорию. Стандартная модель описывает все три поколения, но не объясняет, почему их больше, чем одно.

Необходимо уяснить, что Стандартная модель – теория с очень строгими ограничениями, и она никогда не сможет объяснить перечисленные выше

явления. $MSSM$ должна помочь разобраться в механизме почти всех указанных феноменов, кроме второго и трех последних, с которыми связана теория струн (в которой частицы представлены крошечными одномерными объектами). Рассматривая вопросы, на которые Стандартная модель не в состоянии ответить, мы можем представить себе основные направления ее дальнейшего развития.

Сегодня физика элементарных частиц стоит на пороге новой эры. Стало ясно, что именно в ней нужно искать решение многих ключевых проблем космологии.

измерено приблизительно 20 величин, связанных уравнениями Стандартной модели. Из всех параметров, необходимых для вычисления значений этих величин, не измерена только масса бозона Хиггса. Поэтому можно определить, какая масса бозона Хиггса наилучшим образом согласуется с ними. Получается, что она не превышает 200 ГэВ. (Масса протона – около 0,9 ГэВ; верхнего кварка – 174 ГэВ.) Само существование однозначного решения системы этих уравнений доказывает, что бозон Хиггса действительно существует. В противном случае Стандартная модель неверна, а сложная взаимосвязь этих 20 величин, позволяющая рассчитать согласованное значение массы бозона Хиггса, – просто невероятное совпадение. Нет оснований сомневаться в правильности такого подхода, потому что с его помощью удалось предсказать массу верхних кварков прежде, чем они были обнаружены экспериментально.

В экспериментах, проведенных на Большом электронно-позитронном коллайдере, частицы Хиггса зарегистрированы не были. Впрочем, поиск проводился только для масс меньше 115 ГэВ. При этой предельной для *LEP* энергии должно было произойти некоторое количество событий с участием частиц, похожих на хиггсовские бозоны. Однако данных явно недостаточно, чтобы заявить о фактическом обнаружении бозона Хиггса. Таким образом, значение массы бозона Хиггса лежит между 115 и 200 ГэВ.

Сейчас *LEP* демонтирован, а на его месте начата сборка *LHC* – Большого адронного коллайдера, который будет запущен через четыре года. Тем временем поиск бозонов Хиггса продолжается на «Теватроне» в лаборатории Ферми (см. фото на стр. 66). Если все будет идти по намеченному плану, «Теватрон» произведет более 10 тыс. бозонов Хиггса, и можно будет проверить, соответствует ли теории их фактическое поведение. Исследователи возлагают большие надежды на *LHC*, который должен стать «мезонной фабрикой» по производству миллионов частиц Хиггса.

В ближайшие годы, вероятно, появится прямое подтверждение суперсимметрии. Холодная темная материя скорее всего состоит из самых легких суперпартнеров, предсказываемых *MSSM*, а они вполне могут быть зарегистрированы на «Теватроне». Установить, является ли суперсимметрия одним из свойств природы, поможет *LHC*, который сможет производить большое количество суперпартнеров (если они вообще существуют).

Эффективные теории

Чтобы разобраться, какое место в физике занимает Стандартная модель, и выявить ее сильные и слабые стороны, обратимся к понятию эффективной теории. Эффективная теория – это описание одного из свойств природы, включающее исходные данные, которые в принципе можно вычислить с помощью более глубокой теории. Например, в ядерной физике в качестве исходных данных выступают масса, заряд и спин протона. В Стандартной модели эти величины можно вычислить, используя свойства кварков и глюонов как исходные данные. Таким образом, ядерная физика –

эффективная теория ядер, а Стандартная модель – эффективная теория кварков и глюонов.

С этой точки зрения, все эффективные теории открыты и одинаково фундаментальны, т.е. не являются истинно фундаментальными. Продлится ли цепь эффективных теорий? *MSSM* отвечает на многие вопросы, поставленные Стандартной моделью, и все же остается эффективной теорией, потому что опирается на исходные данные. Возможно, эти данные можно будет вычислить в теории струн.

Даже среди эффективных теорий физика элементарных частиц имеет особый статус. Благодаря ей мы рано или поздно достигнем такой степени понимания свойств природы, когда теорию можно будет сформулировать вообще без исходных данных. Возможно, теория струн или один из ее вариантов позволят нам не только вычислить массу электрона и другие величины, но и обосновать свойства пространства-времени и правила квантовой теории. А сейчас от достижения этой цели нас все еще отделяют одна или две еще не существующие эффективные теории. ■

ОБ АВТОРЕ:

Профессор Мичиганского университета **Гордон Кейн** (Gordon Kane) – специалист по физике элементарных частиц, лауреат премии им. Виктора Вайскопфа. Он исследует способы проверки и расширения Стандартной модели физики элементарных частиц. В особенности его интересуют физика хиггсовских частиц и расширение Стандартной модели с учетом суперсимметрии с упором на сопоставлении теории и эксперимента и на значении суперсимметрии для физики элементарных частиц и космологии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

- The Particle Garden. Gordon Kane. Perseus Publishing, 1996.
- The Rise of the Standard Model: A History of Particle Physics from 1964 to 1979. Edited by Lillian Hoddeson, Laurie M Brown, Michael Riordan and Max Dresden. Cambridge University Press, 1997.
- The Little Book of the Big Bang: A Cosmic Primer. Craig J Hogan. Copernicus Books, 1998.
- Supersymmetry: Unveiling the Ultimate Laws of Nature. Gordon Kane. Perseus Publishing, 2001.

Список адресов веб-сайтов по физике элементарных частиц приведен на www.particleadventure.org/particleadventure/other/othersites.html

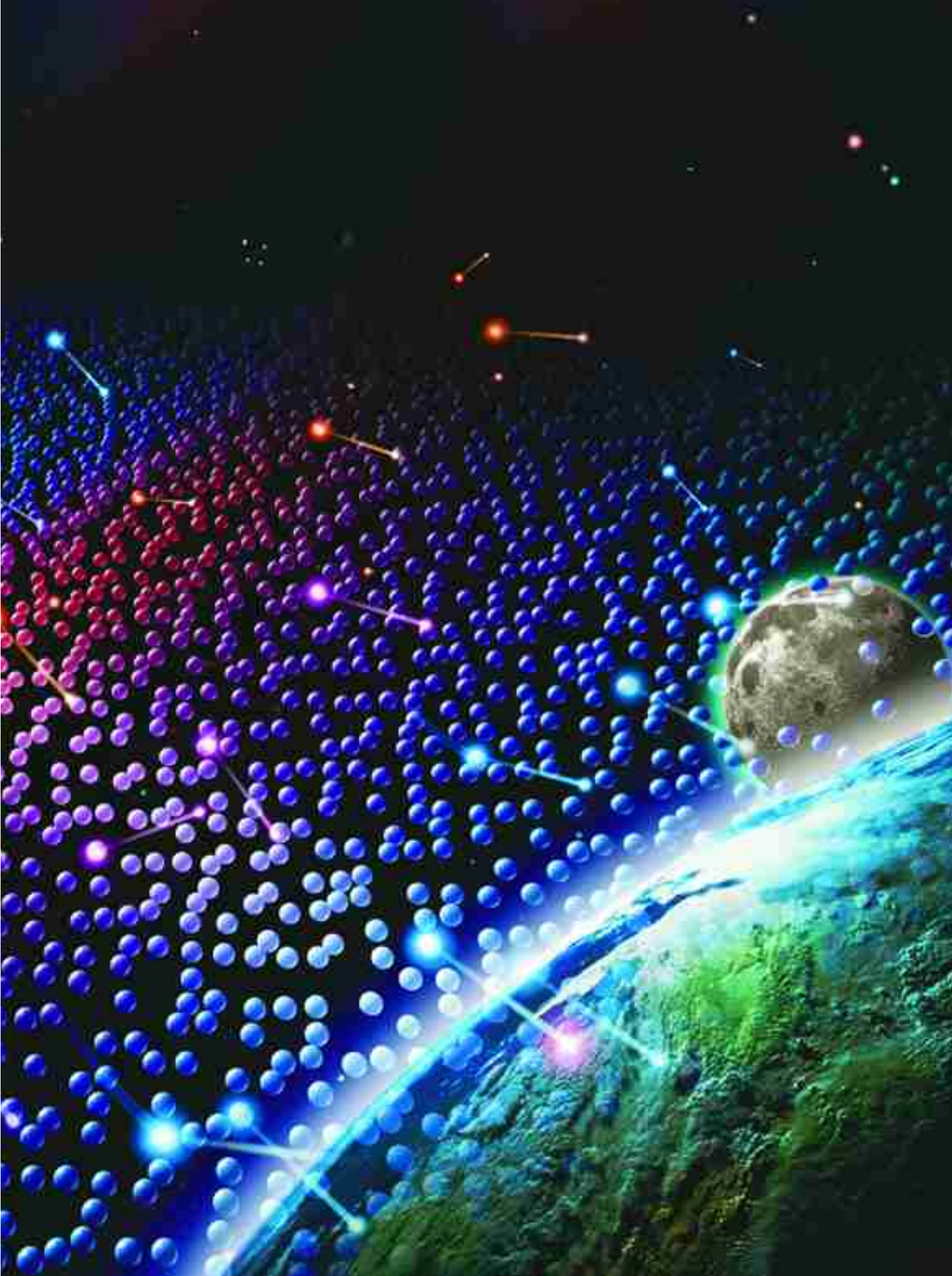


разгадка

ТАЙНЫ СОЛНЕЧНЫХ НЕЙТРИНО

Артур Макдональд, Джошуа Клейн, Дэвид Вок

Наблюдая за Солнцем из подземной нейтринной обсерватории в Садбери, ученые нашли ответ на вопрос 30-летней давности и доказали, что солнечные нейтрино меняют свой тип на пути к Земле.



На первый взгляд, странно, что для изучения Солнца астрофизики решили построить детектор размером с 10-этажный дом на глубине двух километров под землей. Но именно это помогло разгадать загадку физических процессов, протекающих в недрах Солнца, мучившую ученых несколько десятилетий. Еще в 20-х гг. XX в. английский физик Артур Эддингтон предположил, что энергию Солнцу дает слияние атомных ядер. Предпринятые в 60-х гг. попытки экспериментально подтвердить гипотезу не дали ожидаемого результата: была зафиксирована лишь часть ожидаемого потока продуктов солнечных термоядерных реакций – неуловимых частиц нейтрино. Подтвердить гипотезу Эддингтона удалось лишь в прошлом году благодаря наблюдениям в Садберийской нейтринной обсерватории (СНО), расположенной глубоко под землей недалеко от г. Садбери в канадской провинции Онтарио.

В отличие от большинства подобных установок, собранных за прошедшие 30 лет, СНО регистрирует рождающиеся в солнечном ядре нейтрино при помощи тяжелой воды, в молекулах которой все атомы водорода заменены его тяжелым изотопом – дейтерием, содержащим кроме протона еще и нейтрон. Это позволяет с равной эффективностью подсчитывать как электронные, так и мюонные и тау-нейтрино. Оказалось, что наблюдавшийся

в ранних экспериментах дефицит солнечных нейтрино был вызван не ошибками экспериментаторов или недостатками теории строения Солнца, а ранее неизвестными свойствами самих нейтрино.

Нейтринный дефицит

В начале 60-х гг. несколько ученых под руководством Раймонда Дэвиса (Raymond Davis) из Пенсильванского университета впервые попытались зарегистрировать нейтрино, вылетающие из недр нашего светила, и доказать, что источником солнечной энергии действительно служат термоядерные реакции. Установка Дэвиса размещалась в бывшей золоторудной шахте *Homestake* в Южной Дакоте и регистрировала нейтрино радиохимическим методом. Бак детектора был заполнен 615 тоннами тетрахлорэтилена, который обычно используется в химчистке. Поглощаясь в этой жидкости, нейтрино превращает хлор в аргон. Однако Дэвис обнаруживал рождение нового атома аргона не каждые сутки, как предсказывала теория, а только раз в 2,5 дня. (В 2002 г. Раймонд Дэвис и Масатоши Кошиба (Masatoshi Koshiba) из Токийского университета получили Нобелевскую премию за пионерские работы по физике нейтрино.) На протяжении 30 лет после опытов Дэвиса все аналогичные эксперименты, несмотря на разнообразие методик, давали тот же результат. Количество

приходящих от Солнца нейтрино всегда было меньше предсказываемого теорией: от 1/3 до 3/5 ожидаемого потока в зависимости от энергии регистрируемых частиц.

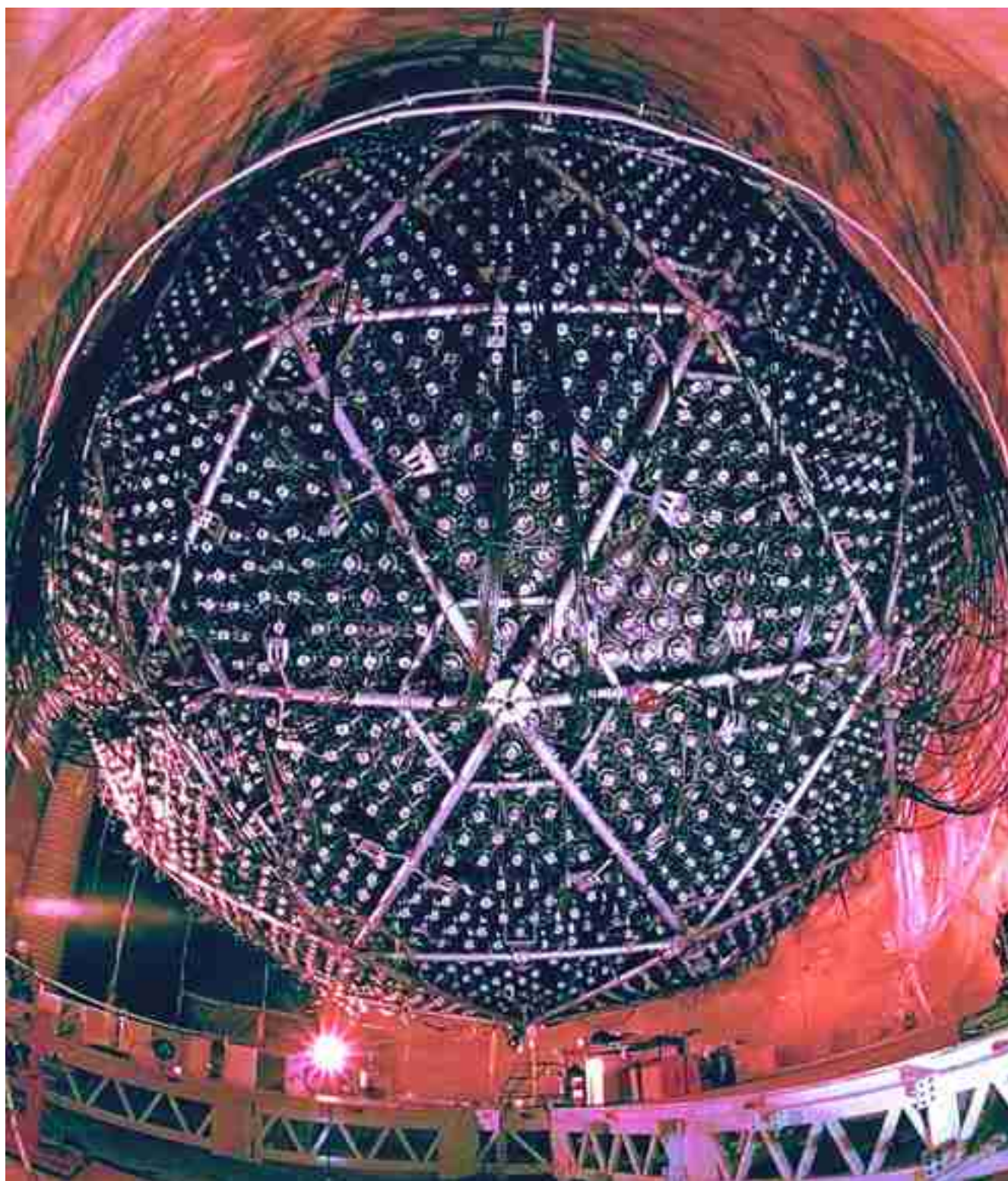
Пока экспериментаторы продолжали опыты, теоретики уточняли физическую модель Солнца. Они исходили из нескольких предположений: а) энергию Солнцу дает ядерный синтез; б) эта энергия поддерживает давление газа, уравновешивающее гравитацию; в) химический состав солнечных недр в момент рождения звезды был таким же, каков он сейчас на ее поверхности. И хотя теоретический поток нейтрино по-прежнему был больше регистрируемого, все остальные результаты моделирования (например, спектр гелиосейсмических колебаний) очень хорошо согласовались с наблюдениями.

Загадочное различие между теорией и практикой стали называть «проблемой солнечных нейтрино». Многие физики верили, что несовпадение измеренного и расчетного количества есть следствие трудностей регистрации нейтрино. Тем не менее широкое распространение получил и другой, революционный взгляд. В Стандартной модели элементарных частиц существует три совершенно различных безмассовых типа нейтрино: это электронное, мюонное и тау-нейтрино. Термоядерные реакции в центре Солнца порождают только электронные нейтрино, и опыт Дэвиса был разработан как раз для их регистрации: только электронные нейтрино могут превратить хлор в аргон. Но если Стандартная модель неточна и типы нейтрино не разделены, а каким-то образом перемешаны, то электронное нейтрино на пути от Солнца может превратиться в другой аромат и не будет зарегистрировано.

Скорее всего тип нейтрино изменяется в процессе нейтринной осцилляции (см. рис. на стр. 72), которая подразумевает, что каждый аромат нейтрино (электронное, мюонное или тау) состоит из смеси трех состояний (обозначаемых как 1, 2 и 3), имеющих разные массы. Тогда электронное

ОБЗОР: НЕЙТРИННАЯ ОСЦИЛЛЯЦИЯ

- С 60-х гг. прошлого века интенсивность потока солнечных нейтрино, регистрируемых подземными детекторами, оказывалась меньше теоретической. Необъяснимое расхождение экспериментальных данных с результатами моделирования получило название «проблема солнечных нейтрино».
- Наблюдения, проведенные в Садберийской нейтринной обсерватории в 2002 г., помогли ученым ответить на вопрос 30-летней давности. Оказалось, что часть электронных нейтрино, возникающих в недрах Солнца, меняют свой аромат на пути к Земле и поэтому не регистрируются детекторами
- Результаты, полученные в Садбери, подтверждают истинность гелиофизической теории и свидетельствуют о том, что нейтрино, долгое время считавшиеся безмассовыми частицами, на самом деле обладают массой. Таким образом, стандартную модель физики элементарных частиц придется пересмотреть.



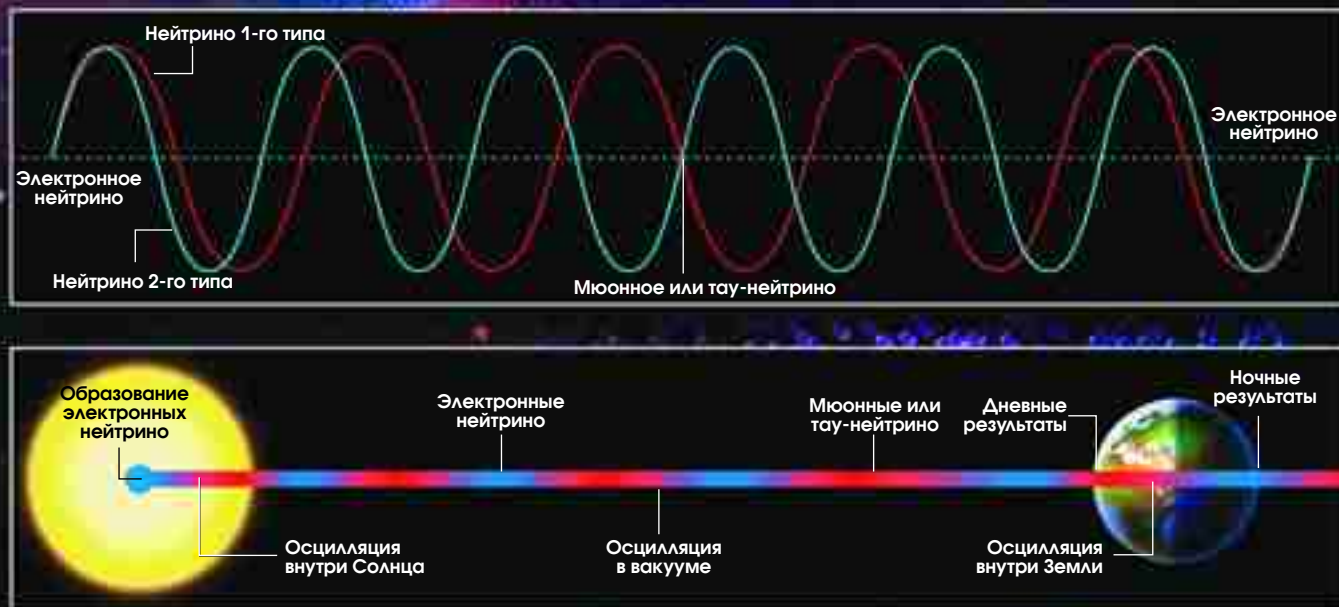
COURTESY OF SOUDBURY NEUTRINO OBSERVATORY (photograph); SLIM FILMS (next two pages)

«Глаза» Садберийской нейтринной обсерватории – 9,5 тыс. фотоумножительных ламп, расположенных на геодезической сфере диаметром 18 м, пристально наблюдают за тысячей тонн тяжелой воды, заключенной в шарообразный акриловый сосуд диаметром 12 м. Каждый фотоумножитель способен зарегистрировать даже единственный фотон. Материалы, из которых изготовлен детектор, тщательно очищены от радиоактивных примесей, чтобы их излучение не «ослепляло» фотодатчики потоком ложных отсчетов.

ЛОВУШКА ДЛЯ НЕУЛОВИМЫХ НЕЙТРИНО

КАК ОСЦИЛЛИРУЮТ НЕЙТРИНО

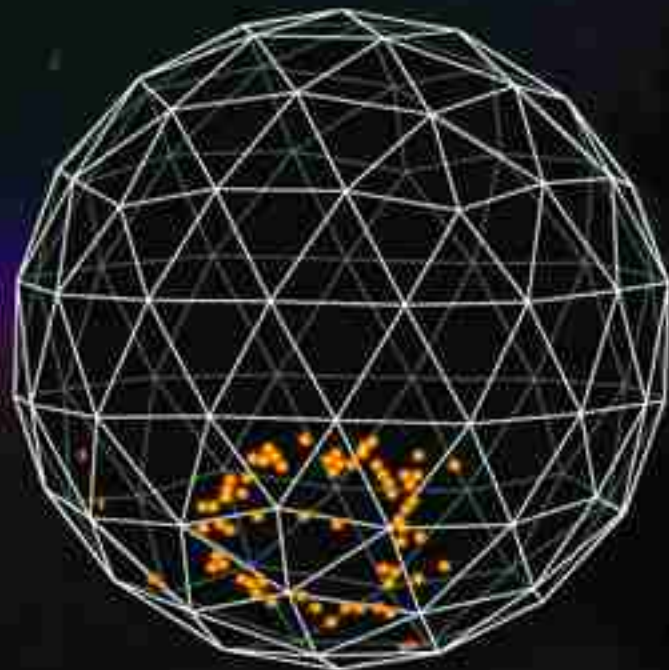
Электронное нейтрино (слева) – это суперпозиция нейтрино 1-го и 2-го типов, квантовые волны которых синфазны. Поскольку длины волн нейтрино разных типов различаются, при движении накапливается разность фаз, и в результате частица превращается в мюонное или тау-нейтрино (в середине). Продолжая осциллировать, нейтрино снова становится электронным (справа).



ГДЕ ОСЦИЛЛИРУЮТ НЕЙТРИНО

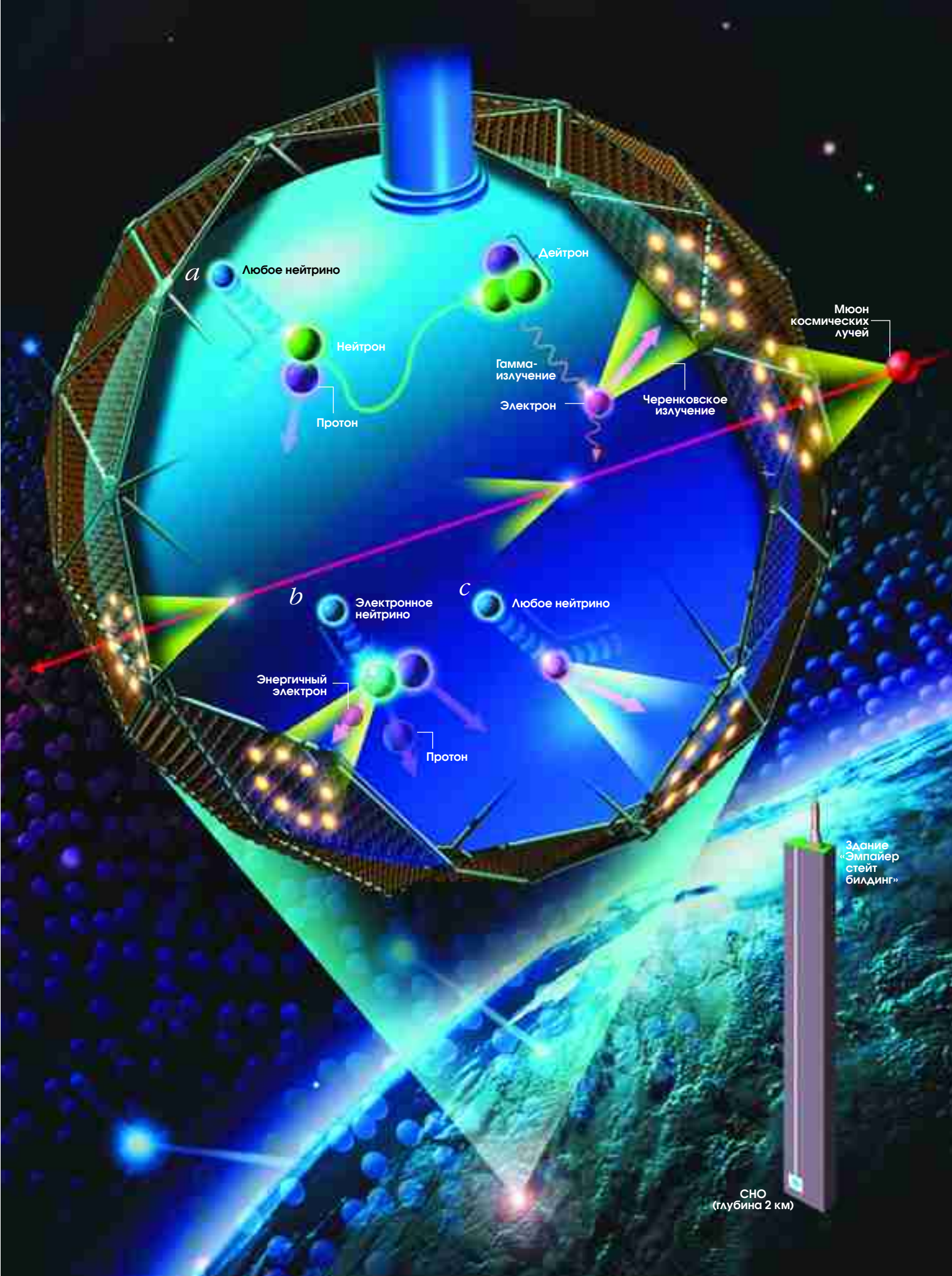
Электронные нейтрино, рожденные в недрах Солнца, могут осциллировать как внутри светила, так и на пути к Земле, в зависимости от соотношения масс и от степени смешения нейтрино 1-го и 2-го типов. Дополнительная осцилляция, по-видимому, происходит внутри Земли, о чем свидетельствует различие дневных и ночных результатов наблюдений.

ИЗ ВСЕХ ВСПЫШЕК ЛИШЬ ОДНА СВЯЗАНА С НЕЙТРИНО



КАК РЕГИСТРИРУЮТСЯ НЕЙТРИНО

Детектор Садберийской нейтринной обсерватории (СНО) (см. противоположную страницу) регистрирует характерные вспышки черенковского света, излучаемого высокоэнергичными электронами. Последние возникают в тяжелой воде (большая синяя сфера) в результате трех реакций. Распад дейтрона (а) происходит, когда нейтрино (синее) разбивает ядро дейтерия на протон (фиолетовый) и нейтрон (зеленый). При взаимодействии нейтрона с другим дейтроном испускается гамма-луч, освобождающий электрон (розовый), черенковское излучение которого регистрируется детектором. В ходе второй реакции (b) нейтрон поглощает нейтрино и превращается в протон и энергичный электрон. В эту реакцию могут вступать только электронные нейтрино. Гораздо реже нейтрино непосредственно сталкиваются с электронами (с). Мюоны космических лучей (красные) отличаются от нейтрино интенсивностью порождаемого ими черенковского излучения и местом его возникновения – как внутри, так и снаружи детектора. Количество мюонов снижается до приемлемого уровня благодаря расположению детектора на двухкилометровой глубине.



a

Любое нейтрино

Дейтрон

Нейтрон

Протон

Гамма-излучение

Электрон

Черенковское излучение

Мюон космических лучей

b

Электронное нейтрино

Энергичный электрон

Протон

c

Любое нейтрино

СНО
(глубина 2 км)

Здание
«Эмпайер
стейт
билдинг»

нейтрино может быть одной смесью состояний 1 и 2, а мюонное – другой. Теоретически такая смесь нейтрино способна колебаться между состояниями на пути от Солнца к Земле.

Первое свидетельство нейтринных осцилляций было получено в 1998 г. в проекте *Super-Kamiokande*, когда обнаружили, что вероятность исчезновения мюонных нейтрино, рожденных космическими лучами в верхних слоях атмосферы, зависит от пройденного ими пути. Мюонные нейтрино, регистрируемые детектором *Super-Kamiokande*, в результате осцилляции превращаются в тау-нейтрино, которые в большинстве своем остаются незамеченными.

Аналогично можно объяснить и дефицит солнечных нейтрино. Согласно одному из сценариев, они должны осциллировать во время 8-минутного путешествия сквозь вакуум от Солнца к Земле. В другой модели осцилляции особенно сильны в течение первых двух секунд пути сквозь само Солнце.

Подземный пост

Для поиска прямых доказательств осцилляции солнечных нейтрино была спроектирована обсерватория в Садбери, где для регистрации нейтрино используются различные виды их взаимодействия с тяжелой водой. В одной из реакций участвуют только электронные нейтрино, в других – все ароматы без исключения. Если от Солнца до Земли доходят только электронные нейтрино, т.е. нет никаких трансформаций, то количество нейтрино всех типов должно быть равно

количеству электронных нейтрино. А если численность нейтрино всех ароматов заметно превосходит численность электронных, то солнечные нейтрино действительно меняют свой тип.

Поскольку в тяжелой воде содержатся ядра дейтерия (дейтроны), детектор может подсчитывать как отдельно электронные нейтрино, так и все типы вместе. Дейтроны могут взаимодействовать с нейтрино двумя способами: поглощать его нейтроном и рожать электрон, а также распадаться, освобождая нейтрон. В реакции поглощения участвуют только электронные нейтрино. Зато разрушить дейтрон могут нейтрино всех ароматов. В СНО также регистрируется рассеяние электронов на нейтрино любого типа. Впрочем, эта реакция гораздо менее чувствительна к мюонному и тау-нейтрино, чем распад дейтрона (см. рис. на стр. 73).

Еще в 60-х гг. Т. Дж. Дженкинс (T. J. Jenkins) Ф. У. Дикс (F. W. Dix) из Университета в Ки Уэст использовали около 2 тонн тяжелой воды для проведения наблюдений в наземной лаборатории. Тогда следы солнечных нейтрино «потонули» на фоне космических лучей. В 1984 г. Херб Чен (Herb Chen) из Калифорнийского университета предложил для регистрации солнечных нейтрино разместить на дне никелевой шахты в Садбери тяжелую воду из канадского ядерного реактора *CANDU*.

Вскоре началось строительство нейтринного детектора СНО. Прозрачный акриловый (плексигласовый) резервуар диаметром 12 м наполнили

1 тыс. тонн тяжелой воды (см. рис. на стр. 71), за которой наблюдают 9,5 тыс. фотоумножителей, расположенных на геодезической сфере диаметром 18 м. Каждый такой приемник способен зарегистрировать даже единичный фотон. Вся конструкция погружена в обычную воду высшей степени очистки, которая заполняет полость, выдолбленную в скале на глубине 2 км.

Семь раз отмерь

В дневное время нейтрино легко проникают к детектору СНО сквозь двухкилометровую толщу скалы, а ночью им нипочем и тысячи километров земного шара. Именно благодаря чрезвычайно слабому взаимодействию с веществом нейтрино очень интересны для гелиофизики. Фотоны солнечного света сотни тысяч лет рассеиваются электронами внутри Солнца, прежде чем достигнуть его поверхности. А вот рожденные в солнечном ядре нейтрино уже через две секунды покидают звезду и прилетают к нам прямо из области генерации солнечной энергии.

Раз уж ни само Солнце, ни Земля не способны препятствовать полету нейтрино, попытка поймать их с помощью детектора весом всего 1 тыс. тонн выглядит весьма сомнительной. Подавляющая часть нейтрино проходит сквозь детектор СНО, не замечая его, но все же в редких случаях одно из них сталкивается с электроном или ядром атома и высвобождает энергию, достаточную для регистрации. К счастью, слабое взаимодействие компенсируется огромной плотностью пото-

ВОСЕМЬДЕСЯТ ЛЕТ СОЛНЦА И НЕЙТРИНО

Большая часть столетия ушла на то, чтобы убедиться, что мы знаем, откуда берется солнечная энергия. Попутно нейтрино превратились из гипотетических частиц в главный инструмент наблюдений. Их осцилляции свидетельствуют о необходимости создания новой теории элементарных частиц.



Ежесекундно сквозь каждый квадратный сантиметр Вашего тела проходят ПЯТЬ МИЛЛИОНОВ высокоэнергичных нейтрино.

ка солнечных нейтрино: ежесекундно через каждый квадратный сантиметр земной поверхности проходят 5 млн. нейтрино высокой энергии. Поэтому с помощью детектора СНО удается зарегистрировать около 10 нейтрино каждый день. Любая нейтринная реакция сопровождается возникновением энергичных электронов, которые легко заметить по черенковскому излучению – пучку света, возникающему подобно ударной волне от быстро движущейся частицы.

Свет редких нейтринных событий нужно отличить от вспышек черенковского излучения, вызываемого другими частицами, в частности мюонами космических лучей, рожденными в верхних слоях атмосферы и способными ослепить любой фотоумножитель. Километры скальной породы ослабляют поток мюонов до трех штук за час, а поскольку их появление в обычной воде вне детектора тоже сопровождается эффектом Черенкова, их легко отличить от нейтрино.

Гораздо более серьезный источник помех – радиоактивность материалов, из которых сделан сам детектор. Все его элементы – от тяжелой воды и акрилового резервуара до стекла фотоумножителей и металла опорных конструкций – содержат естественные радиоактивные примеси. Кроме того, в воздухе шахты содержится газ

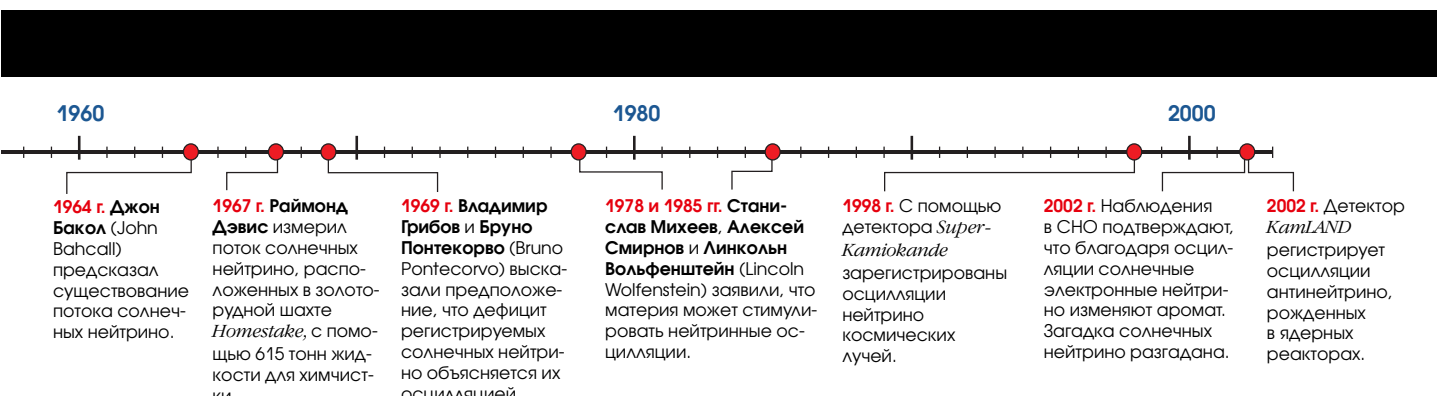
радон. Находящиеся внутри СНО ядра радиоактивных элементов регулярно распадаются и высвобождают энергичные электроны или гамма-лучи, способные вызвать вспышку черенковского излучения, похожую на сигнал от нейтрино.

Перед создателями СНО стояла очень сложная задача: детектор должен подсчитывать нейтрино и определять, какая их часть участвует в каждой из трех реакций и сколько «ложных нейтрино» возникло, например, из-за радиоактивного загрязнения. Процентная погрешность на каждом из этапов анализа сделает бесполезным сравнение потока электронных нейтрино с потоком нейтрино всех типов. За 306 дней работы (с ноября 1999 г. по май 2001 г.) в СНО было зарегистрировано около 500 млн. частиц. После обработки данных только 2928 из них остались кандидатами в нейтрино.

СНО не может однозначно определить тип каждой нейтринной реакции. Скажем, представленный на стр. 56 сигнал может быть результатом как распада дейтрона, так и поглощения нейтрино. К счастью, анализ множества сигналов позволяет выявить различие между реакциями. Например, распад дейтрона всегда сопровождается возникновением гамма-лучей с одинаковой энергией, а электроны,

появляющиеся при поглощении нейтрино или в результате электронного рассеяния, имеют широкий спектр энергий. Кроме того, рассеяние порождает электроны, движущиеся со стороны Солнца, а вызванное распадом дейтронов черенковское излучение может приходиться с любого направления. Наконец, электронное рассеяние наблюдается как в легкой, так и в тяжелой воде, а другие реакции – нет. Учитывая все эти нюансы, можно определить, сколько раз имела место та или иная реакция.

После статистического анализа всех зарегистрированных в СНО событий 576 из них было отнесено к распаду дейтронов, 1967 – к поглощению нейтрино и 263 – к электронному рассеянию. Остальные 122 случая были списаны на радиоактивность и другие фоновые явления. Учитывая ничтожную вероятность того, что нейтрино разрушит дейтрон, рассеется на электроне или будет поглощено, приходим к выводу: 1967 зарегистрированных случаев поглощения соответствуют 1,75 млн. электронных нейтрино, ежесекундно проходящих через каждый квадратный сантиметр земной поверхности над СНО. Это составляет только 35% от теоретической интенсивности. Как видим, результаты других нейтринных экспериментов подтвердились: фактический поток



электронных нейтрино от Солнца намного меньше теоретического.

Остается ответить на главный вопрос: какова доля электронного аромата в общем потоке солнечных нейтрино? Отнесенные к распаду дейтронов 576 событий соответствуют интенсивности 5,09 млн. нейтрино на квадратный сантиметр в секунду – гораздо больше, чем 1,75 млн. электронных

нейтрино. Итак, почти 2/3 приходящих от Солнца нейтрино являются мюонными или тау-нейтрино. А поскольку в результате термоядерных реакций в недрах светила возникают только электронные нейтрино, то некоторые из них должны трансформироваться на пути к Земле. За 20 лет экспериментов только с помощью *Super-Kamiokande* и СНО удалось вы-

яснить, что нейтрино ведут себя совсем не так, как три безмассовых аромата, описанных в Стандартной модели. Наблюдая за превращениями нейтрино, мы еще раз убеждаемся в том, что микромир раскрыл еще не все свои тайны.

А как же быть с «проблемой солнечных нейтрино»? Объясняется ли наблюдаемый уже 30 лет дефицит превращением электронных нейтрино в другие ароматы? Да! Подсчитанные 5,09 млн. нейтрино прекрасно согласуются с прогнозами, составленными на основании гелиофизических моделей. Теперь мы вправе заявить, что действительно понимаем, как рождается солнечная энергия. Солнце поведало нам много нового про нейтрино, и мы наконец можем вернуться к изначальной задаче Дэвиса и использовать эти удивительные частицы для изучения ближайшей к нам звезды. Например, с помощью нейтрино можно определить, какая часть солнечной энергии генерируется в прямом слиянии ядер водорода, а какая – в результате каталитических реакций с ядрами углерода.

НЕКОТОРЫЕ ДРУГИЕ НЕЙТРИННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

HOMESTAKE: Радиохимический детектор солнечных нейтрино, расположенный в бывшей золоторудной шахте *Homestake*, штат Южная Дакота. Наблюдения начались в 1966 г. с использованием 615 тонн жидкости для химчистки. В 1996 г. на смену тетрахлорэтилену пришел раствор йодистого натрия, и регистрацию нейтрино стали осуществлять с помощью 100 тонн йода.

KAMIOKA: Здесь разместились *Super-Kamiokande* – детектор для изучения солнечных нейтрино и нейтрино космических лучей с помощью 500 тыс. тонн легкой воды. Он также регистрирует мюонные нейтрино, прилетающие из *KEK*, расположенного в 250 км (проект «*K2K*»). Неподалеку находится небольшой детектор *KamLAND* (1 тыс. тонн жидкого сцинтиллятора, излучающего свет при прохождении заряженных частиц), регистрирующий антиэлектронные нейтрино, испускаемые всеми близлежащими южно-корейскими и японскими ядерными реакторами.

SAGE (российско-американский галлиевый эксперимент): Детектор расположен в Кавказских горах, на Баксане. Для наблюдений используется 50 тонн галлия, который позволяет регистрировать нейтрино низких энергий, порождаемые протонным синтезом внутри Солнца.

GRAN SASSO: Самая большая в мире подземная лаборатория, разместившаяся в недрах гор Гранд Сассо в 150 км к востоку от Рима. В 1991 г. там начался солнечно-нейтринный эксперимент *Gallex/GNO*, в котором задействовано 30 тонн галлия (в виде водного раствора трихлорида галлия). В этом году будет закончено сооружение детектора *orexino*, представляющего собой сферический резервуар с 300 тоннами сцинтиллятора, окруженный 2200 фотомножителями.

MINIBOONE (нейтринный ускоритель): Находится в лаборатории им. Ферми, штат Иллинойс; введен в эксплуатацию в 2002 г. Пучки мюонных и антимюонных нейтрино проходят сквозь 500 м земли и затем регистрируются в баке с 800 тоннами минерального масла. Цель проекта – проверить сомнительные результаты эксперимента *LSND*, проведенного в Лос-Аламосской национальной лаборатории в 1995 г.

MINOS: Пучки нейтрино из лаборатории им. Ферми будут направляться на расположенный в 735 км детектор *Soudan*, штат Миннесота. Для регистрации нейтрино будет использоваться 5400 тонн железа, пронизанного пластиковыми детекторами частиц. Установка начнет выдавать результаты не раньше 2005 г.

Планы на будущее

Открытие, сделанное в СНО, гораздо важнее, чем просто разрешение «солнечной проблемы». Если в ходе осциллирующий нейтрино изменяют свой тип, то они должны обладать массой покоя. Это имеет огромное космологическое значение, поскольку нейтрино – самые многочисленные во Вселенной частицы после фотонов. Наблюдения, проведенные с помощью *Super-Kamiokande* и СНО, позволили измерить не сами массы, а их разность. А так как она отлична от нуля, значит, по крайней мере некоторые ароматы имеют ненулевую массу. Дополнив информацию о разности масс значением верхнего предела массы электронных нейтрино, полученным из других экспериментов, приходим к выводу, что нейтрино вносят от 0,3% до 21% критической плотности плоской Вселенной. (Другие космологические данные недвусмысленно говорят о том, что Вселенная плоская.) Это количество не так

уж мало (оно сравнимо с 4% плотности, вносимыми всеми звездами, газом и пылью), но его недостаточно, чтобы объяснить природу всего вещества, по-видимому, присутствующего во Вселенной. Поскольку нейтрино были последними известными нам частицами, которые могли бы возместить скрытую массу, то должен существовать хотя бы один тип еще не открытых частиц, плотность которых выше, чем у всех уже известных видов материи.

Сотрудники СНО также пытаются изучить влияние вещества на колебания нейтрино. Как уже говорилось, пролет сквозь Солнце может увеличивать вероятность осцилляций. Если это так, то путешествие нейтрино сквозь тысячи километров земной тверди должно стимулировать обратный процесс. Поэтому ночью поток солнечных электронных нейтрино должен быть более интенсивен, чем днем. В принципе, данные, накопленные в СНО, вроде бы подтверждают эту гипотезу, но они пока недостаточно достоверны, чтобы с уверенностью говорить о наблюдаемом эффекте.

Характеристики Садберийской обсерватории постоянно улучшаются. В описанных выше экспериментах нейтроны, полученные при распаде дейтронов, регистрировались в тот момент, когда их захватывали другие атомы дейтерия, – малозаметный процесс, сопровождающийся слабым излучением. В мае 2001 г. в тяжелую воду добавили 2 тонны очищенного хлорида натрия (поваренная соль). Хлор захватывает нейтроны более активно, чем дейтерий, а возникающее при этом излучение гораздо заметнее на общем фоне. Недавно для СНО были изготовлены особо чистые детекторы – пропорциональные счетчики для непосредственной регистрации нейтронов. Они будут помещены в тяжелую воду в июле 2003 г. Создание этих приборов стало большим техническим достижением: их собственный радиоактивный фон соответствует всего лишь одному отсчету на квадратный метр детектора за год. Таким образом, появится возможность

проверить наши предыдущие результаты в независимом высокоточном эксперименте.

Подземная обсерватория в Садбери не единственная в своем роде. В декабре 2002 г. появились первые результаты японско-американского эксперимента *KamLAND*. Детектор, расположенный рядом с *Super-Kamiokande*, фиксирует электронные антинейтрино, поступающие от ядерных реакторов Японии и Кореи. Если осцилляции нейтрино изменяют их аромат, то и антинейтрино должны менять свой тип. *KamLAND* действительно фиксирует весьма небольшое количество электронных антинейтрино, а это значит, что они осциллируют на пути от реакторов к детектору.

Дальнейшие наблюдения за нейтрино помогут разгадать величайшую загадку Вселенной: почему она состоит из вещества, а не из антивещества? Выдающийся российский физик Андрей Сахаров первым указал на то, что переход от чистой энергии Большого взрыва к современной Вселенной, в которой вещество доминирует над антивеществом, мог произойти лишь в том случае, если законы природы для частиц и античастиц различны. Результаты тонких экспериментов

с распадом частиц подтверждают, что законы физики действительно нарушают инвариантность зарядовой четности (*CP*-инвариантность). Правда, не до такой степени, чтобы обосновать окружающий нас избыток вещества над антивеществом. Вероятно, существуют еще не изученные явления, гораздо сильнее нарушающие *CP*-инвариантность. Возможно, именно к ним относятся нейтринные осцилляции.

Для наблюдения нарушений *CP*-инвариантности в осцилляциях нейтрино на Земле требуются еще две вещи. Во-первых, физики должны обнаружить третий тип нейтринных осцилляций – появление электронных нейтрино в мощном пучке мюонных нейтрино (такие эксперименты уже готовятся в США, Европе и Японии). Во-вторых, необходимо создать «нейтринную фабрику» – пучок нейтрино такой интенсивности, чтобы можно было наблюдать осцилляции на межконтинентальном расстоянии или даже на другой стороне Земли. Проекты подобной «фабрики» уже активно обсуждаются, но появится она лишь лет через десять. Не такой уж большой срок по сравнению с тридцатью годами подготовки к долгожданному эксперименту в Садбери... ■

ОБ АВТОРАХ:

Артур Макдональд (Arthur B. McDonald), **Джошуа Клейн** (Joshua Klein), **Дэвид Вок** (David L. Wark) – исследователи Садберийской нейтринной обсерватории (СНО), насчитывающей 130 сотрудников. Макдональд – профессор Королевского университета в Кингстоне, провинция Онтарио, директор СНО с 1989 г. Клейн получил докторскую степень в Принстонском университете в 1994 г. и начал работу для СНО в Пенсильванском университете. Сейчас он также преподает физику в Техасском университете. Вок последние 13 лет работал в различных университетах Великобритании, а сейчас участвует в нескольких нейтринных проектах, включая СНО.

Дополнительная информация:

- The Origin of Neutrino Mass. Hitoshi Murayama in *Physics World*, Vol. 15, No. 5, pages 35–39; May 2002.
- The Asymmetry between Matter and Antimatter. Helen R. Quinn in *Physics Today*, Vol. 56, No. 2, pages 30–35; February 2003.
- Адрес веб-сайта СНО: www.sno.phy.queensu.ca
- Адрес веб-сайта о нейтринной осцилляции: www.neutrinooscillation.org



«ЗВЕЗДОПОДОБНЫЕ» бродяги

Юрий Чудецкий

Из темных недр безграничного космоса к Земле на огромной скорости мчится громадный астероид, грозя гибелью всему живому. Удар – и...

До поры до времени это всего лишь страшная сказка, рассказанная на ночь беспечному человечеству. Однако любая сказка – «добрым молодцам урок».

Не так давно, около года назад, мир облетела сенсационная весть о том, что 1 февраля 2019 г. астероид 2002 NT7 диаметром более 2 км может столкнуться с Землей. Вскоре, правда, ученые сообщили, что нашей планете на сей раз ничто не угрожает и конец света откладывается по крайней мере до 1 февраля 2060 г., когда этот объект снова появится в наших краях. Однако специалисты в области космических исследований сходятся во мнении, что земляне не вправе пренебрегать угрозой космических столкновений. Что мы знаем о небесных телах, несущих потенциальную опасность? Кто они, таинственные и грозные пришельцы из глубин Вселенной?

Итак, астероиды – это твердые каменные небесные тела, которые, подобно планетам, движутся по около-солнечным эллиптическим орбитам, но имеют меньшие размеры, а потому их еще называют малыми планетами. Их диаметры – от нескольких десятков метров до 1000 км (размер самого крупного астероида – Цереры).

Термин «астероид» («звездоподобный») введен английским астрономом

XVIII в. Уильямом Гершелем для характеристики внешнего вида этих объектов при наблюдении в телескоп: различить видимые диски даже у самых больших астероидов невозможно, и они выглядят как сияющие в ночи звезды, хотя, как и другие планеты, ничего не излучают, а лишь отражают солнечный свет.

Гости из Вселенной

Вблизи внутреннего края главного пояса астероидов, расположенного между Марсом и Юпитером, существуют орбиты, далеко выходящие за пределы своего «ареала распространения», способные пересекаться с путями следования Марса, Земли, Венеры и даже Меркурия. В первую очередь это группы астероидов Амура, Аполлона и Атона (по названиям крупнейших представителей, входящих в них). Орбиты не стабильны и относительно быстро эволюционируют под действием гравитационных полей планет земной группы. В частности, «амурцы» движутся по эллиптическим орбитам, перигелийное расстояние (минимальное удаление от Солнца) которых не превышает 1,3 а.е. (астрономических единиц, причем за 1 а.е. принято среднее удаление Земли от Солнца, равное примерно 149,6 млн. км). Орбита «аполлонцев» проникает и внутрь земной траектории,

а представители «атонской группы» движутся в основном внутри орбиты нашей планеты. Подобное соседство может создавать угрозу столкновения с Землей. Существует даже общее определение этой группы малых планет – «астероиды, сближающиеся с Землей». На сегодняшний день таких объектов обнаружено около 800, но их общее количество может оказаться значительно большим – до 2 тыс. размером более 1 км и до 135 тыс. размером от 100 м. Можно утверждать, что столкновения с относительно небольшими телами (несколько десятков метров) происходят примерно раз в 10 лет. Подобные явления могут приводить к катастрофам локального, регионального и глобального характера.

Только в XX в. на Земле произошло три значительных события, обусловленных такого рода «авариями». В 1908 г. падение Тунгусского метеорита на реке Подкаменная Тунгуска сопровождалось взрывом мощностью 10–20 Мт. В 1930 г. произошел аналогичный взрыв мегатонного класса в бассейне реки Амазонки, а в 1947 г. на Землю обрушился Сихотэ-Алиньский метеорит. В последнее десятилетие в околоземной атмосфере было зарегистрировано сторание десятка тел, размеры которых колеблются от 10 до 40 м. ▶



Конечно, события, подобные падению Тунгусского метеорита, возможны лишь раз в 100–300 лет, однако в современном перенаселенном мире с высокой концентрацией опасных промышленных объектов они могут привести к гибели десятков миллионов человек и нанести материальный ущерб, сопоставимый с валовым национальным продуктом наиболее развитых стран.

К гораздо большим жертвам и разрушениям могут привести региональные катастрофы. Так, падение тела размером в 300–500 м в океан вызовет волну цунами, способную опустошить обширные прибрежные территории. Свидетельства о таких явлениях сохранились в исторической памяти всех народов в виде мифов и легенд о потопах, которые подтверждаются археологами и геологами. Судя по описаниям, подобные события могли быть обусловлены столкновениями с космическими телами, которые, к счастью, случаются лишь раз в 10–100 тыс. лет.

Между тем в последнее время участились «визиты» малых планет в окрестности Земли. Так, Аполлон приблизился к нам на расстояние в 11 млн. км, а спустя несколько лет Адонис подошел на

1,5 млн. км, затем Гермес прошел на расстоянии всего 800 тыс. км (расстояние между Землей и Луной составляет порядка 400 тыс. км). В марте 1989 г. трехсотметровое небесное тело пересекло орбиту Земли в точке, где она находилась всего за шесть часов до этого, причем его появление было неожиданным – его засекли уже в момент удаления. В мае 1996 г. астероид диаметром 500 м пролетел всего в 450 тыс. км от нас, а шесть суток спустя еще один полуторакилометровый «гость» приблизился на расстояние 3 млн. км. В 2004 г. ожидается возвращение астероида Тутатис, который в ноябре 1996 г. пронесся в 5 млн. км от Земли, а на этот раз намерен подойти в 3,5 раза ближе.

Участившиеся факты сближения Земли с мелкими космическими телами тревожат ученых. Ведь для глобальной катастрофы достаточно метеорита размером 1 км в поперечнике.

Что ждет нас в случае катастрофы?

Удар астероида диаметром порядка 100 м о поверхность Земли уничтожит все в радиусе до 1000 км от места падения, пожары охватят обширные

территории, в атмосферу будет выброшено огромное количество пепла и пыли, которые будут затем оседать в течение нескольких лет. Солнечные лучи не смогут пробиться к поверхности планеты, и резкое похолодание погубит многие виды растений и животных, прекратится фотосинтез. А когда наконец пыль осядет, и циркуляция воздуха восстановится, увеличение количества углекислого газа в атмосфере вызовет парниковый эффект. Температура в околосземном слое повысится, начнется таяние полярных льдов, и большая часть суши будет затоплена. В довершение бед нарушится магнитное поле Земли, изменится динамика тектонических процессов, возрастет активность вулканов.

Наглядным примером планеты, погибшей в результате астероидно-кометной бомбардировки, стал Марс. Его поверхность буквально испещрена ударными кратерами и покрыта, будто кровью, красным налетом, что хорошо видно с Земли. Такой цвет мог образоваться только в процессе высокотемпературного воздействия при ударе небесных тел и при обязательном наличии на планете воды

и кислорода. Это свидетельствует о том, что в далеком прошлом на Марсе было много воды и воздуха. Следовательно, на нем вполне могла существовать растительная, а возможно, и разумная форма жизни (см. в №6 нашего журнала статью Л. Ксанфомали-ти «Влажный Марс»). Интенсивная бомбардировка его поверхности астероидами и кометами привела к тому, что Марс превратился в безжизненную пустыню.

Геологические данные свидетельствуют, что Земля неоднократно подвергалась подобным «нападениям». Глобальные катастрофы случаются раз в 100 тыс.–1 млн. лет. Некоторые из них приводили к смене геологических периодов и эпох. Вероятность сохраняется и в наши дни.

Геологические и атмосферные процессы стерли с лица Земли следы многих столкновений. Тем не менее на поверхности планеты обнаружено свыше 140 кратеров ударного происхождения размером до 200 км и возрастом до 2 млрд. лет. Самый крупный из них, в районе полуострова Юкатан, имеет диаметр около 2 тыс. км – сейчас это Мексиканский залив. Он образовался примерно 65 млн. лет назад при ударе небесного тела диаметром около 10 км. На этом завершилась эпоха динозавров.

До недавнего времени считалось, что падение крупного метеорита случается раз в несколько миллионов лет, и опасность ничтожно мала. Но количество астероидов, периодически сближающихся с Землей, оказалось намного больше, чем мы могли себе представить.

Еще один враг

Кометы, в отличие от астероидов, состоят из смеси водяного льда и пылевидных твердых частиц, которые по мере приближения к Солнцу начинают испаряться, в результате чего вокруг ядра кометы появляется газопылевой «хвост». Большинство комет сосредоточено за границами Солнечной системы в так называемом облаке Оорта, а также в поясе Койпера, расположенном за орбитой Нептуна.

В них находится около 100 млрд. кометных ядер. За счет возмущающего воздействия планет и ближайших к ним звезд, а также столкновений друг с другом, ядра комет сходят со своих орбит и приближаются к Солнцу. При этом они, как и астероиды, периодически сталкиваются с нашей планетой. В настоящее время обнаружено около 200 комет, сближающихся с Землей, общее же их число может составлять более 20 тыс.

Классификация астероидной опасности

Американским астрономом Р. Бинзелом (R. Binzel) была разработана шкала оценки опасности столкновения с Землей астероидов и комет. Она была представлена на симпозиуме в Турине и получила название в честь этого итальянского города, а в 1999 г. была утверждена Международным астрономическим союзом.

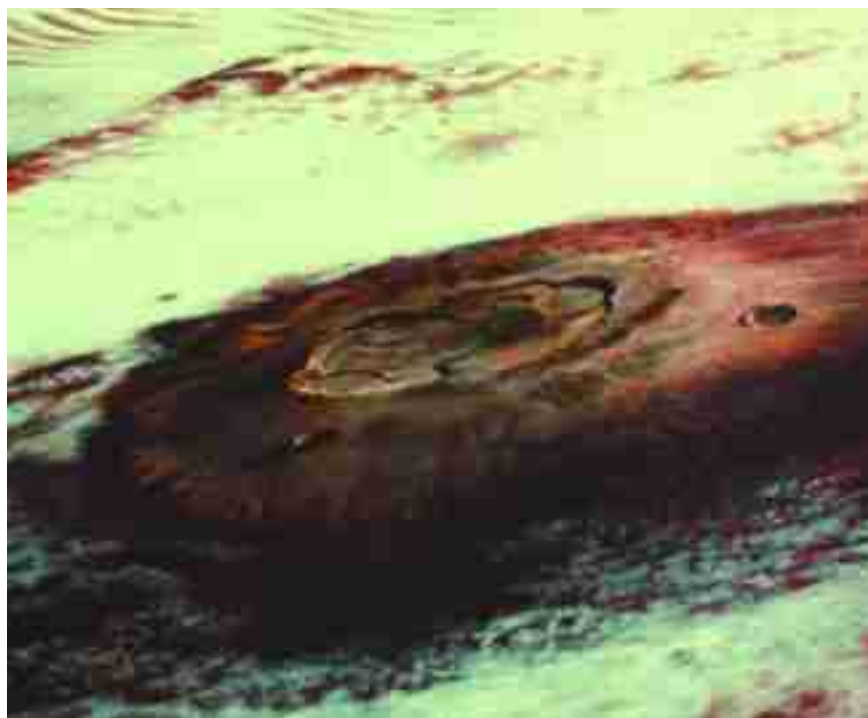
Туринская шкала состоит из 10 пунктов, в соответствии с которыми небесные тела классифицируются (с учетом их размера и относительной скорости) по степени опасности для Земли. К нулевой категории отнесены те,

о которых с уверенностью можно сказать, что они никоим образом нам не угрожают. К первой – те, что все же заслуживают внимательного наблюдения, во 2-ю, 3-ю и 4-ю категорию входят планеты, вызывающие оправданное беспокойство. Представители 5–7-й категорий несут реальную угрозу, а объекты из последних неизбежно столкнутся с нами, причем последствия могут привести как к локальным разрушениям, так и к глобальной катастрофе.

Быть или не быть – вот в чем вопрос

Современная цивилизация достигла достаточного уровня развития технологий и промышленности, чтобы создать системы и средства для своевременного выявления угрозы космического столкновения и его предотвращения. Однако для прогнозирования катастроф наших знаний об опасных пришельцах из космоса явно недостаточно, технические средства для оперативного выявления угрозы не внедрены, системы предотвращения столкновений не созданы.

Сегодня человечество стоит перед дилеммой: пойти на относительно



необременительные затраты (несколько сотен миллионов долларов в год) и создать систему обеспечения космической безопасности или, надеясь на волю случая, откладывать решение вопроса до ближайшего (и, возможно, последнего) катастрофического столкновения.

Из семейств астероидов, сближающихся с Землей, наиболее полно изучены лишь самые крупные, размером более 1 км, – самые удобные для наблюдения. К настоящему времени объявлено об открытии около половины таких объектов и ожидается, что к 2010 г. будет известно более 90%. Однако возникает острая потребность в создании международной программы наблюдения за вновь открытыми телами, осуществление которой позволит выявить наиболее опасные объекты задолго до их сближения с Землей.

Для организации космической защиты необходимо учитывать в первую очередь свойства потенциальных «врагов»: их форму, строение, состояние поверхности и прилегающих к ней слоев, физико-механические и химические свойства составляющего вещества. Такие данные частично были получены с помощью наземных или дистанционных космических наблюдений. Более полную информацию

могли бы дать космические экспедиции с посадкой аппаратов на астероид, комплексным исследованием поверхности и доставкой образцов на Землю. Такая информация позволит выбрать оптимальные способы и средства предотвращения столкновения для различных, в том числе экстремальных, сценариев развития событий.

В последние годы темпы поступления информации растут. Дистанционно с помощью космической станции *Galileo* были получены данные об астероидах основного пояса Иды, Гаспра и Матильды. С помощью наземных радиолокаторов исследовались параметры орбит и свойства 68 объектов. США, Япония, Евросоюз готовят новые космические экспедиции.

Сложнее обстоит дело с нейтрализацией угрозы столкновений с относительно мелкими объектами (более 10 м), которые грозят катастрофой локального масштаба. Вероятность подобных явлений относительно высока, а возможности прогноза малы, поскольку количество объектов значительно, а их наблюдение как на большом удалении от Земли, так и при непосредственном сближении затруднено. Так, по предварительным подсчетам, количество тел размером более 100 м составляет 100–200 тыс.

В основе стратегии защиты от них лежит непрерывный контроль за космическим пространством в непосредственной близости от Земли и наличие дееспособной системы нейтрализации. Современный уровень технологического развития ведущих стран мира (в том числе России) позволяет приступить к созданию Системы защиты Земли от астероидной и кометной опасности, в задачи которой входит:

- обнаружение и идентификация естественных космических объектов, орбиты которых могут пересекать земную;
- определение степени угрозы столкновения и его последствий для биосферы и цивилизации;
- организация мер по предотвращению катастрофических последствий;

В состав системы защиты должны войти:

- система наблюдения за опасными объектами;
- ракетные и ракетно-технические средства доставки (ракетоносители, разгонные блоки, космические перехватчики);
- средства воздействия на космические тела;
- глобальный командно-измерительный комплекс;
- централизованный блок управления средствами системы защиты.

Все на борьбу с астероидами!

Десять лет назад, в мае 1993 г., в Санкт-Петербурге состоялась Первая международная конференция «Астероидная опасность–93». Наибольшее внимание ученых привлекли такие аспекты проблемы, как вероятность встречи Земли с опасными космическими объектами, требования к системам оптических и радиолокационных наблюдений, позволяющим фиксировать приближение космических пришельцев и прогнозировать их орбиты, а также способы защиты Земли от столкновений.

Для эффективной защиты необходимо разработка способов уничтожения данных объектов, которые сводятся к двум возможностям: разрушение



«врага» до его соприкосновения с нашей планетой или увод его с опасной орбиты.

Для устранения опасных космических объектов в настоящее время рассматриваются два вида воздействия: ядерное и кинетическое. Предполагается, что в случае обнаружения астероида или кометы навстречу направляются ракеты, снабженные специальными зарядами, причем в первом случае для разрушения объекта используется энергия мощного ядерного заряда, во втором – собственная кинетическая энергия небесного тела.

«Отец» американской водородной бомбы Эдвард Теллер одним из первых предложил воздействовать на опасных гостей ракетами с мощными ядерными зарядами, и возможность такого метода была всесторонне рассмотрена учеными-атомщиками и разработчиками ракетных систем. Оказалось, что если доставка ядерного заряда к объекту осуществима имеющимися ракетами-носителями, то эффективное использование энергии взрыва ядерного заряда сопряжено с большими техническими трудностями. При сильном взрыве на твердой поверхности лишь 15–20% энергии идет на уничтожение, а при заглубленном взрыве разрушительная сила возрастает в 5–6 раз. Однако осуществление подобного взрыва в объекте, движущемся со скоростью 40–60 м/с, – весьма сложная техническая задача. Кроме того, испытания мощных ядерных зарядов на Земле и вывод их в космическое пространство запрещены международными соглашениями и вызывают большие опасения с точки зрения экологической безопасности. Поэтому столь радикальный способ воздействия, вероятно, не имеет серьезной перспективы.

Альтернативой является кинетический способ, т.е. использование собственной кинетической энергии тела для его ликвидации. Впервые этот метод был предложен российскими учеными на Первой международной конференции по астероидной опасности. На пути движения астероида создается



искусственное пылевое образование из малых частиц, которые будут взаимодействовать с его поверхностью, образуя кратеры с выбросом некоторой массы, пропорциональной кинетической энергии соударяющихся тел, таким образом опасный объект будет разрушаться. Использование известных теоретических моделей сильного взрыва позволяет выбрать две модели нейтрализации: полное уничтожение тела вплоть до его испарения или разделение на мелкие фрагменты, не представляющие опасности. Расчеты показывают, что для полного распыления соотношение между массой частиц облака и массой тела при скорости 40–60 км/с должно быть 10^{-4} – 10^{-5} , т.е. для ликвидации железного астероида диаметром 10 м необходимая масса частиц облака должна составить порядка 10 тыс. кг. Учитывая, что ракетостроение имеет определенный

опыт создания в космосе искусственных образований, состоящих из частиц малых размеров, кинетический способ воздействия может быть экспериментально опробован.

В США по программе *NASA Discovery Mission* готовится эксперимент с целью исследования кинетического воздействия на комету Темпел-1. Опыт намечен на июль 2005 г. Навстречу «противнику» будет направлен аппарат общей массой 370 кг, ударным элементом будет медный шар диаметром 0,65 м и массой 140 кг. Предполагается, что в результате столкновения при скорости 10,2 км/с образуется кратер диаметром 60–240 м (радиус кометы 3 км). В случае удачного проведения эксперимента будут получены данные, позволяющие в дальнейшем успешно использовать кинетический способ защиты Земли от опасных пришельцев из космоса. ■

ОБ АВТОРЕ:

Чудецкий Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор аэрокосмического факультета Московского государственного авиационного института (технического университета) МАИ. Специалист в области ракетно-космической техники. Руководил проектными исследованиями и испытаниями головных частей баллистических ракет. Область научных интересов: способы защиты Земли от опасных космических объектов и экологическая безопасность в аэрокосмической технике. Лауреат Государственной премии.

НАЛОГОВАЯ ПОЛИТИКА В РОССИИ

В монографии рассмотрена взаимосвязь действующей в России налоговой системы и формирования ее инвестиционного климата.

Авторы – известный ученый, заслуженный деятель науки РФ, доктор экономических наук, профессор М. В. Конотопов и его недавний аспирант, кандидат экономических наук О. В. Данильчук – предлагают новый механизм стимулирования инвестиционных процессов на базе совершенствования налогового инструментария.

В работе наряду с анализом проводимых налоговых реформ даны направления совершенствования налоговой политики России с позиции активизации инвестиционных процессов.

Книга представляет несомненный интерес как для ученых, так и практиков не только экономики, но и права, студентов и аспирантов, обучающихся по этим направлениям. ■



О. В. Данильчук, М. В. Конотопов.
Налоги и инвестиции в современной России. – М.: Палеотип, 2003. – 280 с.



Появление книги «Концепции современного естествознания» отражает необходимость принципиально новой постановки высшего образования, при которой подготовка квалифицированного специалиста немислима без общего курса, дающего единую концепцию современной картины мира.

Книга сочетает естественнонаучный и гуманитарный подходы, позволяющие всесторонне раскрыть совокуп-

АНТОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ НАУК

ность трех взаимосвязанных областей человеческого знания: технической, естественной и гуманитарной.

Композиционно книга состоит из двух частей. В первой – «Физические основы строения материального мира» – явления природы объясняются с позиций современной и позднеклассической физики.

Автор книги В. Горбачев рассматривает фундаментальные законы движения материальных тел с точки зрения квантовой и релятивистской механики, показывает взаимосвязь пространства и времени, раскрывает основы теории относительности. В доступной и в то же время строго научной форме он раскрывает суть сложнейших понятий современной физики, выстраивает эволюционный ряд представлений о природе от механической картины мира (концепция Ньютона) к электромагнитной и полевой (теория Максвелла) до современных естественнонаучных теорий.

Вторая часть книги – «Физика живого и эволюция природы и общества» – представляет собой краткую историю

современной биофизики. Автор формулирует основные принципы физического понимания биологии, анализирует общие теории развития живых систем. Следующие разделы посвящены применению естественнонаучных концепций в разных отраслях современной науки.

Интерес представляют и другие главы, в частности, та, где ведется разговор о синергетических теориях самоорганизующихся систем. Материал изложен доступным языком, что делает книгу понятной и студентам-гуманитариям. Книга снабжена обстоятельной библиографией и терминологическим указателем, содержит большое количество таблиц и схем. ■

В. В. Горбачев.
Концепции современного естествознания.
– М.: Оникс, Мир и Образование,
2003. – 592 с.

БИЗНЕС И ЭКОНОМИКА

В предлагаемой читателю книге докторов экономических наук, профессоров А. Егорова и А. Блинова рассмотрены актуальные вопросы теории среднего класса от возрождения предпринимательства до современных форм и методов его поддержки со стороны государства. Сегодня не требует доказательств тот факт, что этот новый сектор становится основой экономики России. Чем активнее развивается предпринимательство, тем устойчивее и здоровее экономика страны. С другой стороны, поступательное развитие немыслимо без всесторонней активной поддержки со стороны государства. Эти два момента определили основное содержание книги.

Большое внимание авторы уделили раскрытию механизма государствен-

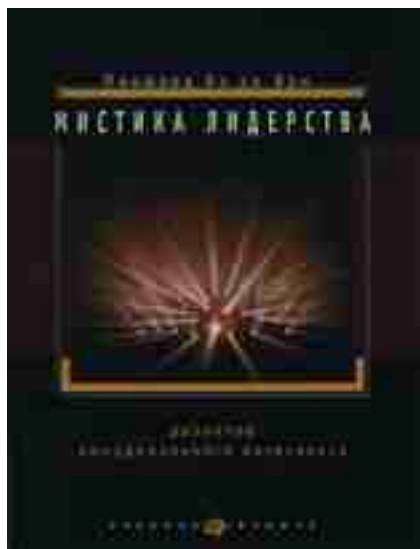
ного регулирования предпринимательского сектора российской экономики в условиях ее реформирования, а также системе обучения представителей среднего класса теоретическим основам отечественного бизнеса и государственного управления.

В каждом разделе книги авторы попытались не только детально рассмотреть проблему, но и дать конкретные рекомендации по ее решению. Основой большинства предложений является системный анализ результатов государственного регулирования предпринимательской деятельности, полученный в различных регионах и отраслях.

Книгу отличает высокий научный уровень и доходчивость языка, что делает ее доступной для самого широкого круга читателей. ■



А. Ю. Егоров, А. О. Блинов.
Государство и предпринимательство.
Теория среднего класса.
– М.: Палеотип, 2003. – 520 с.



Автор книги – крупнейший эксперт по менеджменту и теории управления – заведует кафедрой управления кадрами в парижском университете *INSEAD* и возглавляет учебную программу для высших руководителей.

Кэ де Ври является консультантом по организационному развитию и управлению в крупнейших компаниях США, Канады, Европы и Азии. Он написал

ЛИДЕРАМ НА ЗАМЕТКУ

17 книг и множество пособий по проблемам управления и организации.

Книга посвящена одной из самых актуальных проблем современного менеджмента – выбору руководителя и выработке наиболее рациональной стратегии его поведения. Де Ври не предлагает готовых рецептов, он излагает методiku организации процесса руководства, благодаря которой лидер учится анализировать собственные поступки, мотивировать поведение своих подчиненных.

В первой части книги рассматривается феномен лидерства и его характеристики. Автор анализирует различные типы руководителей и наиболее вероятные модели их поведения. При этом используется форма деловой игры. Комментируя полученные результаты, де Ври подталкивает потенциального руководителя к принятию оптимального решения. Вторая половина книги посвящена анализу качеств

«идеального лидера». В живой и увлекательной форме автор показывает, как различные типы личности проявляют себя в качестве руководителей, как меняются черты их характера и как ошибки лидера приводят к сбоям в работе его организации. Де Ври рассматривает такие распространенные черты человеческого характера, как подсознательное сопротивление переменам, боязнь быстрого успеха, чрезмерное самомнение.

Практическое значение книги несомненно, она может быть своеобразным гидом для руководителей, определяющих кадровую политику. Вместе с тем и широкий читатель найдет в ней немало интересного и полезного. ■

Манфред Кэ де Ври.
Мистика лидерства. Развитие эмоционального интеллекта: Пер. с англ. – М.: Альпина-паблишер, 2003. – 311 с.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА МЫСЛИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Авторы книги – крупнейшие специалисты в области нейробиологии, доказавшие необходимость принципиально нового подхода к решению традиционных проблем биологии. В основе их теории лежит понятие автопоэза, восприятие живого организма как самосовершенствующейся системы.

Долгое время считалось, что уникальность человека заключается исключительно в высоком уровне его интеллектуального развития. По мнению авторов, место человека в мире живой природы определяется его способностью к структурной сопряженности, благодаря которой он создал язык, систему социальных отношений, стал способен к рефлексии. Авторы учитывают множество факторов, позволяющих выстроить своеобразное древо развития познания как эволюции биологического механизма, так и накопления качественных знаний.

Мозг обладает огромным потенциалом, реализовать который способны лишь немногие. В течение жизни

человек не только овладевает конкретным материалом, но и учится его анализировать и обобщать.

Конечно, новый взгляд на традиционные проблемы вызвал поток возражений. После первого издания книги в 1984 г. авторов обвиняли в ненаучном подходе и склонности к фантазии. Однако спустя десятилетия их книга заняла достойное место среди мировых интеллектуальных бестселлеров.

Издание является своеобразным итогом, авторы переработали текст своей книги и дополнили его результатами новых исследований.

Материал изложен в максимально доступной форме, глоссарий позволяет получить справку о любом употребляемом термине.

Книга содержит большое количество иллюстраций, таблиц и текстовых врезок, комментирующих и поясняющих наиболее трудные моменты.

Издание будет интересно не только биологам, но и врачам-психотерапевтам. ■



Матурана У., Варела Ф.
Древо познания. Биологические корни человеческого понимания.
Пер. с англ. – М., Прогресс-Традиция, 2002. – 224 с.

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ОТКРЫТИЙ



Иванов С.А.
1000 лет озарений. История вещей.
– М., Слово, 2002. – 220 с.

Автор книги – доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник Российской Академии наук, профессор МГУ, автор многих книг и статей по истории Византии и древних славян С. А. Иванова. Книга стала попыткой обобщить множество научных открытий, совершенных человечеством за время его существования. В нее включены наиболее значимые изобретения в таких различных областях, как техника (кривошипно-шатунный механизм), оружие (порох, пулемет), транспорт (самолет, трамвай), развлечения (нотный стан, игральные карты), предметы обихода (мыло, зеркало, вилка), медицина (прививка от оспы) и т.д. В конце книги приведены «Хронология изобре-

тений и нововведений» и «Указатель статей». Книга содержит массу фотографий, иллюстраций, портреты известных деятелей, репродукций.

Материал изложен динамично и увлекательно, но имеет ряд упущений. Они прежде всего связаны с открытиями отечественных ученых. Например, в статье «Лазерный диск» нет ни слова об Н. Г. Басове и А. М. Прохорове, которые изобрели лазер. Нет и статьи о русском химике Лебедеве, создавшем синтетический каучук. Стоило бы рассказать и о русском ученом Славянове, создавшем электросварку. Этот перечень можно было бы продолжить. Полезен был бы и общий алфавитный указатель. ■

ОКНО В ПУЧИНУ

Маргерит Холлоуэй

Подводная прогулка по Монтерейскому океанариуму

Южная бухта залива Монтерей, примыкающая к глубокой расщелине Тихоокеанского побережья Северной Америки, в течение 30 лет была базой крупнейшего в мире промысла сардин, который теперь перестал приносить прибыль. В начале 1950-х гг. рыба исчезла, по-видимому, из-за притока холодных вод.

Производство консервов осталось в далеком прошлом, а калифорнийский город Монтерей становится известным благодаря океанариуму, уникальный проект которого в 1988 г. был удостоен архитектурной премии.

Смелые дизайнерские решения позволяют экскурсантам «погрузиться» на глубину океана. Освещенные таинст-

венным светом медузы дрейфуют всего в нескольких сантиметрах от посетителей, которые находятся в затемненной зале. Здесь мирно живут сотни морских обитателей: от крупной морской крапивы, мерцающей оттенками оранжевого в синеве глубин, до крошечного морского крыжовника, прозрачное тело которого как бы светится изнутри.



Консервный завод Ховдена, на месте которого расположился океанариум, был одним из многочисленных предприятий по переработке сардин, тянувшихся вдоль Океанского проспекта, ныне переименованного в Консервный ряд в честь романа Джона Стейнбека (John Steinbeck), вышедшего в 1945 г.



Посетители могут полюбоваться, как местная пристань выглядит из-под воды.

15 видов медуз – главная достопримечательность океанариума, где их впервые стали разводить в неволе. Поэтому и появилась возможность поставлять достаточное количество экземпляров для экспозиции «Дрейфующие под водой». В океанариуме стремятся выращивать как можно больше разновидностей, чтобы коллекторам не приходилось производить изъятия из вод залива. Сейчас здесь разводят 51 вид рыб, беспозвоночных, кораллов и медуз. Приблизи-

тельно 10% из них демонстрируются посетителям. Совместно с японскими коллегами сотрудники океанариума разработали специальный резервуар – округлой формы волчок. Раньше медузы часто погибали, застревая в углах аквариумов, а теперь они могут беспрепятственно скользить вдоль стен сооружения, что благоприятным образом сказывается на их численности.

В экспозиции «Дрейфующие под водой», открытой для посетителей

в 1996 г., представлена жизнь обитателей глубин в десятках километров от берега. Луна-рыба, синяя и суповая акулы, морской кот, зеленая морская черепаха, калифорнийская барракуда и желтоперый тунец плавают в резервуаре высотой с двухэтажный дом. Стекло толщиной в 33 см и весом в 35 т разделяет посетителей от океана. Экспозиция «Тайны глубин» посвящена подводному миру 97-километрового каньона залива Монтерей. Некоторые существа, такие как кальмар-вампир, ▶

демонстрируются здесь лишь в видеозаписи, так как они выживают только в условиях высокого давления. Привлекает внимание тонкий червь, раскрывающий веер щупалец, чтобы захватить диатомовые водоросли. Он напоминает новорожденного птенца.

Резервуар с морскими выдрами (или каланами) открылся в 1984 г. В самом центре находится экспозиция «Ламинариевый лес», первая в своем роде. Высота сооружения составляет почти 9 м, а объем – свыше 1,5 млн. л. Дважды в день в этот гигантский аквариум опускается ныряльщик, который кормит угревидную зубатку, калифорнийскую тройнозубую акулу, полосатого окуня, скорпелу, знаменитых тихоокеанских сардин и прочих питомцев. Процесс представляет собой

достаточно неприятное зрелище, поэтому крайних проявлений хищничества из педагогических соображений избегают. Здесь всегда собираются толпы детей, которые задают ныряльщику, используя подводный микрофон, массу вопросов. Ребят больше всего интересует, почему акулы не едят все подряд.

В экспозициях прибрежного крыла представлены глубоководные скалы, сланцевые рифы, песчаное и скалистое побережье, дно и т.д. В аквариум емкостью 1,5 тыс. л помещены обитатели береговой зоны залива Монтерей: орляковый скат, палтус, лосось, белый осетр и головастая акула. Они обычно живут в бухтах, прямо среди свай и причалов. Далее в нескольких совмещающихся резервуарах рассе-

яны актинии, морские звезды и бурые водоросли. Посетители могут посмотреть машину, создающую волны для «Ламинариевых лесов». Ежедневно по трубам во все емкости поступает вода из залива, а ночью она, не подвергаясь фильтрации, подается в «Ламинариевый лес», и личинки планктона оседают здесь на твердый субстрат.

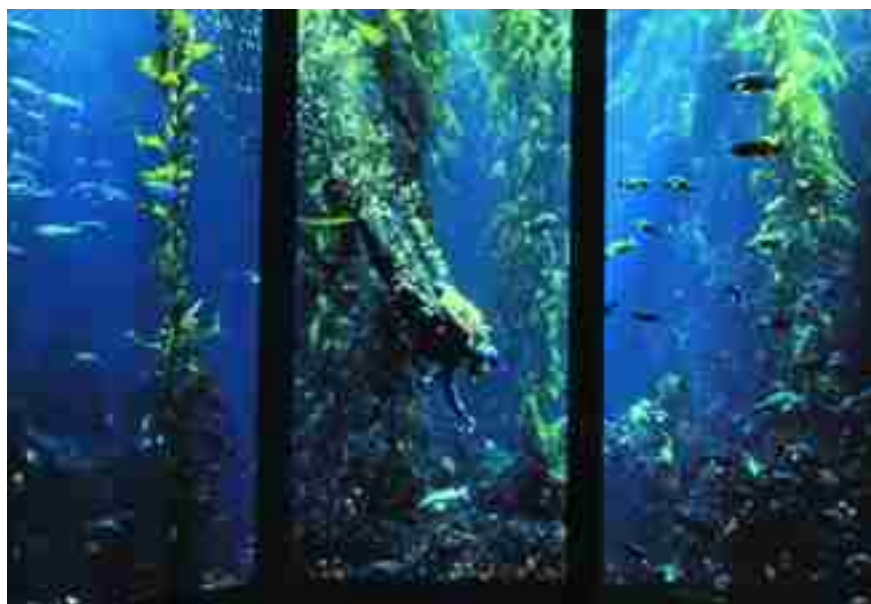
В вольере, не отгороженном стеклом от посетителей, живут морские птицы, поступающие из центров по спасению дикой природы, в том числе кулики-сороки, обыкновенные камешарки, перепончатые улиты, песчанки, американские кроншнепы, шилоклювки и круглоносые плавунчики. Некоторых из них после передержки выпускают на волю.

Морскую крапиву и других медуз трудно содержать в неволе, но в океанариуме разработаны специальные аквариумы, позволяющие им постоянно двигаться.



RANDY WILDER Monterey Bay Aquarium

Морских выдр, которым посвящена отдельная часть комплекса, также доставляют сюда спасатели. В океанариум попадают больные зверьки и детеныши, выброшенные прибоем на берег. Калифорнийская популяция каланов малочисленна. Их осталось немногим более 2000 голов, а в начале XVIII в. насчитывалось сотни тысяч. Монтерейский океанариум проводит специальную программу, посвященную изучению и охране морской выдры. Он сотрудничает с другими исследовательскими и природоохранными организациями залива: Национальным морским заповедником залива Монтерей, Морской лабораторией в Мосс-Лендинге, Научно-исследовательским институтом Монтерейского океанариума и Морской станцией Хопкинса. ■



В открытый резервуар «Ламинариевый лес» свободно поступают воздух и солнечный свет.

MONTEREY BAY AQUARIUM



«Очевидное — невероятное»

Смотрите в сентябре по понедельникам в 00.30 на канале ТВЦ:

Нужна ли школьная реформа?

В студии академик РАН, профессор МГУ **В. И. Арнольд**.

Выдающийся российский математик критикует проект школьной реформы, предложенный министром образования В.М. Филипповым. Из программы по математике предлагается изъять основополагающие понятия, такие как необходимость и достаточность, понятие величины угла и т.д., и в то же время ввести в нее сложнейшую геометрию Лобачевского. В ходе беседы рассматриваются возможные изменения в программе по литературе, физике и другим предметам.

Стоит ли «американизировать» нашу школу, в то время как специалисты из США считают позором свое отставание от России в области образования? Кому и зачем нужна подобная реформа?

Наука на экране

В студии президент телеканала ТВЦ, писатель и публицист **О. М. Попцов** и директор института кристаллографии РАН, ученый секретарь Совета при президенте РФ по науке, **М. В. Ковальчук**.

Возродится ли российская наука? Что могут сделать для этого ученые и чем могут помочь СМИ? Как освещать научные вопросы и сложности, с которыми сталкивается наука? Обсуждая эти проблемы, участники дискуссии сошлись во мнении, что нашей науке на пристала роль нищенки, которую жалеют, подают гроши и вместе с тем ничего с нее не спрашивают.

Все наоборот

В студии главный редактор журнала «Парадокс» **Александр Зотиков**.

Этот выпуск необычный – ведущий и его гость поменялись ролями. Александр Зотиков расспрашивает С. П. Капицу о самых неожиданных вещах: что такое «птичий язык» в науке и имеет ли журналист право задавать глупые вопросы? Отчего ученые уходят в бизнес и поднимают голову лженаука? Почему в начале 1990-х программа «Очевидное-невероятное» на несколько лет ушла с экранов и каким был С. П. Капица в детстве?

Благодаря такому нестандартному подходу, ученый смог поделиться с телезрителями своими размышлениями, что не всегда позволяет ему роль ведущего.

ВНОВЬ ОБРЕСТИ СЛУХ

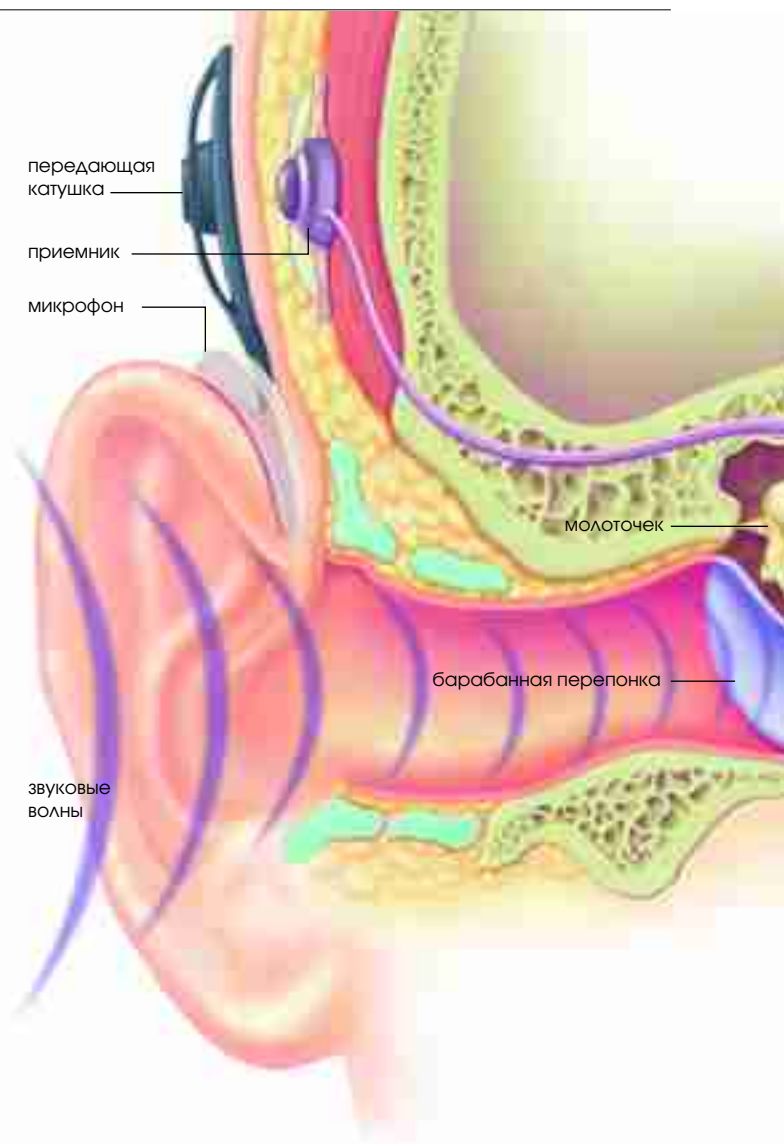
Гэри Стикс

Мы слышим благодаря тому, что во внутреннем ухе происходит возбуждение волокон слухового нерва. Глухота же развивается в результате разрушения волосковых клеток улитки, причинами чего могут быть генетические дефекты, инфекции, воздействие слишком громких звуков или старение организма. Вернуть человеку слух помогают имплантаты, улавливающие и преобразующие звук в сигналы, передаваемые с помощью электродов к прилегающим к слуховому нерву клеткам.

Сегодня 40 тысяч детей и взрослых пользуются улитковыми имплантатами. Такие аппараты, как *Nucleus* и *Clarion*, включают 8–24 электродов, вживляемых в различные участки лабиринта, чтобы обеспечить максимальный частотный диапазон передаваемых в мозг сигналов. Дело в том, что волосковые клетки, выстилающие отдельные участки каналов улитки, воспринимают определенные звуковые частоты. Поэтому, как показывают исследования, качество работы имплантатов напрямую зависит от их расположения. Большинство пациентов адекватно воспринимают громкость звука, но с искажениями различают его высоту, что затрудняет понимание речи. «Что-то не позволяет мозгу извлекать и усваивать всю закодированную информацию», – говорит профессор факультета электроники Техасского университета в Далласе Филип Луазу (Philip Loizou).

У людей, страдающих глухотой многие годы, вероятность обрести слух даже при использовании устройства намного меньше (что обусловлено дегенерацией улитки или слухового нерва), чем у пациентов, которым аппарат имплантировали сразу после наступления глухоты. При этом добиться полного восстановления слуха удается редко. Считается, что успех достигнут, если носитель имплантата может слышать звуки средней громкости, а иногда – тихие, общаться, не прибегая к чтению по губам или языку жестов, а в некоторых случаях даже говорить по телефону.

Ведутся разработки по адаптации алгоритмов обработки сигналов к специфике ситуаций. Часто пациенты с трудом воспринимают речь в шумной обстановке или музыку сложного мелодического рисунка. Сейчас аппараты поставляются с процессорами, функционирующими на основе единой системы обработки сигналов. Когда они смогут хранить в памяти различные специализированные варианты, появится возможность использовать различные алгоритмы при беседе в домашней обстановке, разговоре в шумном ресторане или на концерте. ■



Наружное ухо

Наружный слуховой проход проводит звуковые колебания к барабанной перепонке, преобразующей их через цепочку мелких косточек среднего уха в механические. Стремечко передает колебания мембране овального окна, которая приводит в движение жидкость в улитке. Смещение жидкости возбуждает нейроны, посылающие сигналы в мозг.

ALICE Y. CHEN

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

•**Громко!** Нормальный порог слышимости составляет до 15 дБ. При легком ослаблении слуха мы пороговая громкость увеличивается до 41–55 дБ, при серьезных нарушениях – до 71–90 дБ, а при глубокой потере слуха она достигает 91 дБ и выше. Громкость звуков при обычном разговоре находится в пределах 40–50 дБ, на расстоянии 15 м от скоростной магистрали – 70 дБ. Имплантаты подходят только для людей, страдающих серьезными нарушениями слуха.

Тряхнем волосами. При наклоне головы происходит смещение студенистого вещества в преддверии улитки. Перемещаясь, оно вызывает смещение волосков, передающих нервным волокнам информацию о том, в каком направлении наклонена голова. Мозг реагирует, удерживая тело

в вертикальном положении. А волоски в трех заполненных жидкостью полукружных каналах, расположенных в трех взаимно перпендикулярных плоскостях прямо над лабиринтом, реагируют на изменения скорости движения головы, благодаря чему наше тело сохраняет равновесие.

Критические высказывания. В «Основных положениях по вопросу об улитковых имплантатах» Национальной ассоциации глухих отмечается, что в ряде случаев применение данной методики не дает ожидаемых результатов. Ассоциация не рекомендует использовать имплантаты для коррекции слуха у детей, страдающих глухотой от рождения или потерявших слух до того, как они научились говорить, поскольку у малышей, которых не успели обучить языку знаков, часто возникают трудно корректируемые задержки в развитии.



Внутреннее ухо

Звук вызывает колебания жидкости, которой заполнены каналы улитки. В результате волоски рецепторных клеток сгибаются, что вызывает высвобождение медиатора и возбуждение нейронов, которые сообщают мозгу, в каком месте канала согнулись волоски рецепторных клеток (что соответствует частоте воспринимаемого звука) и какова амплитуда этого смещения (что соответствует громкости звука).



Улитковый имплантат включает микрофон, расположенный за ухом. С него сигнал подается в устройство цифровой обработки, там усиливается, фильтруется и кодируется. Далее передатчик отправляет радиосигнал имплантированному приемнику, а электроды подводят электрические импульсы тем или иным участкам улитки.

ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ **потери**

Дэннис Шаша

Предположим, что вы решили заняться игрой в сквош. Клуб предлагает две схемы оплаты: \$400 за годовой абонемент или \$20 за одно посещение. Вы хотите играть несколько раз в неделю, но часто получаете травмы. Ясновидящий смог бы предсказать возможность неудачного случая и, таким образом, определить, будет ли выгоднее приобрести годовой абонемент или платить каждый раз. Не обладая сверхъестественными способностями, вы решаете разработать стратегию минимизации своего коэффициента потерь – отношения объема затраченных средств к той сумме, которую потратил бы ясновидящий.

Если бы с самого начала вы решили приобрести годовое членство в клубе и

получили бы травму в первый же день, значение коэффициента потерь равнялось бы 20 – потраченные \$400, поделенные на \$20, которые потратил бы провидец. Если на протяжении всего года вы будете использовать разовую оплату, сыграете 100 раз и затем получите повреждение, то коэффициент станет равным 5 – затраченные \$2000 по отношению к \$400, которые бы внес ясновидящий. Существует ли способ удержать значение коэффициента ниже 2 вне зависимости от получения травмы? Ответ на разминочную загадку приведен в нижней части страницы.

В математике такого рода задачи относятся к области сравнительного анализа. Рассмотрим другой пример:

у вас есть 90 билетов, которые можно обменять на деньги. В киоске, где производится обмен, есть стопка купюр достоинством \$1 и \$5. За каждый билет служащий предлагает верхнюю банкноту из стопки (либо \$1, либо \$5). Можно отказаться от предложения и продать билет за \$1, надеясь, что позже за него дадут пятидолларовую банкноту. В этом случае билет остается у вас, а служащий откладывает в сторону однодолларовую купюру и больше к ней не обращается. В то же время киоскер в любой момент может прекратить торговлю, после чего билеты будут обесценены.

Оракул знал бы заранее, что предложит служащий и когда закончатся торги, но у вас нет такой возможности. Способны ли вы найти такую стратегию, которая гарантировала бы то, чтобы размер коэффициента потерь (в данном случае – доход ясновидящего по отношению к вашему) не превышал 1,8? И какова была бы ваша стратегия, если бы два доступных предложения соответствовали \$1 и \$1 млн.? Как это отразилось бы на значении коэффициента? ■

ОБ АВТОРЕ:

Дэннис Шаша (Dennis E. Shasha) – профессор информатики в Институте Коуранта Нью-Йоркского университета.

ОТВЕТ НА ЗАГАДКУ, ОПУБЛИКОВАННУЮ В ПРОШЛОМ МЕСЯЦЕ: В первой задаче, *BEF* происходит непосредственно от *AB* и *EF*; *DEF* – от *DH* и *EF*; *ADE* – от *AB* и *DEF*; *ACD* – от *ADE* и *CG*; *ACF* – от *ACD* и *EF*; *ADG* – от *ACD* и *CG*; *BEG* – от *BEF* и *CG*. Для появления *FGH* требуется 3 промежуточных вида.

Во второй задаче четырьмя альтернативными предковыми видами будут *BE*, *DF*, *AC* и *GH*.



Ответ на «разминочную загадку»: за 19 посещений, а затем приобрести годовой абонемент. Если вы получили травму в первый же день, то коэффициент потерь будет равен 1. В случае получения травмы в последующие дни коэффициент потерь будет равен 20. Если вы получили травму в первый же день, то коэффициент потерь будет равен 20. Если вы получили травму в первый же день, то коэффициент потерь будет равен 20.

Стоит ли детям пить газировку?

На вопрос отвечает Наталия Теплюк, кандидат медицинских наук, дерматолог, Клиника кожных болезней ММА им. И. М. Сеченова.

Безалкогольные напитки – один из самых массовых продуктов питания. Летом потребление жидкости, и в частности прохладительных напитков, резко возрастает, причем основная масса населения предпочитает сладкие «газировки». Однако их употребление требует некоторой осмотрительности.

Дело в том, что сладкая газированная вода в избытке содержит всевозможные красители, порой вызывающие аллергические реакции, целый ряд небезобидных добавок, малокалорийные «подсластители», но чаще всего – сахар.

Понятие «сахар» объединяет множество «простых углеводов», но пищевую ценность представляют лишь глюкоза и фруктоза, содержащиеся в овощах и фруктах, а также лактоза (молочный сахар) и сахароза (столовый сахар). Последняя редко встречается в природе, но является непременной составляющей большинства продуктов и напитков. В небольших количествах сахар улучшает вкус продуктов и не приносит вреда, особенно в сочетании с витамином *B₁* (тиамином), ускоряющим процесс превращения углеводов в глюкозу – самый важный источник энергии в нашем организме, питающий головной мозг и нервную систему человека. Натуральный сахар, содержащийся в молоке или фруктах, сочетается в них с различными минеральными солями, органическими кислотами и другими элементами и необходим организму. Суточная потребность в сахаре, содержащемся в различных продуктах питания (овощах, фруктах, молоке и т.д.), составляет около 100 г. Чрезмерное же его потребление приводит к разного рода осложнениям, о которых в последнее время так много

пишет отечественная и зарубежная пресса. В частности, столовый сахар, в отличие от его заменителей, таких как сорбит, ксилит, изомальт, мальтит, является одним из факторов развития кариеса, ожирения, остеопороза, сердечно-сосудистых заболеваний.

Но это далеко не все. Кофеин, присутствующий во многих сладких газированных водах, относится к мягким стимуляторам нервной системы. Дети, потребляющие много этого тонизирующего вещества, страдают головными болями, плохо засыпают и более беспокойны. Кроме того, кофеин способствует выведению из организма кальция!

Негативно на усвоение кальция воздействует и фосфор, содержащийся в некоторых видах газированных напитков. Вымывание кальция из организма снижает прочность костных тканей. По данным доктора Грейс Вишак из Гарвардской школы общественного здоровья, среди подростков, ежедневно потребляющих подслащенные напитки, переломы встречаются в 5 раз чаще, чем у остальных детей. Кроме того, по данным еженедельника *Science News* (апрель 2001), кальций значительно увеличивает активность гена, контролирующего сжигание пищевых калорий, и препятствует ожирению,

являющемуся одной из причин возникновения диабета.

Люди, озабоченные своим здоровьем, предпочитают «обессахаренные» напитки. Однако и они содержат подсластители, кофеин и орто-фосфорную кислоту. Поэтому многие родители стремятся исключить из рациона своих детей сладкие газированные напитки.

В сладких газированных напитках российского производства процентное содержание сахарозы традиционно меньше, чем в импортных, в которых одна банка напитка емкостью 340 г в среднем содержит до 40 г сахара. Российские производители на 1000 л кладут в среднем от 40 до 80 кг сахара (100 кг на 1000 л содержится только в «Байкале»). Таким образом, напиток, содержащий около 60 г сахарозы на 1 л, удовлетворяет суточную потребность в углеводах на 12%. Поэтому не будет большой беды, если ребенок выпьет баночку газированного напитка. Этого вполне достаточно, чтобы утолить жажду, получить удовольствие и не чувствовать себя обделенным.

Однако если напиток оставляет послевкусие («вкусовую память»), а ребенку по-прежнему хочется пить, такую газированную воду в следующий раз покупать не стоит. ■





Читайте в октябрьском выпуске журнала:

- Хитроумные антенны**
- Эволюция «писем счастья»**
- Ключи от затерянных городов**
- Загадочные ландшафты Марса**
- Рыба на перечет**
- Рак: как распутать клубок**

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

• по каталогам: «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; периодических изданий для библиотек, подписной индекс Б392; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970; через редакцию журнала (только по России), перечислив деньги через Сбербанк или по почте, отправив копию квитанции (с указанием Ф.И.О., точного адреса и индекса подписчика) в РосНОУ по почте, по факсу: (095) 105-03-72 или по e-mail: red_nauka@rosnou.ru Стоимость подписки на полугодие – 390 руб., на год – 780 руб.

Розничная продажа в Москве осуществляется:

- в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., 1;
- в киоске РосНОУ, ул. Радио, 22, 1-й этаж;
- в «Доме технической книги», Ленинский проспект, 40;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА;
- в павильоне у метро «Тимирязевская»;
- в киоске в г. Пушкино, Московский проспект, 5;
- в киоске на Большой Якиманке, 49;
- в киоске на Дмитровском шоссе, 25;
- в киоске на Дмитровском шоссе, 43;
- в киоске на Ленинградском шоссе, 112/1;
- в киоске Министерства Внутренних Дел;
- в киоске у м. Петровско-Разумовская, Локомотивный проезд, 32;
- в киоске на Селезневской улице, 11;
- в киоске на Тверской, Мамонтовский пер., 9;
- в киоске на ул. Тимирязевская, 15;
- в павильоне в г. Химки;
- в павильоне в г. Зеленоград;
- в магазинах на Курском вокзале;
- на лотке и в магазине на Ленинградском вокзале

| | <p>Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет» Расчетный счет 40703810200000010014 в АКБ «Ист-Бридж Банк» ЗАО, г. Москва БИК 044579128 Корреспондентский счет 30101810500000000128 Идентификационный номер ИНН 7714082749</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Фамилия, И.О., адрес плательщика</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Вид платежа</th> <th style="width: 30%;">Дата</th> <th style="width: 30%;">Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки»</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Вид платежа | Дата | Сумма | Подписка на журнал «В мире науки» | | | Плательщик | | |
|--------------------------------------|--|-------------|------|-------|--------------------------------------|--|--|------------|--|--|
| Вид платежа | Дата | Сумма | | | | | | | | |
| Подписка на журнал «В мире науки» | | | | | | | | | | |
| Плательщик | | | | | | | | | | |
| | <p>Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет» Расчетный счет 40703810200000010014 в АКБ «Ист-Бридж Банк» ЗАО, г. Москва БИК 044579128 Корреспондентский счет 30101810500000000128 Идентификационный номер ИНН 7714082749</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Фамилия, И.О., адрес плательщика</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Вид платежа</th> <th style="width: 30%;">Дата</th> <th style="width: 30%;">Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки»</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Вид платежа | Дата | Сумма | Подписка на журнал «В мире науки» | | | Плательщик | | |
| Вид платежа | Дата | Сумма | | | | | | | | |
| Подписка на журнал «В мире науки» | | | | | | | | | | |
| Плательщик | | | | | | | | | | |