

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

№7 2003

тема номера:

перья динозавров

Остеопороз
можно победить

Цифровое
засилие

Ядерный реактор
- под снос

Невидимая вселенная
физика темной материи

в следующем номере:

тайна атипичной пневмонии раскрыта?



содержание

ИЮЛЬ 2003

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

- 18** **ФИЗИКА**
ПОИСКИ ТЕМНОГО ВЕЩЕСТВА
Дэвид Клайн
В нашем воображении темное вещество – нечто, находящееся в неведомом мире. Нам не дано понять его сущность до тех пор, пока оно не будет исследовано в земных условиях
- 26** **ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ**
Михаил Сажин
- 28** **ЭКОЛОГИЯ**
РЕАКТОРЫ ПОД СНОС
Мэтью Вальд
В эпоху расцвета атомной энергетики не особенно задумывались о выводе ядерных реакторов из эксплуатации. Сегодня проблема сноса старых АЭС стала актуальной
- 38** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ГЛОБАЛЬНАЯ СЕТЬ: ВЫЧИСЛЕНИЯ БЕЗ ГРАНИЦ
Ян Фостер
Близится закат эры индивидуальных вычислительных систем: мощные процессоры и гигантские банки данных объединяются в единую мировую сеть
- 48** **НАУКА И ОБЩЕСТВО**
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ
Харви Фейгенбаум
Каждый год США продает музыку, книги, фильмы, телевизионные программы и компьютерное программное обеспечение за рубеж на \$60 млрд.
- 54** **БИОТЕХНОЛОГИИ**
ОСТЕОПОРОЗ МОЖНО ПОБЕДИТЬ
Клиффорд Роузен
Разрушение костей при остеопорозе нередко приводит к инвалидности. Но ученым удалось проникнуть в суть процессов образования и рассасывания костной ткани
- 62** **ЭВОЛЮЦИЯ**
ДИНОЗАВРЫ ИЛИ ПТИЦЫ: КТО ОПЕРИЛСЯ ПЕРВЫМ?
Ричард Прам и Алан Браш
Открытия последних лет полностью опровергают традиционные представления об эволюции пера
- 72** **МЕДИЦИНА**
ПОДНОГОТНАЯ ГИНКГО ДВУЛОПАСТНОГО
Пол Гоулд, Ларри Кэхилл и Гэри Уэнк
Гинкго двулопастный – фитопрепарат, способный слегка улучшить вашу память
- 82** **ЭВОЛЮЦИЯ**
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА
Лев Животовский и Эльза Хуснутдинова
Нам не дано видеть ветви эволюционного древа. Ныне существующие биологические виды – лишь листочки его густой кроны, а Homo sapiens – один из них



В мире науки

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:

В. С. Аведисова, Я. В. Горчаков

доктор биологических наук, профессор

Л. А. Животовский

доктор экономических наук, профессор

М. В. Конотопов

профессор М. В. Сажин

Над номером работали:

М. М. Агафонов, Е. В. Базанов, Е. Г. Булгакова,

О. А. Василенко, Е. М. Веселова, Я. В. Горчаков,

И. Я. Дихтер, Н. И. Дробышева, Л. А. Животовский,

Ф. С. Капица, Б. А. Квасов, Г. Н. Кричевец,

В. А. Пантаева, И. Ю. Пантелеев, А. А. Рогова,

М. В. Сажин, И. Е. Сацевич, В. В. Свечников,

А. А. Сорокин, Н. Н. Шафрановская,

Н. А. Шурыгина, Э. А. Хазанова

Корректур: И. Е. Кроль

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 Рочноу, 2002

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 цитиро-

вании ссылка на журнал «В мире науки» обяза-

тельна. 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

Art director: Edward Bell

Publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: Rolf Grisebach

President and chief executive officer: Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director: Charles McCullagh

Vice President: Frances Newburg

© 2002 by Scientific American, Inc.

Торговая марка **Scientific American**, ее текст

и шрифтовое оформление являются исключитель-

ной собственностью Scientific American, Inc.

и использованы здесь в соответствии с лицензи-

онным договором.

РАЗДЕЛЫ

14 СЕРЬЕЗНЫЕ ПРИТЯЗАНИЯ НЕКОТОРЫЕ ПРАВА ЗАРЕЗЕРВИРОВАНЫ

Гэри Стикс

*Новый взгляд на авторские права
в киберпространстве*

16 ПРОФИЛЬ РОДНИ ЭВИНГ

*В горах Юкка Маунтин создается главное
в США хранилище ядерных отходов.
Геолог Родни Эвинг протестует против
этого решения*

92 ЗНАНИЕ – СИЛА ДВУХ ОДИНАКОВЫХ НЕ СУЩЕСТВУЕТ

Дактилоскопические сканеры

ОБЗОРЫ

3 ОТ РЕДАКЦИИ ТОТАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ПЕРЕГРУЗКА

4 50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6 НОВОСТИ И КОММЕНТАРИИ

- Беспокойные недра
- Загадка каменных узоров
- Возвратная эволюция
- Ген, поддерживающий иммунитет
- Нестандартные аминокислоты
- Новые технологии в нейрохирургии
- Высокотемпературные магнитные полупроводники
- Галактическое кольцо

78 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

94 ГОЛОВОЛОМКА ВЗЛОМ СЕЙФА

*Что должен знать джентльмен удачи
о теории вероятности*

95 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

*Существуют ли различия между
искусственными и натуральными запахами?
Как долго человек может прожить без воды?*

ТОТАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ перезгрузка

В 2002 г. Пентагон приступил к реализации программы «Тотальный информационный контроль», цель которой – обеспечить доступ к базам данных, содержащим личную информацию для поиска признаков угрозы терроризма. Официальные лица заявили, что любая покупка с использованием кредитной карты или любой заполненный бланк, телефонный разговор, заказанный вами, могут быть занесены в компьютер. Не вдаваясь в дискуссию о защите гражданских свобод, попытаемся выяснить, сделает ли предложенная программа более безопасной нашу жизнь.

Руководители министерства внутренних дел говорят о возможностях «информационной проходки» (формального анализа информации, содержащейся в базе данных, без учета смыслового содержания). Участники рынка оценили возможность покупки результатов обработки баз данных, отражающих активность потребителей. Ученые восприняли новшество скептически, поскольку считают, что это фактически поиск по формальным признакам, т.е. вслепую. Метод привлёк внимание специалистов. Однако реализация правительственных программ столкнется с принципиальными проблемами.

Во-первых, как точно определить объект поиска? Лица, ведущие «информационную проходку», должны выявить совокупность действий, связанных с террористической деятельностью. Сторонники программы ссылаются на приметы, связанные с деятельностью угонщиков самолетов

11 сентября 2001 г. Однако некоторые из них могут встретиться в любом наборе данных, главное – установить их закономерность и предотвратить трагедию.

Во-вторых, даже при небольшой вероятности ошибки подавляющее большинство сигналов тревоги будут ложными. Предположим, что в США есть 1000 террористов, а процедура «информационной проходки» приводит к успеху с вероятностью равной 99%. В этом случае 10 террористов имеют шанс остаться незамеченными, а 2,6 млн. невинных людей окажутся под подозрением. Для снижения количества ложных сигналов придется сузить поисковые критерии, что, естественно, приведет к тому, что большинство террористов окажутся незамеченными.

Третья проблема связана с качеством информации. Множество людей находят, по крайней мере, одну ошибку в своих отчетах о кредитных операциях. Данные, собираемые для оценки кредитоспособности, не достаточны или не годятся для гарантированного выявления террористов. Даже если сведения верны, предвзятость при их сборе может внести ложные признаки или замаскировать истинные.

Главная ошибка программного информационного контроля состоит в предположении, что большой объем данных позволит прогнозировать будущие события. Полное знание невозможно даже в объективно измеримом физическом мире. На что в таком случае можно рассчитывать, имея дело с

миром, определяемым человеческим поведением?

Не умаляя важности причин, породивших озабоченность по поводу внутренней безопасности, следует отметить, что широкий бредень вряд ли сработает лучше целенаправленных мероприятий. Укрепление дверей в кабину пилотов и тщательный досмотр важнее и эффективнее для предотвращения угонов самолетов, чем изучение биографии каждого пассажира. Доказано, что проверки подозрительных грузовиков остановили террористов, взрывающих автомобильные бомбы, а изучение списков подписчиков на журналы – нет. Если сторонники «информационной проходки» не согласны с этим, они должны привести веские аргументы, чтобы заставить нас поверить им. ■



Служба безопасности аэропорта будет располагать компьютерной базой данных.

ИЮЛЬ 1953

МОЛНИЯ КАК ТОЛЧОК К РАЗВИТИЮ. Харольд Эрей, химик из Чикагского университета, – поборник оригинальной теории происхождения жизни на Земле. Считается, что миллиард лет назад или около того земная атмосфера состояла из метана, аммиака, водорода и паров воды. Под действием молний или ультрафиолетового излучения эти вещества расщеплялись на свободные радикалы, из которых в результате случайных рекомбинаций возникали более сложные молекулы. Несколько месяцев назад один из студентов Х. Эрея, Л. Миллер собрал герметичную стеклянную установку, в которой смесь из метана, аммиака и водорода располагалась над кипящей водой. Образующиеся пары продолжительное время циркулировали в этой системе, подвергаясь воздействию электрических разрядов. К концу дня смесь стала розовой, через неделю она потемнела и стала грязновато-красной, в ней появились аминокислоты, представляющие собой элементы белковых молекул. ■

СТРАНИЧКА АГЕНТА МАЛДЕРА. Одинок ли человек во Вселенной? Возможно ли появления человекообразных существ на других планетах? Маловероятно, чтобы какое-то животное воспроизвело бы, пусть даже поверхностно, создание, которое оно никогда не видело и с которым ему не пришлось сталкиваться. Даже находясь среди людей, существо, наделенное способностью к мимикрии, не сможет

копировать человека. Даже при условии безупречного сходства внешности (вплоть до одежды) мозг этого существа, подчиненный инстинктам, и действия, бесстрастные, как у автомата, не будут соответствовать физиологии млекопитающих, так что попытка подобной имитации совершенно безнадежна. ■

ИЮЛЬ 1903

ВЕК УДОБСТВ. Для американцев, которые сегодня настолько привыкли к различным механическим приспособлениям, что их невозможно удивить ничем, автоматизированный ресторан – это всего лишь естественное производное торгового автомата. В Нью-Йорке это заведение поражает своей великолепной отделкой. Его огни, утомительные зеркала и сверкающий мрамор затмевают собой весь Бродвей (см. иллюстрацию). На верхнем этаже клиенты могут получить все, что ни пожелают. В цоколе готовятся различные блюда, которые затем доставляются наверх при помощи небольших лифтов. ■

ЭПИСТОЛЯРНЫЙ ЖАНР. Письма столетней давности обладают определенной литературной ценностью. В настоящее время мы всего лишь «осуществляем переписку» или «сообщаем». Нашим детям остается лишь избавиться от форм вежливости, доставшихся по наследству нам. Переписка грядущего будет сведена к сухому и лаконичному обмену информацией, выдержанному в телеграфном стиле. ■

ИЮЛЬ 1853

НЕВЕЖЕСТВО. Ужасный скандал разразился в среду ночью в нью-йоркской резиденции д-ра Джорджа Уилера. Дело в том, что там обнаружили несколько человеческих костей. Собралась трехтысячная толпа, вооруженная дубинками, топорами и камнями. Убитых не было, но некоторые офицеры полиции получили ранения. Среди собравшихся не было никого, кто, сломав руку или ногу, не обратился бы за помощью к врачу. Но как же доктор может справиться с этой задачей, не будучи знакомым со строением человеческого скелета? ■

ВОЗРАСТ ЗЕМЛИ. Удивительной гипотезе, касающейся угольных пластов Новой Шотландии, был посвящен доклад сэра Чарльза Лайелла на заседании Королевского общества в Лондоне. Лайелл полагает, что угленосные формации этого региона происходят из древней дельты, подобной дельте Миссисипи. Вместе с угольными пластами Нью-Брансуика их объем составляет 54 000 кубических миль. Для того чтобы Миссисипи перенесла в Мексиканский залив аналогичный объем твердого вещества при стоке 450 000 кубических футов в секунду, понадобилось бы более двух миллионов лет. Гипотеза нуждается в тщательном осмыслении и проверке, в особенности со стороны авторитетных геологов. ■

SCIENTIFIC AMERICAN



Автоматизированный ресторан, Нью-Йорк, 1903 г.

СТАНОВИТСЯ **теплее**

Магнитные полупроводники могут работать при более высоких температурах

Грэхем Коллинз

ТО, ЧТО НЕОБХОДИМО ЗНАТЬ:

БУДУЩЕЕ ТЕХНОЛОГИИ СПИНТРОНИКИ

Ожидаемый ассортимент спинтронных приборов и устройств:

- транзисторы с пониженным энергопотреблением;
- перепрограммируемые микрочипы;
- компьютеры, которые мгновенно переходят к своему предыдущему состоянию;
- квантовые вычислительные системы, использующие поляризованные электроны и фотоны.

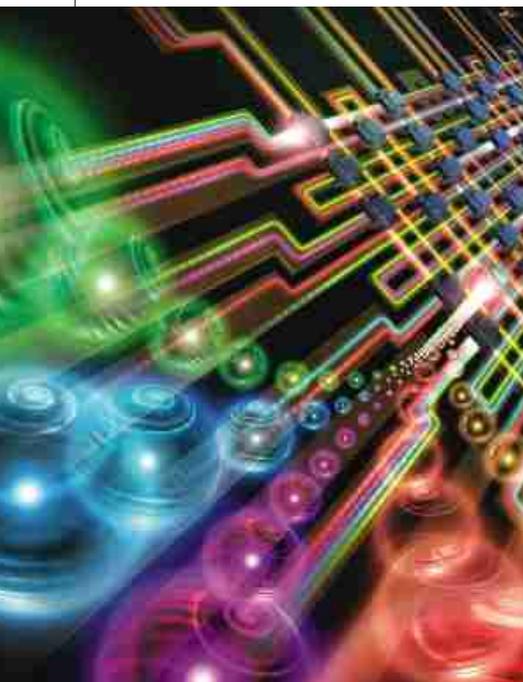
В большинство электронных устройств используются электрические заряды электронов. Зарождающаяся технология – спинтроника (*spintronics*) – использует не только заряды электронов, но и их спин (вращение). Спин электронов тесно связан с явлением магнетизма, и первые спинтронические устройства представляли собой головки для считывания информации с магнитных носителей информации и магнитные запоминающие устройства с произвольной выборкой (*MRAM – Magnetic Random Access Memory*); последние сохраняют данные даже в том случае, когда они обесточены (см. статью Дэвида Ошалом (David D. Awschalom), Майкла Флатте (Michael E. Flatte) и Нитин Самар (Nitin Samarth) «Спинтроника» в журнале *Scientific American* за июнь 2002 года). Создание более сложных устройств, таких как компьютерные чипы, использующие технологию спинтроники, пока невозможно, в отличие от запоминающих устройств с произвольной выборкой и считывающих головок, поскольку они могут быть созданы только на базе полупроводников, а существующие полупроводники не обладают свойствами магнетизма в условиях комнатной температуры. Тем не менее несколько исследовательских групп уже достигли значительного прогресса в этом направлении.

Одним из наиболее изученных типов магнитных полупроводников являются полупроводники, созданные из материала на базе арсенида галлия, легированного марганцем. В 1998 г. группа, возглавляемая Хидео Оно (Hideo Ohno) из Университета Тохоку, показала, что этот материал может сохранять ферромагнитные свойства даже при

температуре, составляющей 110 градусов по Кельвину (–163 градуса по Цельсию). «Ферромагнетизм» – технический термин, используемый для обозначения явления магнетизма, которое существует даже при отсутствии прилагаемого поля. При температуре жидкого азота этот материал уже давно используется в таких устройствах, как светоизлучающие диоды (*LED*), которые излучают свет, поляризованный в результате спин-поляризации (*spin polarization*) электронов и электронных дыр, которые его генерируют.

В конце 2002 г. Масааки Танака (Masaaki Tanaka) и его коллеги из Токийского университета сообщили, что применение относительно простого процесса отжига к арсениду галлия, легированному марганцем, значительно увеличили рабочую температуру до температуры, известной как точка Кюри (температура, выше которой исчезает самопроизвольная намагниченность доменов ферромагнетиков и ферромагнетик переходит в парамагнитное состояние). Часто точкой Кюри (температурой Кюри) называют температуру любого фазового перехода второго рода.) и составляющую 172 градуса по Кельвину. Но это все еще значительно ниже комнатной температуры, хотя результат, по словам эксперта в области спинтроники Дэвида Ошалом (David D. Awschalom) из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, представляет собой «подлинную вежу».

Материал, созданный группой из Токийского университета, имеет гетерогенную структуру: он состоит из набора слоев, тщательно нанесенных один за другим с помощью молекулярного луча. Этот процесс называется лучевой молекулярной эпитаксией (*molecular*



В технологии спинтроники электронный спин так же важен, как заряд.

beam epitaxy); эпитаксия – ориентированный рост одного монокристалла на поверхности другого; материалы могут быть одинаковые – автоэпитаксия или различные – гетероэпитаксия. Толщина легированного марганцем слоя, расположенного между двумя слоями нелегированного арсенида галлия, составляет всего 3 атома; каждый такой «сэндвич» размещается над слоем, легированным с бериллием. Ранее удавалось достичь температуру Кюри, составляющую 1500 Кельвина, путем отжига арсенида галлия, легированного с марганцем, не создавая сложных гетероструктур.

Значительно более высокую температуру точки Кюри наблюдали Артур Гебард (Arthur F. Hebard) и его коллеги из Флоридского университета. Его команда использовала фосфид галлия, легированный углеродом, к которому марганец добавлялся посредством ионного луча высокой энергии. Магнитные свойства сохранялись при температуре

около 300 градусов Кельвина, то есть при комнатной температуре. Для практического использования этого эффекта в устройствах необходимо провести еще много опытов с различными материалами, используя более управляемый процесс, такой как лучевая молекулярная эпитаксия. Гебард указывает, что фосфид галлия хорошо подходит для соединения с силиконом, поскольку расстояние между атомами в этих двух материалах приблизительно одинаково. Есть предположение, что подобный высокотемпературный ферромагнетизм может быть достигнут в сплавах индия и алюминия с фосфидом галлия, который используется для производства светоизлучающих диодов (LED).

Появляются сообщения о том, что уже разработаны полупроводники, которые могут работать в условиях, значительно превышающих температуру Кюри.

Например, в начале 2002 г. исследовательская группа, возглавляемая Хиденобу Хори (Hidenoby Hori) из Института

современной науки и технологий в Японии, сообщила о том, что достигнута температура, составляющая 940 градусов Кельвина, экстраполируемая от измерений, проводимых с 750 градусами Кельвина. Эти материалы представляют собой нитрид галлия, тоже легированный марганцем, но на этот раз созданный с помощью лучевой молекулярной эпитаксии. Тем не менее необходимо провести дополнительные исследования, чтобы подтвердить, что в действительности ферромагнетизм работает при таких высоких температурах.

Исследование свойств материалов, с которыми ученые работают в настоящее время, требует значительных усилий инженеров для того, чтобы перейти от демонстрации возможностей полупроводников к реализации их в реальных устройствах. «Доказательством возможности создания такого «пудинга» станет когда-нибудь сконструированное полезное устройство», – заявил Гебард. ■

САМООРГАНИЗУЮЩИЙСЯ ландшафт

Дж. Минкель

Ученые по-разному объясняли появление на арктических землях филигранных узоров и лабиринтов из камней, но до сих пор не могли обосновать их многообразие. С помощью компьютерного моделирования Марк Кесслер (Mark Kessler) и Брэд Вернер (Brad Werner) из Калифорнийского университета установили, что главная причина появления каменных кружев – циклические процессы замерзания и таяния почвы. Зимой в ней образуются небольшие линзообразные кристаллы льда, благодаря которым небольшие холмики увеличиваются, а канавки расширяются. Скатываясь с возвышений в низины, камни постепенно формируют

узор. Оттаивая, почва вспучивается, и рельеф, а вместе с ним и каменная мозаика становятся четче. Те же кристаллы льда способствуют процессу сжимания каменных доменов – сплющиванию каменных куч и вытягиванию их в линии.

Даниэль Манн (Daniel H. Mann) из Университета штата Аляска в Фэрбанксе высказал предположение, что некоторые геологические формации нужно рассматривать не просто как побочный эффект микрофизических свойств почвы, а как наглядное проявление законов высшего порядка, таких как упорядочивание и сжатие, действующих в различных пространственно-временных масштабах. ■



ПРИШЕЛЬЦЫ НИ ПРИ ЧЕМ: физика процессов таяния и замерзания объясняет появление каменных кругов на норвежском острове Шпицберген.

ЭКОНОМИЧЕСКИ ОПРАВДААННАЯ Хирургия

Гэри Стикс



Гавана Банана

Международный центр восстановительной неврологии провел почти 80 операций субталамотомии.

ТАЙНЫ ПАРАЛИЧА

Причины возникновения болезни Паркинсона до сих пор не известны. Но сопровождающие заболевание нарушения двигательных функций – результат гибели клеток, производящих дофамин в области мозга, называемой черным веществом, хорошо изучены. Для лечения показаны как лекарственные препараты, так и хирургическое вмешательство. Однако ни один метод не гарантирует полного излечения. До появления в 60-х гг. XX в. леводопы нейрохирургия была единственным методом лечения. В начале 90-х гг. неврологи приступили к исследованию новых способов терапии. Первоначально хирургическое вмешательство осуществлялось главным образом на таламусе (зрительном бугре) и бледном шаре – участках мозга, контролирующих двигательные функции, субталамическое ядро затрагивалось реже. Однако исследователи полагают, что субталамотомия может оказаться эффективней других стереотоксических методов.

На Кубе разрабатывают уникальные и недорогие методы лечения пигментной дегенерации, изучают применение экстракта человеческой плаценты для терапии витилиго. За пределами острова многие настороженно относятся к подобным новшествам, однако большая часть медицинского сообщества одобрила программу научных исследований Международного центра восстановительной неврологии в Гаване. Центр ведет разработку технологий, позволяющих хирургическим путем ослабить проявления акинезии, тремора и мышечной ригидности при болезни Паркинсона.

Суть метода в осуществлении деструкции на одном или обоих субталамических ядрах – структурах промежуточного мозга, провоцирующих нарушения двигательных функций при болезни Паркинсона. В развивающихся странах субталамотомия и другие методы деструктивной хирургии возникают как альтернатива дорогостоящему способу стимуляции промежуточного мозга (СПМ), при котором в субталамическое ядро или прилегающую область вживляют электроды, стимулирующие базальные ядра с помощью устройства, похожего на регулятор сердечного ритма. «В странах третьего мира многие больные не могут приобрести необходимые лекарства, и им приходится решаться на операцию», – поясняет профессор нейрохирургии Торонтского университета в Андрес Лозано (Andres M. Lozano). Однако некоторым больным СПМ не показан, поскольку вживление электродов может спровоцировать инфекцию.

В 2002 г. на заседании Американской неврологической ассоциации в Нью-Йорке сотрудники центра сообщили, что у 17 кубинских пациентов после

двусторонней дорсальной субталамотомии двигательная способность улучшилась почти на 50%, причем суточная доза леводопы (препарата для лечения болезни Паркинсона) была снижена. У некоторых больных наблюдались послеоперационные осложнения, в том числе резкие непроизвольные движения, которые, однако, прекратились через 3–6 месяцев. Исследователи продолжают изучать возможные побочные эффекты. С 1995 г. на Кубе прооперировано 80 больных.

Развитие новой технологии оказалось под давлением политических интересов. Сотрудник неврологического центра Хильда Молина (Hilda Molina) в начале 90-х гг. отказалась проводить операции, поскольку ее беспокоила перспектива превращения кубинцев в «подопытных кроликов для всего мира». Она считает, что испанские и американские клиники лучше оснащены для проведения подобных операций. Хильда оставила свой пост в 1994 г., когда от нее потребовали увеличить число пациентов, способных заплатить за лечение твердой валютой. Ее поддерживает община кубинских беженцев, обвиняющих власти в том, что лечебные курорты недоступны коренному населению.

Кубинские врачи подчеркивают, что государственная комиссия по врачебной этике ознакомлена с исследованиями, а сотрудничающие с кубинцами медики Университета Эмори одобрили методы своих коллег. Невролог Хорхе Хункос (Jorge Juncos) заявил, что участие университета в проекте связано с проводимой в США реформой здравоохранения. Приедут ли кубинские медики в Америку, чтобы обучить своей методике коллег? Остается надеяться, что введенное в США эмбарго на кубинские товары не распространяется на научные идеи. ■

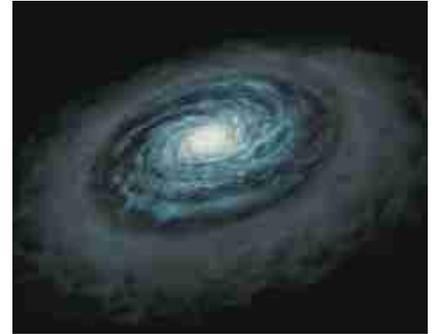
ЗАГАДОЧНОЕ КОЛЬЦО

Дж. Массер

Многие звезды Млечного Пути отличаются от остальных. На состоявшемся в январе 2003 г. заседании Американского астрономического общества Хейди Ньюберг (Heidi Jo Newberg) из Ренселерского политехнического института, Брайн Янни (Brian Yanny) из Национальной лаборатории им. Ферми и их коллеги описали самое большое скопление аномальных звезд. Используя метод глубокого фотометрического обзора неба, удалось обнаружить, что эти звезды находятся на более близком расстоянии друг от друга, движутся более медленно (110 км/с, что составляет половину обычной скорости) и содержат меньше тяжелых элементов, чем типичные звезды во внешней галактике.

Они образуют дугу, расположенную на расстоянии 60 тыс. световых лет от центра галактики, т.е. в два раза дальше, чем Солнце. Можно предположить, что эта дуга – часть замкнутого кольца из приблизительно 500 млн. звезд.

Такое скопление звезд может быть остатком небольшой галактики, взорвавшейся 10 млрд. лет назад. Однако другие исследователи полагают, что на самом деле это выброс из самого Млечного Пути. Кольца и другие когерентные образования весьма чувствительны к форме галактического гравитационного поля, так что астрономы надеются использовать их для составления карты распределения темной материи. ■



ГАЛАКТИЧЕСКОЕ КОЛЬЦО: так может выглядеть звездное скопление, окаймляющее Млечный путь.

КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА

Консультант В.С. Аведисова, научный сотрудник Института астрономии РАН:

Внешняя галактика – это области нашей Галактики, расположенные дальше от галактического центра, чем Солнце. *Sloan Digital Sky Survey (SDSS)* – самый смелый астрономический проект обзора неба. Он предполагает детальное картографирование одной четверти всей небесной сферы с определением положений и абсолютной яркости более 100 млн. светил.

Должны быть измерены расстояния до более чем миллиона галактик и квазаров. В результате мы сможем любоваться крупномасштабным узором галактических полей и пустот. Все это позволит по-новому понять эволюцию Вселенной.

В проекте SDSS участвуют ученые многих стран: США, Германии, Англии, Японии. Финансирование обеспечивает Фонд Альфреда Слоуна (Alfred P. Sloan).

НЕЕСТЕСТВЕННАЯ ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ

Чарлз Чои

Стандартный генетический код требует ровно 20 аминокислот, достаточных для образования всех существующих белков. Недавно группа ученых из Калифорнийского научно-исследовательского института Скрипса в Ла-Холье во главе с Питером Шульцем (Peter Schultz) создала бактерию *E.coli*, которая генерирует *p*-аминофенилаланин (*p*-AF) – аминокислоту, не из-

вестную в природе. Они перекодировали один из «стоп»-кодонов бактерии (единицу генетической информации, определяющую для клеток окончание синтеза белка) на производство *p*-AF. Соответственно гены бактерии смогли самостоятельно производить *p*-AF и связывать ее в белки, в отличие от предыдущего этапа деятельности, когда бактерия получала *p*-AF извне. Еще

несколько экзотических микробов способны продуцировать нестандартные аминокислоты, но для лабораторных экспериментов больше подходят бактерии *E.coli*. Ученые надеются, что бактерии помогут понять, почему все живое довольствуется двадцатью белками, приносят ли пользу нестандартные дополнительные аминокислоты и могут ли быть получены новые белки. ■

ВОЗВРАТНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Стив Мирски



ОКРЫЛЕНИЕ. Палочник утерял и восстановил крылья.

Сходство насекомых-палочников с ветками скрывает их от хищников. Стандартный генетический анализ, применяемый для определения эволюционных изменений видов, показал, что крылатые виды палочников произошли от бескрылых, которые, в свою очередь, имели предков с крыльями. «Это первый случай утери сложного признака и его последующего восстановления в эволюционном развитии», – сообщают Майкл Уайтинг

(Michael F. Whiting) и его коллеги из Университета Бригема Янг. Авторы отмечают, что новые крылья – не результат случайности: в течение 50 млн. лет генетические копии ожидали того момента, когда полет стал более благоприятным фактором, чем плодовитость (бескрылые особи обычно откладывают больше яиц). Ученые полагают, что существуют и другие примеры возвратной эволюции сложных структур. ■

РАЗБУЖЕННЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Землетрясение на Аляске вызывает серию слабых толчков на территории США.

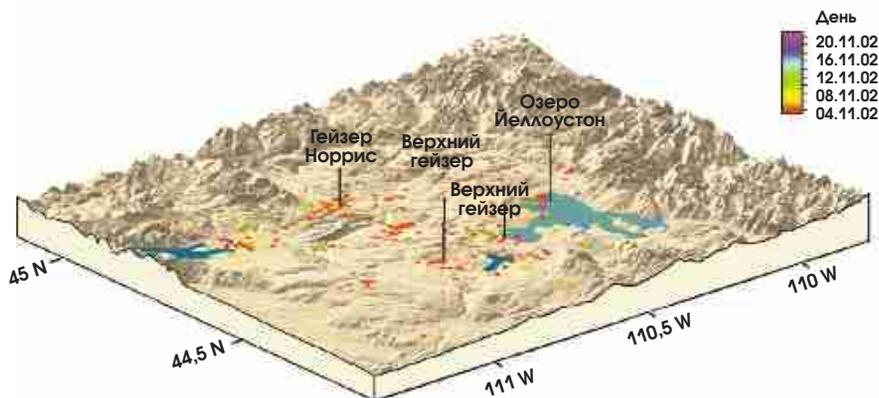
Наоми Любик

Слабые толчки вызвали содрогание Йеллоустонской кальдеры в течение нескольких дней после землетрясения, произошедшего 3 ноября 2002 г. на разломе Динейли.

В ноябре прошлого года на разломе Динейли на Аляске произошло сильнейшее землетрясение с магнитудой 7,9, которое вызвало ряд слабых толчков в нескольких тысячах километров к югу от эпицентра. За последние 10

лет это уже третье крупное землетрясение. Предыдущие два произошли в Южной Калифорнии (Ландерс, 1992 г. и Гектор-Майн, 1999 г.). Воздействие всех толчков проявилось в одних и тех же геотермальных вулканических зонах в Йеллоустонском национальном парке (шт. Вайоминг), в районе горы Рейнир (шт. Вашингтон) и в некоторых районах Калифорнии. Обычно ощущается глубинное гromыхание – горячие источники питает магма, kloкочущая в недрах Земли, однако индуцированные вторичные сотрясения значительно превосходили фоновую сейсмичность.

Сейсмические волны, распространявшиеся от очага Аляскинского землетрясения, находившегося в 200 км к северо-востоку от Анкориджа, по-видимому, вызвали небольшое расширение и сжатие земной коры, что, в свою



очередь, могло активизировать разломы, на поверхности которых порода была на грани обрушения. Это вполне приемлемое объяснение землетрясений, возникших сразу после толчка Динейли. Однако некоторые вторичные сотрясения, произошедшие спустя сутки и более, как считают многие сейсмологи, могли быть связаны с пузырьками газа в магматической камере. По мнению геофизика Алана Линде (Alan Linde) из Института Карнеги в Вашингтоне, проходящие волны могут сместить пузырьки, обычно скапливающиеся у стенок магматической камеры. Кроме того, как указывает геофизик Эмили Бродски (Emily Brodsky) из Калифорнийского университета, под действием сейсмических волн в магме могут образоваться новые пузырьки. В любом случае в процессе роста пузырьки расширяются, и давление в жидкости увеличивается. При прохождении сейсмических волн они также могут деформироваться, что, согласно утверждению Бродски, приводит к дальнейшему изменению давления и деформации вышележащих пород.

Возможно, пузырьки в магме – не

единственный фактор, приводящий к землетрясениям. На юге Греции Бродски обнаружила, что горячие источники питает не магматическая камера, а изменения в давлении жидкости, протекающей в нижележащих кристаллических породах. Твердые осадки, содержащие минеральные частицы, часто засоряют подземные каналы. По словам Бродски, интенсивные сейсмические волны способны раздробить эти уплотнения, а изменения давления, связанного с потоком жидкости, достаточно, чтобы спровоцировать землетрясения на соседних разломах. Это вполне можно отнести за счет активности горячих источников в Калифорнии и Йеллоустонском национальном парке. Однако пузырьки в магме и разрушение перемычек в районе геотермальных полей не объясняют всех вторичных сотрясений. Север центральной части штата Юта также содрогался, но для этой области не характерна ни вулканическая, ни геотермальная деятельность. Более того, здесь наблюдалось недельное возрастание сейсмичности, что невозможно объяснить с помощью пузырьков и раздробленных уплотнений. ■

ГУЛ В ЙЕЛЛОУСТОНСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ

Землетрясение Динейли, произошедшее 3 ноября 2002 г. на Аляске, послужило причиной нескольких сотрясений в бассейнах гейзеров Йеллоустонского национального парка, штат Вайоминг.

Бассейн гейзеров	Среднее количество толчков в год	Количество толчков в период между 3 и 23 ноября 2002 г.
Верхний гейзер	1	20
Гейзер Норрис	16	20
Север озера Йеллоустон	1,2	17
Уэст-Тамб	6	27

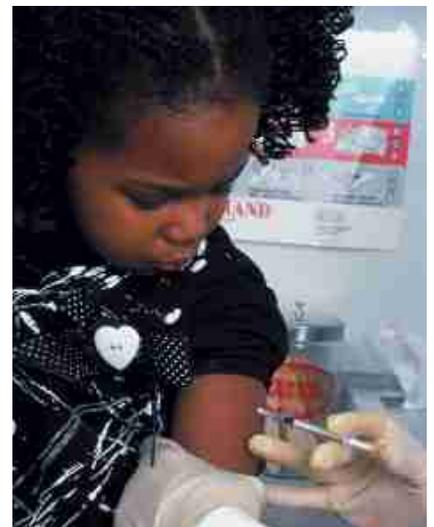
SAP-ГЕН И ИММУНИТЕТ

Дж. Минкл

В основе вакцинации лежит способность иммунной системы запоминать и реагировать на знакомые антигены. Ученые открыли ген, поддерживающий длительный иммунитет. Это дает основания полагать, что лекарственное воздействие на него сможет повысить резистентность к некоторым заболеваниям. Люди, у которых отсутствует SAP-ген, страдают иммунной недостаточностью и часто подвержены воздействию вируса Эпштейна-Барра (Epstein-Barr). Шейн Кротти (Shane Crotty), Рафи Ахмед (Rafi Ahmed) из университета Эмори (Emory University), изъяв этот ген у подопытных мышей, обнаружили,

что, несмотря на нормальную реакцию антител на вирус, у животных без SAP-гена не вырабатывались необходимые плазматические клетки и В-лимфоциты, благодаря которым антитела присутствуют в организме в течение многих лет. Обычно Т-клетки стимулируют рост клеток обоих видов, но, по-видимому, они оказываются беспомощными в отсутствие SAP-гена. ■

ПРИВИВКИ, сделанные в детском возрасте, защищают и взрослых благодаря гену иммунной памяти.



ВРАЧИ МИРА **против...**

Алла Рогова

«Опасные технологии и человеческий фактор» – под таким названием в Москве проходил ежегодный диалоговый семинар международного движения «Врачи мира за предотвращение ядерной войны» (ВМПЯВ). В рамках программы состоялись встречи делегации, возглавляемой Гуннаром Вестбергом, президентом шведского национального филиала движения, с главой Министерства Российской Федерации по атомной энергии Александром Румянцевым и с председателем Государственной Думы Геннадием Селезневым. В пресс-центре «Российской газеты» прошло заседание экспертного совета.

Встреча делегации с академиком РАН Александром Румянцевым состоялась в Ситуационно-Кризисном Центре (СКЦ) Минатома России. Главными темами обсуждения стали человеческий фактор в работе с ядерно- и радиационно-опасными материалами, их учет и контроль в России. Представителям Движения был продемонстрирован фильм о работе СКЦ, который входит в структуру Единой государственной системы по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, показаны возможности Центра: ведение круглосуточного мониторинга и контроля технического состояния объектов атомной отрасли, осуществление спецперевозок, обеспечение учета и контроля за использованием ядерных материалов.

В ходе встречи была достигнута предварительная договоренность об участии Министерства по атомной энергии в международном проекте «Человеческий фактор» («*Human Factor*»). С таким предложением выступил член исполкома Шведского

филиала Международного движения «Врачи мира за предотвращение ядерной войны» Ханс Левандер. Он поблагодарил Александра Румянцева за возможность «поддерживать постоянный диалог».

Глава Министерства РФ по атомной энергии рассказал собравшимся о стратегической линии министерства, направленной на совершенствование мер безопасности безопасности при работе с ядерными материалами. «Все ядерные державы ответственны за нераспространение ядерных отходов, ядерного оружия и сохранение мира на Земле,» – заявил Александр Румянцев. Он пояснил, что теперь созданы реальные предпосылки для этого т.к. Государственная дума недавно ратифицировала договор СНП, предусматривающий сокращение ядерного потенциала России на 2200 ядерных боеголовок примерно за десятилетний период.

По окончании встречи Александр Румянцев вручил гостям сувенир, изготовленный из металла, снятого с боевой части атомной боеголовки, а также книги известных Российских ученых – академиков РАН Михаила Леонтовича и Льва Феокистова.

«Врачи мира за предотвращение ядерной войны» – неправительственная международная федерация национальных медицинских организаций, работающая более чем в 60 странах мира, была основана в 1980 году в разгар «холодной войны» по инициативе доктора Бернарда Лауна (США) и академика РАН Евгения Чазова. Российское отделение было создано в 1991 году, и его возглавил Сергей Колесников.

Программа движения предусматривает запрещение испытаний ядерного

оружия, замораживание ядерных вооружений с последующим их сокращением и ликвидацией, нераспространение гонки вооружений на космос. Врачи призывают к созданию международного климата доверия и сотрудничества, предлагают направлять средства, расходуемые на бессмысленную гонку вооружений, на здравоохранение и другие социальные нужды.

Организация ВМПЯВ в тесном сотрудничестве с американским филиалом «Врачи за социальную ответственность» (*PSR*) и российским комитетом вела широкомасштабную просветительскую работу, доводя до сведения международной общественности, медицинских кругов, политических лидеров информацию о медицинских и экологических последствиях хранения и применения ядерного оружия.

В течение 80-х и 90-х годов ВМПЯВ занималась сбором, систематизацией и публикацией данных о последствиях производства, испытаний и применения ядерного оружия. В 1984 году за миротворческие усилия федерация «Врачи мира за предотвращение ядерной войны» награждена премией ЮНЕСКО, а в 1985 удостоена Нобелевской премии мира.

ВМПЯВ и ее филиалы не ограничивались только информационной деятельностью: они помогали организовывать кампании протеста и влиять на ядерную политику правительств в странах, обладающих ядерным оружием. ВМПЯВ глубоко убеждена, что только активное участие и вовлеченность миллионов людей смогут предотвратить ядерную катастрофу и покончить с ядерным оружием как таковым. ■

IX отраслевая выставка-конференция DOCFLOW 2003

Уже девятый год в Москве проходит уникальное мероприятие – выставка-конференция, посвященная последним достижениям в области электронного документооборота. Ее организатором является компания *ABBYY*. В деловом центре гостиничного комплекса «Рэдиссон-Славянская» собираются специалисты и руководители, желающие ознакомиться с новейшими системами автоматизации управления и обработки документов. Особенность выставок серии *DOCFLOW* в том, что они продолжаются всего один день и все разработки представляются потребителям впервые. В этом году на мероприятие прибыло около 2000 человек из 940 организаций, в том числе представители федеральных органов, крупные заказчики и представители ведущих банков. Экспозиция состоит из четырех секций – «Новости», «Системы автоматизации деятельности предприятий», «Программные продукты и технологии» и «Современные решения для бизнеса».

На нынешней выставке представлены разработки почти тысячи организаций – от крупнейших производителей, таких как *IBM*, до небольших фирм. Это и компьютерные программы, предназначенные для хранения документов, и системы управления информационными потоками, и средства для массового ввода данных. На выставке представлено много новейшего оборудования: различные модели сканеров, систем хранения и распознавания текстов, поисковых устройств.

Каждую программу можно не только посмотреть в действии, но и получить в виде демонстрационной версии. Пользователи известной программной



продукции, например системы *Fine-reader* или *Documentum*, могут ознакомиться с последними дополнениями к известным разработкам.

На выставке представлен и ряд принципиальных новаций. Прежде всего к ним относятся системы для управления *web*-сайтами и хранения мультимедийных данных, например архивов видеoinформации или звукозаписи.

Еще одно перспективное направление – системы для управления коллективной работой. Такие современные разработки, как *Documentum collaboration solution*, обеспечивают единую среду для всех участников проектной команды независимо от их географического расположения.

Особый раздел выставки составляют системы управления документами, позволяющие не только хранить и собирать документы, но и работать с ними по заданному алгоритму.

В последнее время многие компании начинают переходить к безбумажным технологиям. На выставке представлены пакеты программ, позволяющие работать с документами только в электронной форме, сохраняя все традиционные технологии и прежде всего согласование (визирование, подписание, утверждение и т.д.) электронных документов. Пока такие системы находятся в стадии разработки, но их появление на выставке отражает насущную потребность дня.

В рамках выставки проводилось специальное мероприятие – конференция *Hummingbird*, где были представлены крупнейшие отечественные разработки корпоративных систем управления.

На сегодняшний день выставка *DOCFLOW* является ключевым мероприятием в области документооборота и автоматизации управления. Она подтверждает, что только при полноценном сотрудничестве многих фирм можно создать действительно эффективную рабочую среду, обеспечивающую бесперебойную работу с документацией и ее защиту от несанкционированного доступа. ■

НЕКОТОРЫЕ ПРАВА **защищены**

Активисты киберпространства разработали комплект лицензионных соглашений для совместного использования творческих работ.

Гэри Стикс

В 2001 г. профессор Стэнфордской юридической школы Лоуренс Лессиг (Lawrence Lessig) объявил, что над Интернетом нависла угроза со стороны крупных медиакомпаний, вооруженных законами о защите интеллектуальной собственности. По мнению профессора, Всемирная Паутина должна быть носителем, передаточной средой, создающей благоприятные условия для свободного творческого обмена между фотографами, музыкантами, писателями, научными деятелями и целыми институтами. Лессиг и его единомышленники решили от громких слов перейти к делу.

16 декабря 2002 г. свои виртуальные двери открыла некоммерческая организация *Creative Commons*, бесплатно предоставляющая шаблоны различных лицензий, упрощающих использование авторских материалов. Современный закон вступает даже за карикатуру на приятеля, нарисованную на салфетке во время обеда. Нет необходимости ставить на ней знак «©», ведь все права и так защищены.

Специалисты *Creative Commons* разработали более гибкую схему лицензирования, позволяющую сохранить авторство, защитив лишь некоторые права. Существует возможность составить индивидуальную лицензию, оговорив, например, что часть музыкальной композиции или эссе может быть использована в любых целях, если имеется ссылка на автора. Можно поставить дополнительное условие

и разрешить только некоммерческое применение. Наконец, предлагается вариант соглашения, передающий результаты творчества в публичную собственность.

Владелец авторского права может заполнить на сайте *Creative Commons*



(creativecommons.org) простую форму и получить электронную копию лицензии. Поскольку знак авторства или любой из его вариантов являются необязательными, не существует стандартных методов для отслеживания опубликованных материалов. Лицензии *Creative Commons* снабжены электронными тэгами (написанными на языке XML – расширенном языке разметки), чтобы программа для просмотра *web*-страниц могла найти определенную категорию работ, охраняемых законом об интеллектуальной собственности. К примеру, некий фотограф может разрешить свободное

использование своих снимков, запечатлевших события 11 сентября 2001 г. в Нью-Йорке, при условии обязательной ссылки на автора. Дизайнер, составляющий коллаж на ту же тему, делает запрос на поиск по двум параметрам: по сочетанию «11 сентября» и по тэгу *Creative Commons* «только со ссылкой на автора». Это позволит скопировать фотографии и разместить их в Интернете, упомянув имя честолюбивого фотографа.

На счету Лессига и его соратников уже есть один успешный проект – Фонд электронной свободы (*Electronic Freedom Foundation*) с открытой лицензией на аудиопродукцию. Организация получила около \$2 млн. в качестве грантов от Центра общественного достояния и Фонда Джона и Кэтрин МакАртур.

Некоторые корифеи юриспруденции, наверное, спросят: будет ли популярна идея, которая не приносит никакой выгоды? По крайней мере, *Creative Commons* показала, что Интернет – это не только торговая площадка. В прошлом году Лессиг отстаивал расширение существующих законов об авторских правах в Верховном суде США. Теперь все зависит от художников, композиторов, ученых, независимых продюсеров и остальных пользователей Интернета, способных на личном примере доказать, что свободный творческий обмен в киберпространстве должен стать реальностью. ■

ЧЕЛОВЕК ПРОТИВ ГОРЫ

В горной Юкке создается главное в США хранилище ядерных отходов. Но энтузиазм федеральных властей не выдерживает критики со стороны ученых.

Стив Надис

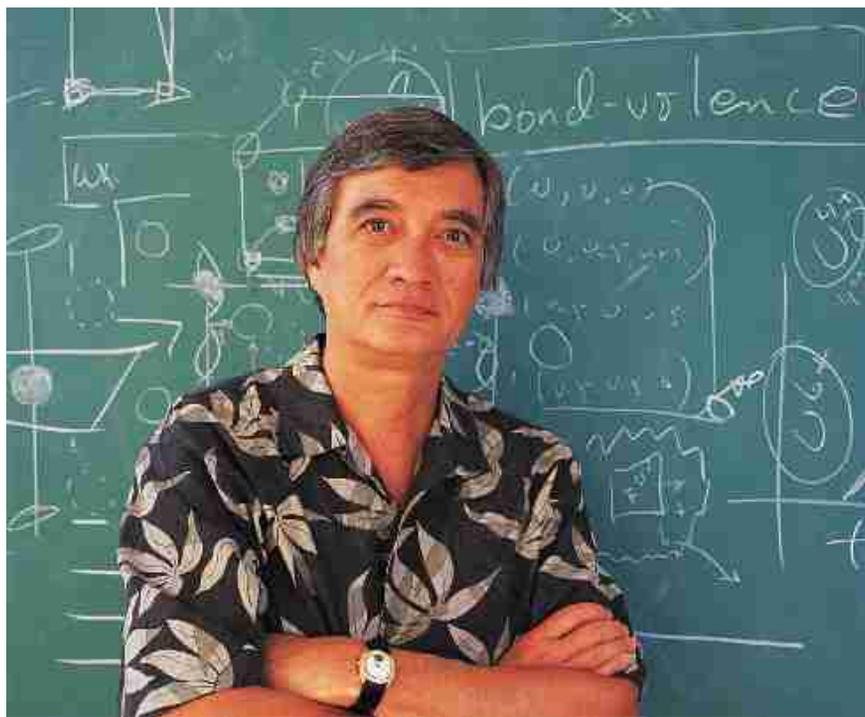
18 000 образцов пород и грунтовых вод, а также 23 км керна было взято на безлюдном хребте Юкка в пустыне Невада. 20-летние исследования, проведенные министерством энергетики США,

обилие полученных материалов и их всесторонний анализ сделали этот выступ одним из самых изученных мест на планете. А результатом этих работ стало заключение специалистов, что

Юкка – подходящее место для создания национального хранилища высокорadioактивных ядерных отходов, рассчитанного на 10000-летнее хранение 70000 тонн радиоактивных веществ.

У геолога Родни Эвинга (Rodney C. Ewing) другое мнение. «Объем исследований свидетельствует об их высоком научном уровне не более, чем толщина книги – о ее литературных достоинствах», – говорит 56-летний ученый, междисциплинарный профессор Мичиганского университета в Анн-Арборе. Эвинг – член управления NASA по радиоактивным отходам и член рабочей группы по оценке результатов исследований Юкки. Будучи одним из наиболее квалифицированных критиков проекта, он считает, что тома отчетов и тонны образцов лишь маскируют вопросы, ответов на которые еще нет. «В этой задумке мало хорошего – разве что в ней участвуют способные ученые и инженеры, – говорит геолог. – Но программа плохо организована, поэтому исследования настолько фрагментарны, что трудно собрать все воедино».

В 1987 г. конгресс США назвал Юкку наиболее предпочтительным местом для создания радиоактивного хранилища и ассигновал \$7 млрд. на строительство в горах 9-километровых тоннелей для изучений, предшествующих захоронению отходов. Предложенная энергетиками оценка риска основана на компьютерных расчетах – предсказании судьбы захоронений на тысячелетия вперед. Такая вероятностная оценка поведения не выявила пока



РОДНИ ЭВИНГ: ЮККЕ – НЕТ!

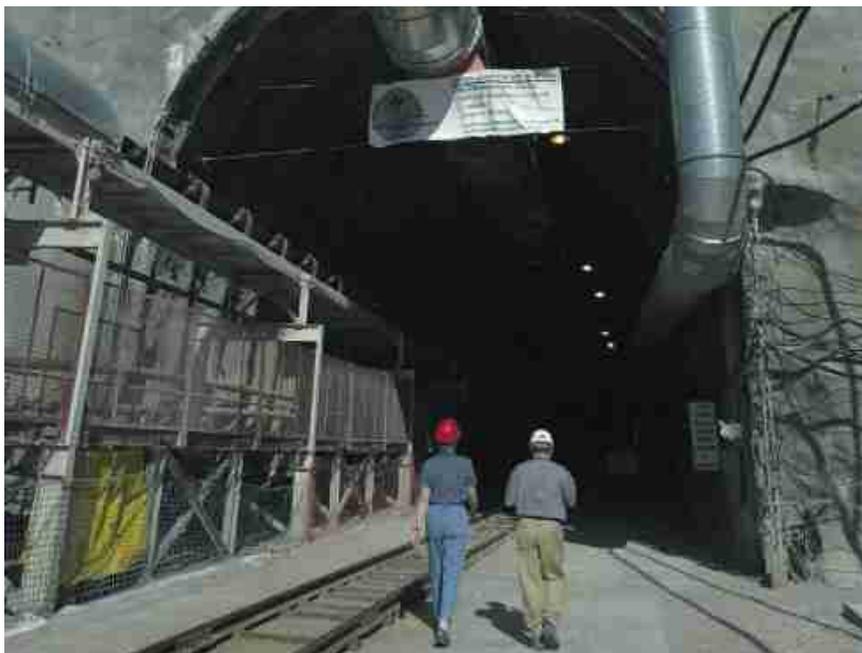
- Междисциплинарный профессор Мичиганского университета в Анн-Арборе оценивает научные исследования по инженерным проблемам, геологии и материаловедению.
- В начале 2004 г. Эвинг совместно с геологом Эллисоном Макфарлейном (Allison Macfarlane) из Массачусетского технологического института закончит книгу о нерешенных технических проблемах горной Юкки.
- «Объем исследований этого проекта свидетельствует об их высоком научном уровне не более, чем толщина книги – о ее литературных достоинствах», – говорит 56-летний Эвинг.

факторов, которые запретили бы захоронение, что позволяет министерству продолжать работы.

Однако Эвинг не видит в проекте возможностей широких научных изысканий. «Мы много знаем об этой горе, но по сути пласт наших знаний слишком тонок», – говорит ученый. Он считает, что правила игры применительно к избранному месту были изменены и безусловное предпочтение Юкке отдавать не следует. Основой геологического подхода традиционно считается принцип «защита на глубине», что означает выбор подходящих геологических условий и создание изолирующих барьеров из многослойного стекла и металла. Эвинг утверждает, что в отношении Юкки от этого принципа потихоньку отказались: «Вместо того чтобы выработать правила и найти соответствующее им место, мы выбрали место и подгоняем под него правила».

В данном случае Агентство по охране окружающей среды на все 10 000 лет установило годовую норму радиоактивности – 15 миллибэр (примерно треть дозы, получаемой при рентгеновском обследовании) при измерении на расстоянии 18 км от хранилища. Возможность выполнения этого требования основана на вероятностных оценках, включающих тысячи допущений, – такой подход к столь сложной системе раньше никогда не применялся. Одни параметры (например, плотность воды) известны с достаточной точностью, но другие (такие как вероятность вулканической активности) оцениваются с разбросом в 100 тыс. раз. Никто не знает, как сочетать эти неопределенности, утверждает Эвинг.

По его мнению, такой подход не позволяет понять, какова роль отдельных факторов. Например, большие надежды возложены на сплав 22 – мало изученный металл, надолго удерживающий радиацию. Уровень коррозии этого сплава зависит от геохимических условий (от уровня *pH* и содержания диоксидов в грунтовых водах), предсказать которые невероятно трудно. «Мы делаем ставку на новый материал, о котором знаем слишком мало, –



Ядерные отходы не должны попасть в горную Юкку (на снимке – вход в туннель).

говорит Эвинг. – Кроме того, у нас нет дополнительных возможностей, чтобы испытать модель в реальных геологических условиях». Дополнительную сложность вносят неподтвержденные сведения о сейсмической и вулканической активности Юкки.

Эвинг также полагает, что установленные Агентством по охране окружающей среды правила – несовершенны. Заданный временной предел в 10 000 лет слишком короток: максимальный разогрев наступит на тысячелетия позже. Ибо долгоживущие радионуклиды, которые будут захоронены, имеют период полураспада более 24 000 лет, а к тому времени геологические и инженерные барьеры неизбежно ослабнут. «Прежде всего необходимо понять, когда разогрев достигнет максимума, а не задавать временной предел заранее», – говорит ученый.

В отличие от многих противников Юкки, Эвинг верит в необходимость создания хранилищ ядерных отходов и в атомную энергетику. Он одобрил Пилотное подземное хранилище (*WIPP*) в Нью-Мексико, где в 1999 г. после 20 лет научных и политических

баталий были захоронены три контейнера с плутонийсодержащими отходами военной промышленности. «По сравнению с Юккой отходы в *WIPP* не такие «горячие»: здесь будет храниться гораздо меньше радиоактивных материалов, что значительно снижает вероятность возникновения опасного разогрева», – говорит ученый. К тому же, по его мнению, и геология *WIPP* значительно проще: здесь почти не возникает вопросов, связанных с подземными водами, землетрясениями и вулканической активностью.

Хотя Эвинг и треплет нервы сторонникам хранилища ядерных отходов в Неваде, большинство коллег относится к нему с уважением. «Он из тех, кто копает глубоко», – говорит Джон Эхерн (John T. Ahearne), глава рабочей группы *NASA* по радиоактивным отходам. Однако Эвинг способен стать и опасным противником, так как он исследует проблему до конца, независимо от границ научной специализации. ■

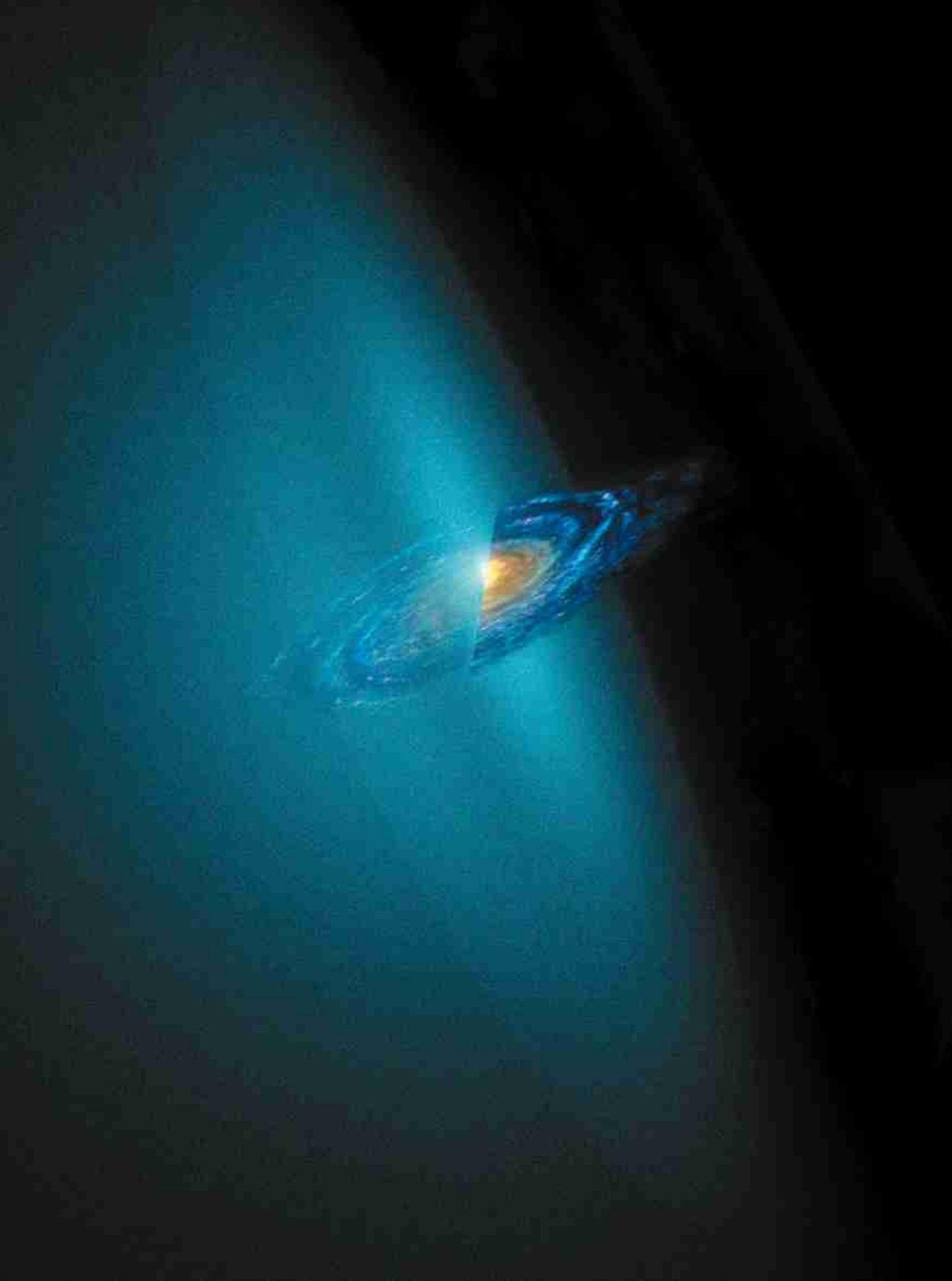
Стив Надис (Steve Nadis), Кембридж, Массачусетс.

ПОИСКИ ТЕМНОГО ВЕЩЕСТВА

Дэвид Клайн

В нашем воображении темное вещество – **НЕЧТО**, находящееся **В НЕВЕДОМОМ МИРЕ**. Нам не дано понять его сущность до тех пор, пока оно не будет исследовано **В ЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ**.

Если бы удалось увидеть темное вещество, наша Галактика выглядела бы совершенно иначе. Знакомый спиральный диск, в котором находится большинство звезд, был бы окружен плотной дымкой частиц темного вещества. Астрономы полагают, что масса и размеры этой дымки раз в 10 больше массы и размеров звездного диска.



Нас окружает неведомая Вселенная, где звезды занимают менее 1% ее массы, а весь разреженный газ и другие формы обычного вещества – меньше 5%. Мы говорим: «темное вещество» и «темная энергия» – на самом деле не совсем понимая, что кроется за словами.

Уже 70 лет астрономы собирают ковенные доказательства существования темного вещества, но их недостаточно и они не дают представления о свойствах гипотетического вещества. Известно только, что темное вещество, концентрируясь, увеличивает массу галактик и более крупных структур, таких как скопления галактик, и наверняка состоит из еще не открытых элементарных частиц. Темная же энергия, несмотря на сбивающее с толку сходство названия, – совершенно иная субстанция, включенная в картину мира только в 1998 г. Она равномерно распределена в пространстве и вызывает ускоренное расширение Вселенной.

Сущность темных элементов Вселенной раскроет не астрономия, а корпускулярная физика. Последние годы ученые этих отраслей науки провели совместные симпозиумы

по источникам и детектированию темного вещества и темной энергии Вселенной, ближайший из которых состоится в феврале 2004 г. в Мариндель-Рей (шт. Калифорния). Обнаружить и изучить темное вещество, используя методы, применяемые при исследовании позитронов и нейтрино – основная идея, обсуждаемая на таких встречах. Ученые ищут доказательства существования темного вещества не путем наблюдения далеких объектов, а в земных условиях.

Поиск частиц темной материи – один из самых сложных экспериментов в физике элементарных частиц (здесь следует упомянуть, что экспериментальное изучение природы темной энергии намного сложнее, чем обнаружение частиц темного вещества). На первом симпозиуме, в феврале 1994 г., участники выразили сомнение в том, что имеющиеся детекторы частиц смогут обнаружить темное вещество, так как их чувствительность в тысячу раз ниже требуемой. С тех пор она повысилась в 1000 раз, и вскоре увеличится еще на столько же. Возможно, мы вскоре узнаем, как выглядит Вселенная, или докажем существование

темного вещества, или пересмотрим теории в современной физике.

Через увеличительное стекло

Из каких частиц может состоять темное вещество? Очевидно, что темное вещество не состоит из протонов, нейтронов или из чего-либо, в чей состав входят протоны и нейтроны, таких, например, как массивные звезды, ставшие черными дырами. Согласно расчетам первичного термоядерного синтеза частиц в ходе Большого взрыва, их слишком мало, чтобы составить темное вещество. Результаты расчетов сопровождались измерениями первоначальных количеств водорода, гелия и лития во Вселенной.

Нейтрино, пронизывающие пространство и не вступающие в контакт с другими атомами, могут составлять лишь малую долю темного вещества. Эксперименты показали, что масса нейтрино очень мала, и эти частицы слишком горячи, т. е. на ранних этапах формирования Вселенной двигались почти со скоростью света, а значит, из них не могли сложиться наблюдаемые космические структуры. Лучшее всего согласуется с данными астрономических наблюдений представление о холодном темном веществе, состоящем из еще не открытых тяжелых и медленных частиц.

Теория суперсимметрии предполагает существование нового семейства элементарных частиц – по суперпартнеру для каждой известной частицы. Гипотетические новые частицы должны быть тяжелее известных. Из них наиболее привлекательно нейтралино – сочетание суперпартнеров фотона (носителя электромагнитных сил), Z-бозона (носителя сил так называемого слабого взаимодействия) и других.

Считается, что нейтралино обладает большой массой и является самой легкой и устойчивой из суперсимметричных частиц. Она не может распадаться, так как продуктами распада могут быть только более легкие суперсимметричные, каких нет. Кроме того, нейтралино не имеет электрического

ОБЗОР: ПОИСКИ ТЕМНОГО ВЕЩЕСТВА

Большинство астрономов считает, что Вселенная заполнена темным веществом. Но подтвердить гипотезу и определить свойства гипотетического вещества не позволяет недостаточная точность наблюдений. Исследователи в области корпускулярной физики пытаются выйти из положения, строя детекторы для обнаружения потока темного вещества, пронизывающего Землю.

Частицы темного вещества

Столкновение с атомом

Радиоактивный распад

- Частицы темного вещества не склонны взаимодействовать с обычными атомами, однако такие контакты иногда происходят: частица темного вещества рикошетирует от атомного ядра, которое испытывает отдачу, и сталкивается с окружающими атомами, выделяя энергию в форме тепла или света.
- Трудно отличить выделение энергии от радиоактивного распада. Возможно, именно поэтому появились сообщения об обнаружении темного вещества.

СОСТАВ ВСЕЛЕННОЙ

Вещество	Типичные частицы	Типичная масса (энергия) частиц, эВ	Число частиц в обозримой Вселенной	Вероятный вклад в общую массу Вселенной, %	Свидетельства существования
Обычное («барионное») вещество	Протоны, электроны	$10^6 \dots 10^9$	10^{78}	5	Прямые наблюдения, оценка по распространенности элементов
Излучение	Фотоны микроволн. космич. фона	10^{-4}	10^{87}	0,005	Наблюдения с помощью радиотелескопов
Горячее темное вещество	Нейтрино	≤ 1	10^{87}	0,3	Измерения нейтрино, модели формирования галактик
Холодное темное вещество	Суперсимметричные частицы?	10^{11}	10^{77}	25	Оценка по динамике галактик
Темная энергия	«Скалярные» частицы?	10^{-30} (в предположении, что темная энергия включает в себя частицы)	10^{118}	70	Ускорение расширения Вселенной по данным наблюдений сверхновых

заряда, и поэтому электромагнитные силы (например, свет) на нее не действуют. Масса нейтрино, ее устойчивость и отсутствие заряда соответствуют требованиям к частицам холодного темного вещества.

Теория Большого взрыва позволяет оценить число нейтрино, возникших в горячей первичной плазме космоса, которая представляла собой хаотическую смесь всех видов частиц. Ни одна из них не могла просуществовать долго: она сталкивалась с еще одной, обе аннигилировали, но при этом порождали другие, которые продолжали процесс разрушения и созидания. По мере того как мир подвергался расширению и охлаждению, энергия столкновений падала, и частицы стали конденсироваться.

Нейтрино – частица, не склонная к столкновениям, и поэтому конденсация происходила на самых ранних этапах. Плотность Вселенной была большой, поэтому образовалось огромное

число этих частиц. Оценка на основе предполагаемой массы нейтрино и малой склонности к столкновениям дает для суммарной массы всех нейтрино во Вселенной значение, близкое к оценке общей массы темного вещества в ней. Что свидетельствует в пользу того, что оно и в самом деле является темным веществом.

Как обнаружить темную материю

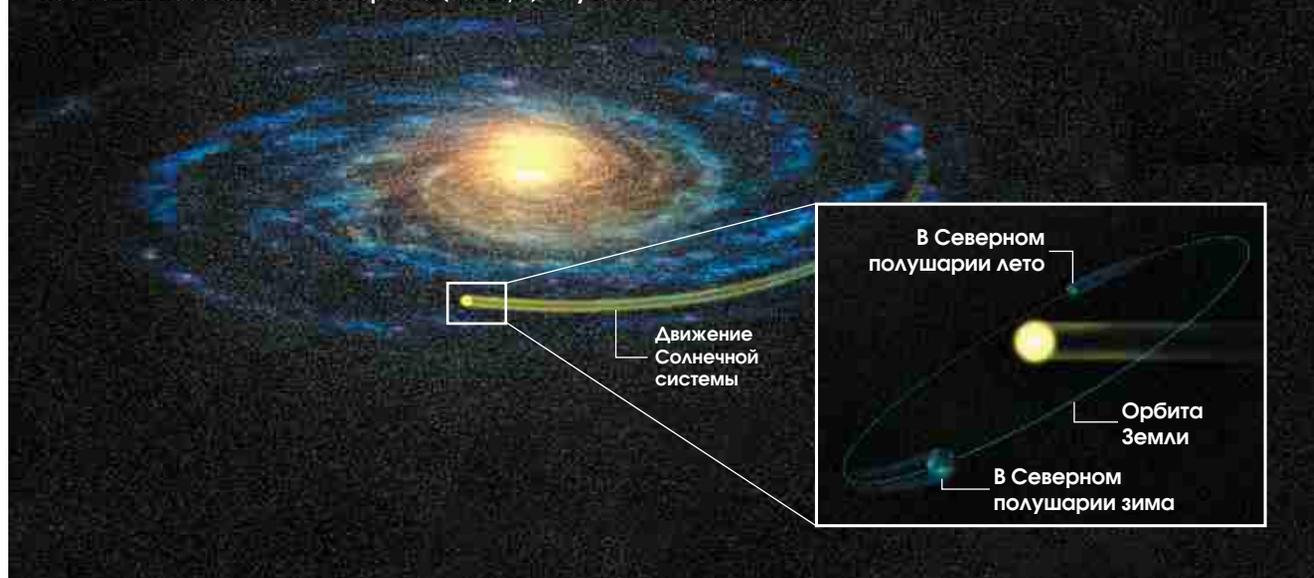
Ученым необходимо выяснить, как частица контактирует с обычным веществом. Астрономы полагают, что взаимодействие может быть только гравитационным, т.е. самым слабым из всех известных в природе. Если это так, то у физиков нет шансов обнаружить нейтрино. Однако возможно, что предположение астрономов – всего лишь удобная аппроксимация: нечто, позволяющее описывать космические структуры без учета конкретных свойств частиц.

Согласно теории суперсимметрии, во взаимодействиях нейтрино должны участвовать силы, более мощные, чем гравитационные: силы слабого взаимодействия. Подавляющее большинство нейтрино будет проходить сквозь слой вещества без всякого контакта, но изредка некоторые из них будут сталкиваться с атомными ядрами и передавать им небольшую часть своей энергии. Малая вероятность и слабость таких взаимодействий компенсируются огромным количеством частиц, ведь предполагается, что темное вещество преобладает в Галактике. Будучи темным, оно не может и собираться в субгалактические сгустки вроде звезд или планет, так как не способно терять энергию путем испускания излучения. Вещество заполняет межзвездное пространство, подобно газу, а наша Солнечная система обращается вокруг центра Галактики, «продираясь» сквозь газ со скоростью 220 км/с (см. рис. 1 стр. 32). По оценкам астрономов, через ▶

ТЕМНЫЙ ВЕТЕР

Как лицо мотоциклиста обдувает встречный ветер, так и Землю пронизывает поток темного вещества, в сущности это неподвижный газ, где частицы перемещаются хаотически, не имея общего направленного потока. Солнечная система движется со скоростью 220 км/с, а внутри нее Земля несется по своей орбите (30 км/с). С учетом

наклона земной орбиты сложение величин дает для скорости ветра относительно Земли значение 235 км/с, когда в Северном полушарии лето, и 205 км/с, когда в Северном полушарии зима. Эти вариации отличают темное вещество от фона, который не испытывает сезонных изменений.



квадратный метр площади каждую секунду пролетает миллиард частиц темного вещества.

Лешек Рошковски (Leszek Roszkowski) и его группа из Ланкастерского университета в Англии рассчитали интенсивность взаимодействия нейтрино с обычным веществом: она находится в пределах от 0,1 до 0,001 контакта в килограмме обычного вещества в сутки. Сегодняшние детекторы способны обнаружить интенсивности, близкие к верхней границе диапазона. Главная проблема сейчас не чувствительность детекторов, а радиоактивный фон вокруг нас. Все материалы на Земле, включая металлы, из которых делаются детекторы, содержат некоторое количество радиоактивных примесей (в частности, урана и тория), при распаде ядер которых возникают частицы, регистрируемые так же, как частицы темного вещества. Сигнал от земной радиоактивности обычно превышает

ожидаемый импульс от нейтрино в 10 раз. Если разместить детекторы над поверхностью Земли, космические лучи ухудшат ситуацию еще раз в 10. Чтобы обнаружить с достаточной достоверностью любую частицу темного вещества, уровень каждого из этих фоновых сигналов необходимо уменьшить в миллион раз.

Другие трудности

Перед физиками встали две задачи: обнаружить взаимодействие темного вещества с обычным и отделить мешающий фон.

Что касается первой задачи, то для регистрации отдачи ядер, с которыми столкнулись нейтрино, проще всего измерить нагрев, вызываемый передачей кинетической энергии. Для этого, материал детектора необходимо охладить до очень низкой температуры (до нескольких милликельвинов). На этом же принципе работает

так называемый криогенный детектор, предназначенный для регистрации отдельных фононов (звуковых квантов в твердом теле, вызванных локальным нагревом, которые для краткости ниже будут называться квантами тепла) в веществе.

Такие криогенные детекторы используются в двух программах криогенного поиска темного вещества – *CDMS* (*Cryogenic Dark Matter Search*) и *Edelweiss*. Они работают при температуре 25 мК и сконструированы так, чтобы детектировать отдельные фононы. Для регистрации повышения температуры в разных частях прибора в них применяются терморезисторы (термисторы). Отдельный детектор имеет массу в несколько сотен граммов. Для усиления сигнала можно составить группу, доведя суммарную массу датчиков до нескольких килограммов и более. Новейший детектор системы *CDMS*, установленный в шахте Соудона

в штате Миннесота, начал сбор данных в конце 2002 г.

Другой метод основан на использовании ионизации, создаваемой ядрами отдачи. Ядро выбивает некоторые электроны из окружающих атомов, образуя возбужденные ионы (эксимеры), которые со временем вновь захватывают электроны и превращаются в обычные атомы. В некоторых веществах, в основном в сжиженных инертных газах (в частности, в жидком ксеноне), процесс ионизации вызывает испускание света, называемое сцинтилляцией. На его основе работают эксимерные лазеры, применяемые в глазной хирургии. В жидком ксеноне сцинтилляции очень интенсивны и длятся около 10 нс. Фотоумножитель способен усилить сигнал сцинтилляции до обнаружимого уровня.

В начале 1990-х гг. группа Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе во главе с Ван Хан Гуо (Han Guo Wang) и автором настоящей статьи и группа Туринского университета в Италии во главе с Пью Пикки (Pio Picchi) разработали в рамках проекта *ZEPLIN* двухфазные детекторы на жидком ксеноне. В приборах мощность светового сигнала усиливается газом, пронизанным электрическим полем, ускоряющим электроны, выбитые из атомов ядрами отдачи, и превращает небольшую группу частиц в лавину. Возможно создание 10-тонного детектора на жидком ксеноне, достаточно чувствительного, чтобы обнаруживать нейтрино даже при очень малой интенсивности их потока.

В некоторых детекторах используется газообразный ксенон. Хотя его плотность меньше плотности жидкого

ксенона, газ легче выявляет следы, остающиеся ядрами отдачи, позволяющие судить о направлении частицы темного вещества, подтверждая, что отдача вызвана галактическим нейтрино. Такие детекторы разрабатываются для подземной лаборатории в Булби (Англия).

Ксенон обеспечивает низкий уровень фона и легко получается из атмосферы, но это не единственный материал, в котором возможны сцинтилляции. В эксперименте *DAMA*, проводимом в лаборатории Гран-Сассо вблизи Рима, в качестве сцинтиллятора используется иодид натрия (*NaI*). Детектор *DAMA* массой 100 кг – крупнейший в мире.

Говоря о разнице

Вторая важнейшая задача – устранение фона радиоактивных примесей и космических лучей – решается в три ▶

СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕМНОГО ВЕЩЕСТВА

Проект	Местоположение	Год начала	Тип основного детектора	Материал основного детектора	Масса основного детектора, кг	Тип дискриминационного детектора
<i>UKDMC</i>	Булби, Англия	1997	Сцинтилляционный	Йодид натрия	5	Нет
<i>DAMA</i>	Гран-Сассо, Италия	1998	Сцинтилляционный	Йодид натрия	100	Нет
<i>Rosebud</i>	Канфранк, Испания	1998	Криогенный	Оксид алюминия	0,02	Тепловой
<i>PICASSO</i>	Садбери, Канада	2000	Жидкие капли	Фреон	0,001	Нет
<i>SIMPLE</i>	Рюстрель, Франция	2001	Жидкие капли	Фреон	0,001	Нет
<i>DRIFT</i>	Булби, Англия	2001	Ионизационный	Дисульфид углерода, газ	0,16	По направлению
<i>Edelweiss</i>	Фрежю, Франция	2001	Криогенный	Германий	1,3	Ионизационный, тепловой
<i>ZEPLIN I</i>	Булби, Англия	2001	Сцинтилляционный	Жидкий ксенон	4	Временной
<i>CDMS II</i>	Соудон, шт. Миннесота, США	2003	Криогенный	Кремний, германий	7	Ионизационный, тепловой
<i>ZEPLIN II</i>	Булби, Англия	2003	Сцинтилляционный	Жидкий ксенон	30	Ионизационный, сцинтилляционный
<i>CRESST II</i>	Гран-Сассо, Италия	2004	Криогенный	Оксид кальция и вольфрама	10	Сцинтилляционный, тепловой

этапа. Прежде всего исследователи отсекают космические лучи, помещая детекторы глубоко под землей и окружая их специальными экранами. Далее они тщательно очищают материал детектора, чтобы свести к минимуму радиоактивные примеси. Наконец, они конструируют специальные приборы, которые выявляют характерные сигналы, отличающие темное вещество от других частиц.

Даже если первые два этапа осуществлены, этого недостаточно. Поэтому в новом поколении детекторов темного вещества используются различные способы защиты от нежелательных воздействий. Первая линия обороны – выявление годичных вариаций сигнала. Когда в Северном полушарии лето, поток темного вещества должен быть больше, чем тогда, когда там зима, ибо в первом случае

скорость движения Земли по орбите суммируется со скоростью движения Солнечной системы сквозь Галактику, а во втором – вычитается из нее (см. рис. на стр. 22). Величина годичных вариаций может достигать нескольких процентов.

В наиболее передовых проектах применяется дополнительный детектор. Два датчика реагируют на разные виды частиц по-разному. В частности,

ДВА ТИПА ДЕТЕКТОРОВ ТЕМНОГО ВЕЩЕСТВА

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР



Проект ZEPLIN II
(см. также внизу)

Принцип действия

Регистрация световых импульсов, возникающих при прохождении темных частиц через жидкий ксенон.

Преимущества

- Регистрация формы световых импульсов позволит отличать темные частицы от частиц обычного вещества.
- Определение свойств частиц.

КРИОГЕННЫЙ ДЕТЕКТОР



Проект CDMS II

Принцип действия

Регистрация малых тепловых импульсов, создаваемых темными частицами при прохождении через кристалл, охлажденный до очень низкой температуры.

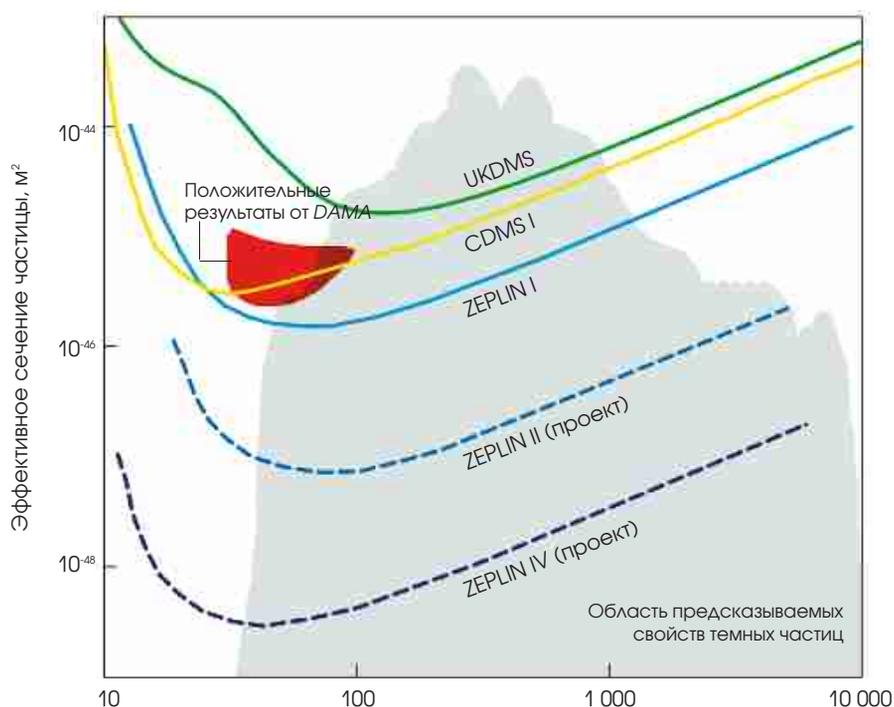
Преимущества

- Простота.
- Чувствительность к частицам малых энергий.
- Точное определение энергии частиц.



фоновые частицы создают более интенсивную ионизацию, чем ядра отдачи от соударений с нейтралом. Сочетая два детектора, это различие можно уловить.

Поиски сигналов от темного вещества с использованием одного или нескольких из рассмотренных методов начались в конце 1980-х гг. Пока они не дали результатов, поскольку лишь недавно удалось достигнуть необходимых уровней чувствительности и подавления фона. Сообщение участников *DAMA* о том, что обнаружены годовые вариации, вызвало недоверие. Дело в том, что в исследованиях не использовалась система из нескольких детекторов для выделения искомого сигнала из фона. Данные других опытов, где такая система применялась, ставят под сомнение результаты эксперимента *DAMA*. Исследования *Edelweiss*, *ZEPLIN I* и *CDMS I* не подтвердили данные *DAMA*. Команда *CDMS I* сообщает, что доверительный уровень в их эксперименте составлял 98%. Так что результаты *DAMA* приходится приписывать радиоактивным эффектам. Окончательный вывод о существовании или отсутствии потока нейтралом позволяют сделать детекторы следующего поколения. Если ничего не будет обнаружено, от теории суперсимметрии придется отказаться. Однако если удастся зафиксировать сигнал и его достоверность подтвердится, это станет одним из величайших открытий XXI в. Обнаружение 25% Вселенной (всего, кроме темной энергии) будет, несомненно, самым впечатляющим достижением. Если детекторы обнаружат частицы темного вещества, ускорители вроде большого адронного ускорителя ЦЕРНа близ Женевы, возможно, позволят создать их в лаборатории и проводить эксперименты в контролируемых условиях. Подтверждение теории суперсимметрии спровоцирует открытие новых частиц и подкрепит теорию струн, в которой суперсимметрия – неотъемлемая часть. Возможно, скоро будет раскрыта величайшая тайна астрофизики. ■



Теория предсказывает, что свойства частиц темного вещества должны лежать в некоторой области (показанной здесь серым фоном). На графике представлены два свойства: масса частиц и их эффективное сечение, характеризующее вероятность взаимодействия с частицами обычного вещества. Детекторы уже прозондировали значительную часть прогнозируемой области (цветные кривые характеризуют предельную чувствительность детекторов). Большинство из них ничего не обнаружило, но детектор проекта *DAMA* показал намек на обнаружение темного вещества в узкой области свойств (красная область). Будущие детекторы должны прозондировать большую часть области предполагаемых свойств темных частиц, чтобы либо подтвердить существование темного вещества, либо исключить его.

ОБ АВТОРЕ:

Дэвид Клайн (David C. Cline) – профессор физики Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. Его исследования касаются наиболее важных разделов корпускулярной физики: нейтрино высоких энергий, распада протонов и открытых в 1983 г. *W*- и *Z*-бозонов, носителей сил слабого взаимодействия. Сейчас он занимается исследованиями темного вещества и участвует в работах на детекторе *CMS* ЦЕРНа рядом с Женевой.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Through a Universe Darkly: A Cosmic Tale of Ancient Ethers, Dark Matter, and the Fate of the Universe. Marcia Bartusiak. HarperCollins, 1993.
 Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape the Universe/ Martin J. Rees. Basic books, 2001.
 Sources and Detection of Dark Matter and Dark Energy in the Universe. Edited by David B. Cline. Springer Verlag, 2001.

JOHNNY JOHNSON; SOURCE: RICK GAMISKELL AND VUK MITRINIC; University of California, Berkeley (cendrana.bekeleyedu/p/olite/tenityform.html)

ТЕМНАЯ Материя

Михаил Сажин



Примерно 30% массы Вселенной состоит из темной материи, которая называется темной, поскольку практически не излучает фотоны ни в каком диапазоне электромагнитного спектра. О существовании такого вида вещества астрономы подозревали еще в середине прошлого века, когда начали изучать вращение нашей и других галактик. Позже существование темной материи было обнаружено в скоплениях галактик, о чем свидетельствовали скорости отдельных галактик и температура горячего газа в скоплениях.

Наша Галактика представляет собой гигантскую звездную систему, состоящую из 150 млрд. звезд, а также межзвездного газа и пыли. Распределение звезд в ней можно сравнить с гигантским диском для метания, размер которого составляет примерно 100 тыс. световых лет, а толщина превышает 10 тыс. световых лет.

Звезды нашей Галактики вращаются вокруг ее центра, так же, как планеты Солнечной системы вокруг Солнца. Анализируя их движение, можно определять распределение гравитационного поля, точнее, гравитационного потенциала. Согласно теории гравитации Ньютона, поле создается массами (звездами), поэтому казалось, что распределение гравитационного потенциала должно следовать распределению звезд. Изучение движения звезд показало, что это не так. Следовательно, можно сделать два противоположных вывода. Первый – теория гравитации Ньютона, созданная на основе наблюдений движения тел в нашей Солнечной системе, не справедлива при переходе на системы больших размеров и масс, таких как галактики.

Второй вывод: не вся масса сосредоточена в звездах, а существует другой тип массы, который также является материалом, из которого построена наша Галактика, но он не проявляется при наблюдениях. Эта масса получила название темной материи.

Оба вывода многократно обсуждались учеными и имели своих сторонников и противников. Однако подавляющее большинство астрономов

склоняется к выводу о существовании темной материи, считая законы Ньютона справедливыми и в галактических масштабах. Связано это в основном с большим наблюдательным материалом по содержанию невидимой материи в галактиках, собранным к современному моменту времени. Существуют как галактики, в которых невидимой материи почти нет, так и с большим содержанием темного вещества. Если закон Ньютона надо было бы модифицировать для галактических масштабов, все галактики показали бы наличие одинаковых отклонений от закона всемирного тяготения.

Кроме того, невидимое вещество обнаружено в скоплениях галактик, где также можно изучать распределение гравитационного потенциала. Конечно, астрономы не могут проследить движение отдельных галактик в скоплениях, но они могут вычислить скорости этих галактик по эффекту Доплера и тем самым измерить распределение гравитационного потенциала. Такие измерения тоже показывают, что тяготеющей массы в скоплениях значительно больше видимой.

В скоплениях галактик существует газ, который находится в равновесии, поэтому он является горячим газом. Его температура позволяет измерять гравитационный потенциал скопления. Эти данные согласуются с измерениями вириальных скоростей галактик и показывают наличие темной массы. Наблюдения внегалактических гравитационных линз, а также микролинзирования в гало нашей Галактики также доказывают существование невидимой материи.

Наиболее точное измерение количества невидимой материи во Вселенной дают измерения анизотропии реликтового излучения.

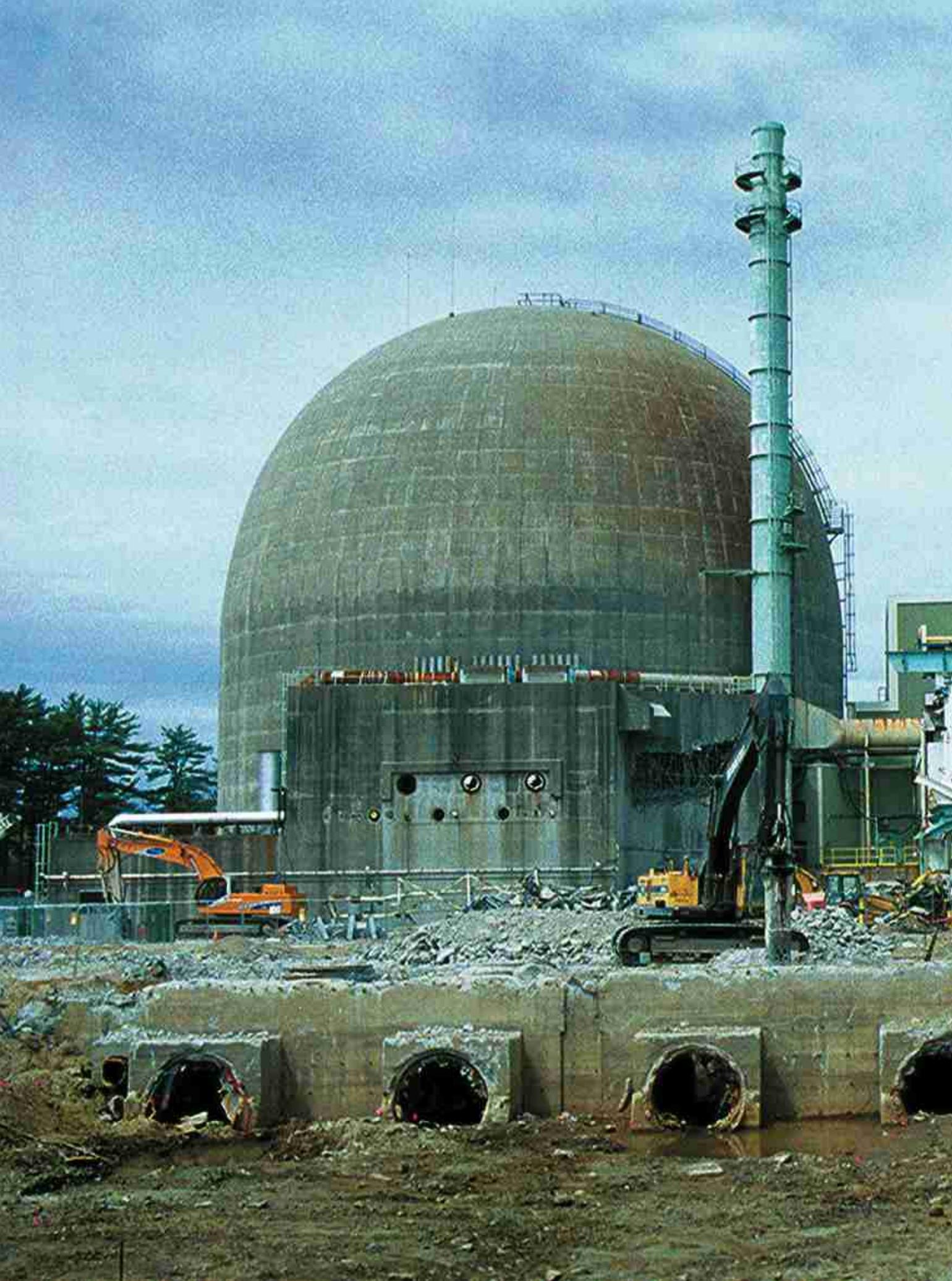
Они были проведены в течение последнего года на спутнике *WMAP*, который составил радиокарту всего неба на нескольких длинах волн от 1,4 см до 3 мм. Измерение анизотропии реликтового излучения позволило понять физику ранней Вселенной и измерить ее глобальные параметры. Одной из таких характеристик является плотность невидимой материи. Если плотность всего вещества нашей Вселенной принять за 1, то плотность невидимой холодной темной материи составит примерно 30%.

Природа невидимой материи до сих пор остается загадкой. Ясно одно – материя состоит из частиц, которые чрезвычайно слабо взаимодействуют с обычным веществом. На роль кандидатов в темную материю выступали нейтрино, затем аксионы, а также другие элементарные частицы. Автор статьи Д. Клайн немного неточно описывает историю обсуждения возможностей детектирования невидимой материи. Споры велись задолго до 1994 г. Новый этап начался в начале 90-х гг., когда российский физик А. В. Гуревич предложил (и обосновал) частицу нейтрально на роль кандидата в темную материю.

С астрономической точки зрения нейтрально удовлетворяет всем требованиям (исследование темной материи с позиции физики и поиск этих частиц описываются в статье Д. Клайна). ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. – М.: Изд-во МГУ, 1988.
2. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988.
3. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. – М.: УРСС, 2002.
4. Сажин М.В. Открытие микролинзирования в гало нашей Галактики. Природа. – М.: Наука, 1994. Стр. 17.
5. Сажин М.В., Сурдин В.Г. Астрономические инструменты, созданные природой. Земля и Вселенная. – М.: Наука, 1983. Стр. 22.



реакторы

ПОД СНОС

Мэтью Вальд



Защитный купол реактора станции «Мэн Янки» возвышается над развалинами турбинного зала, где энергия пара превращалась в электричество. По четырем огромным трубам (в самом низу) соленая вода из залива подавалась к конденсатору, в котором пар снова превращался в воду. На внешней стороне купола видны три трубы, соединявшие парогенераторы с турбинами, и три трубы, направлявшие воду для повторного испарения. Через вытяжную трубу выбрасывались радиоактивные газы.

Уважаемый редактор!

Может, лучше про реактор?

В.С.Высоцкий

В опрятном офисе мэрии Уискассета, штат Мэн, Джуди Фосс (Judy Foss) расписывает достоинства промышленной зоны площадью 330 га, к реконструкции которой, по ее мнению, вскоре можно будет приступить. Территория расположена всего в 1,6 км от городского аэропорта, и к ней ведут автомобильные, железнодорожные и водные пути, а также высоковольтные линии электропередачи. Местная администрация стабильна, а население доброжелательно.

Есть лишь одна загвоздка: зона радиоактивна, и на отдельных ее участках радиация сохранится до 2023 года, а возможно, и дольше.

Здесь, в 65 км от Портленда, была расположена «Мэн Янки», одна из первых крупных атомных электростанций и одна из первых, подлежащих закрытию. В эпоху интенсивного строительства таких АЭС о выводе их из эксплуатации не очень-то задумывались.

Фосс было поручено найти замену для «Мэн Янки», которая, как и почти все ее аналоги, была в свое время краеугольным камнем местной экономики. В период работы станции с 1972 по 1996 гг. с ней была связана большая часть высокооплачиваемых рабочих мест, и от нее поступало 90% местных

налогов на прибыль с недвижимого имущества. Более того, поскольку демонтаж такой АЭС, как «Мэн Янки», осуществляется впервые, он окажет большое влияние на возрождение ядерной индустрии. Для этой цели не нужно разрабатывать новые технологии, но у общественности и у политиков возникают серьезные вопросы по поводу объемов работ и экологических норм. (Некоторые страны больше зависят от атомной энергетики, но в США эта отрасль старше, и проблема вывода станций из эксплуатации более насущна.)

В США из 125 промышленных ядерных реакторов сейчас действуют 103. Намерение ряда компаний построить несколько новых АЭС привлекло общенациональное внимание. Для возрождения атомной энергетики (начиная с 1973 г. не было выполнено ни одного заказа на постройку реактора) прежде всего нужно доказать, что земля, на которой располагались электростанции, – это не безжизненная территория, принесенная в жертву промышленности, а вполне пригодная для разнообразного использования площадь.

Дезактивация в действии

Нужно иметь в виду, что вывод АЭС из эксплуатации означает не нейтрализацию, а перемещение радиоактивных материалов из одного места в другое. В случае с «Мэн Янки» это 106 тыс.

тонн лома, в том числе 68 тыс. тонн бетона. Более половины отходов (около 60 тыс. тонн) радиоактивны. Новые станции в полтора раза мощнее, и после их сноса останется существенно больше мусора.

В принципе, можно резко сократить объем отходов, подлежащих вывозу. Изначально владельцы «Мэн Янки» хотели раскрошить бетон, ссыпать его под фундамент, залить цементом и создать монолит. Однако местное законодательство запрещает такой способ захоронения ядерных отходов без проведения в штате референдума. Комиссия ядерного надзора (NRC) считает разумным захоронение на месте, однако пока ни одно предприятие этим не воспользовалось. Так что станция будет буквально переезжать отсюда со скоростью одного железнодорожного эшелона в неделю. К югу от города гигантские машины сокрушили «неядерные» строения и погрузили бетон и металл в вагоны, которые отправились к могильникам в Южной Каролине и Юте, а также на строительную свалку в Ниагаре, штат Нью-Йорк.

Сейчас станция напоминает несчастную лягушку, которую препарировали в школьной лаборатории. Массивный защитный купол реактора расположен рядом с развалинами турбинного зала, где нагретый теплом ядерной реакции пар вращал ротор генератора. Совсем не сложно проследить путь, по которому двигался теплоноситель. Из защитного купола выступают три трубы, каждая размером с трубу магистрального водопровода. По ним пар с температурой 260°C под давлением 70 атм. подавался к турбинам. Снизу видны три другие трубы большего диаметра, по которым вода поступала обратно для разогрева. За ее радиоактивностью, температурой и напором велся неусыпный контроль. Теперь гигантские вены ожидают погрузки.

Сложнее разобрать купол – типичное укрытие для большого ядерного реактора, под которым вполне мог бы разместиться школьный стадион. Толщина бетонных стен с концентрической

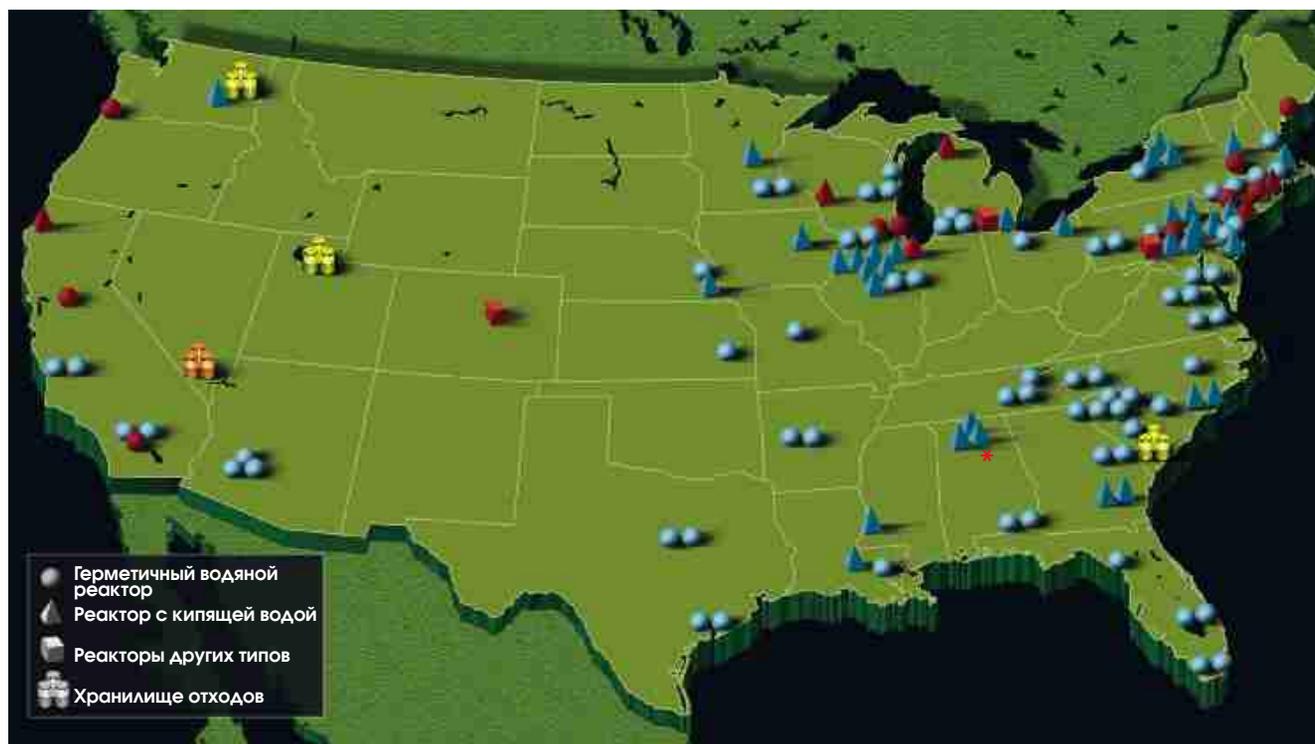
ОБЗОР: ДЕМОНТАЖ СТАНЦИИ

- В США работают 103 коммерческие атомные электростанции. Почти каждая из них – краеугольный камень местной экономики. Сейчас владельцы АЭС прорабатывают план своевременного вывода их из эксплуатации. Об этом не особенно задумывались в период строительства.
- Если территорию снесенных АЭС не удастся превратить в экологически чистое пространство, то на атомной энергетике будет поставлен крест. Общественность не допустит строительства новых станций, пока не будет решена проблема закрывающихся.
- «Мэн Янки» – первая крупная коммерческая АЭС, где предстоит решить комплекс сложных технических, экологических и экономических задач, связанных с выводом станции из эксплуатации. Многих волнует вопрос: насколько чиста земля, которую экологи признают чистой?

АТОМНАЯ ГЕОГРАФИЯ

Большие коммерческие реакторы (синие) расположены в основном на севере и востоке США. Остановленные станции (красные) вместе с низкоактивными отходами со временем будут отправлены на свалки в Барнуэлле, штат Южная Каролина, или в Клайве, штат Юта. Для тех же целей

подойдет и федеральный ядерный могильник в Хенфорде, штат Вашингтон. Даже если план постройки хранилища высокоактивных отходов под горой Юкка будет утвержден, оно будет введено в эксплуатацию не раньше 2010 г.



Лицензия на реактор «Браунс-Ферри-1» (Browns Ferry 1) еще действительна, но он уже остановлен.

арматурой составляет 1,2 м у основания и уменьшается до 60 см ближе к вершине. Весит сооружение 28 тыс. тонн.

С помощью алмазных пил в куполе были проделаны большие отверстия, через которые было вынута все оборудование. Проще всего оказалось извлечь главные компоненты: три парогенератора и корпус реактора – гигантский котел из углеродистой стали, выложенный изнутри нержавеющей сталью. С помощью дистанционно управляемых водяных пушек (гидромониторов) и других режущих инструментов был вынут металлический каркас, поддерживающий активную зону реактора и направляющий теплоноситель по извилистому пути.

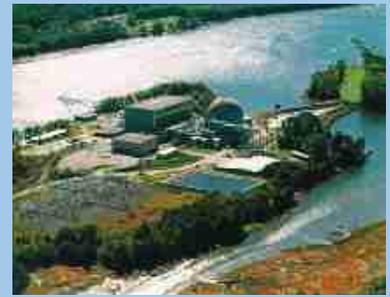
Активную зону зацементировали, чтобы она не развалилась за сотни лет хранения. Корпус подготовили к доставке водным путем на могильник для низко радиоактивных отходов в Барнуэлле, штат Южная Каролина. Менее опасные материалы будут захоронены в 150 км от Солт-Лейк-Сити. Внутренности реактора со временем попадут туда же, куда и топливо (урановые таблетки в капсулах толщиной с карандаш). Предполагается, что их последним пристанищем станет гора Юкка в Неваде, где министерство энергетики надеется построить крупное хранилище ядерных отходов. А пока материалы будут храниться в четырех гигантских контейнерах из стали и бетона высотой 5,5 м рядом с 60 другими

такими же саркофагами с отработанным топливом. Железобетонные коконы размещены на площади в 2,4 га и образуют сооружение для хранения отработанного топлива (*ISFSI*). Территория окружена земляным бруствером, огорожена высоковольтной изгородью и оборудована камерами видеонаблюдения. Даже если министерство энергетики утвердит план сооружения могильника в недрах горы Юкка, хранилище в «Мэн Янки» просуществует не менее 20 лет.

В ближайшие несколько сотен лет нарушить герметичность таких контейнеров сможет, пожалуй, только подъем уровня моря или террористический акт. Тем не менее *NRC* отказывается сертифицировать их на бесконечный срок ▶

СТАНЦИЯ В РАЗРЕЗЕ

После сноса «Мэн Янки» около 106 тыс. тонн отходов (в том числе 60 тыс. тонн радиоактивных материалов) будут распределены по трем свалкам в зависимости от степени радиоактивного загрязнения. (На рисунке изображена упрощенная конструкция станции.)

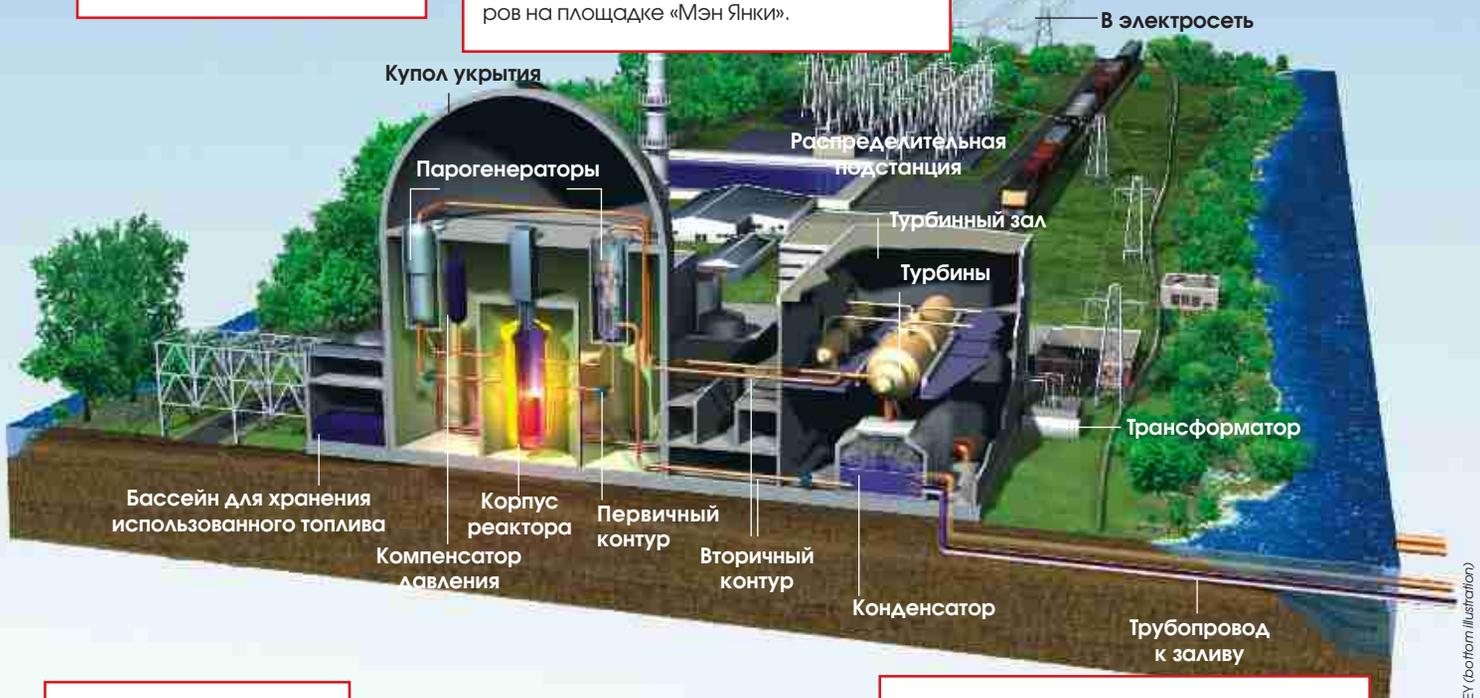


«Мэн Янки» до ее закрытия в 1996 г.

В защитном куполе вырезано отверстие, через которое был извлечен реактор. Компенсатор давления и парогенераторы в собранном виде отправились на свалку в Барнуэлл, штат Южная Каролина.

Стержни с отработанным топливом были помещены в сухие контейнеры для временного хранения, которое может продлиться несколько десятилетий, пока не откроется центральное хранилище. Металлическая решетка, поддерживавшая активную зону и систему циркуляции воды внутри реактора, займет 4 из 64 контейнеров на площадке «Мэн Янки».

Радиоактивный слой бетона на внутренней стороне пришлось сколоть.

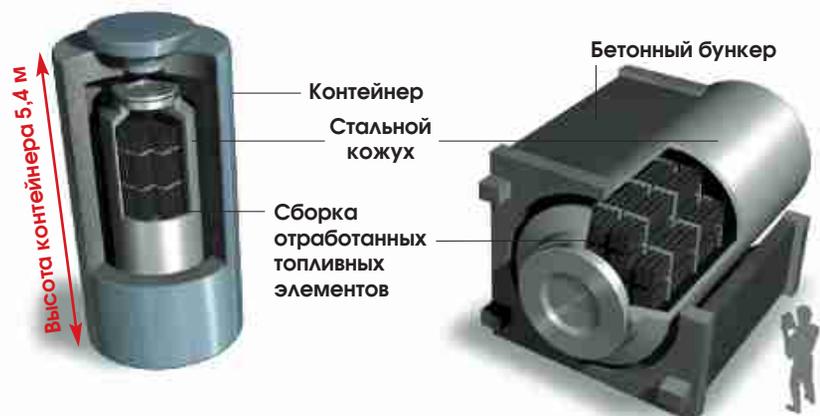


После удаления реактора его корпус залили цементом и подготовили к отправке в Барнуэлл.

Первичные контуры подверглись химической очистке от радиоактивных отложений.

Низкоактивные отходы отправляются в Клайв, штат Юта, а нерадиоактивные материалы – на свалку строительного мусора в штате Нью-Йорк.

Пока нет центрального могильника высоко радиоактивных материалов, на коммерческих АЭС строят сооружения для независимого хранения отработанного топлива. На некоторых станциях контейнеры из бетона и стали размещаются горизонтально (см. рис.). В «Мэн Янки» они установлены вертикально за земляными брусками.



хранения. Возможно, все дело в новых правилах безопасности, которые были введены в сентябре 2002 г. и до сих пор держатся в секрете.

Чистота – залог здоровья

Разумеется, больше всего хлопот доставляет топливо. В герметичных реакторах, таких как на «Мэн Янки», имеется многоуровневая система предотвращения утечки радиоактивных материалов. Но несмотря на меры

В герметичных реакторах вода, омывающая топливные элементы, протекает через громадные теплообменники (так называемые парогенераторы) по тонкостенным трубкам, нагревая чистую воду наружного контура и превращая ее в пар, который подается в турбины. В «Мэн Янки» теплообменные трубки тоже давали течь, и загрязненная вода иногда попадала в стоки.

Для удаления продуктов деления система трубок промывалась специальными

его радиоактивность уменьшается в два раза за счет превращения в стабильный никель-60. В принципе, можно подождать 21 год, и останется лишь 1/16 первоначальной активности кобальта-60.

Однако затягивать демонтаж АЭС экономически невыгодно. Есть и другая причина, характерная для атомной промышленности: владельцы предприятий опасаются изменения правил. В свое время ужесточение технических и экологических норм приводило

Несмотря на все меры предосторожности, рано или поздно может произойти утечка радиоактивных веществ.

предосторожности, рано или поздно загрязнение выявляется в самых неожиданных местах. Например, в «Мэн Янки» кобальт-60 был обнаружен на бейсбольной площадке. Скорее всего, он был занесен сюда вместе со снегом, убранным с территории станции.

Основным источником радиоактивности являются продукты деления урана, излучение которого настолько слабое, что с топливными элементами можно обращаться, защищаясь лишь матерчатыми перчатками. Но в реакторе происходит деление ядер урана на множество сильно радиоактивных изотопов, которые претерпевают целый ряд превращений, прежде чем достичь равновесного состояния. При этом выделяется энергия в виде гамма-излучения, альфа- и бета-частиц. Топливные капсулы (металлические трубки, заполненные керамическими урановыми таблетками) погружаются в обычную воду. Во время работы таблетки рассыпаются, в трубках образуются течи, продукты распада попадают в охлаждающую воду и осаждаются на внутренних стенках реактора и на капсулах.

составами, что снижало радиоактивность в пять раз. С бетонных поверхностей скалывали слой толщиной порядка 1 см, при этом запыленный воздух отсасывался и проходил через эффективную систему очистки от пыли.

Даже когда трубки не протекают и в воду не попадают продукты деления, источник загрязнения все равно существует. Атомы материалов конструкции поглощают испускаемые при делении нейтроны и становятся радиоактивными. Продукты активации были обнаружены в бетоне на глубине до 60 см. За годы работы внутренние части реактора настолько трансформируются под действием нейтронов, что их приходится классифицировать как высоко активные отходы.

По данным NRC, преобладающим продуктом активации и главным источником радиоактивности (если не считать распавшегося ядерного топлива) является кобальт-60. Он образуется при взаимодействии нейтронов с кобальтом-59 или с никелем, которые входят в состав многих сплавов. К счастью, период полураспада кобальта-60 равен 5,27 года. За это время

к задержкам в строительстве электростанций. Аналогичная ситуация может повториться и на этапе их закрытия. К тому же, если хотя бы одно из трех существующих в США хранилищ низкоактивных отходов закроется, цена захоронения, которая сейчас составляет \$21 тыс. за кубометр, резко возрастет.

Высшая проба

Действительно, уже после закрытия «Мэн Янки» требования NRC стали строже. Сейчас допустимой считается доза не более 25 мбэр в год сверх естественного фона для данной местности в расчете на одного человека. Согласно стандартам Агентства по охране окружающей среды (EPA), химическая загрязненность промышленных площадей не должна приводить к увеличению риска раковых заболеваний более чем на одну миллионную. Этому требованию соответствует величина не более 15 мбэр в год, причем вклад за счет грунтовых вод не должен превышать 4 мбэр.

Бэр не совсем обычная единица измерения: она определяет не интенсивность радиации, а ее биологический



В решетке с 24 отверстиями крепятся сборки радиоактивного топлива длиной 3,6 м (вверху). Получившаяся обойма топливных элементов помещается в стальной кожух со стенками толщиной 6,3 см, а затем в бетонный контейнер высотой 5,7 м и со стенками толщиной 72 см (справа).

эффект. На самом деле бэр – это производная рентгена, являющегося мерой ионизации, вызываемой гамма-излучением. Но три основных типа радиации – альфа, бета и гамма – различаются по силе биологического воздействия, для характеристики которого и был введен бэр (аббревиатура «биологического эквивалента Рентгена»).

NRC утверждает, что стандарты, принятые на федеральном уровне, достаточны для обеспечения безопасности. Но в 2000 г. власти штата Мэн снизили допустимый уровень до 10 мбэр, и вскоре их примеру последовали правительства штатов Массачусетс,

Нью-Йорк и Нью-Джерси. Впрочем, в последних двух штатах нет реакторов, подлежащих остановке. Величина допустимого уровня играет ключевую роль, так как очистка тем труднее, чем строже правила. По мнению многих специалистов, стандарты, установленные в штате Мэн, выходят за пределы разумного с точки зрения безопасности и охраны здоровья. По мнению Джеймса Вернера (James D. Werner), возглавлявшего министерство энергетики в администрации Билла Клинтона, отношение к проблеме скорее эмоциональное, чем рациональное. «Туго бы нам пришлось, если бы люди так же относились к газопроводам

и электрическим кабелям», – говорит он. Не совсем научно обоснованное мнение, согласующееся с настроениями в обществе, высказывает Джон О'Коннел (John W. O'Connel), исполняющий обязанности мэра Уискассета: «Я считаю, что единственно приемлемый уровень – это ноль».

Вообще, 25 мбэр и 10 мбэр – по сути почти одно и то же. Более того, не совсем ясно, что означают эти цифры. Мысль о влиянии такой дозы на здоровье человека основана на очень важном, но не доказанном предположении, что для радиации, в отличие от многих химических факторов, нет пороговой дозы, ниже которой она безвредна.

Для выработки правил безопасности используют математическое моделирование, в основе которого лежит предположение, что коллективная доза в 10 тыс. человеко-бэр (независимо от способа ее получения) служит причиной от одной до восьми смертей от рака. Но 10 тыс. человеко-бэр может означать облучение 10 тыс. человек дозой в 1 бэр для каждого, или 100 тыс. по 0,1 бэр, или 1 млн. человек по 0,01 бэр. Индивидуальная доза – совсем другое дело. В отсутствие лечения индивидуальная доза в 350 бэр убьет половину людей, получивших ее. В то же время коллективная доза означает латентную угрозу смерти от рака. При этом биофизики утверждают, что не наблюдается никаких эффектов при дозе ниже 10 бэр. Такие явные симптомы, как тошнота и выпадение волос, проявляются при дозах в несколько десятков бэр.

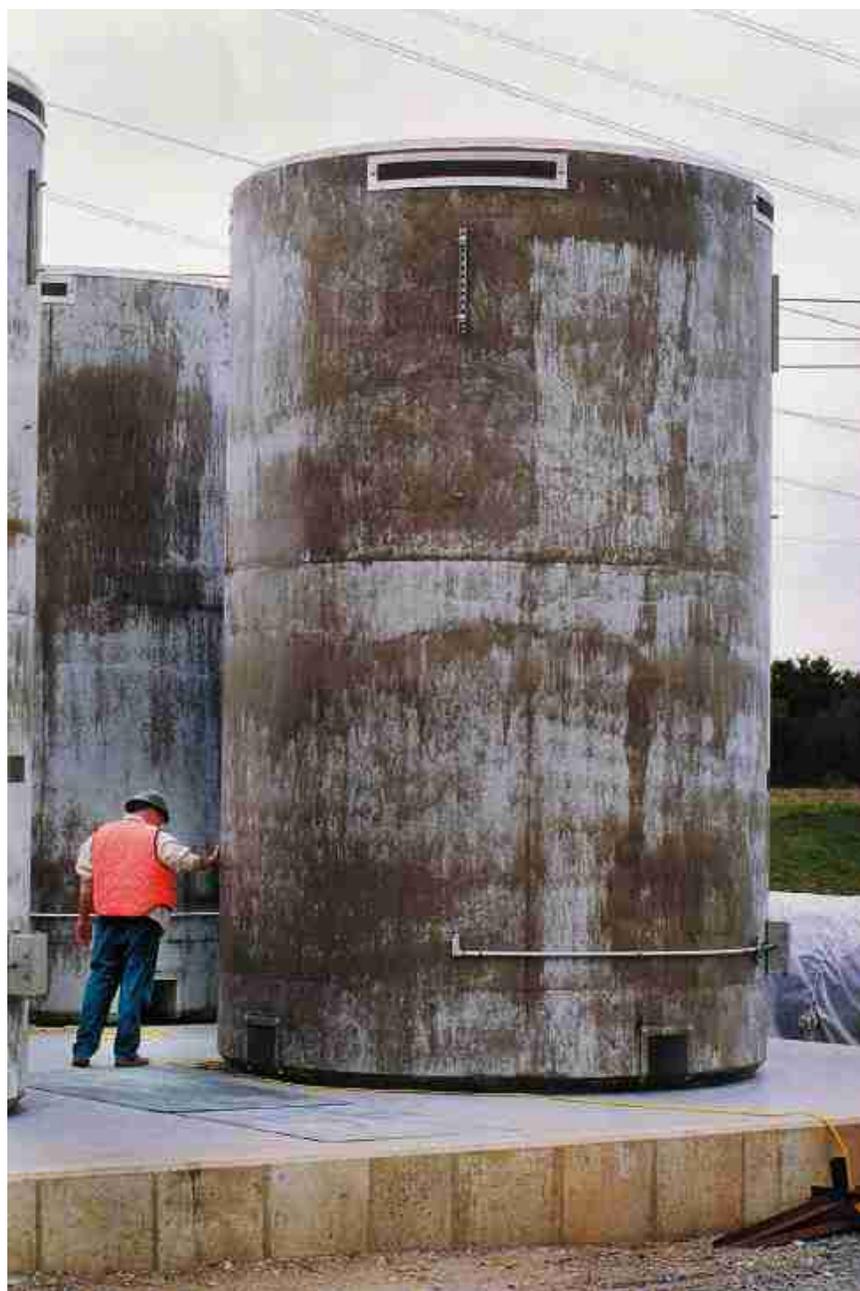
Имеются и другие соображения. Например, по оценке федерального правительства, средняя годовая доза, получаемая американцем от всех источников излучения, включая космические лучи, радон и рентгеновские облучения, составляет около 360 мбэр. Это означает, что 25 мбэр за счет выведенного из работы реактора образует примерно одну месячную дозу за год. Житель Уискассета, находящегося на уровне моря, получит примерно такую же дополнительную дозу, переехав в Денвер, который расположен на высоте около 1 600 м над уровнем моря и поэтому меньше защищен атмосферой от космического излучения. (Различия в естественном фоне излучения являются одной из причин того, что предельная доза определяется как дополнительная доза за счет человеческой деятельности, а не как полная доза. Иначе проживание в Денвере было бы незаконным.) По оценкам Лос-Аламосской национальной лаборатории, космическое излучение на уровне моря определяет дозу от 25 до 30 мбэр в год, а на высоте 2 700 м – 90 мбэр.

В отличие от дозы в 25 мбэр на месте выведенного из строя реактора, для

населения, живущего поблизости от работающей станции, установлена максимальная доза в 100 мбэр, хотя реально она значительно ниже. Для работников станции установлен предел – 5 бэр в год, при этом операторы стараются не превысить 2 бэр, и большинство сотрудников получают еще меньше.

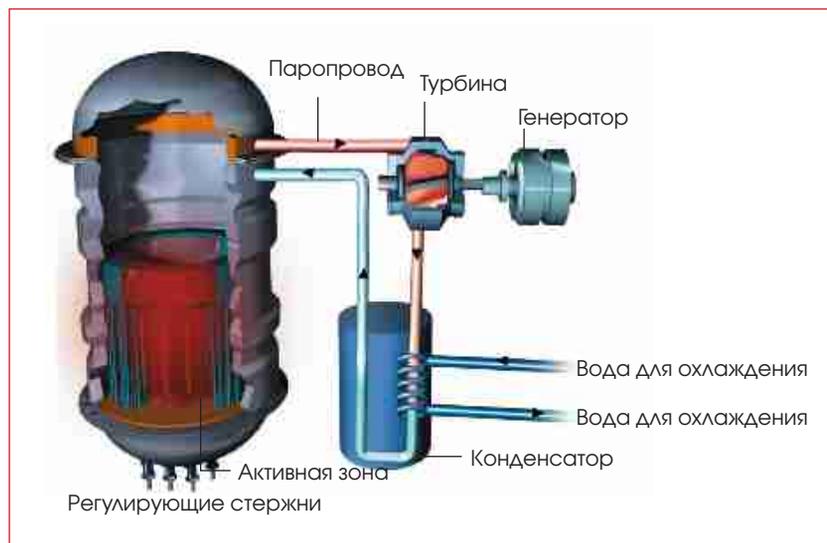
Хотя цифра 25 мбэр выглядит небольшой, обычному человеку получить ее

трудно. В *NRC* считают, что с наибольшей вероятностью такую дозу может получить фермер, который поливает свой участок из скважины, пробуренной в самом загрязненном месте. Но Фосс как консультант по реконструкции и слышать не хочет о фермерах: слишком уж невыгодно развивать сельское хозяйство на территории, идеально подходящей для размещения промышленных предприятий. ▶

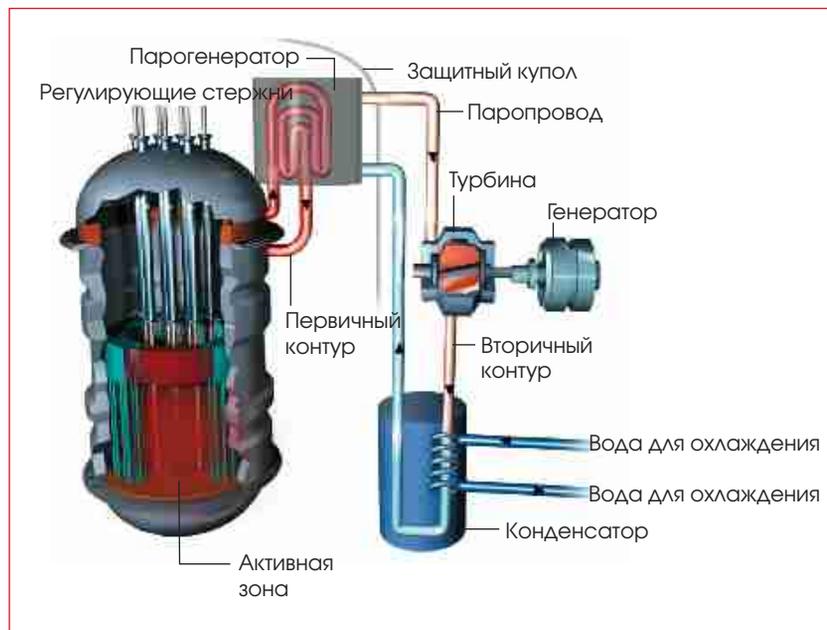


КИПЯЩИЙ ИЛИ ГЕРМЕТИЧНЫЙ

На территории США действуют 69 герметичных водяных реакторов и 34 реактора с кипящей водой.



В реакторе с кипящей водой пар направляется в турбину непосредственно из реактора и поэтому немного радиоактивен. При такой конструкции топливо используется эффективнее, и раньше предпочтение отдавалось именно ей.



В герметичном реакторе нагретая в активной зоне вода циркулирует через теплообменник (парогенератор) по тысячам тонкостенных трубок. Их омывает чистая нерадиоактивная вода, которая превращается в пар, вращающий турбину. При этом загрязненная жидкость остается в здании реактора и не попадает в турбинный зал (по крайней мере, пока в парогенераторе не образуется утечка).

В штате Мэн действительно не многие ведут натуральное хозяйство. Человек, работавший на станции по 8 часов 250 дней в году, потреблявший в основном привозные продукты и пивший местную воду, за год получал меньше дополнительной радиации, чем пассажир трансполярного авиарейса. Тем не менее главный принцип таков: высвобождаемая земля должна быть пригодна для любого использования. А поскольку требования очень строги, снос атомных станций превращается в сложную техническую задачу. Радиация обычно измеряется как мощность излучения. Чтобы определить годовую дозу в миллибэрах, т.е. в тысячных долях бэра, нужно измерять часовую дозу в миллионных долях бэра.

К тому же каждый изотоп характеризуется своим временем жизни, т.е. периодом полураспада. Например, самый распространенный к моменту остановки станции кобальт-60 имеет период полураспада около 5 лет. Позже основной вклад в радиационный фон будет вносить цезий-137 с временем жизни 30,2 года. В конце концов остаточная радиоактивность будет определяться изотопами с периодами полураспада в тысячи лет.

Платеж по счетам

Менеджеры упорно отказываются говорить о затратах, которые повлечет ужесточение правил в штате Мэн, как будто сама мысль об этом причиняет им неудобство. По оценкам Управления общей бухгалтерской отчетности (GAO), для «Мэн Янки» это лишние \$25–30 млн. В январе 2002 г. владельцы станции определили полную стоимость вывода ее из эксплуатации в \$635 млн. Из этой суммы \$81,5 млн. пойдет на захоронение отходов с низкой активностью; еще \$26,8 млн. составят затраты на погрузку и транспортировку. Это громадная сумма по сравнению с \$231 млн., затраченным на строительство станции в 60–70-х гг.

Специалисты Института развития электроэнергетики считают, что снос станции, проработавшей 40 лет,

обойдется в \$0,002 на киловатт-час произведенной за это время энергии. Сейчас потребители платят от \$0,08 до \$0,09 за киловатт-час, и с их точки зрения, надбавка невелика. Однако для компании, решающей, какую станцию строить, такая цифра представляется немалой.

Вопрос о стоимости демонтажа АЭС не всегда стоял так остро. Единственной рассматриваемой проблемой были отношения между поколениями: будут ли средства, необходимые для остановки станции, накоплены потребителями ее услуг или рассчитываться придется тем, кто родится уже после того, как ресурс реакторов будет выработан.

В последнее время владельцы действующих станций часто сменяются, но кто-то из них окажется последним. В декабре 2001 г. в докладе GAO с сожалением было отмечено, что NRC не уделяет должного внимания финансовой квалификации компаний, приобретающих АЭС. Но в случае с «Мэн Янки» проблема не в деньгах, так как Федеральная комиссия по регулированию энергетики разрешила владельцам выставлять счета бывшим потребителям.

К сожалению, судьба многих стареющих реакторов пока не известна, поскольку весьма сложно определить, когда их придется остановить. Первоначально атомным станциям выдавалась лицензия на 40 лет с момента получения разрешения на постройку. Но во многих случаях строительство затягивалось, и NRC согласилась начинать отсчет с момента ввода станции в эксплуатацию. Впоследствии было предложено продлить лицензии еще на 20 лет. Руководители большинства ныне действующих АЭС, вероятно, примут это предложение.

Тем не менее экономический статус старых реакторов остается неопределенным. Они напоминают старые автомобили, в которых еще можно менять масло, но уже нет смысла обновлять трансмиссию. «Мэн Янки» ушла на покой из-за возникновения проблем с парогенераторами. У ее сестры, «Янки Роу» в Массачусетсе, обнаружилось

повышение хрупкости корпуса реактора, вызванное многолетним нейтронным облучением. Нависла угроза термического шока: конструкция может треснуть, если аварийная система охлаждения активной зоны закачает туда холодную воду. Степень охрупчивания так и осталась неизвестной: владельцы решили, что ее выяснение им не по карману.

По-прежнему вопрос о том, до какой степени следует демонтировать электростанции в процессе вывода их из эксплуатации, остается открытым. Совсем не обязательно доводить освобожденную территорию до состояния девственной чистоты. Например, когда компания *Northern States Power* закрыла реактор *Pathfinder* на одной из самых старых АЭС в Сиу-Фоллз, штат Южная Дакота, турбину стал вращать обычный паровой котел, для нагрева которого сначала использовали уголь, а затем природный газ. *Public Service Company* так же поступила со станцией «Форт-Сейнт-Врейн» в Колорадо. Там были установлены электрогенераторы на природном газе, а излишнее тепло пошло на производство пара для старых «ядерных» турбин. В обоих случаях потребовалось изъять только ядерные компоненты. Несколько реакторов в штатах Нью-Йорк, Коннектикут, Иллинойс и Пенсильвания просто законсервировали, выгрузив из них топливо. Та же участь постигла станцию «Три-майл-Айленд-2», на которой в марте 1979 г. расплавилась активная зона. Помимо «Мэн Янки» процесс полной дезактивации площадок проходят «Янки Роу» и «Коннектикут Янки».

Еще предстоит решить, какая часть строительных обломков подлежит захоронению. 6 ноября 2002 г. представители NRC заявили, что вскоре будет издана инструкция по вторичному

применению загрязненного металла, которая разрешит использовать слабо радиоактивные металлы в качестве арматуры для железобетона. Однако многие боятся, что радиоактивные материалы могут попасть в детские зубные скобки или в застёжки-«молнии» для брюк. Когда в середине 90-х гг. министерство энергетики выступило с инициативой вторичного использования никеля и других металлов с атомных станций, общественное возмущение оказалось столь сильным, что в 2000 г. программу пришлось закрыть.

Окончательная стоимость демонтажа зависит от того, насколько скоро появится возможность постоянного захоронения высокоактивных отходов. А пока побережье штата Мэн будет украшать огромная бетонная площадка, на которой никогда не будет снега: каждый из размещенных на ней ISFSI-контейнеров с радиоактивными отходами выделяет 17 кВт тепла – примерно как дюжина ручных фенов. Гигантские железобетонные колонны образуют Стоунхендж индустриального века. Его зодчие искренне надеются, что никто не забудет, для чего он сооружен. Заполнение контейнеров начато в августе прошлого года и до сих пор продолжается.

В ходе дебатов по поводу станций в Мэне оппоненты требовали от владельцев АЭС проведения самых тщательных и дорогостоящих мероприятий. Энергетики доказали, что могут успешно справиться с поставленной задачей. По правде говоря, жесткость требований к процедуре вывода станций из эксплуатации объясняется суеверным страхом перед влиянием малых доз радиации. Но так или иначе, территория «Мэн Янки» будет очищена до необходимого уровня с учетом всех возможных поправок к экологическим нормативам. ■

ОБ АВТОРЕ:

Журналист *The New York Times* **Мэтью Вальд** (Matthew L. Wald) освещает проблемы атомной индустрии с 1979 г. Он много писал об устройстве ядерных реакторов и о производстве материалов для ядерного оружия, об утилизации радиоактивных отходов и об экономике электроэнергетики.





Объединяя цифровые процессоры, банки данных и программное обеспечение в глобальном масштабе, сетевая технология превращает индивидуальную и корпоративную информационно-вычислительную деятельность в коммунальную услугу.

ГЛОБАЛЬНАЯ СЕТЬ: вычисления без границ

Айен Фостер

В результате тысячелетних усилий по усовершенствованию производства появились сельское хозяйство и промышленность. Разделение труда, эффективное массовое производство и технологический прогресс определяют облик современного мира. Поэтому я спокойно сижу в кафе, потягиваю «эспрессо», набираю статью на ноутбуке и совершенно не задумываюсь, откуда берутся потребляемые мною вода, кофе, электричество и полоса частот беспроводной компьютерной сети.

Доступность ресурсов иллюстрирует концепцию виртуализации. Специалисты по компьютерам определяют этим термином сокрытие подробностей реализации полезных функций за простым удобным интерфейсом. Например, когда буфетчик открывает водопроводный кран, вода льется как будто из бездонной бочки. То же происходит, когда я подключаю мой лэптоп к электрической розетке. Зная о существовании огромной электрической сети, кто думает о том, как и где была сгенерирована энергия?

Как это ни удивительно, обработка данных до сих пор не виртуализована. Моя переносная ЭВМ, домашний компьютер и даже большая корпоративная вычислительная сеть – это в значительной степени замкнутые системы, в которых выполняются локально установленные программы. Было бы странно, если бы каждый дом и каждое предприятие использовали собственные электростанцию, библиотеку, печатный станок и водный резервуар. Почему же мы поступаем именно таким образом с компьютерами?

Такое положение дел заставило специалистов по вычислительной технике искать более эффективную альтернативу. Поскольку сети цифровой связи становятся все быстрее и быстрее, появляется возможность динамически собирать «компьютеры» из распределенных частей так, чтобы пользователи могли обращаться к программному обеспечению и ресурсам для обработки и хранения данных независимо от своего местоположения через любого подходящего поставщика. То есть,

почему не виртуализовать общие вычислительные услуги? Такая вычислительная сеть может стать столь же повсеместной и полезной, как и электрическая.

Сетевой бизнес

Организация всеобъемлющей вычислительной сети выгодна предприятиям электронной коммерции, которые могли бы выстраивать свои информационно-вычислительные системы в соответствии со спросом и соединять их с партнерами, поставщиками и клиентами, расширяя список предоставляемых услуг. Представьте себе турфирму, организующую не только реальные, но и виртуальные подводные путешествия. Чтобы потенциальный клиент мог исследовать виртуальные прибрежные воды вблизи курорта Косумель, у компании должны быть специализированные базы данных и программное обеспечение для получения соответствующей географической информации, преобразования данных в трехмерное изображение,

SLIM FILMS (preceding pages); GEORGE RETSECK (below)

СЕТЬ: ПУТЕШЕСТВИЕ В ПОДВОДНЫЙ МИР

Чтобы оценить коммерческий потенциал развитой системы сетевых вычислений, вообразим турфирму *ScubaTours*, которая организует виртуальные подводные путешествия. Потенциальному клиенту, вооруженному только домашним компьютером и джойстиком, предлагается исследовать детальную трехмерную модель кораллового

рифа вблизи мексиканского курорта Косумель. Даже небольшая компания может предоставить такую ресурсоемкую услугу, используя для реалистичного моделирования распределенную сеть вычислительных средств. В начале «погружения» компьютеры *ScubaTours* связываются с мощными серверами, которые запрашивают доступ



предоставления коммерческих сведений и прямой трансляции с видеокамер, расположенных в точке погружения. Ни одно бюро путешествий не в состоянии предоставлять такую услугу самостоятельно. Сетевые технологии позволяют получать необходимые ресурсы от нескольких поставщиков, достигающих высокой экономической эффективности за счет обслуживания многих клиентов (см. иллюстрацию внизу).

Сетевые системы найдут применение и в более эзотерических областях. Например, имея доступ к удаленным компьютерам и базам данных, врач мог бы сравнивать рентгеновские снимки своих пациентов со снимками миллиона других людей и выявлять болезнь на более ранней стадии. Пользуясь сетевыми ресурсами, биохимики осуществляли бы отбор действующих веществ для лекарственных препаратов из 10 тыс. кандидатов за час, а не за год; а инженеры-строители выполняли бы анализ конструкции сейсмоустойчивого моста за минуты, а не за месяцы.

ОБЗОР: ВЫЧИСЛЕНИЯ В СЕТИ

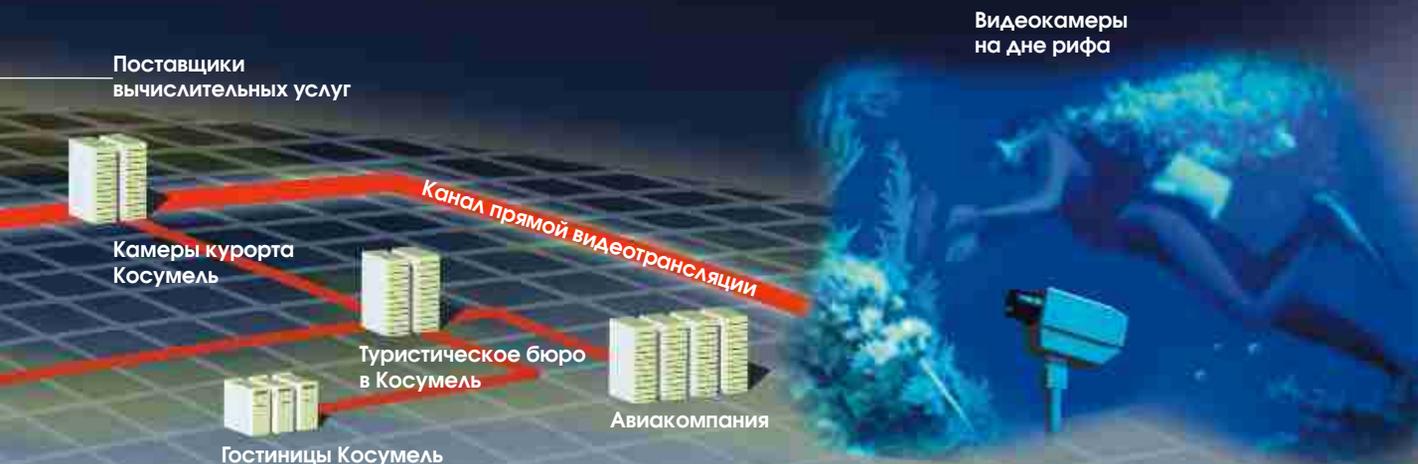
- Сетевые вычисления подразумевают глобальную интеграцию компьютерных систем (с помощью высокоскоростных сетей связи) для обеспечения свободного доступа к средствам переработки больших объемов данных, а также к возможностям и функциям, не доступным для отдельного пользователя и даже для группы машин.
- Используя унифицированные языки и протоколы взаимодействия, объединенные сетевые системы достигают мировых масштабов и обеспечивают доступ локальных пользователей к вычислительным ресурсам, информационным архивам и специализированным услугам.
- Высокоинтегрированные сетевые системы прозрачны для потребителя – создается ощущение, что невероятная функциональность распределенной системы обеспечивается локальным компьютером.
- Сетевые технологии поддерживают крупномасштабное научное и деловое сотрудничество членов виртуальных организаций, дистанционное экспериментирование и организацию высокопроизводительных распределенных информационно-вычислительных систем.

Концепция глобально виртуализированных сетевых вычислений – естественное расширение сегодняшнего Интернета, виртуализировавшего связь и позволяющего любому человеку или устройству соединиться с любым другим человеком или устройством

независимо от местоположения и используемых средств передачи данных. Благодаря Интернету появилось множество полезных сервисов: электронная почта, Всемирная паутина (*www*), одноранговые приложения, включая системы совместного использования

к удаленным базам данных и специализированным программам, отыскивают соответствующую картографическую и видеоинформацию, преобразуют ее в трехмерную графику, накладывают изображение с подводных видеокамер и предоставляют соответствующие коммерческие сведения. Необходимые данные и программное

обеспечение поступают благодаря системе долгосрочных контрактов и конкурентоспособных предложений от множества поставщиков и посредников (таких как *Computer Games*. или *Computers, Inc.*).



МЕЖДУНАРОДНЫЕ СЕТЕВЫЕ ПРОЕКТЫ

НАЗВАНИЕ	ИНТЕРНЕТ-АДРЕС	ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	ОСНОВНАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ
Сеть исследований по биомедицинской информатике	www.nbirn.net	Национальный институт здравоохранения, США	Объединение и анализ биомедицинских данных
Научная сеть министерства энергетики США (DOE)	doesciencegrid.org	Отдел науки DOE, США	Связь ресурсов и прикладных программ исследовательских лабораторий DOE
Сеть наук о Земле	www.earthsystemgrid.org	Отдел науки DOE, США	Анализ больших наборов данных по моделям климата
Европейская сеть солнечных обсерваторий	www.mssl.ucl.ac.uk/grid/egso	Европейский союз	Объединение европейских центров по исследованию Солнца
Сеть данных Европейского союза	www.eu-datagrid.org	Европейский союз	Физика высоких энергий, науки об окружающей среде, биоинформатика
GridLab	gridlab.org	Европейский союз	Сетевые технологии и приложения
Сеть физических наук	griphyn.org	Национальный научный фонд, США	Анализ данных в крупномасштабных физических экспериментах
Информационная энергетическая сеть	www.ipg.nasa.gov	NASA, США	Поддержка аэрокосмических исследований
MyGrid	www.mygrid.org.uk	Программа «е-Наука», Великобритания	«Рабочий стол» для применений в биоинформатике
Национальная сеть по термоядерному синтезу (National Fusion Grid)	www.fusiongrid.org	Отдел науки DOE, США	Вычислительные исследования по термоядерному синтезу
Проект Национальной исследовательской сети (National Research Grid Interactive)	www.naregi.org	Министерство образования, Япония	Проект японской Национальной исследовательской сети
Национальная виртуальная обсерватория (National Virtual observatory)	www.us-vo.org	Национальный научный фонд, США	Объединение и анализ астрономических данных
Сеть для моделирования сейсмостойких сооружений	www.neesgrid.org	Национальный научный фонд, США	Исследования по сейсмостойкому строительству
Сеть данных по физике элементарных частиц	ppdg.net	Отдел науки DOE, США	Анализ данных экспериментов по физике высоких энергий и ядерной физике
Сингапурская биосеть	www.bic.nus.edu.sg/biogrid	Правительство Сингапура	Биоинформатика
Терасеть	teragrid.org	Национальный научный фонд, США	Быстродействующие связи в инфраструктуре из четырех главных сайтов научных ресурсов
Мировая сеть	ivdgl.org/demo/worldgrid	DOE, США, Национальный научный фонд, Европейский союз	Международная инфраструктура для ресурсоемких исследований

файлов типа *KaZaA*, и простые схемы распределенных вычислений, такие как *SETI@home*, *FightAIDS@home* и Сетевой проект исследования оспы. Цель разработчиков глобальной вычислительной сети – виртуализировать обработку и передачу данных, чтобы любой человек или устройство могли предоставлять другим пользователям свои программные услуги. При этом очень важно организовать надежный и безопасный доступ к огромному множеству таких сервисов.

сотрудничество в мировом масштабе. Проект получил претенциозное название – «Глобус».

Идея распределенных вычислений отнюдь не нова: многие принципы, лежащие в основе современных сетевых систем, были сформулированы еще до появления Интернета. Например, в середине 60-х гг. Фернандо Корбато (Fernando Corbato), отец операционных систем с разделением времени, описал революционную по тем временам систему *Multics* как

системы для совместного использования информации.

Мы пришли к выводу, что научным сообществам требуются технологии, позволяющие группам сотрудников из разных учреждений (мы назвали такие группы виртуальными организациями, ВО) грамотно использовать разделяемые ресурсы. Подобно национальной сборной, составленной из футболистов разных клубов, научные ВО выходят за пределы обычных институтов и создают массу организационных

Сетевые технологии позволяют ученым всего мира проводить скоординированные исследования с использованием грандиозных информационно-вычислительных ресурсов.

В начале 90-х я работал над инструментальными средствами для научных расчетов в Национальной лаборатории Аргонн министерства энергетики США. В то время уже начали появляться высокоскоростные сети, и стало ясно, что они помогут преобразовать научно-исследовательскую деятельность. Например, если приборы лаборатории связать с удаленными компьютерами, то можно обеспечить анализ экспериментальных данных в реальном масштабе времени. А доступ к распределенным базам данных способен упростить поиск неочевидных взаимосвязей.

В 1994 г. я решил всерьез заняться распределенными вычислениями. С моими коллегами Стивеном Тьюком (Steven Tuecke) из Национальной лаборатории Аргонн и Карлом Кесселманом (Carl Kesselman), тогда научным сотрудником Калифорнийского технологического института, а сейчас директором Центра сетевых технологий в Институте информатики Университета Южной Калифорнии, мы приступили к созданию программной системы, обеспечивающей научное

«вычислительную утилиту». Банки и авиакомпании используют сложные распределенные системы на протяжении десятилетий. И все же мы подошли к проблеме совсем с другой стороны, а именно с позиции потребностей научно-исследовательских сообществ. Опыт показывает, что все возрастающие требования и лишь частично управляемый хаос научных исследований оказываются мощным стимулом для введения различных новшеств. Не удивительно, что Всемирную паутину изобрел Тим Бернерс-Ли (Tim Berners-Lee): именно работа со специалистами по физике высоких энергий вдохновила его на создание универсальной

и управленческих проблем. Члены ВО участвуют в коллективной работе и поэтому нуждаются в совместном использовании информации, компьютеров, банков данных и программного обеспечения в хорошо управляемой обстановке. Но, в отличие от футболистов, они необязательно носят одинаковую форму, говорят на одном языке, следуют одним и тем же правилам и даже могут играть не в одну и ту же игру!

Кесселман, Тьюк и я решили разработать новый класс обобщающих программ, обеспечивающих совместное использование ресурсов и данных и не требующих замены систем в подразделениях-участниках, а просто ▶

ОБ АВТОРЕ:

Профессор информатики Чикагского университета **Айен Фостер** (Ian Foster) родом из Новой Зеландии. Сейчас он живет в Чикаго, где занимает пост заместителя директора отдела математики и информатики в Национальной лаборатории Аргонн. Фостер состоит в консультативных комитетах нескольких компаний, включая *Entropia* и *Insors*. В числе его наград – премия Глобальная информационная инфраструктура следующего поколения и медаль «Лавлейс» Британского компьютерного общества.

СЕТЬ: РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ АРХИВ ЦИФРОВЫХ МАММОГРАММ

Имея доступ ко всем видам распределенных вычислительных ресурсов, можно обрабатывать гигантские объемы данных. Так, анализ цифровых изображений грудной железы позволяет ставить достоверные и точные диагнозы. Но хранение и обработка 28 Тб маммографических данных, каждый день получаемых в США, – очень сложная задача. В настоящее время создается Национальный цифровой архив маммограмм – обширное

виртуальное хранилище файлов, которое позволяет не только систематизировать и передавать изображения с минимальной потерей качества, но и проводить *on-line*-консультации с экспертами, а также применять автоматизированные методы диагностики. Например, маммограмму пациентки можно легко сравнить как с результатами ее предыдущих обследований, так и с маммограммами других больных.



связывающих уже имеющиеся системы в единую ВО. Для этого программное обеспечение стандартизирует разнообразные функции, прежде всего аутентификацию, выдачу разрешений на выполнение запрошенных действий, определение доступных ресурсов, обращение к ним и управление потоками данных. Поскольку ВО-надстройки работают с уже существующими вычислительными структурами, поставленные цели могут быть достигнуты при приемлемых расходах.

Первые сетевые проекты

Наши идеи были проверены раньше, чем ожидалось. В конце 1994 г. Рик

Стивенс (Rick L. Stevens), директор отдела математики и информатики Национальной лаборатории Аргонн, и Томас де Фанти (Thomas A. DeFanti), директор лаборатории электронной визуализации в Иллиноиском университете в Чикаго, предложили объединить 11 высокоскоростных исследовательских компьютерных сетей в национальную сеть *I-WAY* на время промышленной конференции *Supercomputing'95* и получили более 60 писем от ученых, предлагавших различные варианты использования системы.

Стивенс и де Фанти уговорили меня вместе с небольшой группой сотрудников Аргонна написать программное

обеспечение, которое связало бы вычислительные сети 17 институтов, участвующих в проекте *I-WAY*, в единую виртуальную систему. Зарегистрировавшись, можно было найти подходящие компьютеры, зарезервировать на них время, загрузить прикладные программы и затем контролировать их выполнение. Например, группа Лори Фрейтага (Lori Freitag) из Аргонна создала сеть, с помощью которой была организована совместная работа ученых из разных уголков США над улучшением промышленных установок для сжигания отходов.

Успех эксперимента *I-WAY* вдохновил нас. Управление перспективных исследовательских работ министерства

обороны США (*DARPA*) выделило деньги на продолжение исследований в рамках проекта «Глобус». В 1997 г. мы обнародовали первую версию системы сетевого программного обеспечения – комплект инструментальных средств «Глобуса» – и опробовали его в сети из 80 институтов, расположенных по всему миру. Тем временем Национальный научный фонд США профинансировал создание Национальной технологической сети, благодаря которой ученые получили доступ к высокопроизводительным ЭВМ. Тогда же *NASA* приступило к работе над Информационной энергетической сетью, а министерство энергетики США занялось применением сетей в научных исследованиях.

В последующие несколько лет появились все новые сети с различными концепциями и технологиями построения. Например, разработчики Большого адронного коллайдера из Европейской организации ядерных исследований (*CERN*) заявили, что для анализа огромного объема данных, которые будут поступать от нового ускорителя, потребуется объединенная вычислительная сеть. В результате появились такие сетевые проекты, как Европейская информационная сеть, Американская физическая сеть и Информационная сеть по физике элементарных частиц. Началось бурное развитие сетевых инфраструктур, сообществ пользователей и нового программного обеспечения.

Хотя почти все разработки объединенных сетей базировались на инструментари «Глобуса», вскоре возникла потребность в четких, общепринятых технических стандартах. Поэтому в 1998 г. состоялся первый Форум глобальных сетевых технологий, ставший международной организацией по выработке единых сетевых стандартов.

Работа в сети

Описание сетевой инфраструктуры вряд ли можно назвать увлекательным – в конце концов, во время работы она незаметна, как система канализации.

Однако благодаря ей появились довольно интересные виртуализованные проекты.

С тех пор, как Галилей направил свой телескоп на Сатурн, судьбой астрономов стали долгие ночи, проведенные в обсерватории. Однако с развитием вычислительной техники и технологии датчиков появилось новое поколение «кабинетных астрономов», сидящих днем в комфортабельных офисах и производящих цифровые обзоры неба с помощью компьютеров. Для звездочетов новой эпохи основной трудностью стали поиск нужного программного обеспечения, нехватка оперативной памяти и недостаток вычислительных ресурсов для анализа гигантского объема имеющихся данных.

Ученые из Чикагского университета, Лаборатории Ферми и Висконсинского университета в г. Мадисон, решили использовать сетевые технологии для анализа Слоуновского цифрового атласа неба. Обработка данных, полученных в результате обзора четверти небесной сферы, позволит определить положение и абсолютную яркость более 100 млн. астрономических объектов. Задействовав вычислительные ресурсы лабораторий всей страны, можно сократить время расчетов в тысячи раз.

Уже создана база данных по кластерам галактик, представляющая огромный интерес для космологов, работающих над теорией происхождения

Вселенной. Еще одна важная задача, касающаяся всего человечества, – это поиск околоземных объектов, которые однажды могут столкнуться с нашей планетой. Подобные разработки составляют основу международного проекта по объединению астрономических баз данных в глобальную виртуальную обсерваторию.

Сетевой подход находит применение и в клинической медицине. Распределенные цифровые библиотеки, такие как Национальный цифровой архив маммограмм в США и *eDiamond* в Великобритании, позволяют проводить разносторонний сравнительный анализ рентгенограмм и результатов ультразвуковой диагностики миллионов пациентов. Объединенные сетевые системы обеспечивают врачей современными аналитическими средствами для выявления заболеваний на ранних стадиях и дают возможность изучать влияние окружающей среды и образа жизни на здоровье человека (см. иллюстрацию на предыдущей странице).

Американская сеть для моделирования сейсмостойких сооружений (*NEES*) – наглядный пример использования сетевых технологий для проведения инженерных испытаний. Устойчивость проектируемых конструкций, как правило, проверяют на тестовых вибростендах и центрифугах. Сеть *NEESgrid* связывает подобные экспериментальные установки с общенациональными базами данных ▶

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

* The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. Edited by I. Foster and C. Kesselman. Morgan Kaufman, 1999. (Second edition in press.)

* The Grid: A New Infrastructure for 21st Century Science. I. Foster in *Physics Today*, Vol. 55, No. 2, pages 42-47; 2001.

* The World-Wide Telescope. A. Szalay and J. Gray in *Science*, Vol. 293, pages 2037-2040; 2001.

* The Physiology of the Grid: An Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration, 2002. I. Foster, C. Kesselman, J. Nick and S. Tuecke.

* www.globus.org/research/papers/ogsa.pdf

* Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality. Edited by F. Berman, G. Fox and T. Hey. John Wiley & Sons, 2003.

* Подробнее см. www.mcs.anl.gov/~foster.

и вычислительными ресурсами многих научных учреждений. Таким образом, в проводимых экспериментах могут принимать участие исследователи всей страны.

Создание сети

Возможности распределенных вычислений привлекают внимание не только ученых. Многие компании, в том числе *Avaki, DataSynapse, Entropia, Fujitsu, Hewlett-Packard, IBM, NEC, Oracle, Platform, Sun* и *United Devices*, проявляют серьезный интерес к коммерческому применению сетевых технологий. В литературе по маркетингу и в деловых планах все чаще встречаются словосочетания «вычисления с помощью утилит», «e-бизнес по требованию», «планетарные вычисления», «автономные вычисления» и «сети предприятий».

Такой энтузиазм вполне обоснован. Вспомните, сколько хлопот доставляет настройка и эксплуатация компьютеров. Пока обслуживание собственных вычислительных систем можно сравнить только с ведением натурального хозяйства: уйма времени уходит на установку программного обеспечения, на поиск и устранение аппаратных неисправностей, на обновление оборудования, а результат, как правило, все равно далек от идеального. Сетевой подход поможет избавиться от многих проблем, разделив производство и потребление специализированных услуг.

Подобные изменения уже произошли в промышленности, энергетике и телефонной связи. Например, автомобиль когда-то был лишь роскошной игрушкой для искушенных. Однако постепенно сформировалась глобальная сеть производства и обслуживания, и сегодня в развитых странах машину умеет водить почти каждый.

Аналогичным образом рано или поздно появится глобальная экосистема, состоящая из изготовителей, дистрибьюторов и потребителей информационно-вычислительных услуг. Производители перейдут к высокоэффективному массовому производству и займутся повышением безопасности

и надежности, а дистрибьюторы сосредоточатся на удовлетворении потребительского спроса и на поиске новых дополнительных услуг. Потребители получат удобный удаленный доступ ко все увеличивающемуся массиву прикладных программ и разнообразных устройств.

Подключение к сети

Чтобы оценить способности развитой сети с открытой архитектурой, давайте вернемся к турфирме *ScubaTours* (см. стр. 40). Что происходит, когда клиент запрашивает виртуальное погружение вблизи от Косумеля? Сначала *ScubaTours* проверяет наличие широкополосного соединения с пользователем и определяет, что он хочет увидеть. Затем ответственность за выполнение запроса передается специализированному поставщику виртуальной реальности, скажем, корпорации *Computer Games*, услугами которой в основном пользуются организаторы многопользовательских игр. *Computer Games* собирает данные и программное обеспечение для генерации видеоизображения в соответствии с навигационными командами пользователя. Компьютеры корпорации подыскивают в сети наиболее привлекательного поставщика вычислительных услуг по созданию потокового видео. Затем устанавливается требуемое программное обеспечение, и виртуальное погружение начинается. Фактически *Computer Games* выступает в роли посредника, объединяющего услуги разных производителей с целью предоставить клиенту специализированные возможности.

Computer Games должна располагать программным обеспечением, способным работать на множестве компьютеров. Чтобы отыскать в сети ресурсы, необходимые для решения очередной задачи, корпорация обращается к надежному брокеру, выдающему сведения о поставщиках информационно-вычислительных услуг. С подходящим кандидатом, скажем, фирмой *Computers, Inc.*, проводят переговоры на некотором стандартном языке: устанавливают

взаимную добросовестность (конструкции наподобие «я – не хакер», «я платежеспособен», «вы – авторитетная компания») и определяют условия сделки (количество компьютеров, производительность, стоимость услуг и т.д.).

Как только получен доступ к оборудованию *Computers, Inc.*, *Computer Games* загружает свои прикладные программы и приступает к имитации виртуального погружения. Если некоторые участки сети выйдут из строя или клиент направится в неожиданном направлении и увеличит вычислительную нагрузку, корпорация задействует резервные компьютеры или снизит точность моделирования.

Чтобы обеспечить полноценное взаимодействие пользователей сети, необходимо разработать стандартный язык для описания, рекламы и запроса предоставляемых услуг. Не обойтись и без надежных механизмов установления подлинности, учета использования ресурсов, организации оплаты и т.д. Как и в других отраслях промышленности, стандартизация ускорит появление новых разработок и позволит создать здоровую конкуренцию на рынке информационно-вычислительных услуг. Существенный вклад в вычислительную мощность и объем памяти сети могут внести настольные и домашние компьютеры. Стоит отметить, что приблизительно половина ресурсов, задействованных в проекте Слоуновского цифрового атласа неба, была предоставлена настольными ЭВМ, объединенными системой «Кондор».

Для успешного развития сетевых вычислений необходимо обеспечить свободный доступ к базовым технологиям. У любого желающего должна быть возможность ознакомиться с ключевыми спецификациями и реализовать их. Комплект инструментальных средств «Глобуса» полностью соответствует этому требованию. Дальнейший прогресс зависит от участия научного сообщества и промышленности, а также от воплощения сетевых принципов в коммерческом программном обеспечении. ■



цифровые технологии

В РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Влияние новых технологий на распространение американской культуры во всем мире.

Харви Фейгенбаум

Поп-культура – самый экспортируемый американский продукт. Каждый год США продает музыку, книги, фильмы, телевизионные программы и компьютерное программное обеспечение за рубеж на \$60 млрд. (без учета незаконного копирования или других видов пиратской деятельности).

Правительства Великобритании, Франции, Южной Кореи, Австралии, Канады и других стран проводят политику, поддерживающую творчество национальных композиторов, музыкантов, писателей, журналистов и режиссеров. Наиболее эффективный способ сохранения культурных ценностей – введение квот, ограничивающих количество американских фильмов и программ, показываемых по телевидению. В 1989 г. ЕС принял программу «Телевидение без границ», рекомендуемую странам-членам ЕС увеличивать эфирное время для европейского телевидения.

Однако современные технологии производства и распространения фильмов и телешоу угрожают снизить эффективность ограничений.

Спутниковое вещание в Европе и Азии уже предлагает абонентам телепередачи, в которых преобладают американские шоу. Введение новой услуги – «видео по требованию» (компьютерные библиотеки, позволяющие клиентам выбирать шоу и фильмы) – нанесет ощутимый удар по системе квот. Пользователи сети Интернет вообще не подпадают под ограничения такого рода.

Итак, каково влияние новых технологий на распространение американской культуры? Появление цифрового видео снизило стоимость производства фильмов и телевизионных шоу и позволило низкобюджетным кино и телекомпаниям из Европы и Азии конкурировать с коллегами из Голливуда. Даже если количество зрителей, смотрящих американские фильмы, увеличится, это не ущемит национальные интересы. Возможно, культурное воздействие кино и телевидения сильно преувеличено.

Технологическая угроза

Первый удар по эфирным квотам нанесло прямое спутниковое вещание

(*DBC*), которое позволило потребителям из Европы и Азии получить доступ к программам американского производства, стоимость проката которых значительно ниже ($1/3$ по сравнению с $1/10$ для фильмов, произведенных в других странах). Американский бизнес учитывает интересы внутреннего рынка: популярные шоу сначала попадают на местные каналы, а уже потом за рубеж. Продюсеры запрашивают более низкое вознаграждение за право проката, ведь продукт продается многократно. Компании *Turner Network Television* и *Cartoon Network* специально выпускают программы с цифровой системой кодирования многоканального звука, позволяющей вести вещание на нескольких языках.

Европейский союз допускает сокращение квот для американских компаний на вещание, которые были введены в рамках программы «Телевидение без границ», а суды многих стран приняли решение о распространении ограничений и на спутниковое телевидение. В действительности невозможно контролировать прямое спутниковое

вещание, особенно если осуществляющая его компания не входит в число стран-участников программы. Остается глушить спутниковые сигналы, что может привести к проблемам международного характера. Европейский суд постановил, что государства не могут применять неоправданно жесткие меры, чтобы блокировать прием трансграничных телевизионных сигналов.

Новую угрозу квотам представляет «видео по требованию», основанное на цифровых технологиях. Компании, вещающие в обычном аналоговом стандарте, должны передавать не более 30 кадров в секунду на каждом канале. Благодаря компрессии цифрового видеопотока, когда передаются только изменяющиеся части изображения (пиксели), объем каждой видеопередачи сокращается, и можно увеличить пропускную способность частоты вещания, а также емкость полосы пропускания телекомпаний, т.е. увеличить количество программ, показываемых по кабельному телевидению. Таким образом, цифровое кодирование (сжатие) позволяет предлагать зрителям обширные библиотеки фильмов и телевизионных программ, которые они могут заказать в любое удобное время.

Многие годы американские компании разрабатывали систему «видео по требованию», и сейчас эта технология начинает завоевывать Европу и Азию. Пилотные программы проходят испытание в Португалии и Гонконге. Зрители этих стран вряд ли будут принимать во внимание национальные

квоты, решая, что им хочется посмотреть. Сильви Перрас (Sylvie Perras), бывший советник министерства культуры Франции, считает, что через 10 лет распространение «видео по требованию» снизит эффективность системы квот, но завершающий удар по ограничениям на телевещание будет нанесен трансляцией видеофильмов по сети Интернет. Система позволит покупателям выбрать полнометражный фильм из *web*-библиотеки и скачать его. Процесс займет несколько часов: запросите фильм утром, получите его к вечеру. Клиенту потребуется компьютер с большим объемом памяти, а также цифровой телевизор или специальная приставка. Студиям необходимо разработать способы защиты, чтобы предотвратить несанкционированное копирование фильмов, поэтому простым решением может быть потоковое видео – технология, позволяющая зрителям смотреть программы без их загрузки. Технология потокового видео уже применяется в известных компьютерных программах, таких как *Real Player*. Особенностью таких программ обычно является небольшой размер просмотрюемого экрана, смазанное и прерывистое изображение. С увеличением количества пользователей, имеющих высокоскоростной доступ к Интернету, качество *web*-видео улучшится. Однако переход на интернет-вещание приведет к серьезным экономическим проблемам. Цены на обычное телевещание фиксированы, поэтому доходы телекомпаний растут с увеличением зрительской

аудитории. При использовании технологии потокового видео каждый новый пользователь увеличивает стоимость услуг по доставке, снижая тем самым общую прибыль от передачи телепрограммы. Голливуд возлагает большие надежды на потоковые технологии.

Цифровые партизаны

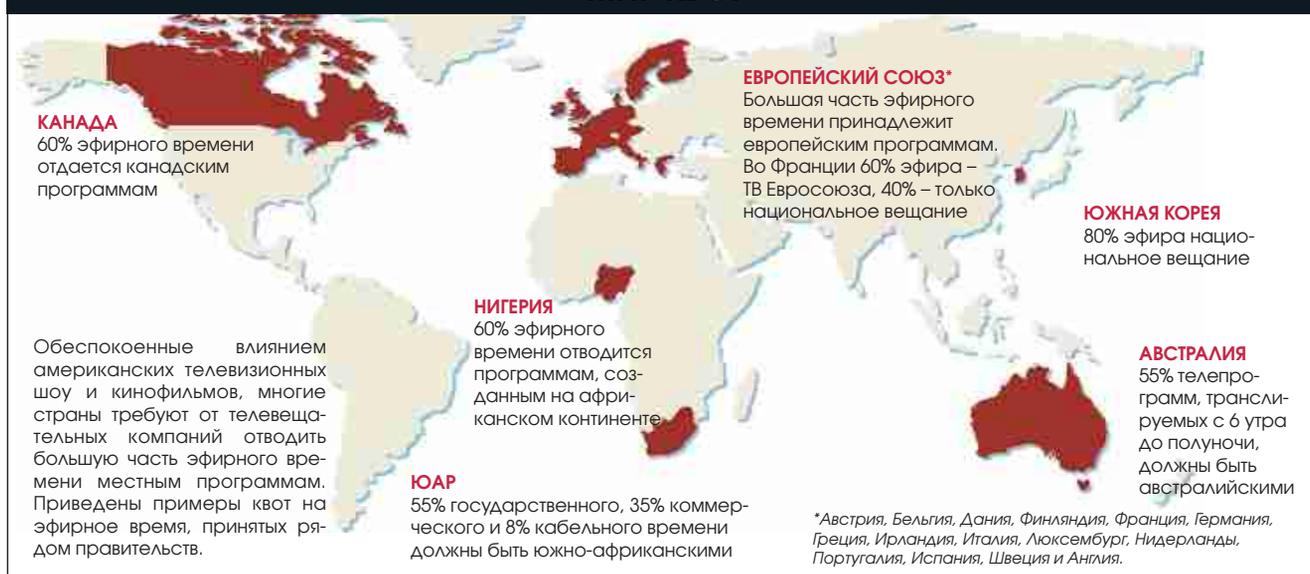
Бурное развитие цифровых технологий поможет приостановить атаку американской индустрии развлечений. Цифровые видеокамеры и компьютерный монтаж, снизившие себестоимость производства художественных и документальных фильмов и телевизионных шоу, позволяют продюсерам во всех странах взимать более низкую плату за прокат, успешно конкурируя с американскими шоу на рынках кабельного телевидения и прямого спутникового телевидения. Имея право выбора, зрители чаще всего предпочитают программы, сделанные в своей стране, которые соответствуют особенностям национального восприятия. Когда американские студии подняли стоимость проката некоторых шоу, транслируемых в прайм-тайм, европейские телекомпании успешно заменили их собственными.

Обычное аналоговое телевидение не может соответствовать по своей пропускной способности и качеству 35-миллиметровому фильму, однако новейшие цифровые видеокамеры имеют разрешение, аналогичное 35-мм камере, и большую глубину резкости. Это сделало кинопроизводство доступным для многих независимых продюсеров, которым уже не приходится платить за киноленту и ее обработку, (что требует больших расходов и неприемлемо для малобюджетных фильмов). Снижение стоимости фильмов может привести к улучшению их качества. Стандартное соотношение израсходованного материала составляет 3:1 (на 30 см фильма приходится 90 см отснятой пленки). При наличии цифровой камеры не нужно беспокоиться о количестве расходных материалов, и соотношение может составить

ОБЗОР: ТЕХНОЛОГИИ ПРОТИВ МНОГООБРАЗИЯ КУЛЬТУР

- Многие страны Европы и Азии приняли квоты на эфирное время, которые ограничивают показ американских программ по телевидению. Однако новые технологии, такие как прямое спутниковое вещание, «видео по требованию», интернет-видео, делают их устаревшими.
- Появление цифровых видеокамер, компьютерного монтажа и цифровых проекционных аппаратов снизят стоимость создания фильмов и телешоу, позволив продюсерам успешно конкурировать с голливудскими студиями.
- Правительства, обеспокоенные влиянием американской развлекательной индустрии, будут вынуждены заменить квоты целевыми субсидиями.

МИР КВОТ



примерно 50:1. Режиссер может одновременно использовать несколько камер для того, чтобы, сняв эпизод, отобрать наиболее удачный кадр. В обычном кинопроизводстве использование нескольких камер – роскошь, которую даже крупные студии не всегда могут себе позволить.

Инновации в области монтажа также повлияли на снижение цен. Цифровые видеоматериалы монтируются на компьютере, что дешевле и проще, чем работа с негативами. Можно создавать захватывающие компьютерные спецэффекты, которые на голливудской студии при традиционной съемке обойдутся в миллионы долларов.

Оцифровка видеозаписей устранила проблему, существующую между европейскими и азиатскими кинопроизводителями, – сложность проката. В Великобритании все компании, занимающиеся распространением, контролируются американскими производителями. В результате в стране почти невозможно увидеть английские фильмы. Французские прокатные фирмы тоже не выдерживают соревнования с заокеанским соседом, и, хотя кинопроизводство здесь процветает, 60% демонстрируемых фильмов –

продукция США. Одна из причин господства американских лент на экранах – экономическая. Производство фильмокопий и поставка их в кинотеатры обходится в \$3 млн. для широкого проката. Оцифровка видеозаписей устранила главную проблему. Цифровые видеозаписи могут передаваться напрямую со спутника в кинотеатры. Правда, сейчас соответствующие проекционные аппараты стоят в пять раз дороже обычных кинопроекторов, но со временем технология их производства станет дешевле. Цены на прокат снижаются, и современные кинотеатры демонстрируют больше фильмов, сделанных за пределами Голливуда.

ОБ АВТОРЕ:

Харви Фейгенбаум (Harvey B. Feigenbaum) – профессор политологии, заместитель декана в Школе международных отношений Университета Джорджа Вашингтона. Его исследования освещают проблемы международных отношений в развитых промышленных странах, в особенности в Западной Европе. Фейгенбаум – автор книг «Политика общественных предприятий» (издательство Принстонского университета, 1985 г.) (*The Politics of Public Enterprise*) и «Раскачивая государство: политические доводы в пользу приватизации» (издательство Кембриджского университета, 1988 г.) (*Shrinking the State: The Political Underpinnings of Privatization*), написанной совместно с Джеффри Хенигом и Крисом Хамнетом (*Jeffrey Henig and Chris Hamnett*).

Субсидии вместо квот

Голливудские студии, безусловно, получают определенные выгоды от использования цифровых видеотехнологий, благодаря которым американская продукция распространится повсюду. Неужели мировой экспорт американской развлекательной индустрии представляет угрозу другим культурам? Социологи не могут доказать существование феномена «культурного империализма», который оказывает влияние на другие общества, предлагая свои эталоны. Если государство стремится сохранить свои культурные традиции, то необходимо обратить внимание на снижение эффективности квот на эфирное время. ▶

ТЕХНОЛОГИИ РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ И КУЛЬТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Некоторые новые технологии, используемые развлекательной индустрией, могут ослабить эффективность квот на эфирное время. Другие не только помогают сохранить культурные особенности, но и способствуют развитию кино- и телепроизводства.

ТЕХНОЛОГИИ, ОСЛАБЛЯЮЩИЕ ДЕЙСТВИЕ ЭФИРНЫХ КВОТ



СПУТНИКОВОЕ ВЕЩАНИЕ

Среди программ, передаваемых при помощи спутникового телевидения, доминируют американские. Властям крайне сложно контролировать трансляцию.

«ВИДЕО ПО ТРЕБОВАНИЮ»



Использование цифровой компрессии позволяет телекомпаниям предлагать более широкий ассортимент видеопродукции, а зрителям выбирать: или американские, или программы местного производства.

ИНТЕРНЕТ-ВИДЕО



Любой, у кого есть доступ к сети Интернет, сможет скачать американские фильмы и шоу или просматривать их в режиме реального времени, используя технологию поточных видеоматериалов.

ТЕХНОЛОГИИ, СТИМУЛИРУЮЩИЕ КИНО- И ТЕЛЕПРОИЗВОДСТВО



ЦИФРОВЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ

Новые цифровые видеокамеры упрощают и удешевляют создание фильмов и телевизионных шоу, предоставив независимым продюсерам возможность успешно конкурировать с голливудскими студиями.



КОМПЬЮТЕРНЫЙ МОНТАЖ

Цифровой монтаж обходится дешевле пленочного. Режиссеры могут использовать компьютеры для создания высококачественных спецэффектов.



ЦИФРОВАЯ ПЕРЕДАЧА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Независимые продюсеры смогут снизить цены на распространение своей продукции за счет использования технологии цифровой трансляции напрямую в кинотеатры, заменив ею катушки с пленкой.

Замена квот на субсидии национальным производителям решит проблему. Главное определить – какие средства выделять и кому. Ранее европейские продюсеры рассчитывали на помощь *European Union's Media* и *Media II*. Недавно ЕС принял новую программу *Media Plus*, субсидирующую распространение киноvideоматериалов и маркетинг. Кроме того, отдельные страны имеют собственные схемы финансовой поддержки национальных компаний. Во Франции телевещательные корпорации отдают

2% годовых доходов на развитие фильмопроизводства, а *Canal Plus*, единственный платный телеканал в стране, отчисляет 9%. К сожалению, европейцы создают много фильмов, не имеющих аудитории. Нельзя защитить культурное многообразие, финансируя ленты, которые никто не хочет смотреть.

В Австралии, например, прежде чем получить пособие государственной *Film Finance Corporation*, нужно обосновать коммерческую выгоду проекта. Это означает, что изначально

фильм должен иметь программу по распространению. Существует и другой подход – новая телестудия, построенная в Мельбурне, финансирует инфраструктуру местного телевидения и киноиндустрии (производит закупку оборудования для создания телевизионных программ и обучение персонала) вместо дотации отдельных проектов. Но такая стратегия привлекает производителей неконтролируемой продукции: американские студии снимают фильмы за рубежом, воспользовавшись низкой сто-

имостью труда. Предоставляя работу австралийским актерам и членам съемочной группы, американцы позволяют им работать над национальными проектами. Недостаток системы состоит в том, что местные продюсеры не могут конкурировать из-за высокой стоимости оборудования, рассчитанного на развитый рынок.

Пора пересмотреть политику инноваций, поддерживая теле- и кинопроизводство. И, безусловно, будут полезными новые финансовые инструменты, используемые для возмещения рисков. Европейская или азиатская страна может создать свой рынок кино- и телеинвестиций, а также агентство, которое возьмет на себя функции *America's Fanny Mae*, но уже на вторичном ипотечном рынке. Конечно, проекты фильмов и телепрограмм – рискованнее, чем операции с недвижимостью, поэтому аналогия обманчива. Вторичный рынок развлекательных программ будет больше походить на рынок перестрахования *Lloyd's of London* или на рынок бросовых облигаций. Такой механизм, возможно, поможет компаниям, которые не имеют серьезной финансовой помощи от голливудских студий.

Кроме того, правительства малых стран смогут субсидировать новые технологии, которые будут стимулировать создание малобюджетных фильмов и телепрограмм, – цифровую продукцию, ее монтаж и распространение. У этой стратегии есть выгодный побочный эффект: люди, имеющие соответствующую подготовку в использовании техники цифрового видео, смогут применить свои навыки для создания компьютерных игр и другого мультимедийного программного обеспечения.

Помощь государства кинематографу и телевидению, тем не менее, не стоит оценивать с точки зрения экономической рентабельности. Развлекательная индустрия создает много высокооплачиваемых рабочих мест, практически не наносит ущерба окружающей среде и является частью культуры. ■

ОПАСНОСТЬ ВЛИЯНИЯ

Хотя многие правительства обеспокоены засильем американских развлекательных программ, очень сложно определить, насколько фильмы, такие как, например, «Титаник» или телевизионное шоу *Baywatch*, оказывают влияние на другие культуры. В 1980-х гг. Элиху Кац (Elihu Katz) и Тамар Либес (Tamar Liebes) из Еврейского университета в Иерусалиме подобрали группы, состоящие из людей различных национальностей, и предложили им просмотреть один и тот же эпизод из популярного американского сериала «Даллас». Затем участники просмотра обсуждали увиденное на родном языке.

Кац и Либес обнаружили, что представителей всех групп волновали общие проблемы: успех, честь, отношения в семье, роль полов и т.д. Различные группы, однако, интерпретировали один и тот же эпизод по-разному, исходя из своих культурных установок. Арабы отметили «духовную деградацию», русские назвали сериал ярким примером «пресловутого капитализма», деловые же отношения между героями обсуждались только американцами. Исследования Каца и Либеса показывают, что американское телевидение не обладает тем влиянием, какое ему приписывают, поскольку вся информация воспринимается через призму национальной культуры. Однако другие социологи оспаривают этот вывод, ссылаясь на то, что, если смотреть телевидение в течение нескольких лет, могут проявиться и другие последствия, которые не видны при использовании методов Каца и Либеса.

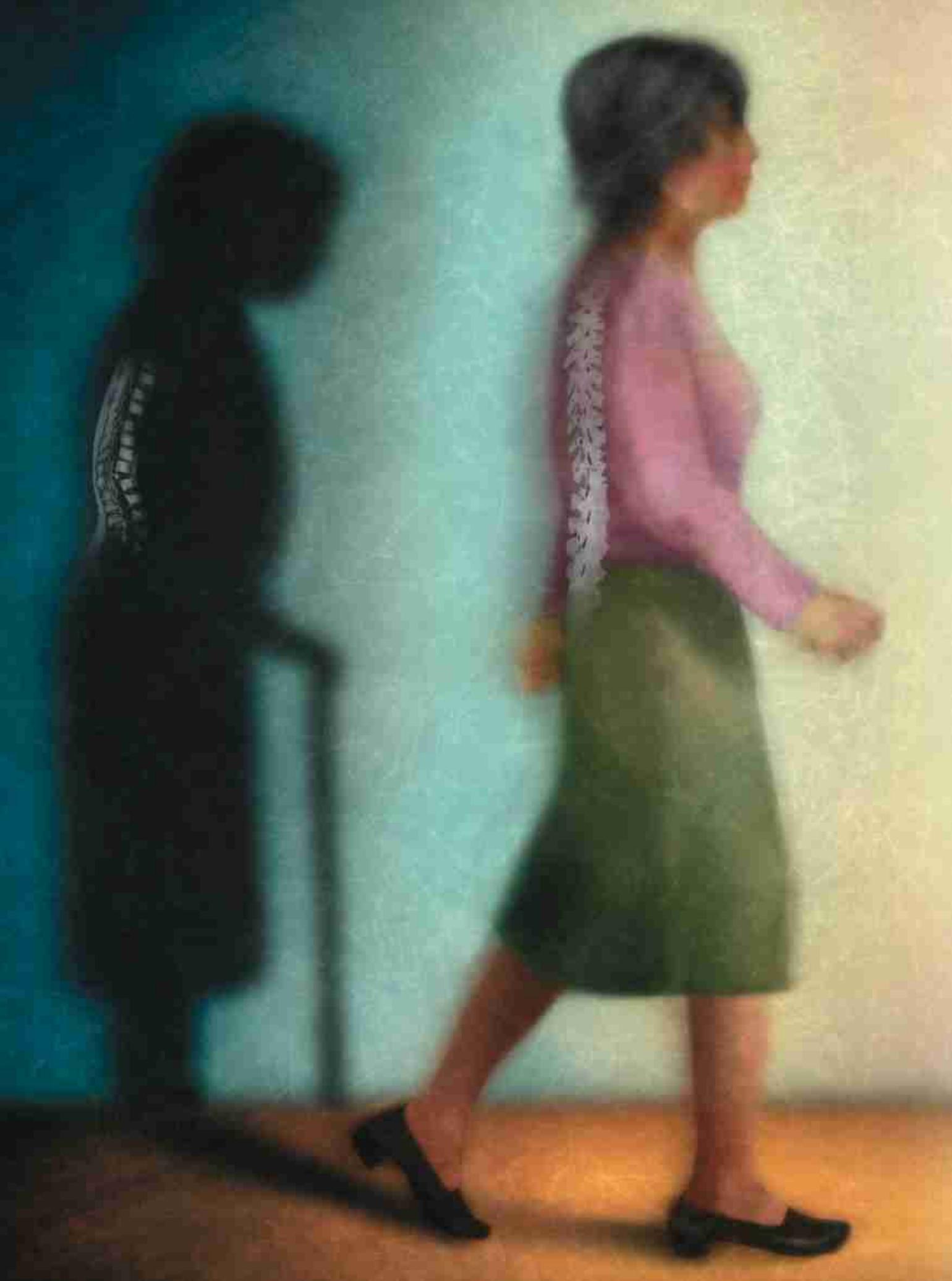


Сцена из сериала «Даллас»

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Cultural Imperialism: A Critical Introduction. John Tomlinson. John Hopkins University Press, 1991.

The Production of Culture in the Postimperialist Era: The World versus Hollywood? Harvey B. Feigenbaum in *Postimperialism and World Politics*, David G. Becker and Richard L. Sklar. Praeger Publishers, 1999.



Остеопороз МОЖНО ПОБЕДИТЬ

Остеопороз нередко приводит к инвалидности. Но не стоит отчаиваться: за последние годы ученым удалось проникнуть в суть процессов образования и рассасывания **КОСТНОЙ ТКАНИ**, что поможет в разработке новых методов профилактики и лечения этого заболевания.

Клиффорд Роузен

Ко мне на прием пришла 72-летняя пациентка. Она рассказала, что еще совсем недавно вела активный образ жизни: нянчила девятерых внуков, много путешествовала, а теперь из-за боли в спине она едва может пошевелиться и чувствует себя глубокой старухой.

Подобные симптомы у людей преклонного возраста хорошо мне знакомы. Даже без осмотра я был уверен, что у больной сломан, по крайней мере, один позвонок и что это результат остеопороза – заболевания, при котором происходит истончение костной ткани. Кости становятся настолько хрупкими, что ломаются под действием веса тела или при минимальной травме.

Остеопорозом страдают 11 млн. жителей США. Еще десять лет назад медики располагали весьма ограниченным

арсеналом средств борьбы с этим заболеванием. Пациентам назначались бесполезные, но далеко не безобидные препараты кальция, обезболивающие и эстрогены. Сегодня появились новые лекарства, снижающие вероятность переломов на 70% за первый год приема и не обладающие побочными эффектами. Революционные перемены произошли и в сфере диагностики. Не так давно единственным доказательством остеопороза был перелом, выявленный при рентгенологическом обследовании. Сейчас у врачей имеется более совершенный метод двухфотонной абсорбциометрии (*DEXA*, от англ. *dual-energy X-ray absorptiometry*), позволяющий измерять плотность костной ткани и диагностировать болезнь на ранних стадиях. С помощью этого метода можно выявлять и возможные места будущих переломов.

Остеопороз долгое время относили к патологии травматически обусловленных заболеваний. Бытовало мнение, что поскольку кости подвергаются постоянным нагрузкам и трутся друг о друга, они не выдерживают и ломаются. Однако недавние исследования показали, что плотность костной ткани, а следовательно, и вероятность переломов обусловлены генетически. За вариативность массы костной ткани у человека на 70% отвечают наследственные факторы, хотя немалую роль играют питание и физические нагрузки. Предрасположенность к остеопорозу определяется несколькими генами, и когда их удастся идентифицировать, можно будет оценивать риск развития недуга и создавать лекарственные препараты, способные противостоять генетической запрограммированности. ▶



У больного остеопорозом позвонки деформированы и истончены (слева). У здорового человека позвонки не изменены, а костная ткань остается плотной (справа).

Тонкое равновесие

Профилактика и лечение остеопороза жизненно необходимы. С этим заболеванием связаны практически все случаи переломов у людей старше 65 лет. Чаще всего страдают позвонки, шейка бедра и кости запястья, возникают хронические боли, а перелом шейки бедра нередко заканчивается смертью. Помимо 11 млн. американцев, у которых остеопороз уже диагностирован, еще у 18 млн. отмечено снижение массы костной ткани (остеопения).

Костная ткань, на первый взгляд не подвергающаяся никаким изменениям, на самом деле постоянно обновляется, и каждые 10 лет старая костная ткань рассасывается (это называется резорбцией) и заменяется новой.

У детей и подростков образование новой костной ткани происходит быстрее, чем резорбция, и ее плотность увеличивается, достигая максимума к 18 годам. Затем наступает равновесие – оба процесса идут с одинаковой скоростью. Примерно к 40 годам начинается возрастное истончение костей, и резорбция постепенно берет верх. Вероятность развития остеопороза у женщин гораздо больше, чем у мужчин: на их долю приходится 80% случаев этого заболевания. С возрастом женщины лишаются одного из важных «протекторов» костной ткани – эстрогенов, и с наступлением менопаузы скорость резорбции у них резко возрастает.

В обновлении костей участвуют клетки двух типов – остеобласты,

продуцирующие костное вещество, и крупные многоядерные остеокласты, отвечающие за резорбцию (см. рисунок на стр. 58). Клетки обоих типов собираются в многочисленных (3–4 млн.) участках обновления, разбросанных по всему скелету. Процесс регенерации всегда протекает одинаково: сначала происходит быстрая (2–3 недели) резорбция, а затем медленное (2–3 месяца) образование новой ткани.

Резорбция начинается с прикрепления остеокластов к кости и высвобождения из них веществ, растворяющих кальций, другие минеральные вещества и коллаген. В результате внутри костного вещества образуется полость резорбции, после чего остеокласты исчезают. Далее наступает фаза формирования новой ткани. К стенкам полости прикрепляются остеобласты (возможно, в процессе участвуют факторы роста, высвобождаемые при резорбции), которые секретируют коллаген и другие белковые компоненты. Затем коллагеновый матрикс пропитывается солями кальция, фосфора и других минеральных веществ и образуется гидроксипатит – твердое вещество кости, составляющее 90% ее массы.

ОБЗОР: ОСТЕОПОРОЗ

- На протяжении всей нашей жизни костная ткань постоянно обновляется. В процессе участвуют клетки двух типов – остеокласты, отвечающие за рассасывание костей, и остеобласты, восполняющие недостаток костной ткани. Когда баланс сдвигается в сторону рассасывания, развивается остеопороз.
- Новые подходы к борьбе с остеопорозом основаны на снижении активности остеокластов или даже на их уничтожении.

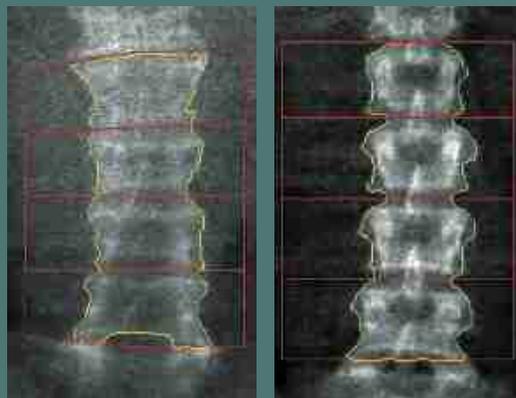
Еще десять лет назад считалось, что действие лекарств, останавливающих развитие остеопороза, направлено только на замедление резорбции. Испытания одного из подобных препаратов (бисфосфонатов) показали, что он действительно приостанавливает процесс истончения костей. Бисфосфонаты прочно связываются с их минеральными компонентами и ждут, когда остеокласты начнут свое разрушающее действие. Как только остеокласт прикрепляется к поверхности кости, бисфосфонаты проникают внутрь клетки и запускают процесс ее саморазрушения. Однако крупномасштабные рандомизированные клинические исследования показали, что наиболее мощные бисфосфонаты – алендронат (фосамакс) и ризедронат (актонел) – не только останавливают дальнейшее разрежение костей, но и увеличивают плотность костной ткани: было выявлено повышение плотности на 5–10% у всех испытуемых. На первый взгляд – не так уж много, но вполне достаточно, чтобы уменьшить вероятность перелома позвоночника, шейки бедра и кисти на 50%, причем наибольший эффект достигается в течение первого года лечения. Бисфосфонаты нужно принимать всего раз в неделю, и они почти не вызывают побочных эффектов (отмечается только изжога). Однако нужно отметить, что препараты применяются всего 10 лет, так что их безопасность при более длительном приеме еще не доказана.

Новые мишени для лекарств

Пытаясь найти более эффективные способы борьбы с остеопорозом, ученые сконцентрировались на исследовании регуляции процессов обновления костной ткани. За последние два года им удалось во многом прояснить механизм регуляции остеоклатогенеза – образования остеокластов.

И остеокласты, и остеобласты образуются в результате дифференцировки клеток-предшественников, находящихся в костном мозге. Предшественниками остеобластов являются стромальные

Сканирование: обязательно ли оно?



Для диагностики остеопороза применяется метод двухфотонной абсорбциометрии (DEXA). У больного костная ткань позвонков поясничного отдела (слева) гораздо менее плотная, чем у здорового пациента (справа). Виден процесс разрушения позвонков; это приводит к отклонению позвоночника от его нормального положения (красные линии).

Обязательно ли подвергать всех пожилых женщин сканированию, чтобы оценить вероятность развития у них остеопороза? Несмотря на то, что сейчас в распоряжении врачей имеются методы определения плотности костной ткани, однозначно ответить на этот вопрос трудно.

Как показывают исследования, измерение плотности бедренных костей или костей позвоночника позволяет надежно оценить вероятность перелома в этих местах. Золотым стандартом является метод двухфотонной абсорбциометрии, в котором используется рентгеновское излучение очень малой интенсивности. Об остеопорозе можно говорить, если плотность костной ткани позвоночника, тазобедренных костей или кисти у пациентки гораздо ниже, чем у среднестатистической молодой здоровой женщины.

Метод DEXA не только диагностирует остеопороз, он предсказывает вероятность переломов в последующие несколько лет. Это очень важно, поскольку позволяет своевременно начать лечение. Однако противники массового скрининга отмечают, что уменьшение плотности минерального вещества кости – такой же фактор риска, как и малоподвижный образ жизни, неправильное питание, генетическая предрасположенность и т.д.

Тем не менее в прошлом году в США рекомендовалось пройти эту процедуру всем женщинам старше 65 лет. Такое решение обосновывалось тем, что вероятность развития остеопороза резко возрастает с возрастом: у женщин 65–69 и 75–79 лет она увеличивается соответственно в 5,9 и в 14,3 раза по сравнению с женщинами 50–54 лет.

клетки, а остеокластов – макрофаги (одна из разновидностей лейкоцитов). В ходе исследований обнаружилось, что стромальные клетки и их потомки (остеобласты) регулируют образование остеокластов, отвечающих за рассасывание костной ткани. Для этого они секретируют три вещества; два из них способствуют развитию остеобластов, а одно препятствует. Вначале остеобласты секретируют сигнальное

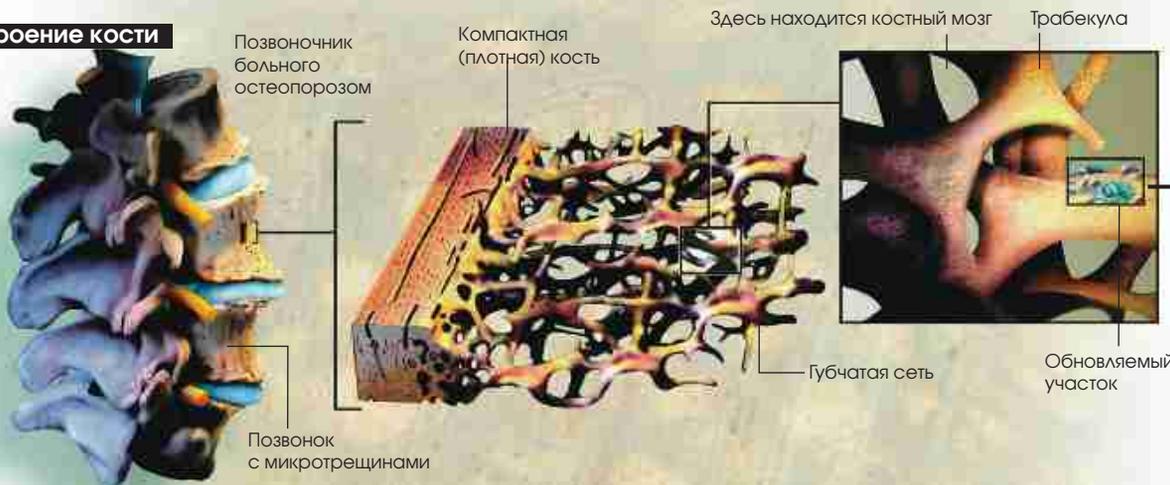
вещество – фактор, стимулирующий образование колоний макрофагов. Второе сигнальное вещество – RANKL, связывается со специфическими рецепторами на поверхности макрофагов и запускает процесс их дифференцировки, т.е. образования остеокластов. Третье сигнальное вещество, остеопротегерин, напротив, блокирует образование остеокластов, выступая в роли мнимого рецептора: оно связывает ▶

ОСТЕОПОРОЗ И ЕГО ЛЕЧЕНИЕ

На протяжении всей нашей жизни костная ткань непрерывно обновляется благодаря клеткам двух типов – остеокластам и остеобlastам. Первые отвечают за разрушение костной ткани, вторые – за образование нового костного вещества.

Если баланс нарушается, то развивается остеопороз. Сегодня в продаже имеется целый ряд препаратов, предназначенных для борьбы с остеопорозом; одни подавляют активность остеокластов, другие стимулируют остеобlastы.

Строение кости

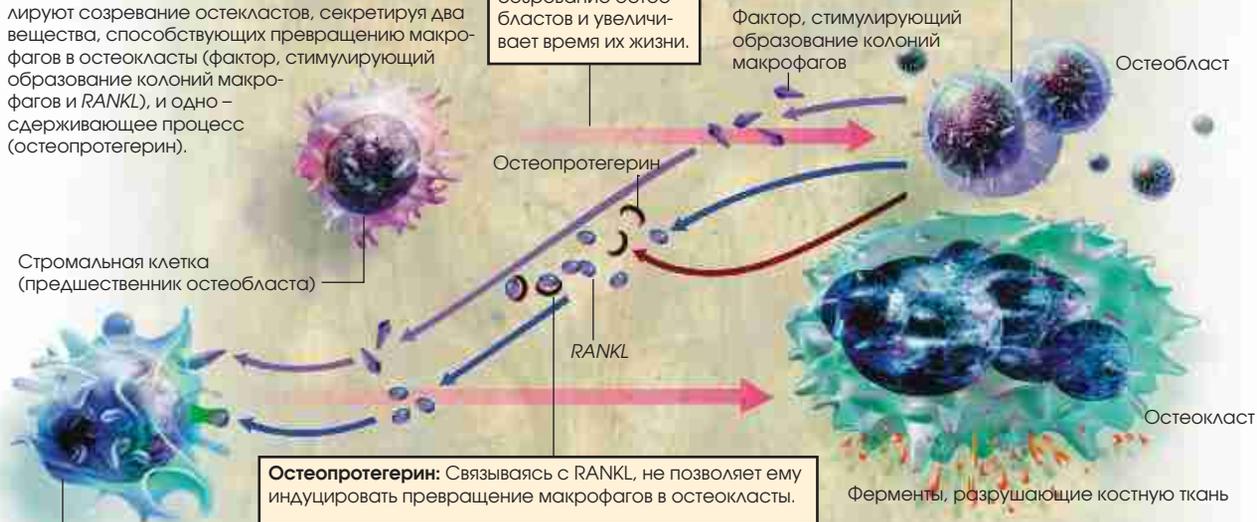


Образование остеокластов и остеобlastов

Остеобlastы образуются из клеток-предшественников, называемых стромальными клетками, а остеокласты – из макрофагов. Остеобlastы контролируют созревание остеокластов, секретируя два вещества, способствующих превращению макрофагов в остеокласты (фактор, стимулирующий образование колоний макрофагов и RANKL), и одно – сдерживающее процесс (остеопротегерин).

Паратгормон: При прерывистом режиме приема лекарство ускоряет созревание остеобlastов и увеличивает время их жизни.

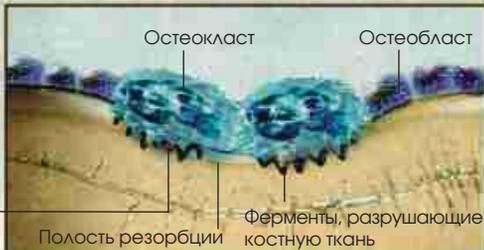
Эстрогены: Заставляют остеобlastы образовывать больше остеопротегерина, увеличивают время их жизни и убивают остеокласты.



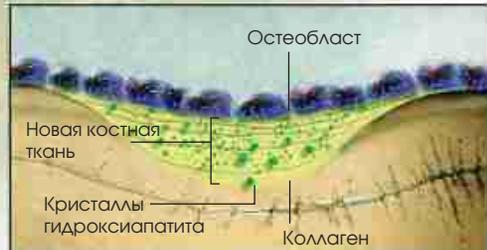
Остеопротегерин: Связываясь с RANKL, не позволяет ему индуцировать превращение макрофагов в остеокласты.

Обновление костей

Бисфосфонаты: Запускают процесс саморазрушения остеокластов.



Резорбция: Остеокласты прикрепляются к кости и секретируют разрушающие ее ферменты, которые образуют полость резорбции. Процесс сопровождается высвобождением кальция.



Образование новой ткани: Остеобlastы заполняют полость слоями новой костной ткани. Когда остеокласты «вгрызаются» в кость слишком глубоко, а остеобlastы не успевают устранить следы разрушения, развивается остеопороз.

RANKL и мешает ему взаимодействовать с истинным рецептором на поверхности макрофага.

Любое вещество, подавляющее образование остеокластов (а тем самым и процесс резорбции), должно способствовать уплотнению костной ткани. Именно к такому эффекту приводит введение остеопротегерина. Доказано, что скорость резорбции при этом уменьшается не менее чем на 60%. Выявлены и другие сигнальные молекулы, влияющие на координацию процессов образования и рассасывания

местно рекомендовали пожилым пациенткам принимать эстрогены (в сочетании с прогестином, одной из форм прогестерона) не только для лечения остеопороза, но и для решения других возрастных проблем (болезни сердца, старческое слабоумие и т.д.). Считалось, что благотворный эффект заместительной гормонотерапии перевешивает ее негативные последствия.

Ситуация резко изменилась в июле 2002 г., когда руководители органов здравоохранения, инспектируя данные

храняют от его влияния. Сегодня разрешен только один такой препарат – ралоксифен (*Evista*), другие проходят испытания. Как средство, повышающее плотность костей, ралоксифен не столь эффективен, как эстроген он может вызывать «приливы», но зато он уменьшает риск развития рака молочной железы.

Контроль и еще раз контроль

В ближайшие годы начнутся испытания синтетических эстрогенов, обладающих всеми преимуществами эстрогенов

Сегодня появились **НОВЫЕ** лекарства, снижающие вероятность переломов костей на 70% за первый год приема и не обладающие побочными эффектами.

костной ткани. Среди них – эстрогены, паратгормон (ПГ) и инсулиноподобный фактор роста 1.

Эстрогены, циркулирующие в крови, связываются с клеточными рецепторами разных тканей и органов, в том числе матки, молочной железы, толстой кишки, мышц, костей. О том, что они способствуют сохранению костной ткани, врачи знают уже 50 лет, но только сейчас стало ясно, что одна из функций эстрогена состоит в регуляции образования остеокластов. Эстроген связывается с остеобластами и вынуждает их секретировать больше остеопротегерина и меньше *RANKL*, что приводит к подавлению образования остеокластов и к сдерживанию процесса разрушения костей. С возрастом по мере уменьшения количества эстрогенов сдерживающий эффект ослабевает, а с появлением менопаузы вообще исчезает. Кроме того, эстроген увеличивает время жизни остеобластов и одновременно способствует саморазрушению остеокластов.

До недавнего времени врачи повсе-

Федеральной оздоровительной программы, пришли к выводу, что заместительная гормонотерапия вовсе не так хороша – она лишь немного уменьшает риск переломов и рака толстой кишки, но при этом увеличивает вероятность рака молочной железы, инфаркта, инсульта и образования тромбов. Спустя три месяца последовала рекомендация отказаться от заместительной гормонотерапии (эстрогены в сочетании с прогестином) как способа предотвращения сердечно-сосудистых и других хронических заболеваний, в том числе и остеопороза. Теперь лучшей заменой эстрогенов считаются бисфосфонаты.

Тем, кто особенно обеспокоен повышением риска развития рака молочной железы при долговременной гормонотерапии, можно порекомендовать новый класс препаратов – *SERM* (от англ. *selective estrogen receptor modulator*). На некоторые ткани (например, костные) они действуют так же, как эстрогены, другие же ткани (такие, как молочная железа) предо-

природных, но лишенных их недостатков. Они будут помогать как женщинам, так и мужчинам. Разработки опираются на революционную гипотезу Ставроса Манолагаса (*Stavros C. Manolagas*) из Арканзасского университета. Он предположил, что эстроген действует двояким образом. Во-первых, он воздействует на все возможные мишени в организме женщины – как репродуктивные клетки, так и нерепродуктивные. Пройдя сквозь клеточную мембрану, он диффундирует в цитоплазме к ядру и связывается со своим рецептором. Пара эстроген/рецептор (при содействии других ядерных белков, называемых коактиваторами) непосредственно взаимодействует со специфическими последовательностями в ДНК и «включает» гены, ответственные за активацию клетки.

Но этот «генотропный» путь (названный так потому, что эстроген взаимодействует с ДНК напрямую) не может объяснить всего многообразия оказываемых эстрогеном эффектов. ▶

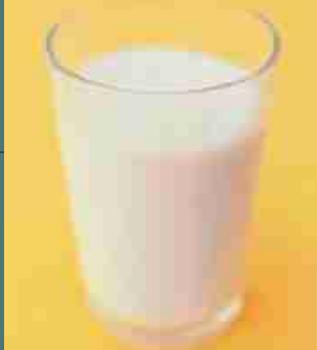
ВИНОВАТА ЭВОЛЮЦИЯ

Миллионы лет назад наши предки покинули водную стихию и постепенно превратились в наземных млекопитающих. Это породило одну очень серьезную проблему: как восполнить дефицит кальция, который раньше они получали из морской воды?

Человек и другие млекопитающие нашли такое решение: они используют в качестве склада кальция собственный скелет, который хранит 99% всех запасов этого вещества в организме. С помощью гомеостаза кальций высвобождается из костей или включается в них – его ровно столько, сколько необходимо для свертывания крови, обеспечения функционирования нервов, мышц и других систем организма. В этом же коренятся причины возникновения остеопороза: организм приносит в жертву скелет, когда в крови не хватает кальция.

Поддержание баланса кальция происходит в основном благодаря паратгормону (ПГ), витамину D и кальцию, который поступает в организм с пищей. Когда паращитовидная железа получает сигнал о снижении уровня циркулирующего в организме кальция, она секретирует ПГ, который способствует повышению концентрации кальция в крови. ПГ заставляет остеокласты интенсивнее рассасывать костную ткань и высвобождать кальций. Кроме того, он подает сигнал почкам направлять больше кальция в кровь, а не выводить его с мочой, и «сообщает» тонкому кишечнику о необходимости более эффективного всасывания кальция, поступающего с пищей. Для этого ПГ заставляет организм синтезировать больше витамина D.

Примерно 90% витамина D, присутствующего в организме взрослого человека,



GETTY IMAGES (glass of milk); JONELLE WEAVER/Getty Images (cheese); FRANCOISE SAUZE Photo Researchers, Inc. (calcium pills); INC. JANEART/Getty Images (woman walking)

синтезируется в коже под действием солнечного света. Некоторое его количество поступает в организм с пищей (жирной рыбой, яйцами, специально обогащенными витамином D продуктами). Роль ПГ заключается в том, что он способствует превращению предшественника витамина D, синтезируемого в эпидермисе, в его наиболее активную форму. Эти процессы протекают в почках и печени. Активированный витамин D оказывает прямое действие на всасывающую способность стенок тонкого кишечника, в результате чего в кровь поступает больше кальция.

Когда витамина D недостаточно, уровень Са в крови снижается, и паращитовидная железа начинает секретировать больше ПГ, стремясь повысить концентрацию витамина D. У людей с постоянным дефицитом этого витамина наблюдается склонность к развитию так называемого гиперпаратиреоза. Повышение уровня ПГ обеспечивает поддержание нормальной концентрации витамина D, но при этом ускоряет рассасывание костей, что часто приводит к остеопорозу.

Пониженная концентрация витамина D в крови – весьма распространенное явление, особенно у тех, кто живет в высоких широтах, где солнца не так много. Чтобы устранить его дефицит, рекомендуется женщинам старше 65 лет принимать ежедневно 400 МЕ (10 мкг) этого витамина, а в зимнее время – вдвое больше. Не менее важно получать с пищей или препаратами достаточное количество кальция – порядка 1000–1500 мг/сут. Физические нагрузки также очень важны для поддержания скелета в норме.

И тогда Манолагас предположил, что существует другой механизм, в рамках которого мишенью эстрогена являются только клетки костей и других непродуктивных органов как у мужчин, так и у женщин. Согласно гипотезе, эстроген по-прежнему связывается с клеточным рецептором, но затем пара гормон/рецептор действует на клетку опосредованно, при участии

киназ – ферментов, находящихся вне ядра, в цитоплазме.

Манолагас синтезировал эстрогеноподобный гормон эстрен, действующий исключительно по второму механизму. В своих опытах он использовал самок мышей с удаленными яичниками (это приводило к наступлению менопаузы). Введение эстрена сопровождалось более выраженным уплот-

нением костей, чем введение эстрогена, и, что очень важно, при этом не увеличивалась масса матки, т.е. на репродуктивные органы гормон не действовал. Аналогичный эффект наблюдался и в опытах на самцах.

Все результаты указывают на то, что эстрен может стать первым препаратом нового типа из серии ANGEL (от англ. *activators of nongenomic estrogenlike*

signaling), предназначенным для лечения остеопороза. Подобные лекарства смогут восстанавливать костную ткань более эффективно, чем эстроген, и не будут иметь побочных действий.

Один в двух лицах

В отличие от эстрогенов, служащих тормозом в развитии остеопороза, паратормон (ПГ) является «локомотивом» процесса разрушения костей, поскольку запускает образование остеокластов. Делает он это не впрямую – ПГ связывается с остеобластами и вынуждает их секретировать больше *RANKL* и меньше остеопротегерина,

ткани позвонков), повышается структурная целостность костей, снижается частота переломов как у мужчин, так и у женщин в постменопаузе. За первый год ежедневного введения ПГ плотность костей увеличивается на 8–10%, а риск переломов уменьшается на 60%.

Почему же ПГ, синтезируемый самим организмом, вызывает истончение костей, а импульсное введение того же гормона оказывает противоположное действие? По-видимому, в последнем случае ПГ ускоряет созревание предшественников остеобластов и одновременно продлевает жизнь самих остеобластов, увеличивая

Последние десять лет в Лаборатории Джексона в Бар-Харбор, штат Мэн, проводятся испытания на мышах с существенно различающейся плотностью минерального вещества в костях. Мы пришли к выводу, что у них уровень *IGF-1* на 60% обусловлен генетически. Это очень важное наблюдение, поскольку появляются данные, что повышение (до высшей границы нормы) содержания *IGF-1*, при котором наблюдается его сдерживающий эффект в отношении остеопороза, коррелирует с повышением риска рака груди, простаты и прямой кишки. Вполне вероятно, что в будущем этот показатель

Недавние исследования показали, что плотность костной ткани и вероятность переломов обусловлены генетически

действуя прямо противоположно эстрогену. Однако недавно обнаружилось, что пользующийся дурной славой разрушителя костей гормон может, напротив, выступать в роли строителя. Вполне возможно, он станет лучшим из всех известных препаратов, помогающих одолеть остеопороз.

А дело вот в чем. Если ПГ присутствует в организме в избытке постоянно, то он действительно способствует рассасыванию костной ткани, прерывистое же его введение оказывает прямо противоположный эффект. Первые указания на удивительные способности ПГ восстанавливать костную ткань были получены в 1928 г. в опытах на собаках, но тогда на них никто не обратил внимания. О работе вспомнили в 1970-х, когда в Массачусетской больнице и в Кембриджском университете приступили к экспериментам с применением сначала природного, а затем генноинженерного ПГ. Исследования на человеке показали, что если ПГ вводить прерывисто, то увеличивается плотность костной ткани (особенно

как число этих клеток, так и время их действия. Кроме того, в деятельности ПГ принимает участие особое вещество – инсулиноподобный фактор роста-1 (*IGF-1*). Активируясь в результате импульсного введения ПГ, этот фактор подталкивает стромальные клетки к скорейшей дифференцировке в остеобласты. У взрослых людей уровень *IGF-1* в крови значительно различается, что сказывается на плотности костной ткани. Например, обнаружилось, что у женщин с самым высоким содержанием *IGF-1* – самая высокая плотность костной ткани позвоночника, бедренных костей и кисти.

Уровень *IGF-1* в организме определяется в основном генетическими факторами, хотя известно, что при недоедании концентрация *IGF-1* падает.

ОБ АВТОРЕ:

Клиффорд Роузен (Clifford J. Rosen) – исполнительный директор Центра по изучению остеопороза в Бангоре, штат Мэн, сотрудник Лаборатории Джексона в Бар-Харбор. Президент Американского общества по исследованию состояния костных тканей, автор нескольких монографий, посвященных остеопорозу и борьбе с ним.

будет использоваться для оценок риска и остеопороза, и всех упомянутых онкологических заболеваний.

И последнее. *DEXA*-сканирование позвоночника моей новой пациентки подтвердило мои опасения. У нее действительно произошел перелом 8-го позвонка грудного отдела (Т8), а плотность костного вещества была гораздо ниже нормы. Диагноз «остеопороз» не вызывает сомнений, но прогноз не такой уж плохой. Я назначил ей бисфосфонат и сказал, что через несколько недель боль в спине пройдет. Через год плотность костной ткани увеличится на 5–10%, а вероятность перелома снизится на 70%. Эти новости ее очень обрадовали – скоро в семье появится еще один внук, и помощь бабушки будет очень кстати. ■

динозавры или птицы:

КТО ОПЕРИЛСЯ ПЕРВЫМ?

Открытия последних лет полностью опровергают традиционные представления об эволюции пера.

Ричард Прам и Алан Браш

Перья появились у хищных двуногих динозавров еще до того, как на Земле возникли птицы. Изображенные существа – реконструкция недавно обнаруженных в Северном Китае окаменелостей с хорошо различимыми отпечатками перьев. Крупный динозавр, пожирающий ящерицу, – *Sinornithosaurus*; справа от него – *Sinosauropteryx*; небольшой ящер на стволе дерева в центре – *Microaptor*.





Как возникли перья, эти невероятно прочные, легкие и сложно устроенные придатки, покрывающие кожу некоторых животных? Откуда они взялись? Всего лишь пять лет назад ученые приблизились к разгадке этой тайны и пришли к неожиданному выводу: впервые перья появились у динозавров, когда птиц еще не было и в помине.

Ложные гипотезы долго тормозили изучение этого вопроса. Например, предположения, что примитивные перья возникли в результате удлинения и разветвления чешуй рептилий или что они появились в процессе эволюции для выполнения определенных функций (возможно, летательных), только запутывали ситуацию. Положение ухудшалось и полное отсутствие ископаемых примитивных перьев. Долгие годы древнейшей ископаемой птицей считался *Archaeopteryx*, живший на Земле в позднем юрском периоде – 148 млн. лет назад. Но его перья почти ничем не отличались от перьев современных птиц.

Однако недавние открытия подтвердили предположение о том, что эволюцию анатомических признаков того или иного вида можно лучше понять в результате изучения онтогенетического развития организма – сложной совокупности механизмов, благодаря которым особь достигает своих окончательных размеров и формы. К тому же в Китае палеонтологи нашли целую «коллекцию» оперенных динозавров, чьи перья гораздо примитивнее, чем перья современных пернатых и даже археоптерикса.

Эти открытия привели ученых к революционному выводу: впервые перья появились у хищных двуногих динозавров из подотряда *Theropoda*, прежде чем возникли птицы.

Как растут перья

Когда ученые взглянули на перо по-новому и изучили его развитие у современных пернатых, перед ними предстала поразительная картина. Подобно волосам, ногтям и чешуе, перья – производные кожи, которые формируются в результате увеличения числа клеток в эпидермисе, вырабатывающих белки кератины. Типичное перо состоит из главного ствола, или стержня (см. стр. 65), от которого отходят тонкие веточки – бородки. От ствола каждой бородки (рамуса) с обеих сторон тянутся еще более тонкие нити – бородочки. Широкая нижняя часть стержня (очин) – полая и лишена бородок; основание очина погружено в кожу и находится в перьевой сумке.

Несмотря на огромное разнообразие, большинство перьев благодаря особенностям строения можно отнести к одному из двух классов. Типичное контурное перо имеет хорошо выраженные стержень и бородки, образующие опахало. Бородки в опахале сцеплены друг с другом с помощью бородочек, снабженных крючочками, фиксированными в желобках (выемках) соседних бородочек. Такие перья покрывают тело птицы, а их плотно сомкнутые опахала создают аэродинамическую поверхность. Для пуховых

же перьев характерны слабо развитый, короткий стержень и рыхлый пучок бородок с длинными бородочками, которым они и обязаны своей легкостью и замечательными теплоизоляционными качествами.

Основной структурный элемент всех птичьих перьев – трубка, полость которой заполнена питающей дермальной пульпой. Хотя перо и напоминает с виду ветвистое дерево, из перьевой сумки оно вырастает наподобие волоса. Как же происходит этот процесс?

Рост пера начинается с утолщения (плакнды) эпидермиса, которое затем вытягивается в трубку – зачаток пера (см. рис. на стр. 66). В результате пролиферации клеток, образующих кольцо вокруг зачатка, формируется цилиндрическое углубление – перьевая сумка. Растущие кератиноциты, находящиеся в эпидермальном слое сумки (воротничке), вытесняют старые клетки вверх. Так постепенно, в результате четко скоординированной последовательности событий и рождается одно из чудес природы – перо.

На одном из этапов процесса воротничок сумки делится на ряд продольных столбиков (гребней), из которых развиваются бородки. Если перо контурное, растущие бородки образуют спираль вокруг трубчатого зачатка пера и, сливаясь друг с другом, образуют стержень. Одновременно на другой стороне трубки возникают новые гребни бородок. Если же перо пуховое, спирального «движения» гребни бородок во время роста не обнаруживают.

Эволюционная биология развития и перья

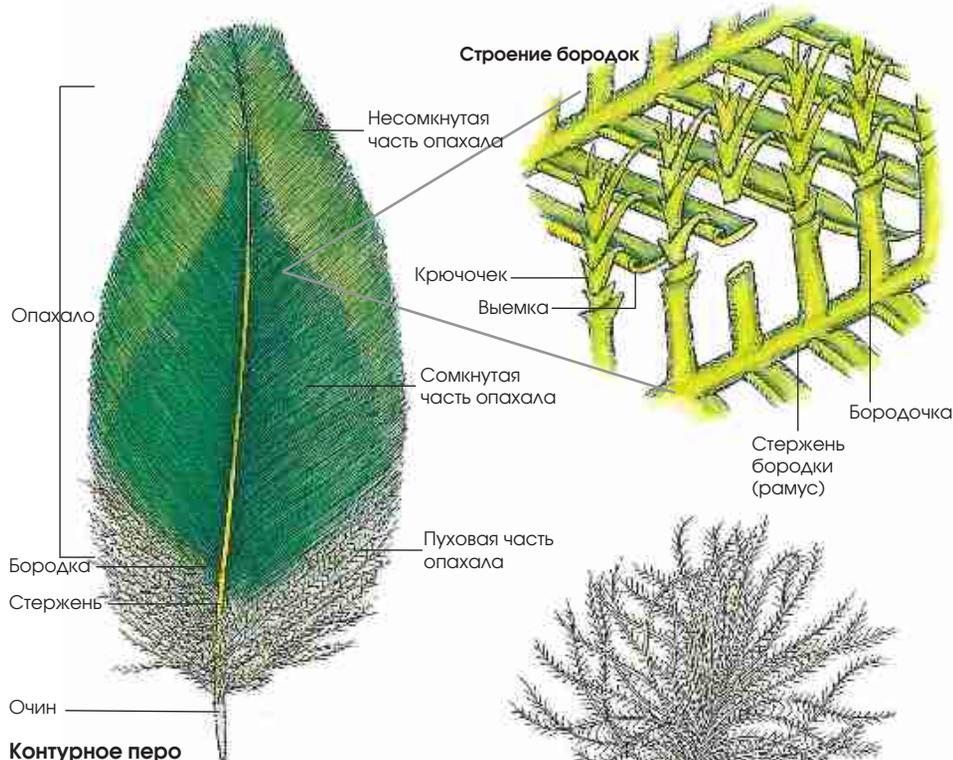
Как и многие другие ученые, мы полагаем, что истинную природу примитивных структур, явившихся эволюционными предшественниками перьев, можно лучше понять, изучив онтогенетическое развитие пера у современных птиц. Мы считаем также, что в процессе эволюции перья прошли несколько стадий развития, каждая из которых ознаменовалась определенным новшеством, связанным с механизмами роста (см. стр. 66).

ОБЗОР: ЭВОЛЮЦИЯ ПЕРЬЕВ

- Развитие пера у современной птицы проливает свет на эволюцию перьев у животных в далекую доисторическую эпоху. Изучение индивидуального развития организма для понимания его эволюции породило новую область науки – эволюционную биологию развития.
- Согласно предлагаемой теории происхождения перьев, их эволюция включала несколько стадий. На каждой стадии возникало некое новшество, связанное с ростом перьев, которое затем служило основой для возникновения следующего.
- Предлагаемая теория подкрепляется последними открытиями в различных областях биологии и палеонтологии.

ПРИРОДА ПЕРЬЕВ

Перья птиц выполняют многочисленные функции – от привлечения партнеров до обеспечения полета. Разнообразие перьев обусловлено особенностями формы их основных компонентов – бородок, бородочек и стержня. Контурные перья состоят из стержня и опахала и обеспечивают полет, пуховые – снабжены рыхлым пучком бородок и служат для терморегуляции.



Контурное перо

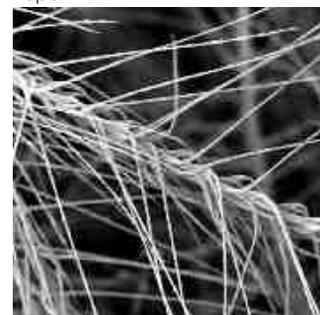
Опахало пера образовано парными бородками, отходящими от центрального стержня. В сомкнутой его части крошечные крючки одной бородочки сцеплены с выемками соседней (см. рис. вверху и среднюю микрофотографию), образуя сплошную поверхность. В несомкнутой части опахала бородочки не сцеплены. Контурные перья с сомкнутыми опахалами обеспечивают полет.



Несомкнутое опахало контурного пера



Сомкнутое опахало контурного пера



Пуховое перо

Пуховое перо лишено опахала. Оно состоит из рудиментарного стержня, от которого отходит пучок бородок с удлиненными бородочками.



Пуховое перо

Пух – прекрасный теплоизоляционный материал.



Покровное перо

Покровные перья придают телу птицы обтекаемую форму.



Маховое перо

Асимметричное опахало создает аэродинамические силы.

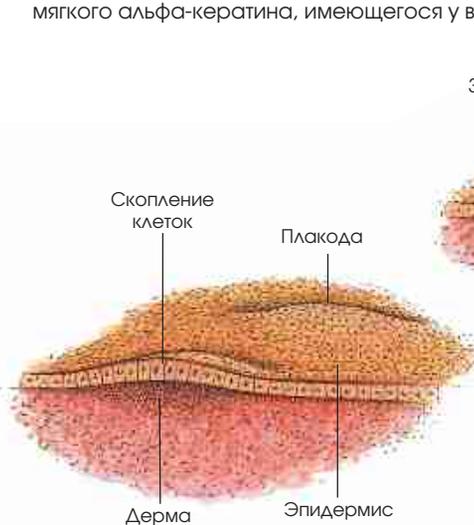


Оперение птенцов

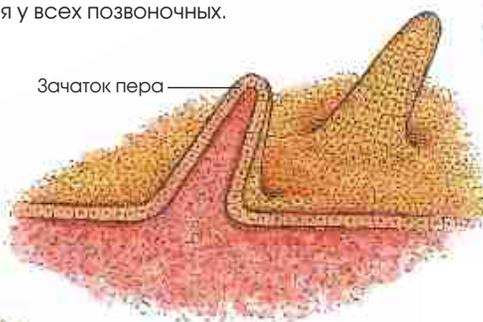
Вылупившиеся птенцы двух видов какаду покрыты пухом и плохо развитыми контурными перьями.

КАК РАСТУТ ПЕРЬЯ

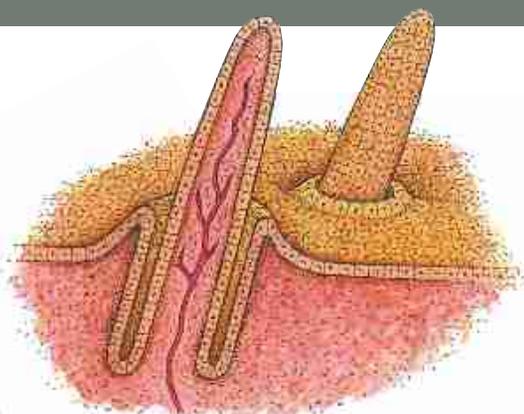
Подобно волосам, ногтям и чешуе, перья растут благодаря пролиферации и дифференцировке кератиноцитов. Клетки эпидермиса вырабатывают белки кератины. Кератины (белковые волокна) в результате полимеризации образуют твердые структуры. Перья состоят из бета-кератинов, характерных только для птиц и рептилий. Наружный покров растущего пера (чехлик) состоит из более мягкого альфа-кератина, имеющегося у всех позвоночных.



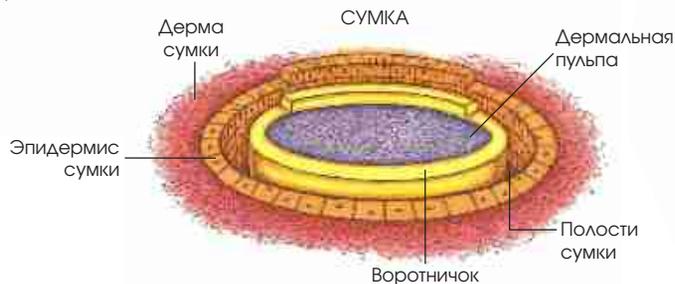
Рост пера начинается с образования плакоды – утолщения эпидермиса над скоплением клеток в дерме.



Плакода затем образует уникальную трубчатую структуру – зачаток пера.



Пролиферация клеток, окружающих кольцом зачаток пера, приводит к образованию перьевой сумки, из которой и вырастет перо. Непрерывно образующиеся новые кератиноциты в воротничке, расположенном в основании сумки, вытесняют старые клетки вверх, в результате чего и формируется трубчатое перо.



В 1999 г. мы предложили следующую схему. На стадии 1 произошло трубчатое удлинение плакоды из зачатка пера и перьевой сумки. Так возникло первое перо – неразветвленная полая цилиндрическая структура. Но стадии 2 дифференцировался воротничок сумки (кольцо эпидермальной ткани): его внутренний слой превратился в продольные гребни бородок, а наружный – в защитный чехлик. Тогда-то и образовался пучок бородок, соединенных с полым цилиндром – очинном пера.

Согласно модели, следующая стадия эволюции включала либо возникновение спирального роста гребней бородок и образование стержня (стадия 3a), либо появление бородочек (стадия 3b). По первому сценарию в перьевой сумке

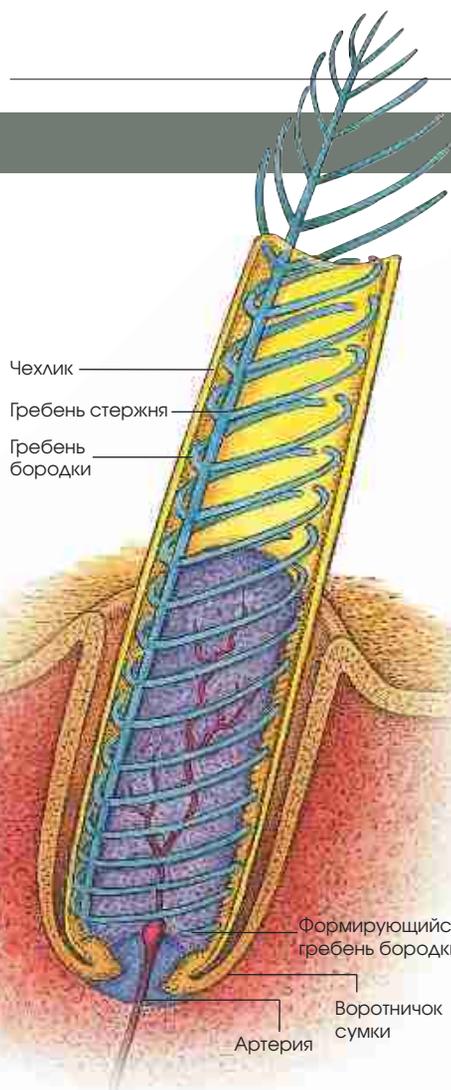
развивалось перо со стержнем и рядом простых бородок, по второму – пучок бородок с разветвленными бородочками. Независимо от того, какая из этих стадий возникла раньше, эволюция обоих признаков (стадия 3a+b) должна была привести к появлению дважды разветвленных перьев, снабженных стержнем, бородками и бородочками. А поскольку бородочки на этом этапе были еще недифференцированными, опахало контурного пера не было сомкнутым, т.е. оно не образовывало плотной поверхности со сцепленными бородочками.

На стадии 4 возникли дифференцированные бородочки. На них появились крючочки, и образовалось контурное перо с сомкнутым опахалом.

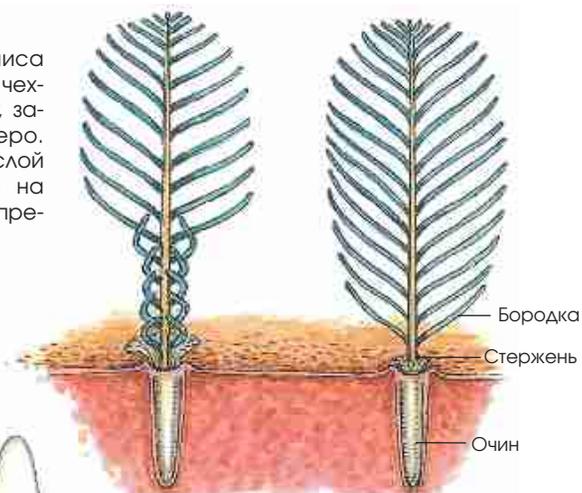
Дополнительные варианты перьев (например, асимметричное опахало махового пера) могли появиться только по завершении стадии 4. На стадии 5 возникли перья с сомкнутым асимметричным опахалом.

Данные молекулярной биологии

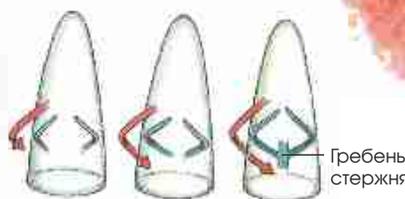
Нашу модель эволюции перьев подкрепляют и новые поразительные открытия в области молекулярной биологии, подтверждающие существование трех первых стадий. Современные методы исследования позволяют заглянуть внутрь клеток и определить, экспрессируются ли в них специфические гены. Несколько групп ученых использовали эти методы в сочетании



Наружный слой эпидермиса превращается в перьевой чехлик – временную структуру, защищающую растущее перо. Тем временем внутренний слой эпидермиса разделяется на ряд столбиков – гребней, превращающихся в бородки.



СПИРАЛЬНЫЙ РОСТ



Растущее перо разрывает прикрывающий его чехлик, расправляется и приобретает плоскую форму. Когда перо достигает окончательного размера, воротничок сумки образует трубчатую нижнюю часть стержня.

В контурном пере гребни бородок растут вокруг воротничка по спирали. Затем они сливаются, образуя гребень стержня. Последующие гребни бородок соединяются с гребнем стержня. В пуховом пере (не показано) спиральный рост гребней бородок отсутствует: в основании пера образуется короткий стержень.

с экспериментальными подходами, позволяющими изучать функции белков, кодируемых соответствующими генами во время развития пера. Мэтью Хэррис (Matthew Harris) и Джон Фэллон (John F. Fallon) из Университета г. Мадисон штата Висконсин и один из авторов этой статьи (Р. Прам) исследовали два гена – *Sbb* и *Bmp2*, играющих ключевую роль в развитии конечностей, пальцев, зубов и различных структур кожи (волос, ногтей и т.д.) у позвоночных. Было установлено, что белки этих генов работают как модульная пара сигнальных молекул, подвергающаяся на всем протяжении развития пера многократному использованию. Белок *Sbb* индуцирует клеточную пролиферацию, а *Bmp2*

регулирует ее скорость и способствует клеточной дифференцировке.

Экспрессия генов *Sbb* и *Bmp2* начинается в плакоде, продолжается в кончике трубчатого зачатка пера во время его первоначального удлинения, а затем – в эпителии, разделяющем формирующиеся гребни бородок. В контурных перьях команды *Sbb* и *Bmp2* задают паттерн спирального роста гребней бородок и образования стержня, а в пуховых перьях – менее сложный паттерн роста бородок. На каждой стадии развития набор команд, отдаваемых генами, отличается своими особенностями.

Полученные данные подтверждают, что развитие пера включает серию соподчиненных стадий, в которой

все последующие события механически зависят от процессов, происшедших на предыдущем этапе. Так, развитие продольных столбиков при экспрессии генов *Sbb-Bmp2* обуславливается предшествующим ростом удлиненного рубчатого зачатка пера. А особенности экспрессии генов зависят от предшествующего формирования продольных столбиков. Таким образом, данные молекулярной биологии хорошо согласуются с предположением, что в процессе эволюции перо прошло долгий путь развития от удлиненной трубчатой структуры (стадия 1) и рыхлого пучка бородок (стадия 2) до сложного образования со стержнем и опахалом (стадия 3а).

Главные участники событий

Главным же подтверждением нашей теории стал результат палеонтологических раскопок на севере Китая. В провинции Ляонин китайские, американские и канадские ученые извлекли из земли впечатляющую «коллекцию» ископаемых, относящихся к раннему меловому периоду (124–128 млн. лет

назад). Помимо останков древнейших цветковых растений, первых плацентарных млекопитающих и других организмов были обнаружены разнообразные окаменелости хищных двуногих динозавров с хорошо сохранившимися деталями покрова. Четкие отпечатки перьев, похожих на перья современных птиц, и разнообразных примитивных

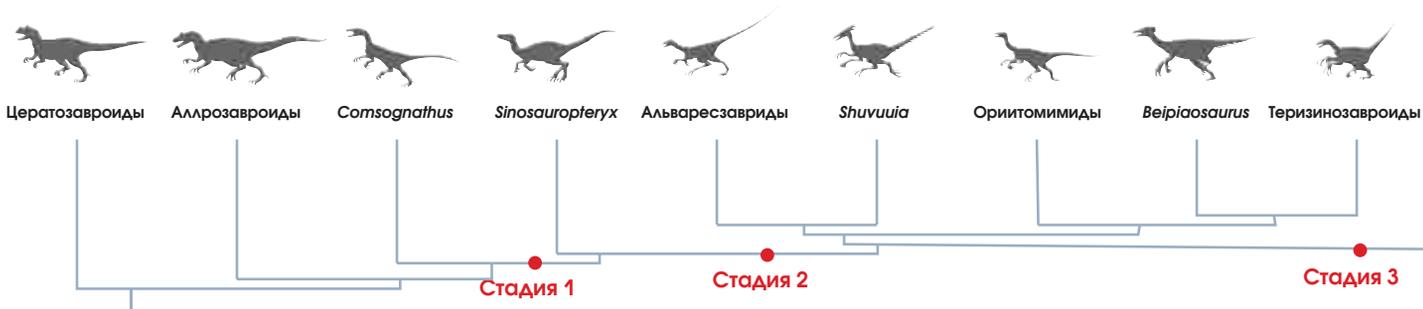
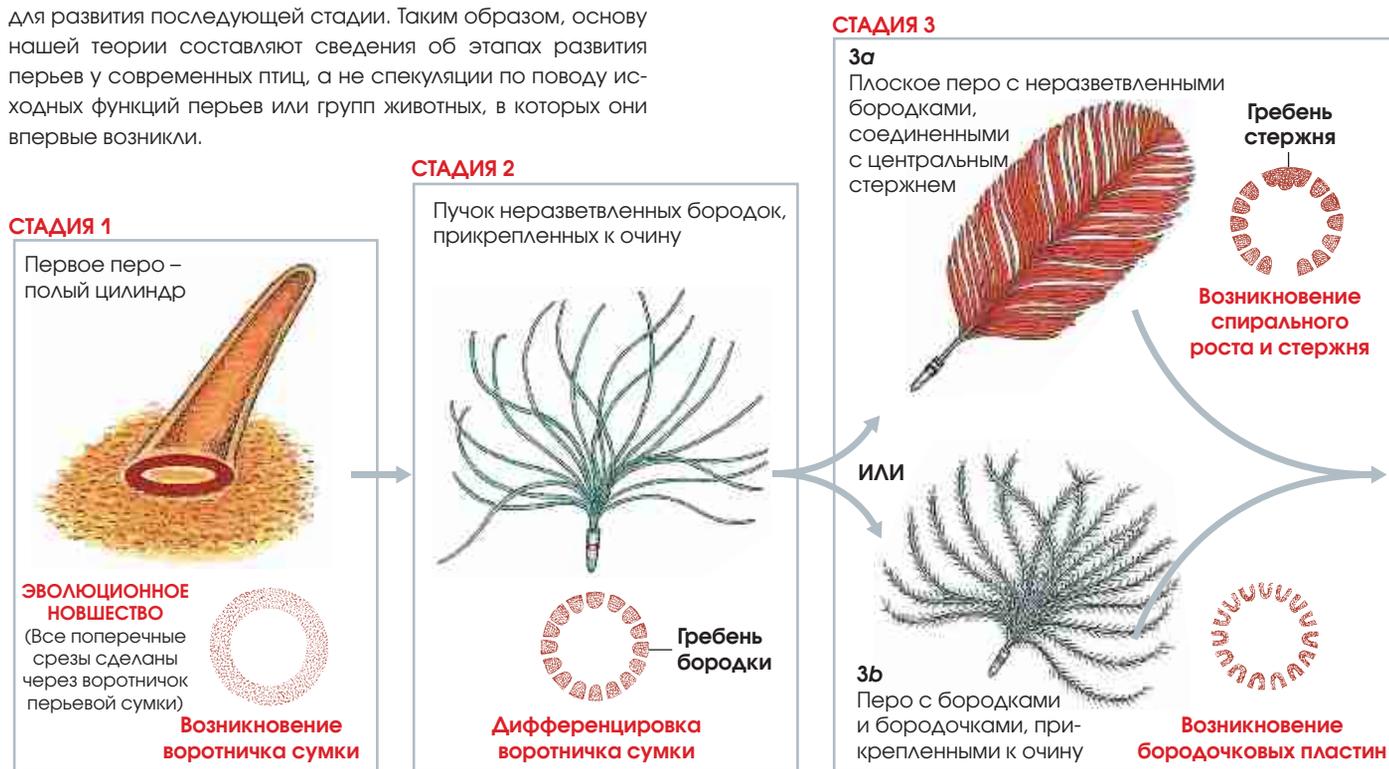
перьевидных структур были обнаружены у различных динозавров. Напрашивался неизбежный вывод: перья возникли и приобрели свое современное строение у наземных двуногих хищных ящеров до того, как на Земле появились птицы.

Первым динозавром с перьями был целурозавр *Sinosauropteryx*, ящер

ЭВОЛЮЦИЯ, ОНТОГЕНЕЗ И ПЕРО

Создавая теорию происхождения перьев, авторы руководствовались представлениями эволюционной биологии развития, согласно которым эволюцию новых признаков можно лучше понять, зная механизмы их онтогенеза у современных животных. Предполагается, что уникальные характеристики перьев сформировались в результате эволюционных новшеств, каждое из которых имело существенное значение для развития последующей стадии. Таким образом, основу нашей теории составляют сведения об этапах развития перьев у современных птиц, а не спекуляции по поводу исходных функций перьев или групп животных, в которых они впервые возникли.

Недавние ископаемые находки в провинции Ляонин (Китай) дают ответ на вопрос, у каких динозавров из группы *Theropoda* возникли перья той или иной стадии эволюции. На основании сходства между предсказанными моделью примитивными перьями и формой окаменелых отпечатков перьев авторы предположили, что перья каждой эволюционной стадии возникли у определенной группы динозавров.

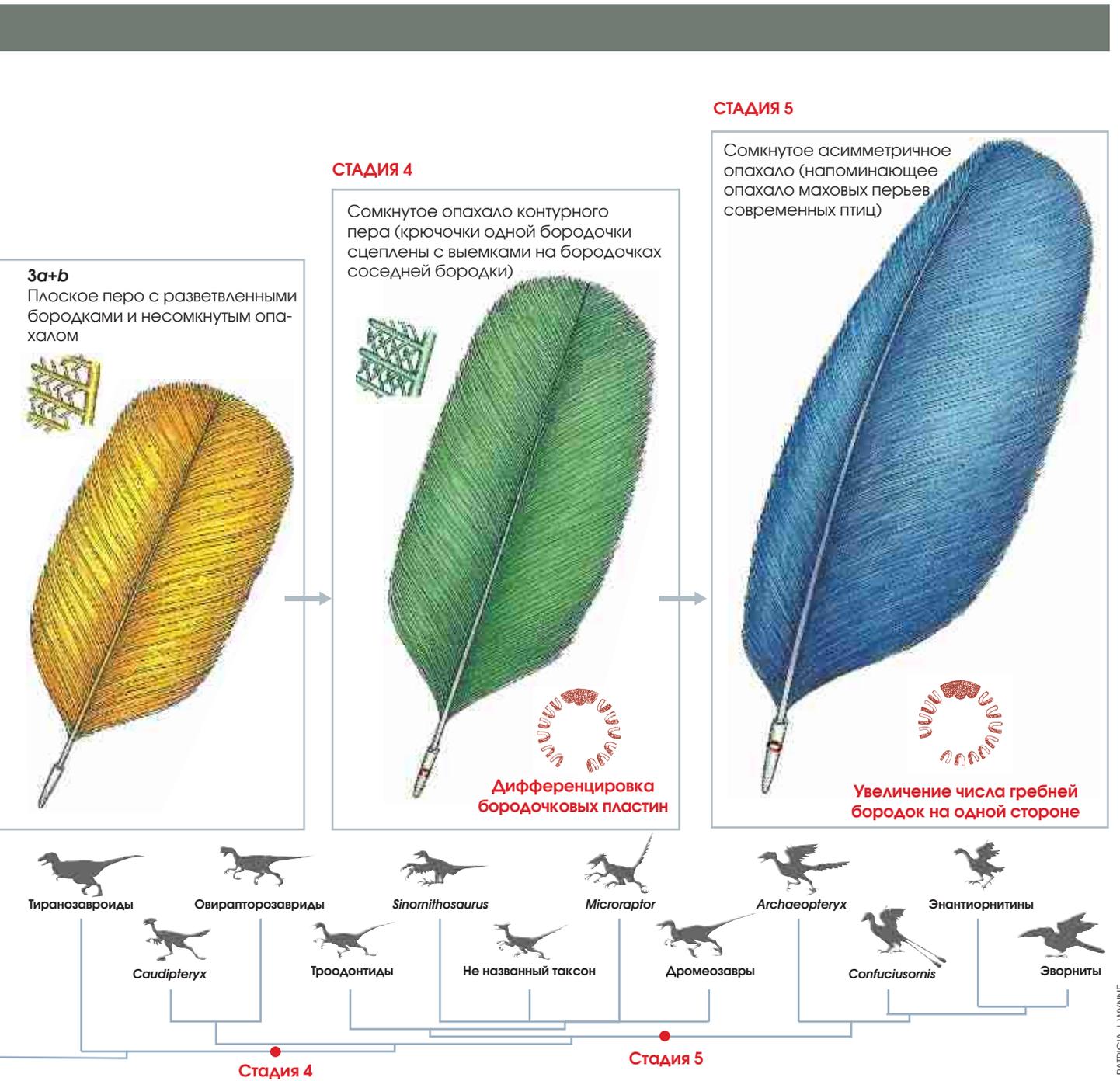


размером с курицу, обнаруженный в 1997 г. Его кожа была покрыта небольшими трубочками и ветвящимися образованиями. Затем палеонтологи нашли останки *Caudipteryx* – динозавра из группы овирапторов величиной с индейку. У него на конце хвоста и передних конечностях прекрасно сохранились контурные перья. Скептики

тут же объявили *Caudipteryx* древнейшей нелетающей птицей, но тщательный филогенетический анализ определил его в ряд овираптороподобных хищных динозавров. Впоследствии контурные перья были найдены в провинции Ляонин у дромеозавров – теропод, связанных с птицами наиболее тесными родственными узлами. В общей

сложности отпечатки перьев были обнаружены у окаменелостей более чем дюжины различных представителей теропод, включая теризинозавра *Beipiaosaurus* величиной со страуса и нескольких дромеозавров (*Microaptor*, *Sinornithosaurus* и др.).

Выявленная у ящеров неоднородность перьев – поразительный факт, прямо ▶



подтверждающий правильность нашей теории. Наиболее примитивные из известных перьев (перья *Sinosauropteryx*) представляют собой простейшие трубчатые образования, напоминающие предсказанную моделью стадию 1. Для *Sinosauropteryx*, *Sinornithosaurus* и некоторых других теропод характерны покровные структуры, снабженные

открытым пучком боронок и лишенные стержня, которые обнаруживают сходство со стадией 2. Найдены также отпечатки контурных перьев с явно дифференцированными бородками и сомкнутым плоским опахалом, соответствующие стадии 4.

Находки позволили дать новое определение существам, называемым

птицами, и пересмотреть биологию и естественную историю динозавр-теропод. Ученые обычно определяли птиц (т.е. группу животных, включающую все виды, возникшие от самого последнего общего предка археоптерикса и современных пернатых) как летающих позвоночных, чье тело покрыто перьями. Сегодня мы вынуждены определять их как группу оперенных хищных динозавров, выработавших в процессе эволюции способность к машущему полету. Новые ископаемые находки продолжают сужать разрыв между птицами и динозаврами, что в конце концов породит еще большие затруднения при определении пернатых. И наоборот, у многих из самых харизматичных и канонических динозавров (например, *Tyrannosaurus* и *Velociraptor*) кожу, возможно, покрывали перья. Однако птицами они не были.

Новые представления

Последние ископаемые находки и открытия в области биологии развития наносят сокрушительный удар по классической теории о возникновении перьев из чешуй рептилий. Согласно новой модели, эволюционное превращение сначала было связано с удлинением перьев, затем – с развитием бахромчатых краев и, наконец, – с возникновением бородочек, снабженных крючочками и выемками. Но, как уже отмечалось, перья – трубчатые образования; две плоскости их опахала (передняя и задняя) образуются внутренней и наружной частью трубки только после того, как перо, расправляясь, появляется из цилиндрического чехлика. Напротив, две плоские стороны чешуи развиваются из верхней и нижней части первичного эпидермального разрастания, образующего чешую.

Новые данные делают несостоятельной и популярную теорию о том, что перья возникли и эволюционировали как приспособления для полета. Полет обеспечивают только перья с асимметричным сомкнутым опахалом, которые, согласно нашей теории, возникли только на стадии 5. Связывать



В окаменелостях, обнаруженных в карьерах провинции Ляонин (Китай), хорошо различимы отпечатки перьев (на снимке – передняя конечность *Caudipteryx*). У ископаемых останков – прекрасно сохранившиеся контурные перья хвоста и передних конечностей.

ДИНОЗАВРЫ ИЛИ ПТИЦЫ? РАЗРЫВ СОКРАЩАЕТСЯ

Когда номер журнала был уже в печати, пришло сообщение о новой сенсационной находке: в Китае нашли динозавра с асимметричными перьями (т.е. пригодными для полета) на передних и задних конечностях. До этого единственными существами с подобными перьями ученые считали птиц, а такие перья рассматривали как один из уникальных признаков, отличающих пернатых от их предков – динозавров. Таким образом, установлено, что не только перья как таковые, но даже маховые («летательные») перья возникли прежде, чем на Земле появились птицы.

Цзинь Цзу и Чжонг Чжу из Института палеонтологии позвоночных и палеоантропологии Китайской академии наук сообщают, что у обнаруженного ящера из рода *Microaptor* были современного вида асимметричные перья, образующие передние и задние «крылья».

Дебаты по поводу происхождения птичьего полета ведутся в основном между сторонниками двух гипотез. По мнению одних, птицы «сорвались» с деревьев, освоив сначала планирующий полет; по мнению других, птицы поднялись в воздух с земли, энергично размахивая крыльями во время быстрого бега. Цзу и сотрудники отмечают, что новая находка свидетельствует в пользу первой гипотезы. Однако ряд существенных вопросов по-прежнему остается без ответа. Например, как же на самом деле *Microaptor* использовал свои четыре «крыла»?



Последняя сенсация: «четверокрылый» *Microaptor gui*.

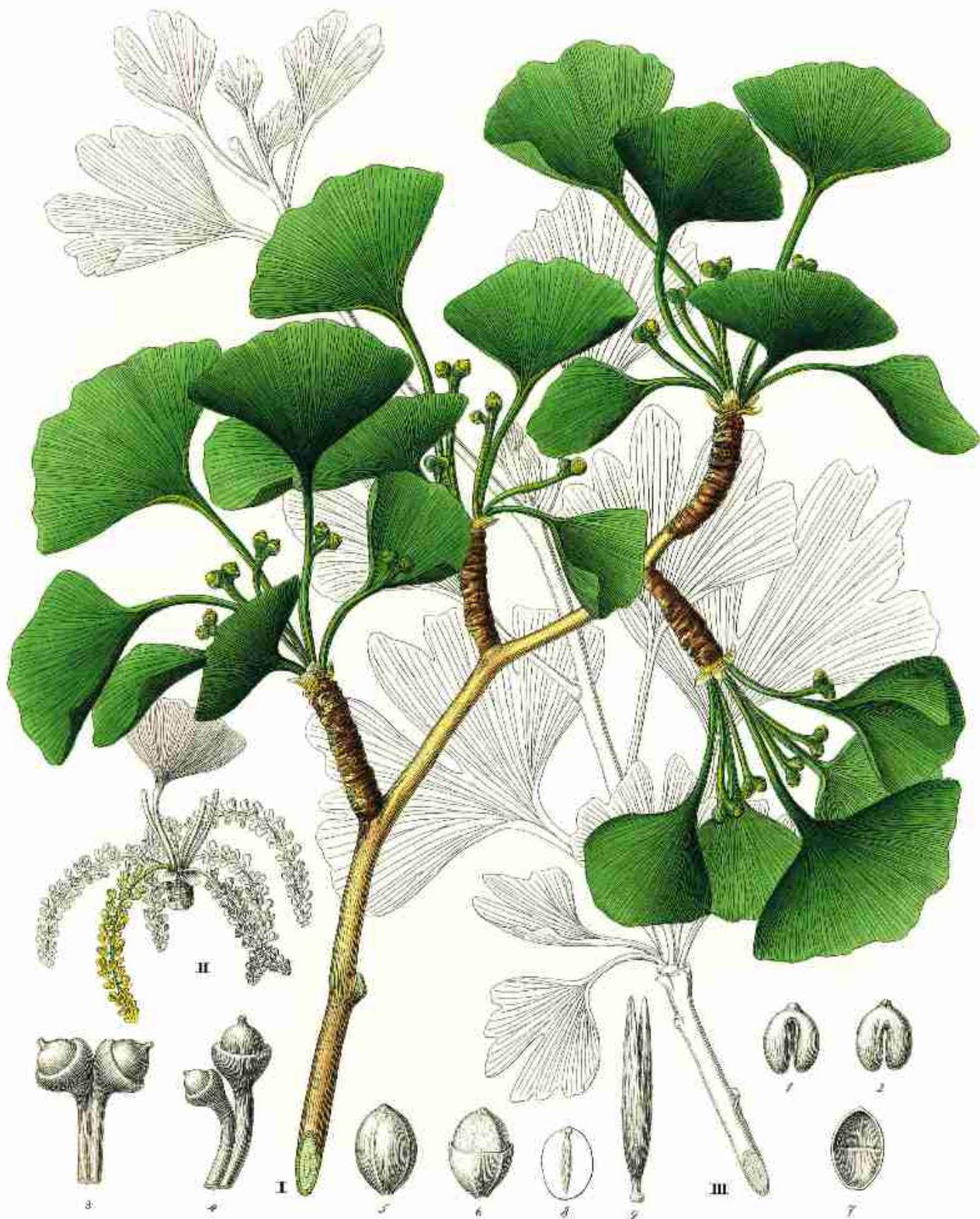
появление перьев с возникновением полета – все равно что связывать эволюцию пальцев человека с игрой на пианино. Скорее всего, перья «освоили» аэродинамическую функцию только после того, как значительно усложнилась их структура. Иными словами, перья появились и развились для одних целей, а потом стали использоваться для других. Возможно, первоначально перья отвечали за терморегуляцию, защиту кожи от повреждений и намокания, маскировку и т.д. Согласно нашей теории, перья возникли в результате серии эволюционных новшеств, каждое из которых имело особое назначение. Известно, однако, что перья появились только после того, как в коже некоторых видов сформировались трубчатый зачаток пера и перьевая сумка. Таким образом, выросший из кожи трубчатый придаток предоставил животным некое эволюционное преимущество.

Креационисты и прочие «эволюционные» скептики давно уже используют перья в качестве доказательства несостоятельности теории эволюции. Ведь вплоть до последнего времени никаких переходных структур между чешуей рептилий и перьями ученым известно не было. Кроме того, закономерно возникал вопрос, для чего естественному отбору, стремившемуся совершенствовать летательные качества животных, нужно было сначала «расщеплять»

удлиненную чешую, а потом вновь «вливать» ее в сплошное опахало? Сегодня, по иронии судьбы, перья рассматриваются нами в качестве образцового примера того, как надлежит изучать происхождение эволюционного новшества: сосредоточиться на понимании природы нового признака и проследить его онтогенетическое развитие у современных организмов. Такой подход наверняка поможет нам разгадать и многие другие тайны природы. ■

ОБ АВТОРАХ:

Ричард Прам (Richard O. Prum) и **Алан Браш** (Alan H. Brush) – специалисты в области биологии перьев. Р. Прам – доцент экологии и эволюционной биологии в Канзасском университете и куратор орнитологии в Музее естественной истории и Центре по изучению биоразнообразия штата Канзас. Круг его научных интересов охватывает филогенез птиц, брачное поведение и размножение пернатых, эволюцию перьев. А. Браш – почетный профессор экологии и эволюционной биологии в Коннектикутском университете. Изучал биохимию пигментов перьев и кератинов и эволюцию перьев.



Веерообразные листья гинкго. Рисунок заимствован из книги «Флора Японии» (*Flora Japonica*), написанной в XIX в. немецким врачом Филиппом фон Зибольдом. Экстракт из этого растения – один из фитопрепаратов, наиболее широко используемых для улучшения памяти.

ПОДНОЗОТНАЯ ГИНКГО ДВУЛОПАСТНОГО

Этот популярный фитопрепарат и впрямь **МОЖЕТ** слегка **УЛУЧШИТЬ ПАМЯТЬ**. Однако съешьте кусок сахара – и эффект будет тот же.

Пол Гоулд, Ларри Кэхилл и Гэри Уэнк

Гинкго двулопастный (*Ginkgo biloba*) – удивительное дерево родом из Кореи, Китая и Японии. Сегодня оно встречается в парках и на городских улицах по всему миру. Растение достигает высоты 40 м и живет дольше 1000 лет. Возраст ископаемых остатков гинкго – 250 млн. лет, недаром Чарлз Дарвин назвал его «живым ископаемым». Впрочем, в наши дни всеобщее внимание приковано к нему благодаря экстракту, получаемому из веерообразных листьев дерева.

Этот экстракт еще много столетий назад нашел применение в традиционной китайской медицине. Сегодня лекарства на основе гинкго используются для улучшения памяти и стимуляции умственной деятельности, пожалуй, более широко, чем какие-либо другие растительные препараты. Особенно они популярны в Европе (в Германии экстракт гинкго недавно получил официальное признание в качестве средства для лечения старческого слабоумия). А в США в Национальном институте геронтологии он проходит испытания при лечении болезни Альцгеймера.

Однако существуют ли научные подтверждения способности гинкго улучшать умственную деятельность человека? Ведь информация о действенности

большинства фитопрепаратов по большей части основана на слухах и домыслах, а не на результатах научной работы. Но некоторые препараты (в том числе и гинкго) заслуживают особого отношения: даже если их прием и безопасен, они отвлекают внимание (и финансы) больных от более эффективных лекарств, а ведь стоят они совсем не дешево! В этой статье мы попытались обобщить результаты исследований, свидетельствующие как в пользу, так и против стимулирующего влияния гинкго на мозговые функции человека.

Много вопросов – мало ответов

Обычная суточная доза препаратов гинкго – 120 мг сухого экстракта в 2–3 приема. Экстракт содержит несколько флавоноидов – природных растительных соединений с двумя ароматическими кольцами в молекуле. В его состав также входит ряд бифлавоноидов и два типа терпенов – природных соединений, присутствующих, например, в кошачьей мяте (котовнике) и марихуане.

Влияние препаратов гинкго на умственные функции людей изучали десятки ученых, однако полученные результаты опубликованы в журналах с очень ограниченным распространением, что сильно затрудняет их оценку. В подавляющем большинстве работ

участвовали люди с незначительным или умеренным ухудшением умственной деятельности (наиболее частый диагноз – начальная стадия болезни Альцгеймера). Как правило, использовался стандартный экстракт гинкго – EGB 761.

В большинстве случаев оценивались память и эрудиция испытуемых; оценка внимания, мотивации, тревоги и прочих психических состояний почти не проводилась. Поскольку, как правило, тесты предлагались после длительного (обычно в течение нескольких месяцев) приема препаратов гинкго, трудно определить, на какие именно когнитивные способности растение оказывало влияние.

В 1998 г. Барри Окен (Barry S. Oken) из Орегонского медицинского университета проанализировал результаты ▶



ГИНГКО И ГОЛОВНОЙ МОЗГ

Ученые пока не знают, действительно ли экстракт из листьев гинкго двулопастного способен улучшать когнитивные функции человека. Однако обнаружено, что растение оказывает разностороннее воздействие на головной мозг.

КРОВЬ И СОСУДЫ

- Стимулирует расширение кровеносных сосудов, что приводит к усилению кровоснабжения головного мозга и уменьшению кровяного давления (возможно, и снижению риска инсульта).
- Снижает уровень холестерина в крови.
- Подавляет слипание тромбоцитов и образование кровяных сгустков. Это снижает риск тромботического инсульта (закупорка кровеносного сосуда мозга кровяным сгустком), но повышает риск геморрагического инсульта (кровоизлияние в мозг).

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ

- Подавляет образование активных молекул кислорода, способных повреждать нейроны и вызывать возрастные изменения головного мозга.
- Ослабляет последствия церебральной ишемии (недостаточного кровоснабжения мозга) за счет подавления образования токсичных свободных радикалов после приступа ишемии.

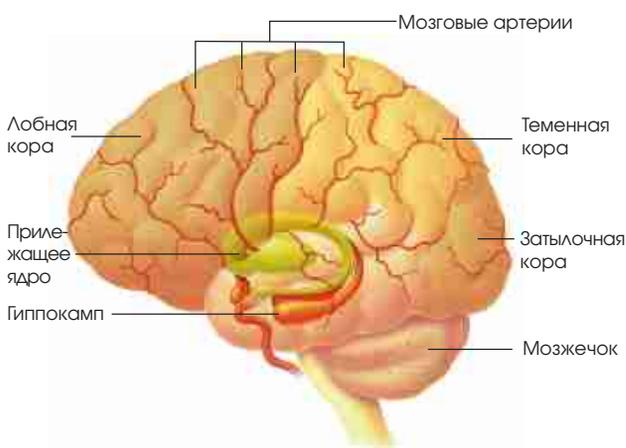
УТИЛИЗАЦИЯ ГЛЮКОЗЫ

- Стимулирует поглощение глюкозы в лобной и теменной коре (отделах мозга, участвующих в переработке сенсорной информации и планировании сложных действий).
- Увеличивает поглощение глюкозы в прилежащем ядре («центр удовольствия») и мозжечке (отдел мозга, ответственный за координацию движений).

СИСТЕМЫ НЕЙРОТРАНСМИТТЕРОВ

- Помогает нейронам переднего мозга поглощать холин из крови. Холин входит в состав нейротрансмиттера ацетилхо-

Области мозга, на которые воздействует экстракт гинкго



лина – вещества, опосредующего передачу нервных сигналов от одного нейрона к другому.

- Поддерживает активное состояние нейронных рецепторов, опосредующих реакции на серотонин (нейротрансмиттер, ослабляющий стресс и тревогу).
- Усиливает высвобождение гамма-аминомасляной кислоты (нейротрансмиттер, ослабляющий тревогу). Снижение стресса может уменьшать уровень глюкокортикоидных гормонов в крови, что благотворно сказывается на функциях гиппокампа (структуры головного мозга, играющей важную роль в обучении).
- Стимулирует выработку адреналина. Как известно, повышенная активация адреналиновой системы некоторыми антидепрессантами ослабляет симптомы депрессии.

более чем 50 исследований, в которых участвовали люди с ухудшением умственной деятельности. Лишь четверо из них полностью удовлетворяли требованиям к научным работам (исчерпывающее описание диагноза болезни Альцгеймера, прием испытуемыми стандартного экстракта гинкго, использование плацебо и двойного слепого контроля). Во всех работах было установлено, что пациенты с болезнью Альцгеймера, принимавшие препараты гинкго, выполняли различные когнитивные тесты лучше, чем больные, получавшие плацебо. Наиболее

значительное улучшение когнитивных функций отмечалось в стандартных тестах для оценки внимания, краткосрочной памяти и времени реакции; в среднем оно составляло 10–20%.

По мнению Окена, влияние гинкго на умственную деятельность человека сравнимо с действием донепезила – препарата, широко используемого для лечения болезни Альцгеймера. Донепезил повышает активность головного мозга, подавляя разрушение ацетилхолина – химического вещества, обеспечивающего передачу нервного сигнала от одного нейрона другому.

Однако недавно было проведено другое широкомасштабное исследование, в котором экстракт *EGB 761* принимали пациенты со слабо или умеренно выраженным слабоумием. Авторы сообщили об «отсутствии каких-либо систематических и клинически значимых эффектов гинкго» при выполнении испытуемыми всех предложенных когнитивных тестов.

Даже если препараты гинкго и оказывают стимулирующее воздействие на умственную деятельность людей с болезнью Альцгеймера, важно знать, действительно ли они улучшают их

когнитивные способности или же попросту приостанавливают развитие заболевания? Исследование, проведенное в 1997 г. Пьером Ле Барсом (Pierre L. Le Bars) из Нью-Йоркского института медицинских исследований, дало на этот ключевой вопрос два разных ответа. Результаты зависели от того, какой тест использовался для оценки когнитивных функций испытуемых. Если она проводилась с помощью когнитивной шкалы для оценки

на мысль, что основу стимулирующего влияния растения на когнитивные функции составляет некое краткосрочное, а не долговременное биологическое воздействие.

Нелишне вспомнить и те исследования, которые выявили ухудшение когнитивных способностей под влиянием гинкго. Так, Гурчаран Раи (Gurcharan S. Rai) из Уитингтонской больницы в Лондоне обнаружил, что пожилые люди с легкими или умеренными

Прежде чем проверять фармакологические препараты на людях, ученые сначала тщательно изучают их действие на лабораторных животных. Такие эксперименты определяют безопасность и эффективность лекарств. Но поскольку применение препаратов гинкго не регулируется законодательством, производители не обязаны предвзвешенно испытывать их на четвероногих. Поэтому сообщения о влиянии гинкго на память и процесс обучения

Информация о фитопрепаратах, как правило, основана на слухах и домыслах, а не на результатах научных исследований.

состояния пациентов с болезнью Альцгеймера, показатели больных, получавших плацебо на протяжении года ухудшались, а показатели пациентов, принимавших гинкго, оставались стабильными. Но если использовался другой инструмент – шкала для оценки состояния гериатрических пациентов их родственниками, у всех испытуемых выявлялось одинаковое ухудшение когнитивных функций.

По меньшей мере в одном исследовании было выявлено положительное влияние этого растения на состояние пациентов с ослаблением умственной деятельности после разового приема препарата гинкго. Эрве Аллен (Herve Allain) из Университета Верхней Бретани в г. Ренн (Франция) изучил небольшую группу пожилых людей с умеренно выраженным возрастным ухудшением памяти, получавших одну высокую дозу (320–600 мг) экстракта гинкго. Через час после приема лекарства Аллен оценивал память испытуемых, быстро показывая им небольшие наборы слов или рисунков и сразу же после этого предлагая им вспомнить материал. Способность пожилых людей к его воспроизведению значительно повышалась после приема гинкго. Этот факт наводит

на нарушения памяти, в течение 24 недель принимавшие препараты гинкго, хуже вспоминали последовательность цифр, нежели испытуемые, получавшие плацебо.

Полезен ли гинкго здоровым людям?

Исследований, посвященных воздействию этого растения на когнитивные функции здоровых молодых людей, проведено очень мало. В середине 1980-х Ян Хайндмарч (Ian Hindmarch) из Лидского университета (Англия) изучал прохождение различных тестов 8 здоровыми испытуемыми в возрасте 25–40 лет после приема препарата *EGb* 761. Оказалось, что лекарство в наиболее высокой дозе (600 мг) улучшало показатели только в тесте краткосрочной памяти. Не слишком убедительные свидетельства в пользу стимулирующего влияния гинкго на когнитивные функции молодых людей были получены позднее. Было обнаружено, что испытуемые, принимавшие гинкго, несколько лучше выполняют задания, требующие концентрации внимания. Также было выявлено некоторое улучшение памяти у людей среднего возраста, принимавших гинкго в сочетании с женьшенем.

у животных в научной периодике появлялись сравнительно редко. Возможно, самым заметным из них было исследование, в котором изучалось поведение молодых мышей, обучавшихся нажимать на рычаг для получения пищевого вознаграждения. Грызуны, в течение 4–8 недель принимавшие гинкго, начали выполнять задание немного быстрее, чем контрольные животные. Но и в этом случае остается неясным, стимулирует ли гинкго процесс обучения или же оно оказывает какое-то воздействие, улучшающее выполнение четвероногими задания (сообщалось, к примеру, что экстракт гинкго уменьшает стресс у крыс).

Если гинкго и в самом деле улучшает умственную деятельность, каковы механизмы его действия? Исследования на людях и животных позволили ученым выделить несколько типов биологических эффектов, которые вполне могут быть связаны с предполагаемым стимулирующим действием растения на когнитивные функции (см. врез на с. 74). Но каковы бы ни были механизмы, похоже, прием гинкго (даже в обычных дозах – 120–240 мг в день) представляет для здоровья человека определенную опасность. В качестве побочных эффектов отмечаются, ▶

НЕКОТОРЫЕ «СТИМУЛЯТОРЫ МОЗГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Пожилые люди проявляют большой интерес к бесчисленным «стимуляторам мозговой деятельности». Торговля подобными препаратами сопровождается шумной рекламой их «чудодейственных» свойств. Проведя анализ сообщений, опубликованных в научных журналах, мы обнаружили, что некоторые из таких лекарств действительно улучшали память у лабораторных животных, а иногда и у людей. Однако возникают многочисленные вопросы, связанные с выбором испытуемых, правомочностью сопоставления результатов, полученных при использовании тестов разного типа, и некоторыми другими аспектами экспериментальных процедур и интерпретации данных. Поэтому эффективность таких препаратов как средств, приостанавливающих потерю памяти, вызывает сомнение. Ниже приводится краткая характеристика шести классов препаратов, свободно продаваемых в аптеках и рекламируемых в качестве средств, улучшающих память.

Фосфатидилсерин (ФС)

Установлено, что этот природный липид замедляет старческие изменения нейронов у крыс и мышей и восстанавливает нормальный уровень памяти при выполнении разнообразных заданий. Исследования влияния ФС на память человека очень малочисленны. У пожилых людей с умеренным ухудшением умственной деятельности ФС вызывал незначительное улучшение запоминания перечня слов.

Холиновые соединения

Эффективность фосфатидилхолина (лецитина) как средства, улучшающего память у пациентов с болезнью Альцгеймера, не подтвердилась. Испытания цитиколина в этом плане почти не проводились; лишь в одном случае сообщается о значительном улучшении памяти при запоминании рассказа у небольшого числа здоровых пожилых людей.

Пирацетам

Созданный в 1967 г., пирацетам не был одобрен Управлением по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарств США. В Мексике и Европе он продается под различными названиями (ноотропил, пирроксил и т.д.). В экспериментах на животных показано, что препарат может облегчать передачу нервных сигналов и повышать синаптическую активность, а также замедлять старческие изменения нейронных мембран. Отсутствуют четкие данные о его благотворном влиянии на когнитивные функции пациентов с болезнью Альцгеймера или пожилых людей с возрастным ухудшением памяти.

Винпоцетин

Этот алкалоид, выделенный из барвинка, усиливает мозговое кровообращение. В трех исследованиях было установлено, что пожилые люди, страдающие старческим слабоумием

или нарушениями памяти вследствие недостаточного мозгового кровотока, после приема винпоцетина лучше выполняли тесты на концентрацию внимания и запоминание.

Ацетил-L-карнитин (АК)

Эта аминокислота участвует в клеточных процессах, связанных с высвобождением энергии. В исследованиях на животных показано, что АК предотвращает возрастное уменьшение количества рецепторных молекул на нейрональных мембранах. Но прием препарата пациентами с болезнью Альцгеймера не приводил к заметному росту показателей в различных тестах памяти.

Антиоксиданты

Антиоксиданты (витамины Е, С и другие соединения) способствуют «обезвреживанию» свободных радикалов (с возрастом активность этих частиц, повреждающих клетки и ткани, повышается). Но проведенные исследования не выявили значительного влияния витамина Е на память пациентов, страдающих болезнью Альцгеймера или находящихся на ранних стадиях болезни Паркинсона. Одновременный прием витаминов Е и С студентами колледжа не приводил к улучшению их показателей.



Покупатели в замешательстве: эффективность «стимуляторов мозговой деятельности» ученые пока не подтверждают.

например, субдуральные гематомы и желудочно-кишечные расстройства, тошнота, рвота, чрезмерное слюноотделение, ухудшение аппетита, головные боли, головокружение, шум в ушах и кожные высыпания. Однако риск серьезных нарушений невелик.

Вернемся к главному вопросу: действительно ли препараты гинкго улучшают умственную деятельность человека? Судя по результатам исследований – совсем незначительно. Поскольку научных работ в этом направлении было проведено очень мало, а их качество во многих случаях

а следовательно, и доступность для головного мозга.

Память может улучшить даже кусок сахара. При повышении уровня глюкозы в крови крысы, мыши и люди (в том числе и страдающие болезнью Альцгеймера) начинают лучше выполнять различные когнитивные тесты. Влияние глюкозы, как и большинства других препаратов, улучшающих память, описывается кривой доза-эффект, имеющей колоколообразную форму. Память улучшают только умеренные дозы глюкозы; в низких дозах она практически

пациенты принимали их в течение длительного времени, а их память сравнивалась с памятью контрольных испытуемых.

Здоровый скептицизм, с которым мы приступили к написанию обзора, никоим образом не отразился на нашем твердом намерении избегать предвзятых суждений. Факты указывают на то, что гинкго и в самом деле может улучшать некоторые когнитивные функции человека, но эффекты выражены слабо и проявляются лишь в определенных условиях. Общее же впечатление таково, что имеющейся информации явно

Действительно ли препараты гинкго улучшают умственную деятельность? Ученые едва подтверждают даже их слабое стимулирующее влияние на когнитивные функции.

оставляет желать лучшего, говорить с какой-либо определенностью даже о слабом стимулирующем воздействии этого растения пока преждевременно. Гинкго может приостановить ухудшение умственной деятельности у больных слабоумием. Разовый прием препарата может ненадолго улучшить память. Но ограниченный объем научных данных не позволяет дать этим фактам адекватной оценки.

Практические выводы

Можно ли считать препараты гинкго лучшим средством для улучшения памяти? Безусловно, есть много и других лекарств, а также сравнительно простых воздействий иной природы, влияющих на память и другие когнитивные функции. Так, у человека, с волнением слушающего занимательный рассказ, надпочечники увеличивают выброс в кровоток адреналина, что улучшает память и без всяких медикаментов. Одно из объяснений этого феномена в том, что адреналин стимулирует высвобождение глюкозы печенью, увеличивая ее уровень в крови,

не действует, а в высоких – может дать обратный эффект.

Например, в тесте на запоминание короткого рассказа глюкоза увеличивала показатели памяти у здоровых молодых и пожилых людей на 30–40%, а у пациентов с болезнью Альцгеймера – на 100%. Улучшение памяти в этом исследовании было гораздо более выраженным, чем в двух других, где изучалось воздействие гинкго (10–20%). Но в большинстве экспериментов, в которых оценивалось влияние глюкозы, испытуемые получали разовые дозы препарата, и проводилось сравнение их памяти до и после его приема. В большинстве же исследований, где изучались препараты гинкго,

недостаточно для того, чтобы делать окончательные выводы о способности этого растения стимулировать умственную деятельность человека.

Впрочем, получено достаточно много положительных свидетельств, оправдывающих дальнейшее изучение целебных свойств гинкго. Однако, как показывает многолетний опыт испытания новых лекарственных средств, положительные результаты, первоначально получаемые в исследованиях с участием небольшого числа людей, как правило, не подтверждаются, когда препарат начинают испытывать на большом количестве пациентов. А потому настоящая проверка целебных качеств гинкго – дело будущего. ■

ОБ АВТОРАХ:

Пол Гоулд (Paul E. Gold), **Ларри Кэхилл** (Larry Cahill) и **Гэри Уэнк** (Gary L. Wenk) изучают когнитивные функции головного мозга. Гоулд – профессор психологии и нейробиологии в Иллинойском университете в городах Эрбана и Шампейн; Кэхилл – доцент нейробиологии и научный сотрудник в Центре нейробиологии обучения и памяти при Калифорнийском университете в Ирвине; Уэнк – профессор психологии и неврологии Аризонского университета.

Таевский А.

Христианские ереси и секты I—XXI веков.



– Словарь. – М.: Интрада, 2003. – 320 с.

Словарь является первым и вполне успешным опытом научного описания более 600 христианских ересей и сект, существовавших на протяжении всей истории христианства. Впервые светский автор научно определяет само понятие секты, выявляет ее характерные признаки. Он дает сравнительную классификацию сект по конфессиональному признаку, прослеживает историю возникновения каждой из них, излагает ее вероучение и показывает, в каких именно положениях ритуаль-

ной практики или догматики она расходится с официальным культом.

Во второй раздел помещены статьи о важнейших исторических и мифологических персонажах, с именами которых связано возникновение тех или иных сект. Это церковные деятели, ересиархи, сектанты, создавшие неортодоксальные учения или вступившие в конфликт с церковью. Заключительная часть содержит обстоятельный терминологический словарь. ■



Ислам. Индуизм. Буддизм.

СЕРИЯ КАРМАННЫХ СЛОВАРЕЙ

Казалось бы, само определение «карманный словарь» предполагает обращение лишь к основным понятиям и терминам, отсутствие подробных сведений по указанным проблемам. Однако разработчики серии нашли весьма удачное равновесие между терминологической и информативно-исторической частями изданий.

Собственно словарной части предшествуют небольшие введения, в которых авторы обозначают место рассматриваемой ими религии в общем ряду национальных и мировых вероучений, представляют историю, основные направления, политическую программу.

В словарную часть входят ключевые понятия, определяющие содержание каждой религии: имена богов, названия основных организаций, характеристики различных направлений.

Словари предназначены для широкого круга читателей.

Гаврилова Ю.Б. Емельянов В.В. Ислам. Карманный словарь. – Санкт-Петербург: Амфора, 2002. – 141 с.

Пахомов С.В. Индуизм. Йога, тантризм, кришнаизм. Карманный словарь. – Санкт-Петербург: Амфора, 2002. – 172 с.

Торчинов Е.А. Буддизм. Карманный словарь. – Санкт-Петербург: Амфора, 2002. – 187 с.

Тойнби А. Дж.

Постижение истории. ИЗБРАННОЕ. Цивилизация перед судом истории. СБОРНИК.

– М.: Айрис-пресс, 2002. – 640 с.

– М.: Айрис-пресс, 2003. – 592 с.



Стремясь обрести новые ориентиры в осмыслении исторического процесса, читатели обращаются к трудам крупнейших историков XX века. Своевременным стало издание трехтомника работ известного английского историка А. Дж. Тойнби, включающего отрывки из главного двенадцатитомного сочинения «Постижение истории», трактат «Переосмысленное», а также несколько книг, написанных в последние годы жизни ученого.

Большую часть жизни А. Дж. Тойнби работал над монументальным исследованием *Study of History*, в котором попытался осмыслить историю цивилизации за последние 6,5 тыс. лет. Он считал, что за всю историю человечества сменилась 21 цивилизация, но наибольшее значение имеют последние 13, когда произошли события, определившие лицо современного мира. А. Дж. Тойнби выступал против отвлеченного изучения

истории одной цивилизации или одной страны, т.к. только комплексный подход может дать научно обоснованную и объективную картину мира в ту или иную эпоху. Как только внутри цивилизации возникало осознание превосходства, наступал период, который ученый называл разломом. Главный разлом А. Дж. Тойнби усматривал между Западом и исламским миром. Важно отметить, что ученый воспринимал Россию как составную часть западной цивилизации, не отрицая самобытности ее культуры. В книге «Цивилизация перед судом истории» и «Мир и Запад» А. Дж. Тойнби проанализировал главное противостояние XX века – столкновение западного мира и коммунизма. Он доказал, что залогом будущей стабильности может быть только отказ от абсолютизации достижений западной демократии и установление отношений, построенных на равенстве. ■

СВОД РУССКОГО ФОЛЬКЛОРА

Былины Печоры.

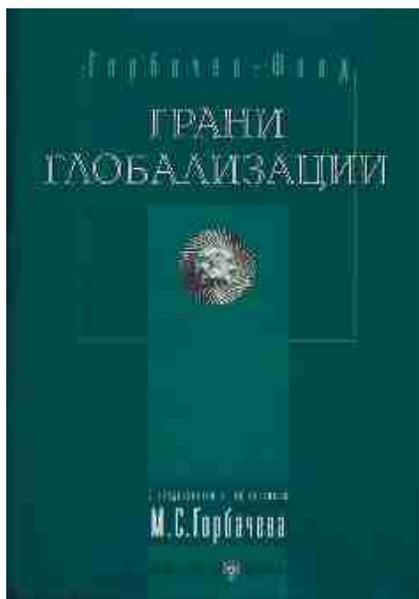
– Санкт-Петербург: Наука, 2002. – 772 с.



Выход первого тома «Свода русского фольклора» является знаковым событием в истории отечественной науки. А.Н.Толстой говорил о необходимости подобного издания еще в 1938 г. Но только с начала 60-х гг. стали выходить в свет своды народного творчества союзных и автономных республик СССР, и, таким образом, создавалась как методическая, так и текстологическая основа для выпуска свода русского фольклора. По предварительным оценкам, он будет состоять из 150 томов, разбитых по жанро-

вому принципу: былины, сказки, песни, несказочная проза.

Первая серия посвящена былинам и состоит из 25 томов. Каждый том отражает репертуар определенного географического региона. Тексты сопровождаются нотными записями и компакт-диск. В книгу включено множество редких фотографий и тщательно подготовленный комментарий. Издание будет интересно широкому кругу читателей, поскольку, как и любой фольклорный текст, былины рассчитаны именно на народное восприятие.



Данная книга представляет собой коллективный труд, предпринятый рядом крупнейших российских специалистов по общественным наукам, осуществленный по предложению и под руководством М. С. Горбачева. Авторами статей являются известные ученые, представляющие практически

Грани глобализации.

ТРУДНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ.

– Москва.: Альпина Паблишер, 2003. – 392 с.

(Facets of Globalisation. Difficult Issues of Contemporary Development.

With a Foreword and Afterword by Mikhail Gorbachev. – United Press, 2003.)

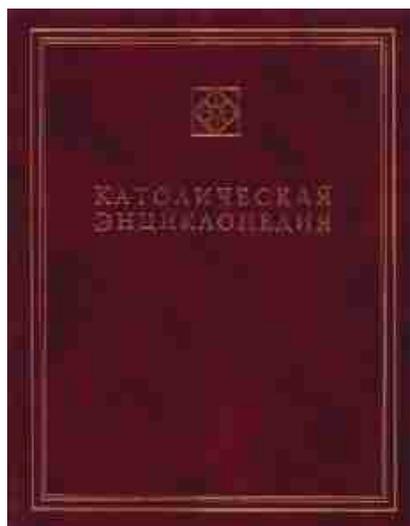
все области общественных наук: М. С. Горбачев, А. Г. Арбатов, О. Т. Богомолов, А. Д. Некипелов, К. С. Лосев, В. И. Данилов-Данильян и др. Работа над книгой продолжалась более пяти лет.

Исследование носит комплексный характер: феномен глобализации рассматривается в общественно-политическом контексте.

Проведенный авторами историко-культурный анализ показывает, что большинство современных конфликтов, которые внешне выглядят как религиозные или межнациональные, на

самом деле объясняются социально-экономическими причинами.

И теоретический анализ, и практический опыт многих специалистов подводит к общему выводу: назрела необходимость создания нового международного консенсуса, основанного на учете интересов всего мирового сообщества. Благодаря аргументированному и доступному изложению сложных проблем книга, несомненно, заинтересует и научное сообщество, и политиков, и руководителей различного уровня. ■



Предлагаемый вниманию читателей первый том открывает четырехтомную энциклопедию. Впервые на русском языке издается фундаментальный справочник, содержащий систематическую информацию о католической церкви – ее устройстве,

Католическая энциклопедия.

– М.: Издательство францисканцев, 2003. – 1906 с.

истории, богословии, литургике, каноническом праве. Кроме того, энциклопедия содержит обширный агиографический материал, а также статьи, в которых освещаются различные проблемы мировой культуры, связанные с католической традицией.

Особое внимание авторы уделяют межкультурным связям католицизма. Хотя главное внимание обращено именно на католическую культуру, в статьях энциклопедии раскрываются обширные взаимосвязи со всеми религиозными конфессиями и прежде всего с православием.

Не менее важно описание памятников культуры, через историю которых прослеживается все развитие католи-

ческой церкви – от первых миссионеров до наших дней.

Впервые читателю предоставляется научно отобранный комплекс сведений об ответвлениях современного католицизма, а также о нехристианских религиях и основных философско-религиозных учениях, связанных с ним.

Авторы издания стремятся к объективному изложению специфики современных межконфессиональных отношений. Поскольку энциклопедия предназначена для российского читателя, в нее включены биографии ответственных католических священников и информация о католических епархиях, приходах, монашеских орденах и конгрегации на территории России. ■

генетическая история

ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Лев Животовский и Эльза Хуснутдинова

Мы не единожды предлагали нашим читателям статьи, посвященные проблемам эволюции и развития *Homo sapiens*. Сегодня мы обратимся к новому аспекту вопроса – генетической истории человечества и его родственников. Каковы пути эволюции с точки зрения генетики? Насколько отличаются ДНК человека и его человекообразных родственников? Кто наши предки и кем нам приходится неандерталец? Ответы на эти и другие вопросы попытались дать ведущие российские биологи.

Эволюция и филогенетическое древо

Эволюцию живых существ можно представить в виде величественного раскидистого дерева, корни которого скрыты от нас в глубине веков. Говоря о биологической эволюции, мы рассматриваем лишь надземную часть генетического древа, которая, согласно всем современным научным данным, развивалась постепенно – как растет любое дерево. Сначала идет ствол, потом – большие ветви, от них – более мелкие ветки, затем веточки и так далее (см. рис. 1).

Нам не дано видеть ветвей эволюционного древа – их составляют давным-давно исчезнувшие виды, жившие десятки и сотни миллионов лет назад. Многие из них не оставили даже следа в палеонтологической летописи, а о других нам рассказывают ископаемые

находки. Реально мы наблюдаем только густую крону, где листочки – ныне существующие виды, одним из которых является биологический вид *Homo sapiens*, рода Человек (*Homo*) семейства Люди (*Hominidae*) отряда Приматы (*Primates*) класса Млекопитающие (*Mammalia*).

Научным методом изучения эволюции является выявление родственных (филогенетических) связей между различными организмами. В основу исследований, начиная с Карла Линнея (XVIII век), был положен принцип схожести (или несхожести) ныне существующих форм живых существ по фенотипу. Организмы, близкие по морфологическим признакам, физиологическим характеристикам, особенностям развития и др., группируются в одни веточки, другие, отличающиеся от первых, но схожие между собой, – в другие, которые затем образуют все более крупные ветви. На рис. 1 представлено филогенетическое древо, отражающее фенотипическое сходство разных видов.

Эволюционная теория Чарлза Дарвина и филогенетические методы Эрнста Геккеля позволили современной биологии рассматривать филогенетические древа как эволюционные схемы. Согласно этим представлениям, внутри каждого вида может образоваться разновидность, наделенная новыми особенностями, позволяю-

щими по-иному приспосабливаться к среде обитания. Так на эволюционном древе обозначается рост новой веточки. Если вновь приобретенные качества наследуются, то генетические различия усиливаются в следующих поколениях за счет отбора свойств, обеспечивающих выживание генотипов, и накопления новых мутаций. Разновидность лучше приспособливается к существующим условиям, фенотипически удаляясь от родительского вида. Так появившаяся веточка растет, обособляясь в новый вид.

Эволюция и ДНК

Как генетика помогла в интерпретации филогенетического древа и в понимании процесса эволюции? Дело в том, что биологическая эволюция во многом связана с изменением ДНК, представляющей собой последовательность четырех химических соединений – нуклеотидов *A, T, C, G* (аденин, тимин, цитозин, гуанин). Все ДНК организма называется геномом. Определенные участки ДНК, гены, кодируют белки; имеются также некодирующие участки генома. Это и есть генетический текст, определяющий как видовые признаки, общие для всего вида, так и уникальные особенности, отличающие данную особь от других представителей того же вида. ДНК любого организма подвержена мутациям, часть которых не изменяют

числа нуклеотидов на данном участке ДНК, а меняют их местами. Но возможны и более сложные процессы: выпадения, вставки, удвоения нуклеотидов и перемещения фрагментов ДНК из одной части генома в другую; не исключен даже перенос ДНК между разными видами.

Мутация – редкое событие. Вероятность того, что данный нуклеотид в ДНК потомка будет изменен по сравнению с родительским, равна примерно 10⁻⁹. Однако для громадных промежутков времени, на протяжении которых разыгрывается эволюционный процесс, для всего генома, состоящего из огромного числа нуклеотидов (у человека их 3 млрд.), это ощутимая величина. Особи с вредными для организма нарушениями не выживают или не участвуют в размножении, и мутации далее не передаются. Полезные же изменения могут наследоваться потомками: так из поколения в поколение генетическая информация преобразуется – в этом и заключается генетическая суть процесса эволюции.

На филогенетическом древе внешне сходные друг с другом виды сгруппированы на одной ветви. Изучение ДНК ныне живущих видов позволило сопоставить близость особей разных видов на уровне эволюционных изменений,

вызванных мутациями. Современная молекулярная биология позволяет сравнить соответствующие фрагменты ДНК (скажем, определенного гена) у разных видов и подсчитать число различий между ними. Филогенетические древа, построенные как по ДНК, так и по морфофизиологическим признакам, имеют очевидные соответствия: виды, далекие друг от друга на морфофизиологическом древе, так же далеки на ДНК-филогенетическом. Таким образом, генетика доказала, что классическое филогенетическое древо отражает направление эволюционных преобразований. Более того, она показала, какие именно изменения геномов сопровождают эволюцию каждой из таксономических групп.

Человек и другие виды

Сравним человека, скажем, с бабочкой. Очевидно, что мы очень отличаемся друг от друга по внешнему облику и по составу ДНК и находимся на далеких ветвях филогенетического древа. Перейдем теперь к млекопитающим. Если сопоставить человека, скажем, с кошкой или собакой, к которым мы гораздо ближе, чем к бабочкам, то окажется, что и по ДНК человек более схож с ними. Если отправиться по ветви млекопитающих дальше, к приматам, то по мере приближения к человеку

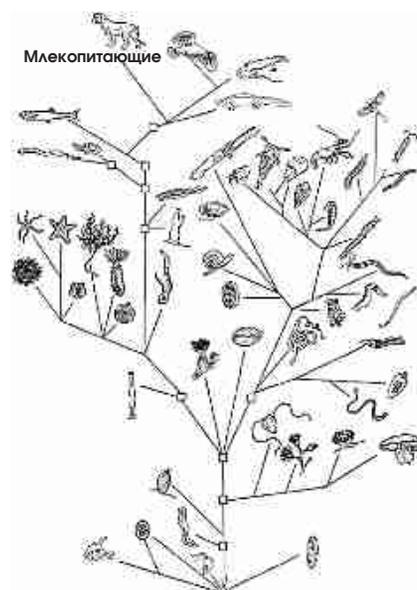


Рис. 1. Филогенетическое древо животных (по: Матвеев, 1935).

родственные черты с человекообразными – орангутаном, гориллой и шимпанзе – становятся очевидными (рис. 2). Больше всего человек походит на шимпанзе. Если сопоставить ДНК, окажется, что они очень близки. Генетика позволила количественно оценить сходство: человек и шимпанзе отличаются друг от друга всего одним-двумя нуклеотидами из каждой ста. То есть генетическое тождество составляет чуть ли не 99%.

Люди генетически близки друг к другу

Перейдем теперь собственно к человеку. Сопоставим представителей таких далеких народов, как аборигены Океании и европейцы, или сравним лица всем известных людей. Очевидно, что они разные, но насколько? Сумел бы прилетевший на Землю инопланетянин отличить нас друг от друга, или мы все показались бы ему на одно лицо? Ведь случайному посетителю зоопарка все мартышки кажутся одинаковыми, а человеку, работающими с ними, – абсолютно разными. Конечно, неандерталец имеет мало общего с современным человеком, но стоит «одеть» его в костюм и шляпу, ▶

Чем больше времени прошло с момента разделения видов, тем больше накопилось различий в их ДНК.

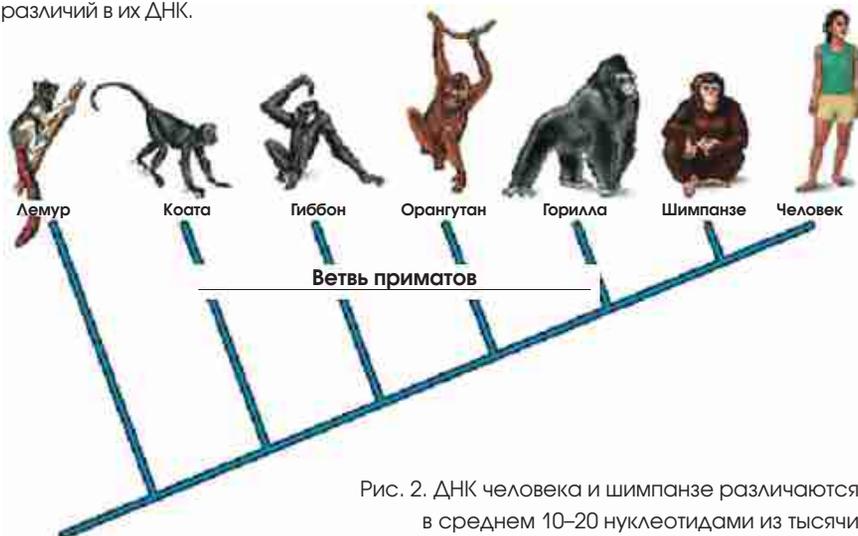


Рис. 2. ДНК человека и шимпанзе различаются, в среднем 10–20 нуклеотидами из тысячи.



Рис. 3. Реконструкция внешнего вида неандертальского человека (из: Lewin, 1998).

он становится одним из нас. Автор этой статьи на лекции по теории эволюции для школьников спросил, кто изображен на рисунке (рис. 3). И тут же один из ребят воскликнул в радостной догадке: «Так это же вы!»

Если сравнить ДНК разных людей, то выяснится, что они отличаются друг от друга лишь на 0,1%, то есть только каждый тысячный нуклеотид у нас разный, а остальные 99,9% совпадают. Более того, если сопоставить все разнообразие ДНК представителей самых разных рас и народов, то окажется, что люди отличаются

гораздо меньше, чем шимпанзе в одном стаде. Так что гипотетический инопланетянин сначала научится отличать друг от друга шимпанзе, а лишь затем – людей.

Много это или мало – 99,9% сходства и 0,1% различий. Проведем простые подсчеты. ДНК человека содержит около 3 млрд. пар нуклеотидов, примерно три миллиона из них у каждого из нас разнятся. Этого достаточно, чтобы утверждать, что не существует людей, генетически тождественных друг другу. Даже ДНК близнецов могут отличаться вследствие мутаций. Правда, большинство различий приходится на молчащие участки ДНК, и потому основные гены у нас во многом идентичны. Рассмотрим, например, молекулу гемоглобина, играющую ключевую роль в транспортировке кислорода из легких в клетки организма. Состав данной молекулы у всех абсолютно одинаков. Конечно, единичные отклонения возможны, но все они сопровождаются серьезной патологией, поскольку мутация хотя бы одной аминокислоты в сложной молекуле гемоглобина изменяет ее конфигурацию, резко нарушая способность удерживать кислород и снабжать им организм. Подобным же образом у всех людей совпадает множество других белков и кодирующих их генов.

Часть нуклеотидов, отличающих нас друг от друга, наделяет людей рядом признаков, определяющих группы крови, телосложение, цвет кожи, поведение и др. и позволяющих приспосабливаться к меняющимся условиям жизни. Однако большинство различий не связано напрямую с приспособительными функциями организма, их эволюционный ход определяется скоростью мутационного процесса, что позволяет проследить пути эволюции человека и его расселения по земному шару.

Предки человека

Так почему же особи шимпанзе больше отличаются, чем люди? Почему мы так похожи друг на друга генетически? Откуда мы и кто наш предок? Последний вопрос до сих пор остается спорным, хотя археологические находки последних десятилетий и исследования ДНК приблизили нас к пониманию этого. Шимпанзе имеет длительную историю развития, в ходе которого выработалось значительное генетическое разнообразие. Эволюционная же история человека слишком коротка для накопления серьезных различий. Обратимся теперь к деталям нашего прошлого.

5–7 млн. лет назад от общего предка человека и шимпанзе отделилась

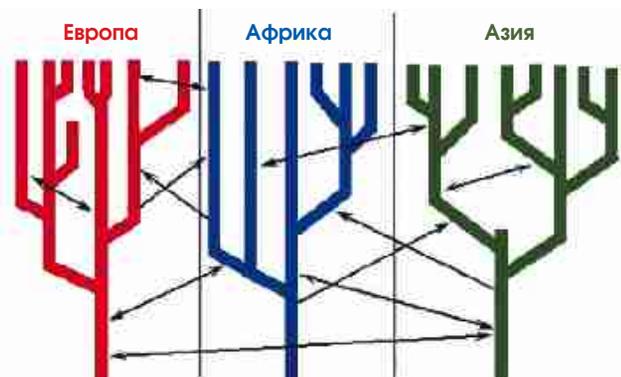


Рис. 5. Мультирегиональная гипотеза. Человек современного анатомического типа возник независимо на разных континентах из разных ветвей *Homo erectus*. Единообразие людей поддерживалось системой миграций (по: Stringer, 1989).

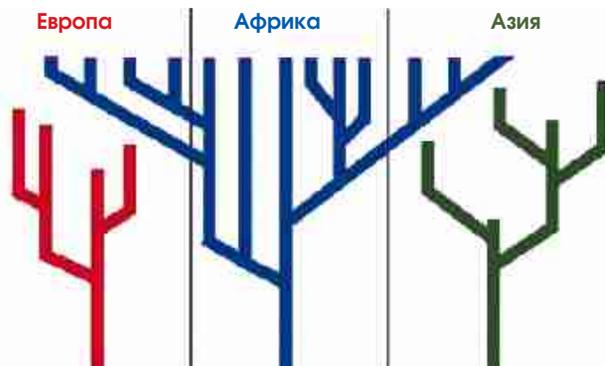


Рис. 6. Монофилетическая гипотеза (гипотеза африканского происхождения человека). Человек современного типа возник в Африке и распространился оттуда на все континенты, вытесняя других представителей рода *Homo* (по: Stringer, 1989).

ветвь, давшая начало древним обезьяно-людям, переходящим к прямохождению (рис. 4; см. статью К. Вонг «Зов далекого предка» в №5 нашего журнала). Обитали они в Южной Африке, где их останки и были найдены; отсюда и их название – австралопитеки (т.е. обезьяны из Южного полушария), род *Australopithecus*. Одна из ветвей дала начало роду Человек – *Homo*. До середины 90-х г. древнейшим известным предком современного человека считался афарский австралопитек, *A. afarensis*, живший 3–4 млн. лет назад. К этому виду относится знаменитая Люси, найденная в 1974 г. в Эфиопии. Ряд палеоантропологов полагают, что древнейшим прародителем современного человека являлся другой вид австралопитека – рамидус, *A. ramidus*, чьи останки, насчитывающие 4,5 млн. лет, также были обнаружены в Эфиопии.

Первый известный нам представитель рода Человек появился более 2 млн. лет назад (рис. 4). Это был *Homo habilis* – Человек умелый, живший в Восточной и Южной Африке. Потом его сменил *Homo erectus* – Человек прямоходящий, следы которого были найдены в Африке и Евразии – им 1,7 млн. лет. К этому виду принадлежит азиатский синантроп, или пекинский человек, питекантроп, или яванский человек, обнаруженный в Океании, и древний «европеец» – гейдельбергский человек. Самым поздним находкам – 250 тыс. лет. Антропологи сходятся во мнении, что *Homo erectus* распространился далеко за пределы Африки путем миграций.

Первые представители *Homo sapiens* (т.н. архаичные люди) являющиеся потомками *Homo erectus*, появились более 500 тысяч лет назад и отличались по сложению от человека современного типа. Их кости были обнаружены и в Африке, и в Европе, и в Азии. И поэтому возникает вопрос: а где же возник современный человек? В настоящее время существуют две основные гипотезы: полифилетическая (или мультирегиональная) и монофилетическая.

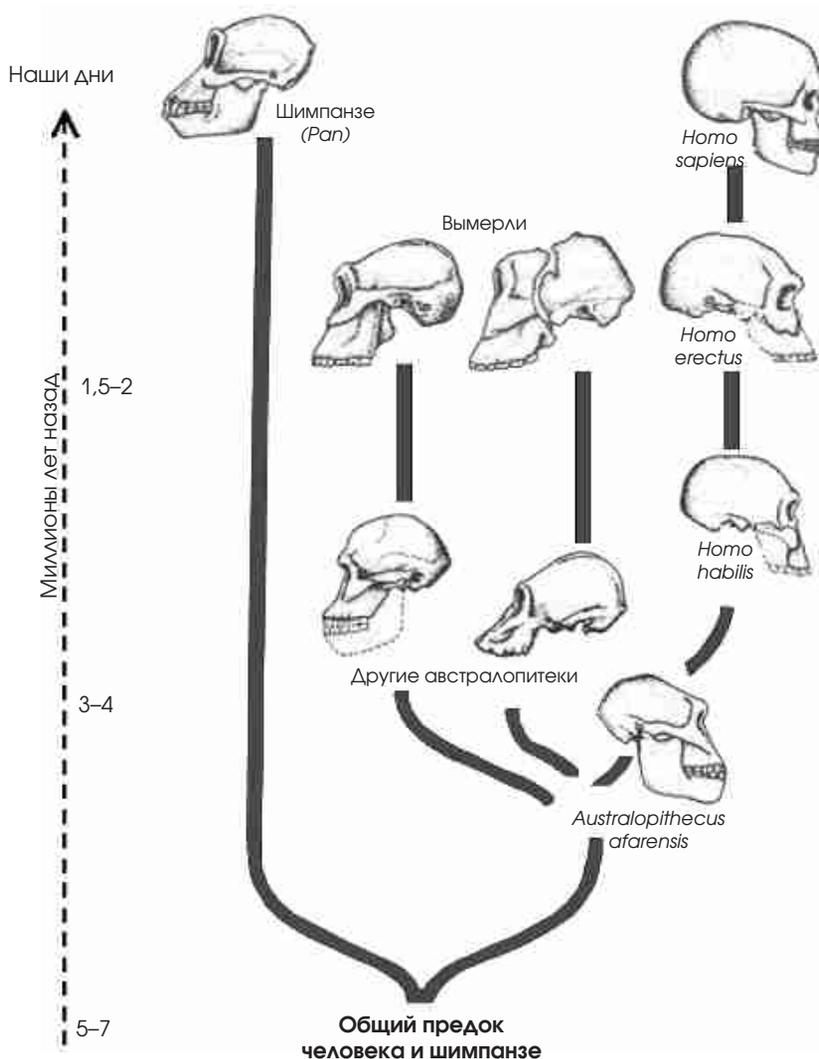


Рис. 4. Эволюционное древо вида Человек (по: L. Cavalli-Sforza and F. Cavalli-Sforza, 1995).

Согласно мультирегиональной гипотезе (рис. 5), люди разных рас имеют различное происхождение: каждая возникла на своем континенте от отдельного представителя вида *Homo erectus*. При этом предковые расы составляли единую популяционную систему и, мигрируя, обменивались генами. Монофилетическая же гипотеза утверждает, что все люди имеют общее происхождение, и *Homo sapiens*, как и *Homo erectus*, возник в Африке, а затем расселился оттуда по всем континентам (рис. 6).

Сторонники обеих гипотез не сомневаются в происхождении человека от *Homo erectus*, но расходятся в вопросе о времени его возникновения. Согласно мультирегиональной гипотезе, возраст современного человека более миллиона лет, а по монофилетической версии – около 500 тыс. Однако ни антропологи, ни археологи не смогли поставить точку в этом споре. Коренной перелом в решении проблемы возникновения человека, его расселения по континентам и возникновения рас внесли исследования ДНК. ▶

ДНК и восстановление истории человечества

Историю популяций человека можно проследить, сравнивая представителей разных рас и народов по тем фрагментам ДНК, по которым различия между индивидами гораздо более выражены, чем в среднем по геному. Такие фрагменты называют ДНК-маркерами. Зная скорость, с которой происходят мутации, и определяя количественную меру различий между геномом людей из разных популяций, вычисляют время их отделения от общей предковой линии. Продвигаясь назад от генома современного человека, можно построить филогенетическое древо *Homo sapiens*. Оно позволяет делать определенные выводы о генетической истории человечества.

Для исследования используют разные типы ДНК-маркеров. Следует отметить ДНК митохондрий (мтДНК) и Y-хромосомы (Y-ДНК), поскольку они позволяют проследить генетическую историю человечества отдельно

по женской и мужской линиям. Первая передается только по материнской линии, так как митохондрии находятся в цитоплазме клетки, а цитоплазма потомка (зиготы) определяется цитоплазмой яйцеклетки. Если два человека имеют общего предка женского пола, то различия между их мтДНК покажут, сколько поколений отделяет их от жившей столетия или тысячелетия назад общей прабабушки. Изучение Y-ДНК позволяет проследить эволюционные траектории по отцовской линии, поскольку Y-хромосома передается только по мужской линии. Изучение остальной, аутосомной части генома, которая сосредоточена в хромосомах, наследуется по обеим линиям и в которой представлена большая часть генома человека, также чрезвычайно важно, ибо дает маркеры для изучения комбинативной изменчивости, одновременно привносимой и с отцовской, и с материнской сторон.

Первое исследование такого рода было проведено с использованием митохондриальной ДНК. Сравнивая



Рис. 7. Фрагмент ДНК. Разные индивиды могут отличаться друг от друга по составу нуклеотидов (при постоянной длине фрагмента) или по длине фрагмента (за счет вставки или выпадения нуклеотидов).

данные аборигенов всех континентов, ученые обнаружили, что разнообразие мтДНК выше всего в Южной Африке. Более того, там были обнаружены такие типы, которые нигде больше не встречались. Они оценивались по нуклеотидному составу как наиболее древние. Митохондриальные ДНК населения других континентов были менее разнообразны, их сравнение

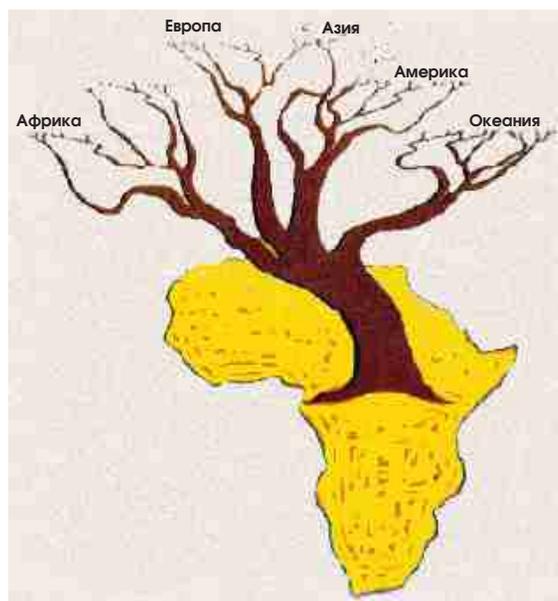
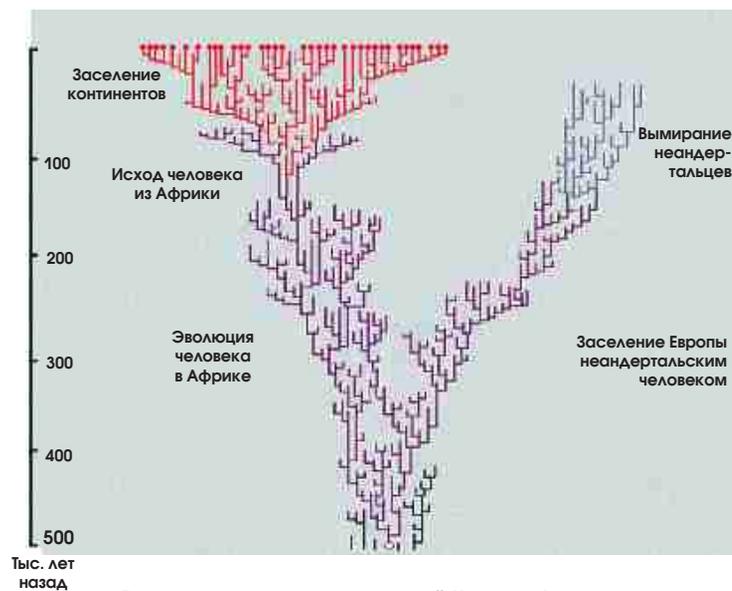


Рис. 8. Древо человечества, согласно теории африканского происхождения *Homo sapiens*. Место происхождения – Южная Африка, время – несколько сот тысяч лет. Распространение на другие континенты началось примерно 100 тысяч лет назад (по: Cann et al., 1987).



Разделение эволюционных ветвей *Homo sapiens*: человека современного типа и неандертальского человека

Рис. 8а. Реконструкция популяционной истории по мтДНК человека и неандертальца (по: Lahr et al., 1998).

с мтДНК аборигенов Южной Африки показало, что они возникли как мутационные изменения африканских типов в ходе распространения человечества за пределы Африки.

Изучение географического распределения типов ДНК-маркеров и анализ их мутационных взаимосвязей позволили доказать справедливость монофилетической гипотезы (рис. 8). Более того, их изучение помогает реконструировать миграционные события не только далеких тысячелетий, но и последних веков. Например, эпоха великих географических открытий XIV–XVI вв. способствовала развитию контактов с неведомыми ранее жителями отдаленных земель. На кораблях были только мужчины, и сейчас генетические исследования аборигенных народов Африки, Океании и Америки показывают присутствие в их ДНК значительной доли типов Y-хромосомы, характерных для европейцев.

«Митохондриальная Ева» и «Y-хромосомный Адам»

По степени разнообразия ДНК-маркеров можно установить, от какого предкового типа и когда они произошли. Более того, поскольку различные типы мтДНК не рекомбинируют, т.е. не обмениваются между собой фрагментами в процессе образования половых клеток, то вероятностный анализ показывает, что все ныне существующие типы мтДНК сводятся в далеком прошлом к одному-единственному прототипу. Почему это происходит? Допустим, существовала небольшая прапопуляция. Если одни женщины в ней имели больше детей, чем другие, то в следующем поколении именно их мтДНК будет встречаться чаще. Их дочери и внуки тоже имели детей, унаследовавших мтДНК своих предков. При этом случайным образом возникают мутации. Так развивается стохастический процесс в передаче типов мтДНК, в результате чего из поколения в поколение одни типы мтДНК увеличивают свою представительность в популяции, другие – уменьшают. Согласно теории стохастических

Южная Африка

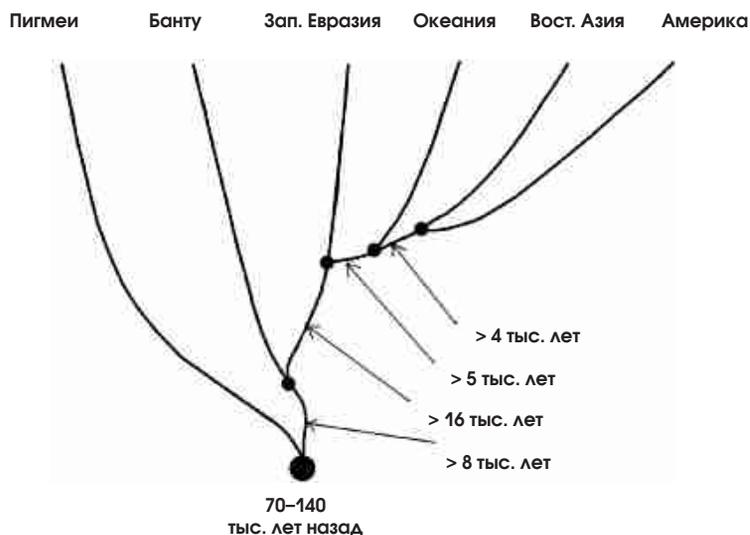


Рис. 9. Эволюционное древо популяций человека, по данным о ДНК-маркерах. Видно, что первично развитие и отделение друг от друга популяций началось в Африке в среднем около 100 тыс. лет назад. Затем одна ветвь вышла из Африки и стала делиться на континентальные ветви. Стрелками указано минимальное время, прошедшее между отделением эволюционных ветвей. Следует иметь в виду, что отделение ветви не означает еще физического присутствия популяций в этом регионе. Например, ветвь, ведущая от азиатских популяций к американским индейцам, показывает, когда эта ветвь отделилась, но нужно было еще время, за которое отделившиеся группы достигнут Берингии и перейдут пролив (по: Zhivotovsky et al., 2003).

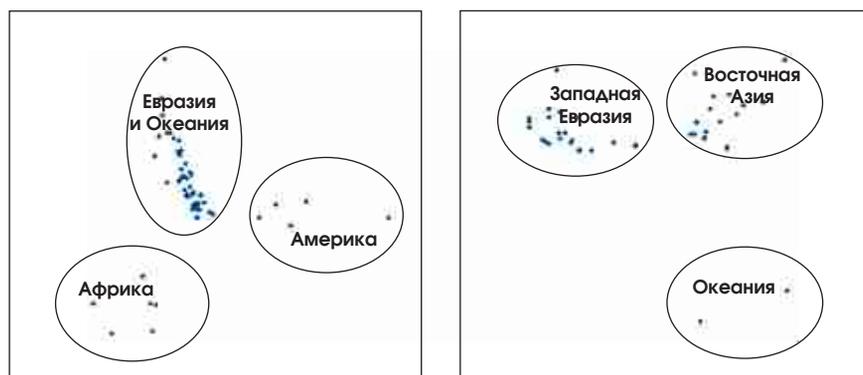


Рис. 10. Подразделение этнических группировок по географическим районам, осуществленное по ДНК-маркерам. Каждая точка представляет собой выборку индивидов определенной этнической группы из данного географического региона, охарактеризованном по четыремстам аутосомным ДНК-маркерам. Левый и правый рисунки представляют собой разные проекции многомерного пространства различий между выборками. В каждом из регионов прослеживается группировка этнических групп общего происхождения, однако различия между ними уже не столь яркие, как между регионами (по: Zhivotovsky et al., 2003).

процессов, когда-нибудь в популяции останутся потомки только одной мтДНК – от некой единственной женщины, образно именуемой «митохондриальной Евой». Но и ее соплеменницы внесли свой вклад в генофонд отдаленных потомков, поскольку наш геном содержит не только митохондриальную ДНК. Длина мтДНК лишь около 16,5 тыс. нуклеотидов, что ничтожно мало по сравнению с 3 млрд нуклеотидов ДНК хромосом, основная часть которых представлена 22 аутосомами и X-хромосомой, где комбинируется наследственность по обеим линиям, женской и мужской. Из-за многочисленных мутаций мтДНК ныне живущих людей отличается от данных «Евы», возраст которой (т.е. точки соединения всех типов мтДНК в прошлом) примерно 200 тысяч лет. Аналогичная ситуация и с Y-хромосомой. Большая часть ее не рекомбинирует, и изменчивость ДНК в ней подчиняет-

ся тем же стохастическим процессам, что и мтДНК. При этом говорят о «Y-хромосомном Адаме». Он оказался гораздо моложе «мтЕвы». Объяснение тому – меньшая, т.н. эффективная численность мужчин на протяжении истории человечества из-за их большей смертности и нередкого отстранения от процесса размножения.

Неандертальский человек – наш прауродитель или двоюродный дядя? Дополнительные сведения о нашей родословной были получены при сравнении митохондриальных ДНК современного человека и неандертальца. Более ста лет, с тех пор как в Германии впервые были найдены останки нашего древнего родственника, шли дискуссии о том, кем он нам приходится. Исходя из особенностей строения скелета неандертальца и его географической распространенности, одни ученые считали его нашим прауродителем, т.е. линией *Homo*

sapiens, развитие которой привело к человеку современного анатомического типа. Другие детали позволяли считать его независимой эволюционной ветвью, подвидом *Homo sapiens*, имеющим общего с нами предка, т.е. как бы двоюродным дядей. Эти два подвида получили зоологическое название *Homo sapiens neanderthalensis* и *Homo sapiens sapiens*.

Ученым удалось прочитать часть варибельного (контрольного) участка митохондриальной ДНК двух неандертальцев. Первый был найден в Фельдховеровской пещере в Германии, чуть позже был прочитан генетический текст мтДНК неандертальца-ребенка, обнаруженного на Северном Кавказе в Межмайской пещере. При сравнении наиболее изменчивых фрагментов мтДНК современного человека и неандертальца были найдены существенные различия: они отличались друг от друга в среднем по 27 нуклеотидным позициям из 370 исследованных. Если сравнить митохондриальные ДНК двух современных людей, то средняя разница будет равна лишь 8 нуклеотидам. Эти расчеты показывают, что наш общий с неандертальцем предок жил примерно 500–700 тыс. лет назад (рис. 8а).

Анализ ДНК позволил заключить, что обмен генами между человеком и неандертальцем не происходил или был ничтожно мал. Вероятнее всего, это совершенно отдельные, параллельные эволюционные ветви, произошедшие от общего предка. Хотя для окончательного вывода нужны дополнительные исследования ДНК. Так что неандерталец нам, похоже, эволюционный «дядя». Приблизительно 300–400 тыс. лет назад произошло окончательное разделение двух ветвей. Неандертальцы первыми расселились по Европе и Азии, затем туда пришли люди современного типа (т.н. кроманьонский человек), и они довольно долго сосуществовали на одной территории. Но около 30 тыс. лет назад неандертальский человек исчез, никаких его следов в более поздних археологических слоях найдено не

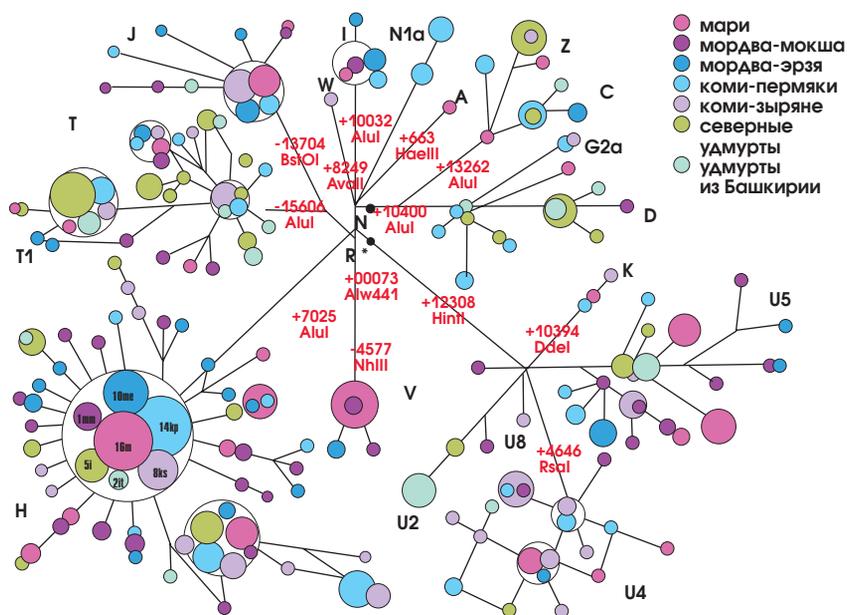


Рис. 11. Сеть мтДНК народов Волго-Уральского региона. Цветом обозначены различные этнические группы, темными буквами – разные типы мтДНК, размер кружка – число индивидов с данным типом мтДНК, красными цифрами – мутации. Видно значительное перекрытие изменчивости: в различных этнических группах встречаются одинаковые типы мтДНК, в т.ч. европеоидные, напр. *H.*, и монголоидные, напр. *U.* (из: Бермишева и др., 2002).



Рис. 12. Распространенность западных и восточных евразийских линий мтДНК в популяциях тюркских народов (по: Khushnutdinova et al., 2002).

было. Возможно, он не выдержал конкуренции и был вытеснен и истреблен своим более умным и хитрым родственником, а может быть, существовали и иные причины гибели неандертальцев.

Эволюция популяций и рас

Изучая разнообразие ДНК современных народов, можно оценить численность той прапопуляции, от которой, согласно гипотезе африканского происхождения, произошло все человечество. Она была невелика – порядка нескольких тысяч. Сопоставляя ДНК-маркеры аборигенов Южной Африки, можно сказать, что примерно 70–150 тыс. лет назад началась интенсивная дифференциация и сложные демографические процессы, сопровождающиеся возникновением разнообразных популяций в пределах Африки. Затем, 50–100 тыс. лет назад,

волны переселенцев стали выплескиваться за пределы Африки и растекаться по другим континентам, что отразилось на своеобразной структуре ДНК-дерева (рис. 9).

Исследуя современное население Европы, Азии, Океании, Северной и Южной Америки и зная особенности и скорость мутирования в изучаемых ДНК-маркерах, можно с определенной степенью точности проследить пути и время миграций людей из Африки.

Удивительно то, что генетические данные подтверждаются археологическими находками. Например, структура ДНК свидетельствует о том, что человек появился в Австралии и Новой Гвинее 50–60 тыс. лет назад. Анализ состава химических элементов артефактов указывает на тот же период. В Центральную и Юго-Восточную Азию люди пришли примерно 70 тыс. лет назад, заселение Европы произошло позже, 35–40 тыс. лет назад. Время

ОБ АВТОРАХ:

Животовский Лев Анатольевич – профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, лауреат Государственной премии РФ, лауреат премии в области эволюционной биологии РАН, приглашенный старший ученый Стэнфордского университета (Калифорния, США).

Хуснутдинова Эльза Камилевна – профессор, доктор биологических наук. Сфера научных интересов – популяционная генетика, этногенетика, медицинская генетика, автор 300 публикаций и 4 монографий.

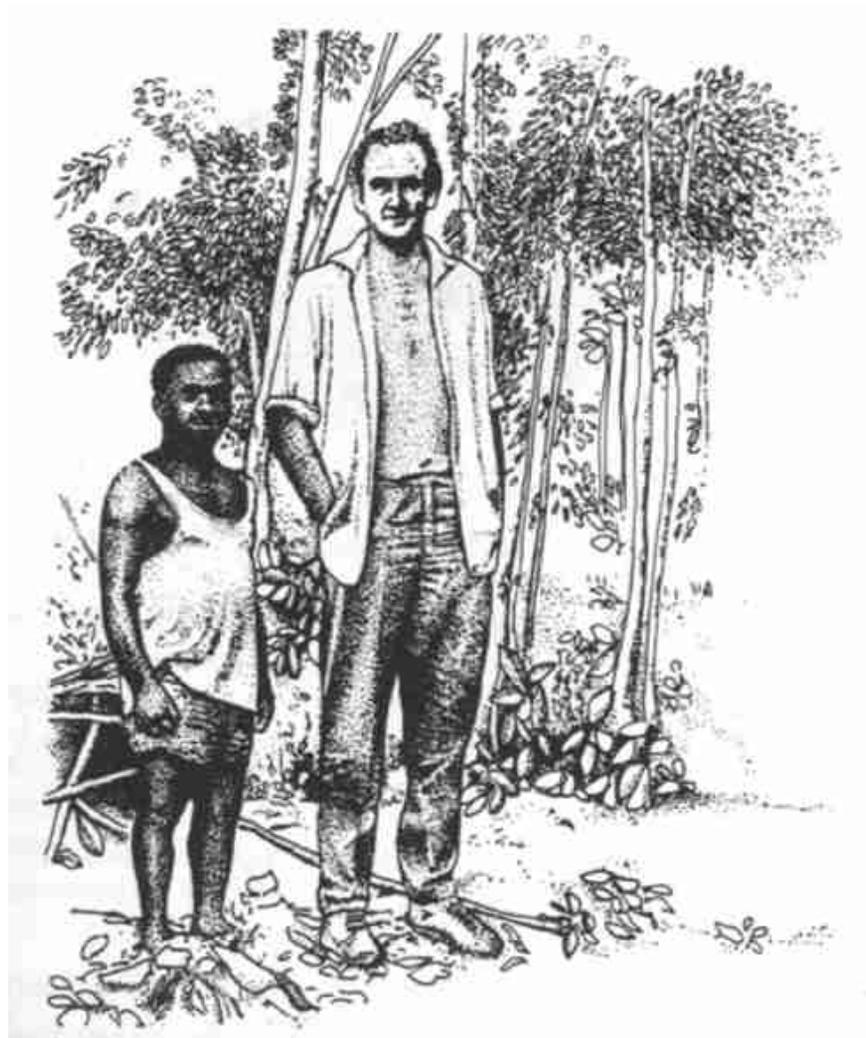


Рис. 13. Пигмей Африки и житель Европы. Снова вместе чере 100 тысяч лет (по: L. Cavalli-Sforza and F. Cavalli-Sforza, 1995).

освоения Америки до сих пор не определено, известно лишь, что люди появились там гораздо позже, чем на других континентах, – от 15 до 35 тыс. лет назад.

Как возникли современные расы человека и отличаются ли они друг от друга по ДНК? В течение десятков тысяч лет шли процессы миграций и адаптации человека к местным условиям. Допустим, группа людей пришла в Юго-Восточную Азию и осела там на много поколений. Потом часть мигрировала дальше, образуя новую локальную популяцию, которая, однако, име-

ет общую историю и общих предков с родительской группой, а потому их ДНК более сходны между собой, чем с жителями других континентов. Действительно, население разных материков эволюционно гораздо дальше от общей предковой группы, чем соседние популяции, близкие по родственным связям и демографической истории. За то время, что прошло со времени отделения от общих прародителей, их ДНК стали отличаться друг от друга за счет накапливающихся в чреде поколений мутаций. Генетические различия между людьми

с разных материков мы называем сегодня расовыми признаками. Изучая десятки и сотни ДНК-маркеров, можно почти стопроцентно идентифицировать расу (рис. 10). Чтобы достоверно определить этническую принадлежность индивида в пределах расы и крупного географического региона, потребуются тысячи ДНК-маркеров. А в зонах контакта разных рас и этнических групп это сделать практически невозможно из-за смешения генофондов.

Но генетически мы все вышли из одного гнезда, причем сравнительно недавно в масштабах эволюции (рис. 9).

Дальнейшее развитие рас шло независимо друг от друга: люди адаптировались к климато-географическим условиям, типу питания и ландшафта, складывались язык и культура. Но на формирование народов влияли не только процессы разделения популяций. Новые этносы могли образоваться при смешении групп разной расовой и языковой принадлежности. При этом возникала генетически разнородная этническая общность с единым типом культуры и общим языком. Поэтому сейчас все большую актуальность приобретают исследования, связанные с изучением генофонда, т.е. всего разнообразия ДНК в популяциях, генетической истории населения отдельных регионов, расово-этнических групп, родословной современных этносов.

Контакт этносов

Особый интерес с этой точки зрения представляет Волго-Уральский регион – в силу особенностей этнической истории населяющих его народов. Здесь встретились две волны расселения, две расы: европеоидная и монголоидная. Следы этого события хранит ДНК проживающих здесь народов (рис. 11). Исследования митохондриальной ДНК и Y-хромосомы позволили рассчитать время формирования народов, заселивших впоследствии данный регион. Это произошло примерно 40–50 тыс. лет назад, что соответствует времени появления современного человека

на европейском континенте в эпоху верхнего палеолита.

Сравнительный анализ мтДНК 18 народностей Евразии, относящихся к тюркской ветви алтайской языковой семьи, позволил установить западно-восточный градиент увеличения частоты азиатских типов мтДНК на пространстве 8 тыс. км: от 1% у гагаузов из Молдавии до 95–99% у якутов и долган (рис. 12). Соответственно, европеоидные черты наиболее свойственны жителям Западной Евразии, а наименее – населению Восточной Сибири. Народы Волго-Уральского региона, а также узбеки и казахи, т.е. те, кто живет на границе между Европой и Азией, занимают промежуточное положение. Изучение аутосомных ДНК-маркеров показало наличие в генофонде народов Волго-Уральского региона значительной доли европеоидных черт – от 50 до 90%. Таким образом, оказавшись на границе между Европой и Азией, эти народы сохранили следы смешения двух рас, пришедших одна – с Востока, а другая – с Запада. Кроме того, оказалось, что сходство языков играет меньшую роль, чем географическая близость популяций. Если, например, русские из Рязанской и Курской областей имеют только 2–3% монголоидных типов мтДНК, то русские, проживающие на границе Европы и Азии, имеют их уже 10–12%. Это объясняется их смешением с тюркоязычными народами на территории Волго-Уральского региона.

Таким образом, ДНК какого-либо индивида не дает возможности определить его национальность, но позволяет выяснить, какого типа у него мтДНК или Y-хромосома: скажем, монголоидной или европеоидной линии. У русских Волго-Уральского региона есть ДНК-маркеры, которые характерны и для марийцев, и для мордвы, и для чувашей, и для башкир, и для татар, и для удмуртов; соответственно, марийцы имеют ДНК-маркеры, встречающиеся у других этнических групп Волго-Уральского региона, и т.д. Эти результаты показывают глубокую

генетическую общность давно живущих рядом народов, хотя говорят они на непохожих языках, веруют в разных богов и отличаются культурными традициями.

Все люди – генетические кузены и кузины

Мы все генетически чрезвычайно схожи. Нас отличает друг от друга ряд признаков, которым мы склонны придавать чересчур большое значение (рост, цвет кожи, форма головы и др.), но как они ничтожны в сравнении с нашим почти стопроцентным (99,9%) генетическим сходством (рис. 13)! Мы сформировались под влиянием не только генов, но и окружающих нас

людей и явлений, причем в становлении личности среда играет неизмеримо большую роль, чем наследственные особенности. Мы все – одна большая генетическая семья, живущая на общей планете. И все распри между людьми возникают на бытовой почве: из-за несоблюдения элементарных норм общежития народов, неуважения к ценностям, особенностям и кажущимся странностям друг друга.

Но представьте себя на необитаемом острове, куда случай забросил еще одного человека – совсем другой расы, другого вероисповедания, со своим языком и привычками, – 99,9% генетического сходства вас тут же объединят. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Andrews P.** 1986. Fossil evidence on human origins and dispersal. In: Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol. 51: 419–428.
- Cann R.L., Stoneking M., and Wilson A.C.** 1987. Mitochondrial DNA and human evolution. *Nature* 325: 31–36.
- Cavalli-Sforza L.L.** 2000. *Genes, Peoples, and Languages*. North Point Press. New York. 228 p.
- Cavalli-Sforza L.L. and F. Cavalli-Sforza.** 1995. *The Great Human Diasporas*. Helix Books. Addison Wesley Publ. Comp. Reading. Mass. 300 p.
- Бермишева М., Виллемс Р., Тамбетс К., Хуснутдинова Э.К.** 2002. Разнообразие гаплогрупп митохондриальной ДНК у народов Волго-Уральского региона. *Молекулярная биология*. №6, 2002: 990–1001.
- Балановская С.А., Лимборская С.А., Хуснутдинова Э.К.** Этногеомика и геногеография народов Восточной Европы. – М.: Наука, 2002. – 261 с.
- Хуснутдинова Э.К.** Молекулярная этногенетика народов Волго-Уральского региона. – Уфа: Гилем, 1999. – 237 с.
- Викторова Т.В., Фатхлисламова Р.И., Хуснутдинова Э.К.** Оценка относительного вклада европеоидного и монголоидного компонентов в формирование народов Волго-Уральского региона по данным полиморфизма ДНК. *Генетика* №35, 1999. С. 1132–1137.
- Knight, A., P.A. Underhill, H.M. Mortensen, L.A. Zhivotovsky, A.A. Lin, B.M. Henn, D. Louis, M. Ruhlen, and J.L. Mountain.** 2003. African Y chromosome and mtDNA divergence provides insights into the history of click languages. *Current Biology* 13: 464–473.
- Rosenberg N.A., J.K. Pritchard., J.L. Weber, H.M. Cann, K.K. Kidd, L.A. Zhivotovsky, and M.W. Feldman.** 2002. Genetic structure of human populations. *Science* 298: 2381–2385.
- Villems R., Rootsi S., Khusnutdinova E.** Archaeogenetics of Finno-Ugric speaking populations. 2002. In: *The Roots of Peoples and Languages of Northern Eurasia*. IV. (ed. K. Julku). Oulu. pp. 271–284.
- Zhivotovsky, L.A.** 2001. Estimating divergence time with use of microsatellite genetic distances: impacts of population growth and gene flow. *Molecular Biology and Evolution* 18: 700–709.
- Zhivotovsky L.A., N.A. Rosenberg, and M.W. Feldman.** 2003. Features of evolution and expansion of modern humans inferred from genome-wide microsatellite markers. *American Journal of Human Genetics*. (in press)

ДВУХ ОДИНАКОВЫХ не существует

Марк Фишетти

Для контроля доступа к компьютерным сетям и банковским сделкам используются пароли, которые можно угадать или разгадать. Применение дактилоскопических устройств предполагает полную безопасность, т.к. цифровую версию отпечатка пальца человека фальсифицировать невозможно.

В последнее время получили распространение два типа недорогих идентификаторов. Первый – оптические сканеры, в которых для оцифровки папиллярного узора пальца используется ПЗС-матрица (матрица приборов с зарядовой связью). Второй тип – кремниевые (твердотельные) считыватели, чье действие основано на использовании емкостной чувствительности крошечных конденсаторов, распознающих топографию пальца. В обоих случаях, прежде чем открыть доступ, программное обеспечение анализирует мельчайшие особенности геометрии рисунка папиллярного узора и сравнивает его с образцами отпечатков зарегистрированных пользователей, имеющих право на вход. Папиллярные линии являются уникальной биометрической характеристикой человека.

Наим Зафара (Naeem Zafar), президент компании Veridicom, специализирующейся на производстве систем доступа, считает, что для наиболее совершенных моделей считывателей уровень ошибочных подтверждений составляет менее 25 на миллион запросов, а уровень ошибочных отказов – 3%. Сегодня можно приобрести хороший считыватель за \$150. (Правоохранительные органы и служба регистрации транспортных средств используют практически не дающие сбой идентификаторы стоимостью от \$5 000 до \$10 000.)

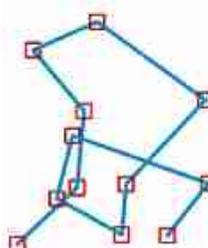
Разработка простого программного обеспечения, совместимого с операционными системами персональных компьютеров, способствовала росту популярности дактилоскопических считывателей. «Производители систем доступа и компьютеров должны выработать единые стандарты», – уверен Каш Уадхва (Kush Wadhwa), старший консультант Международной биометрической группы из Нью-Йорк сити, предоставляющей технические и консалтинговые услуги. Дактилоскопические сканеры могут найти применение и в обслуживании пропускного режима в корпорациях и тюрьмах или в качестве цифровой подписи в электронной коммерции. Однако изображения отпечатков пальцев могут быть скопированы, украдены или попасть в некую базу данных. Технологически можно уменьшить нежелательные последствия, но конфиденциальность не гарантирована. ■



Каждый палец имеет мельчайшие особенности рисунка папиллярных линий, которые и фиксирует сканер.



Дактилоскопические сканеры выводят черно-белое изображение отпечатков пальцев с разрешением до 500 точек на дюйм. Программы обрабатывают от 10 до 40 деталей (отмечено квадратиками), рассчитывают расстояния и углы между характерными точками (обозначено линиями), определяя шаблон. С помощью специальных алгоритмов геометрические соотношения преобразуются в цифровой код, позволяющий идентифицировать личность.



Как только шаблон сохранен в памяти, программа стирает отпечаток, чтобы предотвратить копирование или кражу. Когда пользователь снова прикладывает палец к сканеру, устройство обчисляет особенности узора и сравнивает их с известными образцами.

DANIELS & DANIELS

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

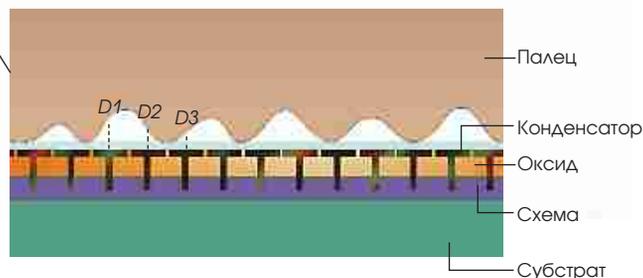
- **СОВЕРШЕНИЕ БАНКОВСКИХ ОПЕРАЦИЙ.** Отпечатки пальцев в оцифрованном виде открывают доступ к номеру банковского счета или кредитной карты. Клиент банка может снять деньги со счета через банкомат, просто прижав палец к сканеру. Так же можно оплатить обед в ресторане, бензин или продукты в магазине. Несколько школ в Пенсильвании (Pennsylvania) участвуют в тестировании дактилоскопических сканеров: учащиеся оплачивают завтрак одним прикосновением пальца.
- **РИСУНОК РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА.** Системы доступа, анализирующие радужную оболочку глаза, имеют значительно меньший процент сбоев, но стоят в два раза доро-

же дактилоскопического сканера и не всегда удобны. Однако авиакомпании *Virgin Atlantic* и *British Airways* экспериментируют с идентификационными системами, распознающими рисунок радужной оболочки глаза, что позволит часто летающим пассажирам проходить таможенную без проверки документов.

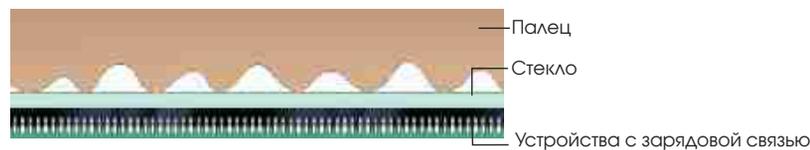
- **АНАЛИЗАТОР ЗАПАХА.** Специалисты по биометрии могут идентифицировать человека по индивидуальным особенностям: лицу (расстояние от основания носа до верхней губы, высота лба); голосу (частота, модуляция); уху (особенности строения); походке (характерному изменению величин углов между разными частями тела при шаге); даже запаху тела (испарениям из пор кожи).



Кремниевый сканер заряжает множество тысяч конденсаторных пластин до заданной величины. Папиллярные неровности по-разному отводят заряд, в зависимости от расстояния (D_1 , D_2 , D_3), на котором каждая из особенностей папиллярного узора находится от датчика. Микросхема датчика регистрирует отток заряда и переводит каждое значение в расстояние. Специальные компьютерные программы преобразуют полученные данные в карту отпечатка пальца.



Оптический сканер использует ПЗС-матрицу из нескольких тысяч элементов для получения оцифрованного изображения рисунка кожи пальца человека.



ВЗЛОМ СЕЙФА

Дэннис Шаша

Представьте, что вы – вор (но, конечно, добрый и справедливый, как Робин Гуд). Чтобы забраться в сейф, нужно открыть механический кодовый замок с 10 поворотными ручками, которые могут находиться в трех положениях – нижнем, среднем и верхнем. Существует равным счетом 3^{10} (59049) возможных комбинаций, но вам повезло: 3^8 (6561) из них откроют сейф. Все очень просто: если позиции двух нужных ручек правильные, то вам осталось лишь потянуть на себя дверь сейфа. Положение остальных восьми ручек не имеет значения. Вся беда в том, что вы не знаете, какие две ручки являются ключевыми (они могут располагаться и не по соседству).

Поскольку комбинаций, открывающих сейф, достаточно много, можно

начать с произвольного перебора: вероятнее всего одна из девяти попыток окажется удачной. Но фортуна часто отворачивается от вас, поэтому необходима полная гарантия, что взлом пройдет быстро. Можно ли открыть сейф, перебрав менее 20 комбинаций? Если – да, то какие комбинации следует попробовать?

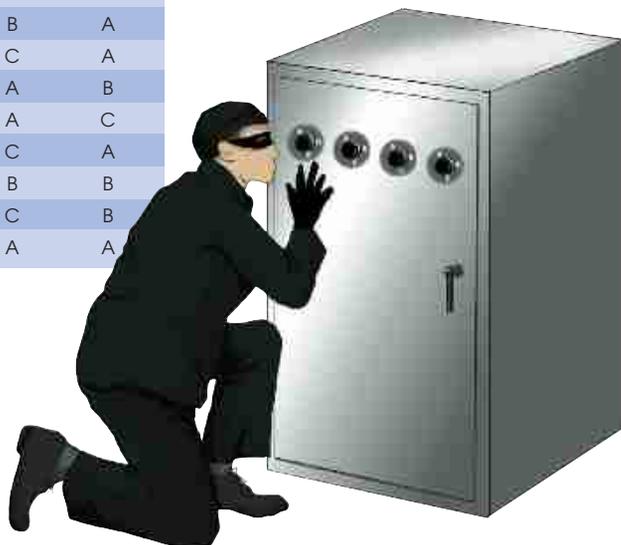
Вот вам задачка для разминки. Предположим, кодовый замок состоит всего из четырех поворотных ручек с тремя положениями, и для открытия сейфа необходимо поставить две из них в правильную позицию. Сколько комбинаций нужно перебрать, чтобы наверняка открыть сейф? Если бы вы знали, какую пару ручек нужно повернуть, вам все равно пришлось бы испытать девять различных комбинаций.

(Давайте буквой А обозначим верхнюю позицию ручки, буквой В – среднюю, а буквой С – нижнюю. Теперь эти комбинации можно перечислить как АА, АВ, АС, ВА, ВВ, ВС, СА, СВ и СС.) Но даже не зная, какие две ручки ключевые, можно открыть сейф с четырьмя ручками менее чем за 12 попыток (см. рис. внизу). Как видите, в довольно коротком перечне содержатся все девять комбинаций для любой пары ручек независимо от их местоположения. Сможете ли вы теперь составить подобный список комбинаций для замка с десятью ручками? ■

Последняя книга Дэнниса Шаша (Dennis E. Shasha) *Dr. Ecco's Cyberpuzzles* опубликована в 2002 г. издательством W. W. Norton.

Набор комбинаций для взлома сейфа с четырьмя ручками

	Первая ручка	Вторая ручка	Третья ручка	Четвертая ручка
1.	А	С	С	С
2.	В	В	В	С
3.	С	В	А	А
4.	А	А	В	А
5.	А	В	С	А
6.	В	А	А	В
7.	С	А	А	С
8.	В	С	С	А
9.	С	С	В	В
10.	С	А	С	В
11.	А	С	А	А



ОТВЕТ НА ГОЛОВОЛОМКУ, ОПУБЛИКОВАННУЮ В ПРЕДЫДУЩЕМ НОМЕРЕ.

Возьмите одну ракету из любого комплекта. Если она хорошая, то оставшиеся 5 смело берите из него же. Если – нет, забирайте 5 ракет из другой коробки. Ошибиться можно только в том случае, если выбрать хорошую ракету из бракованного набора. Таким образом, вероятность неудачи равна $\frac{1}{4}$ ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$), а вероятность правильного выбора – $\frac{3}{4}$. Если в бракованном комплекте окажется 4 неработающих ракеты, то вероятность проигрыша снизится до $\frac{1}{6}$ ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{3}$). Чем больше некачественных ракет будет в одной из коробок, тем больше будет шансов на удачу.

существуют ли различия

МЕЖДУ ИСКУССТВЕННЫМИ И НАТУРАЛЬНЫМИ ЗАПАХАМИ?

Гэри Ренесиус (Gary Reinещсius), профессор из Миннесотского университета, объясняет это так:

Природные и искусственные запахи определяются сводом федеральных нормативных актов – Кодексом Соединенных Штатов. Природный запах имеют «эфирные масла, смолы, эссенции или экстракты, белковые гидролизаты, дистилляты или любые вещества, выделенные из специй, фруктов (или фруктовых соков), овощей (или овощных соков), пекарских дрожжей, трав, коры, почек, корней, листьев и другого растительного материала, мяса, морепродуктов, птицы, яиц и молока, которые придают всем этим продуктам аромат, а не обуславливают их питательную ценность». Искусственный же запах не отвечает ни одному из этих критериев.

На самом деле различие между двумя типами запахов минимально. И тот и другой можно создать в лаборатории, смешивая подходящие химикаты

в нужных пропорциях. Чтобы получить натуральный аромат, используют природные вещества, а для получения искусственного берут вещества синтетически. Технология в обоих случаях одинакова, разные названия отражают только происхождение исходных компонентов.

Но в таком случае существует ли реальное различие между натуральными и искусственными ароматами? Да – искусственные пахучие вещества проще по составу и более безопасны, поскольку для их изготовления применяют только проверенные ингредиенты; природные же запахи могут содержать токсины, присущие натуральным материалам. Еще одно различие заключается в стоимости. Поиск природных первоисточников часто сопряжен с большими затратами. Так, запах кокосового ореха зависит от вещества, найденного в коре одного из деревьев, произрастающих только в Малайзии. Чтобы его выделить, нужно снять с дерева кору –

это весьма трудоемкая процедура, к тому же губительная для дерева.

Однако несмотря на то, что идентичное вещество можно синтезировать в лаборатории и стоимость его будет значительно меньше, потребители готовы отдавать большие деньги за натуральные ароматы, которые совсем не обязательно выше качеством и безопаснее, чем их недорогие искусственные аналоги. ■



как долго человек

МОЖЕТ ПРОЖИТЬ БЕЗ ВОДЫ ?

На вопрос отвечает Рандал Пакер (Randall Packer), профессор биологии из Университета Джорджа Вашингтона: На этот, казалось бы, простой вопрос невозможно дать однозначный ответ, поскольку выживаемость человека зависит от очень многих факторов. В самых экстремальных ситуациях – скажем, если речь идет о ребенке, оставленном в закрытом автомобиле, стоящем на солнцепеке, – смерть наступит очень быстро. Взрослый же при благоприятных условиях проживет без единого глотка воды более недели.

Организм человека остается здоровым, только если в нем поддерживается

водный баланс. Мы получаем воду с пищей и различными напитками и теряем ее с потом и мочой (небольшое количество выводится в составе экскрементов). Еще один канал утечки воды – дыхание. Потоотделение является единственным физиологическим процессом, спасающим человека от перегрева: испаряющийся пот охлаждает кровь в периферических кровеносных сосудах, а она охлаждает весь организм. Если утраченная вода не восполняется, то полный объем жидкости в организме быстро уменьшается и, что особенно опасно, сокращается объем крови. В этом случае возникают

две серьезные проблемы: температура тела поднимается слишком высоко, а кровяное давление резко падает. Большинство из нас в таких условиях долго не проживет. Особенно чувствительны к перегреву и обезвоживанию дети – у них отношение площади поверхности тела к объему больше, чем у взрослых.

Чтобы поддерживать водный баланс, можно употреблять любые напитки, за исключением спиртных – они вызывают обезвоживание, поскольку этиловый спирт приводит к увеличению количества мочи, и в результате воды теряется больше, чем поступает с напитком. ■



Читайте в августовском выпуске журнала:

50 лет двойной спирали
Когда проснется Этна
Доставка лекарств с помощью имплантантов
Раскрывая тайну нейтрино
Загадки атипичной пневмонии

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

- по каталогу «Пресса России», подписной индекс 45724;
- по каталогу «Роспечать», подписной индекс 81736;
- по каталогу периодических изданий для библиотек, подписной индекс Б392;
- по каталогу 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., д. 1;
- в киоске РосНОУ, ул. Радио, д. 22, 1-й этаж;
- в «Доме технической книги», Ленинский проспект, д. 40;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА, павильон у метро «Тимирязевская»;
- www.bpremier.ru, тел. 261-82-04 «Буква-премьер», подписка + доставка курьером.



	<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>		
	<p>_____ Фамилия, И.О., адрес плательщика</p>		
	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>		
	<p>_____ Фамилия, И.О., адрес плательщика</p>		
	Вид платежа	Дата	Сумма
	Подписка на журнал «В мире науки»		
	Плательщик		