

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

тема номера:

№4 2004

АТОМЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Наша

растущая Галактика

Первый

карманный арифмометр

Шизофрения:

расщепленное сознание

Мужчина и женщина

эпохи неолита

Демографическая

революция и будущее человечества



Содержание

МАЙ 2004

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

- 20** **АСТРОНОМИЯ**
НАША РАСТУЩАЯ ГАЛАКТИКА
Барт Ваккер, Филипп Рихтер
Млечный Путь – живой и динамично развивающийся объект.
- 30** **НЕЙРОБИОЛОГИЯ**
ЗАГАДКИ ШИЗОФРЕНИИ
Дэниел Джэвитт и Джозеф Койл
Изучение тончайших механизмов работы головного мозга дает надежду на создание более эффективных лекарств для лечения шизофрении.
- 38** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ТОТАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ
Рой Уонт
В будущем аппаратура будет превосходить наши желания и заботиться о нас, не требуя усилий с нашей стороны.
- 48** **ФИЗИКА**
АТОМЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ
Ли Смолин
Пытаясь разработать квантовую общую теорию относительности, ученые пришли к выводу, что пространство и время – дискретны.
- 58** **АРХЕОЛОГИЯ**
МУЖЧИНА И ЖЕНЩИНА ЭПОХИ НЕОЛИТА
Ян Ходдер
Ученые считают, что в поселениях Европы времен неолита господствовал матриархат.
- 66** **ЭКОЛОГИЯ**
КОГДА ВЕСНА В РАЗГАРЕ
Дэниел Гроссман
Глобальное потепление климата нарушает синхронизацию жизненных циклов взаимозависимых видов живых существ в экосистемах.
- 74** **ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО**
ПЕРВЫЙ КАРМАННЫЙ АРИФМОМЕТР
Клифф Столл
Удивительная история о том, как гениальное изобретение спасло жизнь своему автору и завоевало весь мир.
- 82** **НАУКА И ОБЩЕСТВО**
ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА
Сергей Капица
Развитие населения Земли следует рассматривать как эволюцию самоорганизующейся системы.

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

Менеджер по распространению: А.В. Евдокимов

Старший менеджер по PR: А.А. Рогова

Научные консультанты:

доктор биологических наук И.В. Перевозчиков,
кандидат физ.-мат. наук В.Г. Сурдин, доктор
географических наук Ю.Я. Мачерет

Над номером работали:

Е.В. Базанов, Е.Г. Богадист, О.А. Василенко,
М.Е. Ведревич, Е.М. Веселова, Ф.С. Капица,
Б.А. Квасов, Т.М. Колядич, Д.А. Мисюров,
С.Р. Оганесян, И.П. Потемкин, И.Е. Сацевич,
В.В. Свечников, М.Г. Смирнова, К.Р. Тиванова,
П.П. Худoley, Н.Н. Шафрановская

Корректур: Ю.Д. Староверова

Препресс: Up-studio

Отпечатано: ОАО «АСТ-Московский
полиграфический дом»
748-6733 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; www.sciam.ru

© В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2004

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

Тираж: 15 000 экземпляров

Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors:

Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins,
Carol Ezzell, Steve Mirsky, George Musser

News Editor: Phillip M. Yam

Contributing editors:

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

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: Rolf Grisebach

President and chief executive officer:

Gretchen G. Teichgraber

Vice President and managing director,

international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

18

ПРОФИЛЬ

КЛЕТКИ, ПРАВЯЩИЕ МОРЯМИ

Стив Нейдис

По мнению океанолога Салли Чизхолм, исследования микроскопических обитателей океана позволят раскрыть тайны биосферы.

ОБЗОРЫ:

ОТ РЕДАКЦИИ

БИОЛОГИЯ ПОД КОНТРОЛЕМ?

3

4

50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6

НОВОСТИ И КОММЕНТАРИИ

- Рожденные взрывом
- На дне бездны
- Как по маслу
- Акустическое обоняние
- Нобелевская премия – 2003
- Экстремальный научный проект
- Пластмассовый форум
- Антарктические исследования
- Биотехнологии и безопасность
- Лучшие инженеры
- На заседании РАН
- Опасные лекарства

92

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

94

ГОЛОВОЛОМКА

ПРОВЕРКА МИКРОСХЕМ

Дэннис Шаша

Если хочешь – доверяй, если можешь – проверяй!

95

СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

Как долговременное пребывание на орбите влияет на организм космонавтов? Как лапки геккона прилипают к поверхности?

БИОЛОГИЯ ПОД КОНТРОЛЕМ?

Три года назад группа биологов из Австралийского национального университета в Канберре, работая над созданием контрацептивной вакцины для мышей, которая помогла бы уменьшить численность грызунов, неожиданно для себя получила патогенный микроорганизм, приводящий к гибели 60% инфицированных им животных. Патоген появился в результате трансформации вируса, вызывающего у мышей оспу. А недавно на конференции в Женеве американские исследователи сообщили о создании аналогичного вируса со 100%-ным летальным эффектом.

Положительная сторона подобных экспериментов заключается в том, что они позволяют предусмотреть возможные действия биотеррористов, а отрицательная – что как раз преступники и могут ими воспользоваться. (К счастью, изменения, делающие вирус оспы поистине смертоносным, приводят к утрате им контагиозности.) Таким образом, опасения вызывают не только опыты, прямо открывающие путь к созданию бактериологического оружия, но и (что гораздо хуже) невинные исследования. Возникает резонный вопрос: может быть, биология слишком непредсказуема, чтобы отдавать ее на откуп ученым?

Со времен Манхэттенского проекта ограничения, введенные службой национальной безопасности, стали неотъемлемой частью профессиональной деятельности любого физика. Биологическое же сообщество до сих пор само контролировало свои исследования. Так, в 1975 г., стремясь избежать нежелательных последствий применения технологии рекомбинантных ДНК, молекулярные генетики договорились, что соответствующие

эксперименты должны согласовываться с Консультативными комитетами по рекомбинантным ДНК (*Recombinant DNA Advisory Committees, RAC*).

Возросшая в последнее время опасность биотерроризма требует адекватных превентивных действий. В октябре 2003 г. Национальный научно-исследовательский совет США (*National Research Council, RNC*) настоял на инспектировании разработок, которые могли бы использоваться для создания биологического оружия, и взятия их под контроль. Консультативным комитетам по рекомбинантным ДНК вменялось в обязанность провести оценку всех экспериментальных исследований, таящих потенциальный риск, таких, например, как ослабление вакцин, создание микроорганизмов, устойчивых к антибиотикам или обладающих повышенной вирулентностью, трансформация клеток и белков, повышающая вероятность их использования в качестве биологического оружия.



Предполагается также создание консультативного совета в рамках министерства здравоохранения и социальных органов, который помог бы RAC организовать взаимодействие между учеными и специалистами служб безопасности.

Предложения RNC нашли понимание у многих ученых и экспертов по обороне, увидевших в них возможность соблюдения равновесия между свободой научного творчества и требованиями безопасности. Впрочем, Джон Марбургер (John Marburger), помощник президента США по науке, заявил, что администрация еще не приняла окончательного решения по этому поводу и, возможно, выступит с предложением ввести более жесткие ограничения на исследовательские работы.

Однако возникает резонный вопрос: смогут ли все эти меры гарантировать безопасность? Ведь дальнейшие ограничения на доступ к информации и на свободный обмен ею небезопасны сами по себе, поскольку являются преградой на пути научного прогресса. Так, в докладе RNC указывается, что Белый дом однажды уже попытался наложить запрет на распространение информации, которую он назвал «заслуживающей рассмотрения, но окончательно не отнесенной к той или иной категории». Столь нечеткие понятия в сфере науки могут нанести вред национальной безопасности, сковывая творческую инициативу.

Конечно, биомедицинские исследования необходимо ограничить, но не в ущерб свободе научного творчества. Сами ученые во взаимодействии с правительством должны определять эти рамки. ■

В поисках трития • Преследование лихорадки • Допрос свидетелей

АПРЕЛЬ 1954

СЕКС ДЛЯ УДОВОЛЬСТВИЯ. Социологи, политики и работники здравоохранения многих стран серьезно обеспокоены проблемой перенаселения. Чтобы улучшить баланс между природными ресурсами и численностью населения, предпринимаются активные шаги для популяризации планирования семьи. Однако такой подход сталкивается с серьезной проблемой: возникает насущная потребность в противозачаточном средстве, которое было бы простым, практичным и экономически доступным для каждого человека. ■

ТРИТИЙ. «Менее десяти лет назад люди ничего не знали о существовании трития. Сначала он был обнаружен среди продуктов ядерного синтеза в реакторах, а затем его нашли и в природе. Всего на нашей планете не более 1 кг трития, большая часть которого растворена в океанах и практически не подлежит обнаружению. Зачем же гоняться за ничтожной горсткой этого вещества? Ответ прост: как и изотопы углерода, тритий (изотоп водорода) может быть превосходным индикатором для изучения естественных процессов. С его помощью мы можем датировать останки растений и многое узнать о движении воздуха и влаги над поверхностью земного шара». – Уиллард Либби (Willard F. Libby) [В 1960 г. Либби был удостоен Нобелевской премии по химии за работы с углеродом-14 – Прим. ред.] ■



Защитный костюм для пожарных, 1904 г.

АПРЕЛЬ 1904

РАЗНОСЧИК ЛИХОРАДКИ. По мнению доктора Грэхема из Бейрута, москиты виновны в распространении еще одной болезни, а именно – тропической лихорадки, называемой также африканской лихорадкой, жирафьей лихорадкой, лихорадкой денди и т.д. Болезнь, возникающая в жарком климате южных штатов, редко приводит к смертельному исходу, но сопровождается неприятными осложнениями: параличом, бессонницей, умственным и физическим изнеможением и т.п. В одном из экспериментов доктор Грэхем доставил инфицированных лихорадкой москитов в город, расположенный на высоте 1 км на уровне моря, где не было ни москитов, ни лихорадки. Один из аборигенов был заперт в комнате с москитами. На четвертый день он слег с острым приступом лихорадки. Москиты были немедленно уничтожены, и ни одного случая заражения больше не произошло. ■

ПОЖАРНЫЙ КОСТЮМ. Самыми опасными считаются те пожары, в ходе которых выделяется большое количество удушливого дыма и вредных газов. Чтобы помочь пожарным тушить подобные возгорания, один колорадский изобретатель разработал защитный костюм, изображенный на иллюстрации. Он изготовлен из газонепроницаемого материала, закрывающего человека от шлема до пояса. Воздух внутри колпака очищается химическими реагентами, расположенными в коробке за спиной. ■

АПРЕЛЬ 1854

СВИДЕТЕЛЬ-ЭКСПЕРТ. Летом 1853 г. было заслушано громкое дело Джона Хендриксона младшего (John Hendrickson Jr), отравившего аконитином свою жену Марию. Преступник был осужден на основании научного заключения о его виновности. Опубликованные в прессе судебные материалы попали в руки профессора Уэллса (Wells) из Бостона. Возмущенный вопиющей необоснованностью научного вердикта, он подал в суд апелляцию, подписанную несколькими именитыми химиками. [Хендриксон был повешен 5 мая 185 г. – прим. ред.] ■

РАЙСКОЕ МЕСТЕЧКО. В только что изданном *Himalayan Journals* доктор Хукер (Hooker) приводит такое описание «приятной» прогулки по непальским Гималаям: «Целые полчища пиявок роились в ручьях, влажной траве и среди кустарников; они залезали мне в волосы, повисали на веках, ползали по ногам и спине. Я неоднократно снимал с себя целые сотни пиявок. Их укусы не проходили в течение пяти месяцев, а шрамы остались по сей день». ■

ВЗРЫВЫ, ВСПЛЕСКИ И ВСПЫШКИ

Крис Йозефович

В ГАЛАКТИКЕ ВОДОВОРОТ на снимке в рентгеновских лучах – сверхновая SN 1994I редкого типа Ic. Именно такие взрывы могут быть источником гамма-всплесков и вспышек рентгеновского излучения.



Ученые давно подозревали, что всплески гамма-излучения связаны со взрывами звезд, но не знали, как их классифицировать. Результаты анализа гамма-всплеска, достигшего Земли 29 марта 2003 г., позволяют предположить, что большинство таких феноменов порождаются космическими взрывами одной природы. Вспышка, о которой идет речь, была самой близкой из всех зарегистрированных: она произошла на расстоянии всего 2,6 млрд. световых лет от Земли, и астрономам удалось точно определить ее энергию. Сравнение с ранее зарегистрированными всплесками, вспышками рентгеновского излучения

и взрывами редких сверхновых типа Ic показало, что во всех случаях выделяется примерно одинаковое количество энергии: приблизительно столько, сколько выработало Солнце за время своего существования. Следовательно, такие события имеют сходное происхождение, скорее всего их порождают взрывы, сопровождающие коллапс массивной звезды. По мнению Эдо Бергера (Edo Berger) из Калифорнийского технологического института, изучавшего упомянутый всплеск, взрывы различаются между собой только формами выделения энергии. Результаты исследования опубликованы в журнале *Nature*. ■

ДО САМОГО ДНА

Стивен Эшли

Гибридный подводный аппарат превратит исследования океанских глубин в обыденность.

НЕ ВОЛОКНОМ ЕДИНЫМ

Наряду с организацией оптоволоконной связи есть и другие технические задачи, стоящие перед создателями нового подводного агрегата. Его многослойный сферический корпус будет изготовлен из прочной и легкой алюмооксидной керамики, способной защитить аппаратуру от чудовищного глубоководного давления свыше тонны на квадратный сантиметр. Дополнительную

Люdiam всего несколько раз удалось заглянуть в Марианскую впадину (на глубину 11 022 м). Первая экспедиция состоялась в 1960 г., когда Жак Пикар (Jacques Piccard) опустился на дно глубочайшей пропасти в батискафе ВМФ США «Триест». Примерно 35 годами позже японский подводный аппарат *Kaikyo* с дистанционным управлением совершил еще несколько погружений в бездну. Чрезвычайная глубина и высокое давление до сих пор не позволяли ученым детально исследовать сердце океана.

Недавно Вудсхоллский океанографический институт, Университет Джонса Гопкинса и ВМФ США занялись разработкой подводного аппара-

та, который упростит проведение научных исследований на больших глубинах и сделает их рентабельными. Новое устройство будет сочетать в себе достоинства полностью автономного робота и управляемого батискафа, получающего команды с поверхности по тонкой оптоволоконной линии. Механизм весом в одну тонну будет помещаться в морском транспортном контейнере вместе с оборудованием. Таким образом, компактную и легкую систему можно будет быстро развернуть с обычных океанографических судов, обходясь без специальной плавучей базы. Аппарат будет достаточно дешевым, его можно использовать не только для глубоких

погружений, но и для традиционных исследований. Ожидается, что проект стоимостью \$5,5 млн., финансируемый Национальным научным фондом США, Управлением военно-морских исследований США и Национальным управлением по исследованию океанов и атмосферы, будет закончен через четыре года.

Главный козырь нового проекта – комбинированный подход. Обычные батискафы слишком велики и дороги, поскольку должны гарантировать безопасность экипажа. Полностью независимые роботы тоже обходятся недешево: чтобы они могли выполнять исследовательские работы, они должны быть чрезвычайно «умными». Вместе с тем длинные кабели, на которых подводные аппараты спускают с судов, как правило, оказываются недостаточно прочными и не позволяют исследовать большие участки морского дна.

Подводный аппарат сможет автономно выполнять гидролокационные и другие несложные наблюдения. Для проведения более детальных исследований к его корпусу будет прикрепляться катушка с оптоволоконным ка-

белем и транспортный модуль, оснащенный дополнительным двигателем, батареями питания, электромеханическим манипулятором и оборудованием для сбора образцов. Грузило на стальном тросе поможет роботу преодолеть коварные океанские течения и спуститься на среднюю глубину. Затем аппарат начнет самостоятельно погружаться, постепенно вытравливая кабель. Достигнув дна, автоматический исследователь отцепится от якоря и приступит к выполнению задания, передавая информацию по оптической линии. По завершении работы агрегат начнет сматывать кабель, затем состыкуется с грузилом и будет готов подняться на судно.

Если замысел удастся реализовать, то с помощью гибридного дистанционно управляемого аппарата ученые смогут разобраться в фундаментальных процессах, протекающих в глубинных зонах субдукции континентальных плит, где происходит геотермальная рециркуляция земной коры. Новый подводный робот также позволит океанологам исследовать неизведанные области, сокрытые под полярными льдами. ■

плавучесть устройству придаст слой синтетической пены, состоящий из эпоксидного компаунда, заполненного стеклянными микросферами. Инженерам предстоит сконструировать устойчивые к высокому давлению механические детали, видеокамеры, низковольтное освещение и т.д. Поскольку аппарат будет использовать автономное питание, очень важно рассчитать оптимальные энергосберегающие режимы работы всех бортовых приборов и устройств.

отличное скользяние

Чарльз Чой

Отрицательное трение, благодаря которому скользящие друг относительно друга молекулы не замедляют, а ускоряют свое движение, вполне реально. В его основе лежат ван-дер-ваальсовы взаимодействия, которые обычно обуславливают слабое взаимное притяжение молекул. Дело в том, что колеблющиеся электроны, сближаясь на достаточно малое расстояние, начинают двигаться синхронно, создавая электрическую тягу. Отрицательного трения можно добиться, вмешавшись в процесс синхронизации и использовав эффект Доплера, благодаря которому сближающимся моле-

кулам «кажется», будто электроны их партнера колеблются с более высокой частотой, а разлетающиеся молекулы «видят» обратную картину. Физик Адам Коэн (Adam E. Cohen) из Стэнфордского университета и физхимик Шауль Мухамел (Shaul Muhamel) из Калифорнийского университета полагают, что можно изменить характер колебаний электронов (например, с помощью света или тепла) и настроить их так, чтобы сближающиеся молекулы притягивались друг к другу, а разлетающиеся – отталкивались. Их теория будет изложена в журнале *Physical Review Letters*. ■

МЕЖДУ ДВУМЯ соприкасающимися объектами возникает трение. Всегда ли?



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ-2003

В прошлом году Шведская королевская академия вручила четыре премии девяти выдающимся ученым за их вклад в развитие мировой науки. Хотелось бы особо отметить две номинации.

третий лишний

Филип Ям

ДРУГИЕ НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ

ХИМИЯ

Питер Агре (Peter Agre) и Родерик Маккиннон (Roderick MacKinnon) удостоены Нобелевской премии за успешные исследования процессов прохождения воды и ионов сквозь клеточные мембраны.

«Позорная ошибка должна быть исправлена!» – кричали октябрьские заголовки. Речь шла о вручении Нобелевской премии в области физиологии и медицины. За вклад в развитие ядерной магнитной резонансной томографии (ЯМР-томографии) престижную награду получили Пол Лотербур (Paul C. Lauterbur) и Питер Мэнсфилд (Peter Mansfield). А со скандальных передовиц *The New York Times* и *The Washington Post* на читателей взирал Реймонд Дамадиэн (Raymond V. Damadian), про которого Нобелевский комитет и словом не обмолвился.

Разумеется, оба лауреата достойны своей премии: Лотербур установил, что изменения в приложенном магнитном поле позволяют построить двухмерное изображение исследуемого объекта, а Мэнсфилд усовершенствовал процедуру визуализации, разработав математический аппарат для быстрой и эффективной обработки данных о возмущениях поля. Однако Дамадиэн, несомненно, сыграл ключевую роль в разработке ЯМР-томографов, которые сегодня широко применяются в диагностической медицине. В 1971 г. он показал, что ядерный магнитный резонанс позволяет выявить раковые клетки, а год спустя запатентовал сканер всего тела.

Споры по поводу вручения Нобелевской премии – не редкость. И все же в данном случае решение Шведской королевской академии сильно смахивает на преднамеренную пощечину Дамадиэну. Согласно уставу, в каждой категории к награждению могут быть представлены три лауреата, так что Дамадиэн вполне мог попасть в список победителей. Интересно, что в пресс-релизе Нобелевского комитета, где, как правило, упоминаются и другие ученые, достигшие успехов в данной области науки, нет ни одного упоминания о Дамадиэне. Может быть потому, что он оставил академические исследования и продолжил свою работу как бизнесмен? Или виной всему его непрекращающаяся самореклама, возмущившая почетное жюри? Не связано ли случившееся с его креационистскими взглядами? (Дамадиэн состоит в технической экспертной комиссии Института креационистских исследований.)

Даже если Нобелевский комитет поступил с Дамадиэном слишком сурово, сама ЯМР-томография оказалась весьма щедрой: в 1997 г. ученый выиграл дело о нарушении авторских прав и отсудил у *General Electric* \$129 млн. Несколько аналогичных споров с производителями ЯМР-томографов удалось урегулировать без судебного разбирательства, но скорее всего с не меньшей выгодой.

ВЫСОКАЯ НАГРАДА ЗА НИЗКИЕ температуры

Дэвид Аппель

Вот уже пятый раз за последние восемь лет Нобелевская премия присуждается за достижения в области физики низких температур. Чем это объясняется: шведской предвзятостью, научной объективностью или статистической аномалией?

«Обычно физики получают Нобелевскую премию за исследования в самых передовых областях, – прокомментировал нобелевский лауреат 2001 г. Эрик Корнелл (Eric A. Cornell). – Физика сверхнизких температур по праву считается одной из них». Иногда Нобелевская премия присуждается спустя десятилетия после замечательного открытия, а за последние 40 лет ученым удалось отодвинуть низкотемпературный предел на девять порядков. Это направление представляет собой плодородную почву для новых открытий и экспериментальной проверки удивительных предсказаний квантовой механики. В 2003 г. Нобелевской премии удостоились Алексей Абрикосов и Виталий Гинзбург за теоретические работы по сверхпроводимости, а также Энтони Леггетт (Anthony J. Leggett) за изучение специфических свойств жидкого гелия.

Царство сверхнизких температур привлекает физиков своей ледяной простотой: при почти абсолютном нуле физические системы освобождаются от беспорядочных тепловых флуктуаций и предстают в ослепительном квантово-механическом блеске. Третий закон термодинамики гласит, что абсолютный ноль недостижим, однако сегодня ученые вплотную подошли к запретной черте: в сентябре прошлого года исследовательской группе Массачусетского технологического института под руководством нобелевского лауреата 2001 г. Вольфганга Кеттерле (Wolfgang Ketterle) удалось охладить газообразный натрий до рекордно-низких 0,000000005 градуса выше абсолютно нуля (0,5 нК).

По мере развития физики фундаментальные идеи все чаще выходят за рамки своей специализации. «Исследования Абрикосова имеют огромное значение не только для теории сверхпроводимости, но и для всей физики элементарных частиц», – отметил Эдвард Уиттен, профессор математики и теоретической физики Принстонского института передовых исследований. ■

ДРУГИЕ НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ

ЭКОНОМИКА

Обладателями престижной награды стали Роберт Энгл (Robert F. Engle) и Клайв Грэнгер (Clive W. J. Granger) за разработку методов статистического анализа экономических показателей, накопленных за длительный период времени.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ Ноздря

Дж. Минкель

Все детекторы загрязняющих веществ, химических соединений и биологических агентов работают только при относительно высоких концентрациях регистрируемых частиц. Вибрационные устройства способны сосредоточивать аэрозольные частицы в узлах стоячей звуковой волны, но сложны в применении и потребляют много энергии. Недавно сконструирована пьезокристаллическая трубка, увеличивающая концентрацию частиц в 40 раз при потребляемой мощности всего 0,1 Вт. Уче-

ные из Лос-Аламосской национальной лаборатории полагают, что на ее основе можно изготовить детекторы, питающиеся от обычных батареек. Радиальные колебания стенок десятисантиметровой трубки приводят к возникновению стоячей акустической волны, в узлах которой собираются мельчайшие частицы, присутствующие в воздухе. Если через трубку продуть воздух со скоростью 250 л/мин., в ней образуются три узкие струи аэрозоля, направленные вдоль ее оси. ■



В РЕЗУЛЬТАТЕ ВИБРАЦИИ аэрозольные частицы концентрируются в трех узловых точках (белый цвет).

«ПОЛЯРНОЕ КОЛЬЦО»

Дмитрий Мисюров

Весной 2004 г. стартует второй этап экспедиции «Полярное кольцо» по береговой кромке Северного Ледовитого океана. Маршрут общей протяженностью около 25 тыс. км пролегает по труднодоступным районам Крайнего Севера России, пересекает Берингов пролив, проходит вдоль побережья Аляски, Канадского архипелага и Гренландии, а затем через Северный полюс вновь к берегам России. Экспедиция проходит в три этапа. Первый был организован в апреле-мае 2002 г. Очередной поход – первое в истории арктических полярных путешествий пересечение Северного Ледовитого океана по дрейфующим льдам от берегов России до Канады через географическую точку Северного полюса. Участникам экспедиции предстоит преодолеть более 7 тыс. км, причем около 3 тыс. – по дрейфующим льдам Северного Ледовитого океана. Завершающий этап экспедиции намечен на февраль–май 2005 г.

Организаторы мероприятия планируют передавать информацию о путешествии (в том числе видео) по каналам глобальной системы спутниковой связи, чтобы дать возможность телезрителям следить за событиями в режиме реального времени.

В рамках программы «Высокоширотная технологическая экспедиция» будут проведены полномасштабные испытания ходовых качеств пневмозездеходов и другого оборудования в экстремальных условиях Арктики. Это позволит в дальнейшем усовершенствовать конструкцию и применять их в качестве альтернативного, экологически безопасного вида транспорта для районов Крайнего Севера.

В ходе экспедиции предстоит осуществить комплекс научных наблюдений в рамках программы «Экология планеты», разработанной специалистами Московского государственного университета и Институтом

географии Земли. Предполагается также выполнить комплекс медико-психологических исследований, направленных на сохранение жизни, здоровья и профессиональной работоспособности человека в экстремальных условиях. Будет проведен комплекс поисковых работ с целью паспортизации памятников истории и природы российского Севера. Планируется провести гуманитарные акции в рамках программ ООН «Планета без наркотиков» и «Диалог между цивилизациями». Результатом путешествия должна стать книга, рассказывающая об истории и сегодняшних днях Арктики, о людях, живущих на берегах самого сурового океана на Земле, об организаторах и участниках полярной экспедиции.

Экстремальный научный проект «Полярное кольцо» может стать примером успешного взаимодействия науки, коммерции и массовой культуры. ■

ПЛАСТМАССОВЫЙ ФОРУМ

Федор Капица

С 24 по 27 февраля 2004 г. в Экспоцентре на Красной Пресне, при содействии правления Дюссельдорфской промышленной ярмарки, прошла восьмая Международная выставка «Интерпластика». В московском смотре приняли участие более 300 гостей из 25 стран, в том числе из Австрии, Германии, Италии, Китая, Кореи, Тайваня. На выставке было представлено оборудование для переработки и вторичного использования пластмасс. Специалисты, фирмы и организации из регионов России,

стран Европы и СНГ получили прекрасную возможность ознакомиться с новыми видами продукции, разработками в области технологий и оборудования, установить деловые контакты. Выставка «Интерпластика» продемонстрировала устойчивый темп развития и совершенствования отрасли, стремление к обмену научно-техническими идеями и взаимовыгодному международному сотрудничеству.

Производство пластмассы и ее переработка стали одной из базовых от-

раслей химической индустрии. Использование достижений химической промышленности в народном хозяйстве считается одним из показателей благополучия страны. Без инвестиций и продвижения отечественной продукции на российские и зарубежные рынки невозможно реструктурирование и модернизация химической промышленности России, что особенно важно в связи с вступлением страны в ВТО.

В тот же период работала 13-я Международная специализированная

выставка «Упаковка-2004». Синхронное проведение этих взаимодополняющих мероприятий дает уникальную возможность познакомиться со всеми новинками в области пластмасс, полимеров, упаковочных мате-

риалов и технологий, а также наладить взаимовыгодные отношения с представителями смежных отраслей. Высокий уровень технологий и оборудования, широкое участие крупнейших отечественных и ино-

странных фирм, обширная научно-техническая программа выставки, несомненно, послужат дальнейшему развитию полимерной индустрии в нашей стране. ■

«ледниковый период» российских гляциологов

Карина Тиванова

Мнение о том, что идет потепление климата, бытует в научном мире уже давно. За последние сто лет уровень моря поднялся на 0,5 м. Точный ответ, почему это происходит, пока не получен. Эта проблема занимает ученых разных стран, в том числе и России.

С 2000 по 2004 г. российские географы совместно с испанскими коллегами проводили гляциологические исследования в Антарктиде, на острове Ливингстон, расположенном на архипелаге Южных Шетландских островов. За три сезона, а это не более двух месяцев, были получены данные по двум ледникам. О ходе работ и результатах исследований мы беседовали с руководителем российской группы гляциологов, ведущим научным сотрудником Института географии РАН, доктором географических наук Юрием Яковлевичем Мачеретом.

– Что представляют собой гляциологические наблюдения?

– Гляциология помогает понять, как реагируют ледники на изменение климата. Для этого необходимо собрать информацию о том, сколько осадков выпадает за сезон, какое количество льда тает, с какой скоростью он движется и какова форма подледного рельефа. Данные сведения можно получить, проведя специальные измерения баланса массы, высоты поверхности, скорости движения и толщины ледника. Именно этим и начали заниматься испанские ученые восемь лет назад. Наша группа, используя легкую эффективную аппаратуру, разработанную инженером Е.В. Василенко, за

один год смогла провести детальную радиолокационную съемку толщины льда на двух ледниках острова.

– Кто стал инициатором исследований в районе Южных Шетландских островов?

– Как это ни странно звучит, математики из Мадридского политехнического университета (профессор Ф. Наварро). Они занимаются численным моделированием движения ледника, а результаты исследований толщины и рельефа дна ледников необходимы им в качестве входных инструментальных данных. На основе полученных нами сведений испанские математики построили трехмерную модель движения ледников.

– Чем еще интересны результаты наблюдений российской группы?

В районе Антарктиды, где мы провели несколько сезонов, отмечено заметное потепление. Например, в Западной Антарктиде идет интенсивное разрушение шельфовых ледников, и оттуда откальваются гигантские айсберги. Для нас важно понять, как будут реагировать ледники в подобных случаях, ведь они являются чувствительными индикаторами климата: при повышении температуры начинается интенсивное таяние. Борьба с этим явлением практически невозможна, однако в наших силах предсказать вклад ледников в изменение уровня Мирового океана.

– Как проходили исследования в Антарктиде?

– Мы передвигались на снегоходах, что было делом нелегким. На ледни-

ках много трещин, в одну из которых мы чуть было не провалились в 2000 году. К счастью, все окончилось благополучно.

Еще в 70-х гг. прошлого века английские ученые попытались измерить с самолета толщину льда на этом острове, где ледники в основном «теплые». Они использовали неподходящую аппаратуру, и полученные результаты не соответствовали реальному положению дел. Собранные российскими учеными данные показали, что самая большая толщина льда здесь – 500 м.

С помощью радиолокации можно оценить также содержание воды во льду. Обычно в «теплых» ледниках оно не превышает 2%. Но даже такого количества достаточно, чтобы повлиять на скорость распространения радиоволн в леднике, которую можно довольно точно измерить. В этом году мы провели десять таких измерений и намереваемся впервые выяснить распределение содержания воды в «теплых» ледниках.

– Каковы же результаты многолетней работы?

– В ходе исследований мы получили карты толщины льда и подледного рельефа и характеристики отраженных сигналов от «ложа» (дна ледника). Все эти сведения, как я уже говорил, помогают моделировать движение ледников.

К этим вопросам журнал «В мире науки» обращался неоднократно (см. №4 за 2003 г. – «По тонкому льду», «Ледники как двигатель прогресса» и №1 за 2004 г. – «Почему тает Арктика»). ■

СОБЫТИЯ В АПРЕЛЕ

01.04-07.04 2004 г.

Всероссийская научная конференция студентов физиков и молодых ученых

ВНКСФ-10, г. Москва

05.04-08.04 2004 г.

Семинар «Биологические эффекты солнечной активности»

г. Пущино

12.04-15.04 2004 г.

XI Международная научная конференция студентов, аспирантов, молодых ученых «Ломоносов-2004»

МГУ, г. Москва

14.04-16.04 2004 г.

Научная сессия-конференция, посвященная 100-летию со дня рождения А.И. Алиханова «Физика фундаментальных взаимодействий»

г. Москва

19.04-23.04 2004 г.

XI Российский национальный конгресс «Человек и лекарство»

Российская Академия государственной службы при Президенте РФ

21.04 2004 г.

X Международная конференция «Современные технологии обучения»

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ленина

21.04-24.04 2004 г.

Международная научная конференция «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики»

Томский политехнический университет

ВЕК биотехнологий

Сергей Оганесян

Научные достижения все прочнее входят в нашу повседневную жизнь. Однако вместе с осознанием неоспоримых плюсов научно-технического прогресса возникает и ряд сомнений, в частности: не угрожают ли некоторые научные разработки нашей безопасности?

Эти проблемы обсуждались на встрече английских и российских специалистов в области биотехнологий, которая прошла в конце февраля в Институте общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской Академии наук. Открыл Вторую международную школу-семинар «Проблемы генетической безопасности: научные инновации и их интерпретация» посол Ее Величества королевы Великобритании в Российской Федерации сэр Родерик Лайн. По его мнению, науки о человеке, к которым относятся и биотехнологии, находятся сейчас на переднем крае исследований. И Россия, и Великобритания, несомненно, принадлежат к числу лидеров в этой области. Развитие биотехнологий открывает огромные перспективы перед здравоохранением, растениеводством, животноводством и охраной окружающей среды.

В рамках мероприятия было организовано несколько семинаров, в частности: «Современная генетика: проблемы и возможности», «Клонирование – терапевтические и этические аспекты», «Генетическая безопасность как проблема защищенности генофонда от негативного воздействия экологических и социальных факторов», «Научные аспекты генетической безопасности и их влияние на общественную жизнь». Кроме того, состоялось заседание Международного клуба «Малярия&Со» и семинар для преподавателей, студентов и школьников старших классов «Современная генетика, биотехнология и генетическая безопасность – учебные программы». Большой интерес слушателей вызвала проблема «этнического оружия».

С одной стороны, это утопия, поскольку в наше время нет «чистых» популяций. С другой стороны, зная «генетический паспорт» индивидуума, можно найти способ воздействия на него с помощью этнического оружия. Но есть и другой аспект вопроса – существуют факторы, пагубно влияющие на различные этнические и расовые группы. Наиболее яркий пример – влияние алкоголя на представителей народов Севера.

Очень живо обсуждались вопросы развития биотехнологий, в том числе и их негативного влияния на человека. В частности, свой доклад «Российские проекты по биотехнологии» представил профессор Г.Я. Щербаков. По его мнению, большинство людей с предубеждением относятся к открытиям в этой области, поскольку недооценивает их реальное значение. Он напомнил, что споры о правомерности использования достижений молекулярной генетики в медицине и промышленности разрешились в середине 80-х гг. XX в., когда в Америке был создан первый генетический препарат – инсулин.

Российское предприятие «Биопрепарат», которое представляет Г.Я. Щербаков, занимается разработкой и созданием генно-модифицированных лекарственных средств. В ходе работ принимаются серьезные меры безопасности, конечный продукт имеет степень очистки 99,999%. На предприятии проводятся исследования, доказывающие положительное влияние его продукции на человеческий организм.

Внедрение генно-модифицированных лекарств может привести к настоящему прорыву в борьбе с тяжелыми заболеваниями. Так, в России уже выпускаются пять препаратов против рака, которые по качеству не уступают зарубежным аналогам. На стадии разработки в лабораториях находятся еще несколько лекарств. ■

ПАРАД ИНЖЕНЕРОВ

Марина Смирнова



В феврале 2004 года состоялась церемония награждения лауреатов Всероссийского конкурса «Инженер года» по итогам 2003 года. Первое подобное мероприятие было проведено в 2000 году по инициативе Российского союза научных и инженерных общественных организаций при участии Международного союза НИО, Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова при поддержке Правительства РФ.

Цель конкурса – выявление лучших инженеров страны, популяризация и распространение их опыта, открытий и достижений, развитие российской инженерной мысли, внедрение новейших разработок в практику повседневной работы предприятий, поскольку опыт каждого лауреата уникален и достоин самого пристального рассмотрения. Не менее важной задачей организаторы мероприятия считают привлечение внимания государства к проблемам инженерного корпуса.

По сложившейся традиции, каждый конкурс посвящается памяти кого-либо из выдающихся инженеров России. Так, нынешний «Инженер года» проходит в год 150-летия со дня рождения В.Г. Шухова – выдающегося русского ученого и изобретателя, чьи идеи и разработки в значительной мере и на долгие годы предопределили развитие отечественной инженерной мысли. Для большинства его имя связано с «шуховской башней» – радиовышкой на Шаболовке, которая на протяжении 80 лет была символом российского радиовещания. Однако деятельность изобретателя была куда более широка и многогранна и связана со многими областями промышленности. Он построил первый в России нефтепровод, разработал эффективный способ подъема нефти из скважин, спроектировал резервуары для ее хранения, изобрел крекинг-процесс. Его система водотрубных котлов известна во всем мире; ему принадлежит разработка пространственных подвесных сводчатых конструкций, сетчатых арочных покрытий, он проектировал промышленные эстакады, путепроводы, мосты и т.д. Шухов стоял у истоков ряда инженерных школ, непосредственно разрабатывал для них учебные пособия. На его методиках до сих пор во многом строится учебный процесс в МГТУ им. Н.Э. Баумана, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина и других технических вузах.

Но вернемся к конкурсу. В состав жюри вошли крупные ученые, ведущие специалисты различных отраслей промышленности, такие как академики Ю.В. Гуляев и А.Н. Дмитриевский, президенты научно-технических обществ А.М. Батков, В.И. Отт, И.Н. Букреев, В.Е. Матвеев, О.И. Сте-

клов. К участию было допущено 11 тыс. кандидатур по 42 номинациям, таким как «Транспорт», «Информатика, информационные сети, вычислительная техника», «Атомная энергетика», «Нефтяная и газовая промышленность» и т.д. В этом году впервые конкурс проходил по двум направлениям: «Профессиональные инженеры», в котором участвовали зрелые специалисты со стажем не менее 5 лет, и «Инженерное искусство молодых», куда были допущены участники моложе 30 лет.

По итогам первого тура было отобрано 385 кандидатов для участия в заключительной части конкурса. Звания лауреата среди профессиональных инженеров удостоены более 140 человек. Одним из них оказался мэр Москвы Ю.М. Лужков, победивший в номинации «Эффективная конструкторская и изобретательская деятельность». Столичный градоначальник имеет 46 изобретений, подтвержденных свидетельствами и патентами Российской Федерации.

Еще одним необычным лауреатом стала И.Г. Лугинина (номинация «Химия») – ей 82 года, она обладатель 47 авторских свидетельств и 5 патентов.

Впечатляющими оказались результаты конкурса «Инженерное искусство молодых». Как выяснилось, Россия не оскудела талантами. На предприятиях нашей страны работают и изобретают молодые ученые, которым нет еще и 30 лет, однако многие из них не только побеждают в различных престижных конкурсах и пишут научные труды, но и имеют по нескольку патентов на изобретения. Хочется верить, что именно с их помощью нашей стране удастся выйти на путь интенсивного развития и процветания. ■

В ПРЕЗИДИУМЕ РАН

Федор Капица

24 февраля 2004 года состоялось расширенное заседание президиума Российской Академии наук. Президент РАН Ю.С. Осипов вручил диплом иностранного члена РАН известному шведскому ученому-химику Гансу Форсбергу. В ответном слове президент шведской академии наук поблагодарил за оказанную ему честь.

С научным докладом «Рост населения Земли как глобальная проблема» выступил доктор физико-математических наук профессор С.П. Капица. После окончания выступления докладчик ответил на вопросы академиков Г.А. Месяца, Н.А. Платэ, Л.Д. Фаддеева, В.И. Субботина, В.Е. Фортова, Н.А. Шилов, Д.С. Львова, Д.В. Рундквиста, А.Ф. Андреева, председателя комиссии по проведению переписи населения РФ В.Т. Калининкова. В основном вопросы касались уточнения изложенной в докладе методики и выяснения ее отдельных особенностей. Л.М. Фаддеев сказал, что

доклад подчеркивает исключительность периода, в который вступает человечество.

А.Ф. Андреев отметил актуальность предложенной теории и важное значение выводов, которые она позволяет сделать для прогнозирования роста населения мира. А.К. Павлов обратил внимание, что представленная модель демонстрирует независимость динамики изменения населения от внешних факторов, что само по себе является открытием. Н.А. Шилов спросил, не показывает ли демографический переход, в реальности которого никто уже не сомневается, что человек становится исчезающим видом, ведь для многих видов животных сокращение численности нередко предвещает их исчезновение. Д.С. Львов попросил объяснить, почему предложенная модель не учитывает влияния эндогенных и экзогенных факторов, которыми обычно занимаются экономисты.

Отвечая на вопросы, С.П. Капица согласился с тем, что на сегодня существуют пять или шесть прогнозов роста населения Земли, и все они в общем согласуются с его теорией. Что касается замечаний, с которыми выступали биологи, то их методика неприменима к развитию человечества, поскольку развитие фауны Земли – процесс межвидовой, а человечество на всем протяжении своего развития представляет собой один вид и развивается как самоорганизующаяся система. Кроме того, человечество – система неравновесная, при описании которой приходится искать усредненный подход. Следует также отметить, что на большом временном промежутке развитие человека практически не зависит от внешних факторов, поскольку их воздействие достаточно быстро компенсируется ресурсами самой системы и она вновь возвращается к устойчивому развитию.

Своеобразный итог подвел В.Т. Калининков, отметивший, что выводы С.П. Капицы совпадают с прогнозами, построенными на основе анализа результатов переписи. Это наглядно демонстрирует, что методика, предложенная в докладе, обладает высокой прогностической достоверностью.

На обсуждении доклада первым выступил академик В.С. Мясников, он отметил, что представленная докладчиком теория не только работает, но и подтверждается целым рядом эмпирических данных. В качестве примера он привел рост населения в Китае, произошедший после того, как руководство страны отказалось прислушаться к рекомендациям ученых. Сегодня нам совершенно очевидно, что именно долгосрочные прогнозы оказываются самыми важными в глобальном масштабе.



Чрезвычайный и полномочный посол Швеции в Москве Свен Хирдман, иностранный член РАН Ганс Форсберг, президент РАН Ю.С. Осипов

ФОТО И.Е. БЕДРЕВИЧ

Председатель Госкомстата РФ В.Л. Соколин отметил, что в докладе были затронуты проблемы, которые стоят практически перед всем цивилизованным миром. Имеющиеся статистические данные показывают, что для эффективного контроля над демографической ситуацией традиционных подходов недостаточно. Все они позволяют делать прогнозы всего лишь на 10–15 лет вперед, то есть на тот период, который необходим для политиков. А как получить действительно достоверные данные, касающиеся более отдаленного будущего? Предложенная методика, основанная на системном анализе развития населения Земли, дает такую возможность.

Профессор Г. Г. Малинецкий (Институт прикладной математики РАН) отметил важное значение стратегического прогнозирования не только для долгосрочного планирования, но и для решения ряда конкретных задач. Важность такого подхода давно поняли, например, в США, где уже созданы структуры, занимающиеся стратегическими прогнозами. Аналогичные центры есть в Японии и во Франции, но в России подобных организаций пока нет. В то же время мы имеем огромный задел. Если первые модели отличались большой сложностью и давали мало достоверные результаты, то модель, предложенная С.П. Капицей, не только проста, но и достаточно наглядна, а главное, дает достоверные результаты. Поэтому российские ученые крайне заинтересованы в развитии исследований и во взаимодействии с экономистами и социологами, поскольку очевидно, что иначе достоверный статистический прогноз будет невозможен.

В.Г. Вишневский (Институт народно-хозяйственного прогнозирования) отметил, что уже сейчас демографическая ситуация в любой стране определяется общемировыми процессами. Поэтому интерес к моделированию глобального развития человечества со стороны именно РАН совершенно оправдан.



Вице-президент РАН Ж.И. Алферов, вице-президент РАН Н.П. Лавров



Ганс Форсберг и вице-президент РАН В.Е. Фортв

Конечно, предложенная теория еще будет уточняться, но уже сейчас очевидно, что ее основные положения могут быть использованы в практических исследованиях. Конечно, для большинства представителей общественных дисциплин логика изучения больших систем непривычна, но данные исследования в рамках Академии наук необходимо считать важным стратегическим направлением.

Завершил дискуссию вице-президент РАН Г.А. Месяц. Он отметил, что и доклад С.П. Капицы, и прошедшее обсуждение, и прозвучавшие после него выступления физиков, химиков, биологов, математиков, экономистов показали, что и сама теория, и сделанные на ее основе выводы совершенно правомерны. Конечно, они могут показаться нетрадиционными, но многие признанные впоследствии открытия вначале выглядели так же. ■

«Продэкспо-2004»

Федор Капица

В Москве прошла 11-я ежегодная ярмарка «Продэкспо-2004» – одна из крупнейших выставок продуктов питания в мире. За десять лет своего существования она была удостоена наград Международной ассоциации выставочной индустрии и Международного союза выставок и ярмарок. В ней приняли участие организации и отдельные производители из шестидесяти стран.

В рамках мероприятия прошли различные семинары, презентации, мастер-классы, а также Всероссийский продовольственный форум, посвященный технике и технологии производства и продажи хлебобулочных изделий, безалкогольных напитков и рыбной продукции. Были организованы два те-

матических салоны: «Продукты питания и сырье для их производства», «Кафе. Ресторан. Супермаркет», продемонстрировавшие широкий спектр современного оборудования для приготовления блюд, систем транспортировки и хранения продовольственных товаров, аппаратуры для контроля качества. Отдельные тематические экспозиции были посвящены вино-водочной продукции, кофе и чаю.

Наряду с наиболее известными мировыми производителями, такими как *Ebrmann AG, Kaserei Champignon, Sadia, Doux, Acorsa*, «Немирофф», были представлены более 1200 ведущих предприятий и фирм Москвы, Санкт-Петербурга, регионов России и СНГ.

Многие из них уже сегодня составляют серьезную конкуренцию зарубежным производителям. В числе наиболее известных – «Красный Октябрь», «Главпродукт», «Кристалл», «Роллтон», «Кампомос», «Бородино», «Макфа». Экспозиция показала, что предприятия существенно расширили ассортимент и наладили выпуск новых видов продуктов. Необходимо отметить еще одну особенность: налаженное производство продукции (в основном мясной и молочной) развивается не в городах, а в деревнях и небольших поселках, где до последнего времени было выгодно закупать продукцию животноводства для «городской переработки» и продажи. ■

оптика на службе человека

Сергей Федоров

С 9 по 13 марта в «Экспоцентре» прошла 11-я экспозиция «Оптика-2004», главной частью которой стал международный Салон очковой оптики – одна из самых эффектных выставок достижений современной науки, технологии и производства.

Посетителям была представлена продукция более 200 компаний из 17 стран, а также 120 российских предприятий. В салоне приняли участие такие всемирно известные фирмы, как *Carl Zeiss, Estede-M, ANEAO, Neostyle* и др. Россию представляли «Интероптика», «Инвеко-Техно», ОАО «Призма», «Совер-М», и тд.

Салон посетили около ста пятидесяти тысяч человек, среди них – специалисты-офтальмологи, производители оптической продукции, представители торговых фирм. Им было продемонстрировано оборудование для офтальмологических кабинетов, производства линз, оправ, го-

товых очков. На стендах можно было увидеть новинки конверсионных предприятий, оптические средства связи, контрольно-измерительную оптику.

В рамках выставки прошли многочисленные семинары и презентации, где экспонировались всевозможные линзы для очков: с различными преломляющими средами, небьющиеся, не пропускающие УФ-излучение, электромагнитные волны и др. Кроме того, демонстрировались оправы, футляры, контактные линзы и средства по уходу за ними, современные модели солнцезащитных очков, очков для детей и спортсменов, специальные покрытия для стекол, увеличивающие контрастность изображения и убирающие блики. Гости выставки могли увидеть в действии офтальмологическую аппаратуру и инструменты, современное оптометрическое оборудование, оборудование для обработки линз и тд.

По мнению президента «Оптической ассоциации» и генерального директора «Интероптики» Валерия Иванидзе, отечественные разработчики вполне способны удовлетворить потребность российских промышленных, медицинских и научных предприятий в качественных и современных оптических приборах, а высокоэффективные научные разработки позволяют выпускать конкурентоспособную продукцию и на внешний рынок. Россия – одна из немногих стран, где разработка и производство оптических приборов и систем проходят полный цикл от фундаментальных исследований до изготовления серийных образцов. В этой области мы не утратили своих позиций на мировом рынке, и сейчас как уровень подготовки специалистов, так и техническая оснащенность многих российских оптических предприятий вызывают интерес у зарубежных партнеров. ■

В БОРЬБЕ С ПОДДЕЛЬНЫМИ **лекарствами**

Карина Тиванова

К сожалению, современная медицина еще не научилась предупреждать болезни. Борьба с ними приходится, как правило, с помощью лекарств. Ассортимент в наших аптеках сегодня достаточно богат, главное – сделать правильный выбор и приобрести качественные и, что тоже немаловажно, подлинные лекарственные препараты. Пока не придумано какого-либо экспресс-метода или теста, с помощью которого можно определить, насколько качественна та или иная продукция. Но, по мнению доктора фармацевтических наук, сотрудника Центра по химии лекарственных средств Всероссийского научно-исследовательского химико-фармацевтического института Е.В. Дегтярева, такой тест и не нужен.

Покупатель вправе обратиться к фармацевту за паспортом препарата или сертификатом, наличие которого предполагает, что лекарство прошло необходимую проверку. О проблемах контроля качества лекарственных средств Дегтярев говорил в своем докладе на Московском семинаре по аналитической химии, в конце февраля этого года.

Готовая продукция, произведенная в соответствии со стандартами и нормами лабораторного производства, проходит доклинические испытания на животных на микробиологическую чистоту, стерильность и токсичность. Затем проводятся клинические исследования, выявляющие побочные эффекты, которые, к сожалению, неизбежно

возникают при употреблении синтетических препаратов.

Из фальсифицированных лекарственных средств наиболее опасны для пациентов фальшивые лекарства, в которых активные вещества вовсе отсутствуют или заменены другими препаратами. Опасны также препараты с неправильной дозировкой компонентов – их терапевтическое воздействие весьма сомнительно. Чтобы защититься от подделок, фармацевтические предприятия принимают меры предосторожности – усложняется дизайн упаковки, вводятся водяные знаки, на таблетках ставятся специальные штампы. В контрольных центрах есть оригиналы, с которыми и можно сравнить подозрительную продукцию. ■

VI Всероссийский фестиваль любительской астрономии и телескопостроения

АСТРОФЕСТ-2004

Фестиваль проводится при поддержке Московского астрономического клуба

23-25 апреля, Подмосковье

Подробную информацию можно получить:
на официальном сайте фестиваля:
www.astrofest.ru
по телефону
(095) 208-67-01, 975-17-01
по почте, направив пустой конверт со своим адресом в Московский астрономический клуб
123456, Москва
ул. Старая Басманная, д. 15, стр. 15

Предварительная регистрация участников будет проходить с 20 марта по 20 апреля 2004 г.

Информационные спонсоры:

Генеральный спонсор фестиваля:

MEADE

НОВОСТИ КОСМОНАВИГАЦИИ **НАУКА И ЖИЗНЬ** **Популярная Механика**

Земля и Вселенная **В мире науки** **Свободный Мир** **Техника и Мозг**

клетки, ПРАВЯЩИЕ МОРЯМИ

Стив Нейдис

По мнению океанолога Салли Чизхолм, исследования **микроскопических обитателей океана** позволят раскрыть тайны биосферы.

Верхние слои океана кишат незримыми микроскопическими существами. Фитопланктон, одноклеточные организмы, представленные преимущественно цианобактериями и водорослями, составляют основу морской пищевой цепи и выполняют половину всего объема фотосинтеза на планете. Они поглоща-

ют из атмосферы столько же диоксида углерода, сколько все наземные растения вместе взятые, и поставляют кислород. Если бы не эти планктонные организмы, уровень углекислого газа в атмосфере был бы в три раза выше существующего. Однако до последнего времени человечество недооценивало значение

фитопланктона, и ученые не знали, какой именно вид осуществляет львиную долю фотосинтеза. 15 лет назад Салли Чизхолм (Sallie W. Chisholm) из Массачусетского технологического института и Роберт Олсон (Robert J. Olson) из Вудсхоллского океанографического института открыли морские цианобактерии, получившие родовое название *Prochlorococcus*. Это мельчайшие фотосинтезирующие организмы и самые многочисленные обитатели планеты. В отдельные сезоны половина объема фотосинтеза, происходящего в морях, осуществляется за счет *Prochlorococcus*. Подобные им цианобактерии были первыми на планете, кто выделял кислород, и могли быть предками высших растений.

Чизхолм и Олсон сделали свое открытие, когда исследовали пробы морской воды проточным цитометром, используемым в биологических лабораториях. Устройство позволяет описывать отдельные клетки, движущиеся перпендикулярно лучу лазера. Измерив показатели рассеяния лазерных лучей, исследователи пришли к выводу, что в морской воде находятся крошечные одноклеточные существа. После того как организмы были выделены в культуре, Чизхолм дала им название *Prochlorococcus*, полагая, что они относятся к цианобактериям отдела *Prochlorophyta* (что в дальнейшем не подтвердилось). Впоследствии была установлена их численность. Преобладание подобных организмов в морях поразило



САЛЛИ ЧИЗХОЛМ исследует микроскопические объекты.

- Бактерии *Prochlorococcus* были открыты в 1988 г. Малые размеры позволяют им эффективно поглощать солнечный свет (они меньше затеняют друг друга по сравнению с более крупными организмами).
- Приблизительно половина всего фотосинтеза, осуществляемого в океанах, приходится на долю *Prochlorococcus*. В капле морской воды содержится до 10 тыс. этих бактерий.
- Широкомасштабное удобрение океана железом не остановит глобального потепления. Оно получит лишь отсрочку на пять лет.

океанологов. «Трудно поверить, что мы так долго упускали из виду столь важное звено», – писал Ричард Барбер (Richard Barber) из Морской лаборатории Университета Дьюка. Чизхолм считает, что данное открытие подтверждает, как мало мы знаем о природе. В апреле 2003 г. за заслуги в исследовании *Prochlorococcus* она была избрана в Национальную академию наук.

Prochlorococcus обладают крошечными размерами (0,5–0,7 микрон), но благодаря своей огромной численности существенно влияют на климат. Плотность распространения этих бактерий значительно уступает концентрации почвенных микроорганизмов, но среди фотосинтезирующих организмов обилие *Prochlorococcus* ни с чем не сравнимо.

56-летняя Чизхолм продолжает заниматься микроскопическими морскими организмами. Уже идентифицировано 35 видов и штаммов *Prochlorococcus*. Выделены две большие экологические группы, адаптированные к различной освещенности и обитающие в разных поверхностных слоях воды. На основании анализов рибосомальной РНК ученые разбили исследуемый род на шесть таксонов. Чизхолм надеется полностью изучить геном всех известных видов этого рода, чтобы провести более тщательные сопоставления. В августе 2003 г. ученые завершили расшифровку генома трех штаммов *Prochlorococcus* и одного штамма близкородственного *Synechococcus*. Геном одного из штаммов, меньший по объему, состоящий из 1,7 млн. пар нуклеотидов и из 1,700 генов, входит в состав генома всех известных фотосинтезирующих организмов, выделяющих кислород. Обнаружив, какими генами обладает тот или иной штамм (ген утилизации азота, нитрита, цианата и т.п.), ученые могут судить, какие питательные вещества ему необходимы и от чего зависит его численность. Такой подход позволяет выявить ранее не принимавшиеся во внимание факторы среды. Чизхолм считает, что следует выяснить, какие составляющие биосферы регламентируют жизнедеятельность *Prochlorococcus*. Необходимо понять, в каком объеме следует их сохранять,



Возможно, *Prochlorococcus* – самые многочисленные существа на планете.

чтобы могли функционировать фотосинтезирующие бактерии, а также определить, по каким причинам нарушается их жизнедеятельность. Эти данные можно получить лишь путем последовательного изучения целостной экосистемы.

Пока остается неясным, как функционирует биосфера, и невозможно оценить масштаб разрушений, которые способна ей нанести неразумная деятельность человека. Например, неизвестно, что может произойти на планете, если мы попытаемся компенсировать глобальное потепление, используя «метод геритола», подразумевающий обогащение железом областей океана, бедных этим элементом. (*Geritol* – фармацевтическая компания, выпускающая одноименный популярный препарат для стабилизации уровня железа в крови, падающего с возрастом. – *Прим. пер.*)

Предполагалось, что таким образом будет происходить стимуляция размножения фитопланктона, который поглощает из воздуха диоксид углерода. В конце 80-х гг. XX в., когда концепция была особенно популярна, Чизхолм подвергла ее критике. А в 1993 г. она приняла личное участие в эксперименте *IRONEX*, прово-

димом в восточной части экваториальной области Тихого океана. (*IRONEX* – крупная научно-исследовательская программа, посвященная экспериментальному обогащению железом экваториальных вод Тихого океана. – *Прим. пер.*)

Чизхолм утверждает, что данный метод внесения железа можно применять в качестве эффективной научно-исследовательской методики, но широкомасштабное удобрение океана этим элементом приведет к непредсказуемым последствиям. Многие аспекты функционирования океанических экосистем не изучены, считает ученый. Данная методика неизбежно приведет к изменению пищевой цепи, способствуя размножению более крупных планктонных организмов (например, диатомовых водорослей) за счет более мелких, таких как *Prochlorococcus*.

Чизхолм не причисляет себя к экологическим активистам, но считает, что результаты научных исследований подлежат огласке. «Тем не менее, – отмечает она, – идея внесения железа пока не отвергнута». Ежегодно регистрируются новые патенты, появляются коммерческие проекты и схемы внесения удобрений, что частично мотивировано коммерческой выгодой. Но Чизхолм считает, что здесь есть и вина ученых. До сих пор до конца не выяснена роль железа как климатизирующего биогенного элемента и не учитываются законы природы, по которым живет биосфера, а также то, как регулируются естественные потоки энергии и круговорот химических элементов. Чизхолм не согласна с заявлениями, что при помощи методов генной инженерии можно заставить *Prochlorococcus* поглощать больше углекислоты. «Эти ребятки уже служат людям, – говорит она о своих любимых одноклеточных. – Они помогают планете, регулируя биогеохимические циклы биосферы».

Остается только разгадать, что именно делают данные организмы и каким образом им это удастся. ■

Об авторе:

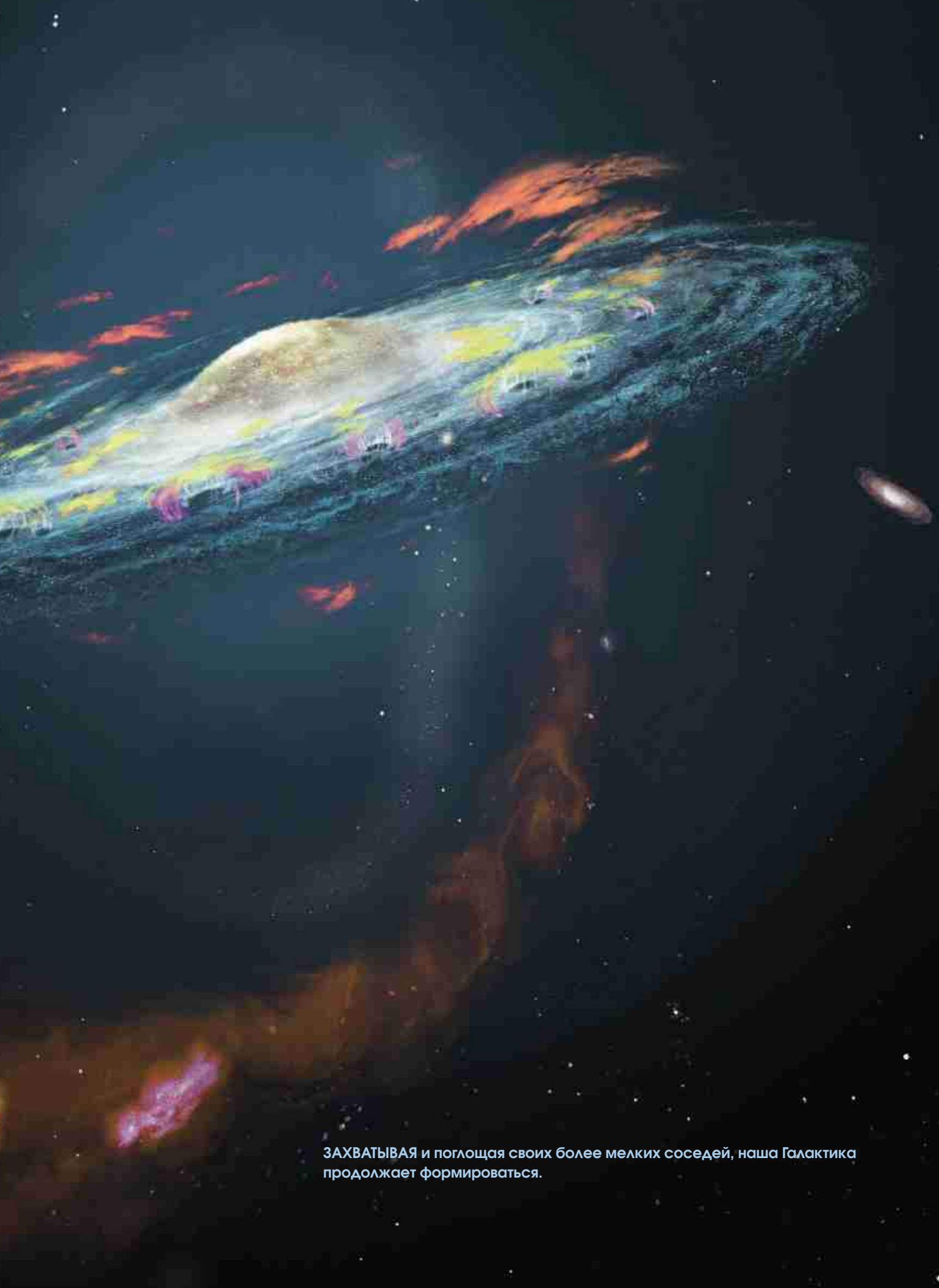
Стив Нейдис проживает в Кеймбридже, штат Массачусетс.

НАША РАСТУЩАЯ **галактика**

Барт Ваккер, Филипп Рихтер

Долгое время считалось, что молодость нашей Галактики уже прошла, но оказалось, что Млечный Путь – живой и динамично развивающийся объект.





ЗАХВАТЫВАЯ и поглощая своих более мелких соседей, наша Галактика продолжает формироваться.

Наблюдая и изучая особенности Млечного Пути, астрономы долгое время не могли понять общую структуру и историю нашей Галактики. До 1920 г. ученые не были уверены, что Галактика – отдельный объект, один из миллиардов подобных. К середине 50-х гг. они наконец составили план Галактики, представляющий собой величественный диск из звезд и газа. В 60-х гг. теоретики считали, что наша Галактика сформировалась на раннем этапе космической истории – по новейшим оценкам, около 13 млрд. лет назад – и с той поры не претерпевала существенных изменений.

Но выяснилось, что Галактика продолжает формироваться. Как и прежние открытия, это представление возникло в итоге изучения других галактик. Сегодня принято считать, что большинство из них образовалось при слиянии более мелких объектов. В нашей Галактике мы наблюдаем заключительный этап этого процесса: разрываются малые галактики-спутники, захватываются их звезды; из межгалактического пространства непрерывно поступают облака газа. Таким образом, формирование Галактики продолжается, о чем свидетельствуют высокоскоростные облака (*high-velocity clouds, HVC*) – таинственные сгустки водорода с массами до 10 млн. масс Солнца и поперечниками порядка 10 тыс. световых лет, с большой скоростью пронесшиеся сквозь внешние области Галактики. Их открыли 41 год назад, но данные последних 5 лет показали: некоторые из этих облаков падают на Галактику. Оказалось, что Галактика «дышит», выталкивая газ, и втягивает его обратно,

как бы делая вдохи и выдохи. Кроме того, свойства быстрых облаков говорят о существовании гигантской сферы горячей разреженной плазмы, окружающей нашу Галактику. Астрономы давно подозревали, что она существует, но немногие догадывались, насколько она велика.

Понять природу высокоскоростных облаков было трудно, поскольку, находясь внутри Галактики, невозможно точно определить их местоположение. Мы измеряли две координаты на небесной сфере, но не имели данных о значении третьей – глубины. Неопределенность породила множество гипотез: согласно одним, эти облака находились в нашем непосредственном звездном окружении, согласно другим – далеко в межгалактическом пространстве.

Только с помощью наземных и орбитальных телескопов удалось определить положения этих облаков в мировом пространстве и получить ясное представление о нашем небесном городе.

Изолированная или открытая?

В нашей Галактике около 100 млрд. звезд, большинство из которых сосредоточено в тонком диске диаметром около 100 тыс. световых лет и толщиной около 3 тыс. световых лет. Они обращаются вокруг центра Галактики почти по круговым орбитам. В частности, Солнце несется со скоростью около 200 км/с. Другие 10 млрд. звезд образуют галактическое «гало» – гигантскую сферу, охватывающую диск. Межзвездное пространство заполнено газом и пылью, и основная часть этой межзвездной среды также движется по круговым орбитам вокруг центра

Галактики и в еще большей степени, чем звезды, сконцентрирована в ее диске. Как и в атмосферах планет, межзвездная среда плотнее всего «на дне» – в плоскости галактического диска, – и по мере удаления от нее плотность уменьшается. Однако до 10% межзвездной среды находится вне диска и несется со скоростями, превышающими орбитальное движение на величину до 400 км/с. Это и есть высокоскоростные облака.

Их история началась в середине 1950-х, когда Гвидо Мюнх (Guido Munch) из Калифорнийского технологического института обнаружил плотные сгустки газа над плоскостью Галактики, где по всем правилам их быть не должно: с удалением от плоскости давление газа падает (как в атмосфере планеты), поэтому сгустки должны быстро рассеиваться. В 1956 г. Лайман Спитцер (Lyman Spitzer, Jr.) из Принстонского университета предположил, что сгустки удерживает от расширения давление горячей газовой короны, окружающей Млечный Путь, – вариант солнечной короны галактического масштаба.

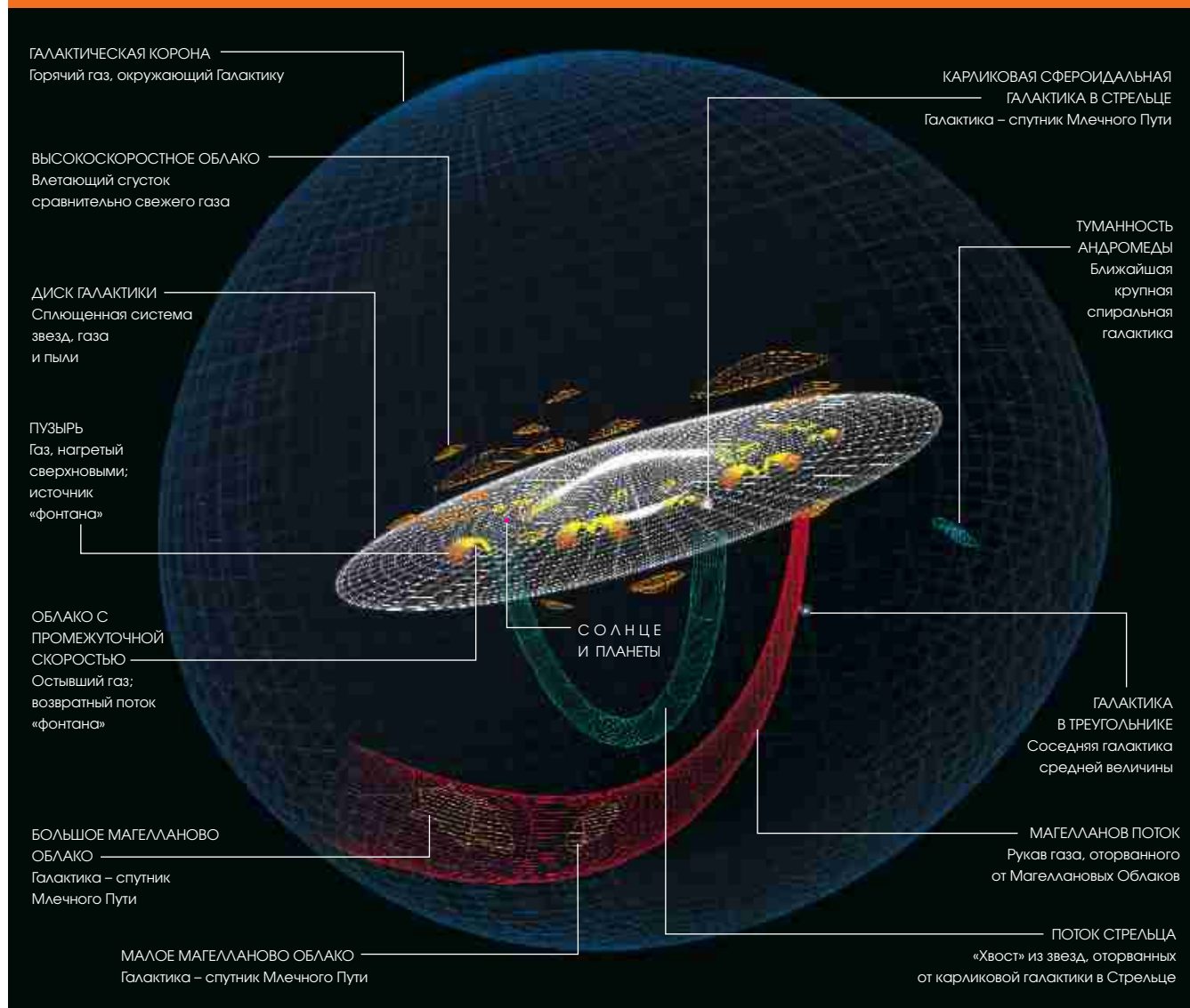
Вдохновленный идеей Спитцера, Ян Оорт (Jan Oort) из Лейденского университета в Нидерландах предположил, что и в галактическом гало может содержаться холодный плотный газ. Поиск холодных облаков на большом удалении от плоскости галактического диска в 1963 г. увенчался успехом. В отличие от сгустков, обнаруженных Мюнхом, они не следуют общему вращению Галактики, а, по-видимому, с большой скоростью падают к ее диску, отчего их и называли высокоскоростными облаками. В том же году открыли объекты, движущиеся медленнее и названные облаками с промежуточными скоростями (*intermediate velocity clouds, IVC*).

Оорт развил свою идею и предположил, что по завершении начального этапа формирования Галактики на границе ее сферы притяжения остался «неиспользованный» газ, который достиг диска только теперь, спустя 10 млрд. лет. Вот он и наблюдается в виде высокоскоростных облаков. Данное предположение согласуется с моделью, в которой ученые пытаются объяснить химический состав Галактики. Тяжелые элементы образуют-

ОБЗОР: ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ОБЛАКА

- С начала 1960-х гг. астрономы полагали, что наша и другие галактики родились в начале космической истории и медленно эволюционировали. Теперь доказано, что галактики продолжают расти, поглощая свежий газ и своих меньших соседей из межгалактического пространства.
- Поступающий в Галактику газ образует высокоскоростные облака, некоторые из них состоят из первичного газа.
- Эти облака существуют в нескольких формах: в сгустках нейтрального газа, напоминающего межгалактический; потоках газа, оторванного от соседних небольших галактик, и потоках сильно ионизованного газа, который может быть распределен в межгалактической окрестности.

НАША ГАЛАКТИКА И ЕЕ ОКРЕСТНОСТИ



ся в звездах, и, когда те умирают, они рассеиваются в межзвездном пространстве. Вновь образующиеся звезды захватывают эти элементы, формируя еще большее их количество. Следовательно, если Галактика развивается в изоляции от внешнего мира, каждое последующее поколение звезд должно содержать больше тяжелых элементов, чем предшествующее.

Однако большинство звезд в окрестностях Солнца имеет почти одинаковое содержание тяжелых элементов независимо от возраста. Вероятно, Галактика не изолирована, и межзвездный газ непрерывно разбавляется более чистым

материалом, который приносят высокоскоростные облака. Но подтвердить это предположение пока не удастся.

Согласно другой гипотезе, высокоскоростные облака не имеют никакого отношения к поступающему потоку газа, а служат лишь частью «галактического фонтана». В 70-х гг. к такому заключению пришли Пол Шапиро (Paul Shapiro) из Техасского университета в Остине и Джордж Филд (George B. Field) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра. Нагретый и ионизованный массивными звездами газ вылетает из диска в корону, образуя «атмосферу». Затем он

охлаждается, становится нейтральным и вновь опускается к диску, осуществляя круговорот газа между диском и короной. В 1980 г. Джоэл Брегман (Joel Bregman) из Мичиганского университета в Анн-Арбор предположил, что высокоскоростные облака могут состоять из возвращающегося газа. Долгое время эта гипотеза давала лучшее объяснение их происхождению.

Унесенные приливом

Ни гипотеза Оорта, ни модель фонтана не объясняют всех свойств высокоскоростных облаков. Проблема еще сильнее запуталась, когда в начале 70-х гг. был ▶

Наша Галактика разрывает на части свои галактики-спутники, а из межгалактического пространства в нее втекают газовые облака.

открыт Магелланов Поток – «струя» газа, охватывающая Галактику. Он следует орбитам Большого и Малого Магеллановых Облаков – небольших галактик, обращающихся вокруг Млечного Пути подобно тому, как спутники обращаются вокруг планет. Обычно астрономы называют облаками сгустки газа или пыли, но это галактики из многих миллионов звезд, а назвали их так за внешнее сходство с облаками в ночном небе. Сейчас они находятся на расстоянии около 150 тыс. световых лет от нашей Галактики – наименьшем из всех, на которых они находились когда-либо за время путешествия по своим вытянутым орбитам.

Магелланов Поток похож на цепочку высокоскоростных облаков. Значительная его часть движется со скоростями, несовместимыми с вращением Галактики. Однако ни одна из рассмотренных выше гипотез не объясняет этого. Согласно модели, предложенной в 1996 г. Лансом Гардинером (Lance T. Gardiner) из южнокарейского Университета Солнца и Луны и Масафуми Ногучи (Masafumi Noguchi) из японского Университета Тококу, эта цепочка облаков является приливным потоком, какие наблюдаются и в окрестностях некоторых других галактик. Около 2,2 млрд. лет назад, когда Магеллановы Облака подошли близко к нашей Галактике, совместное притяжение Галактики и Большого Магелланова Облака оторвало часть газа от внешней области Малого Магелланова Облака. Примерно половина этого газа, замедлившись, растянулась по орбите Магеллановых Облаков, отставая от них, а другая половина ускорилась и оказалась впереди этих галактик, образовав так называемый лидирующий рукав. Подобным образом газ мог отрываться и от других галактик – спутников Млечного Пути (см. *врез на стр. 26*).

Другая модель объясняет рождение Магелланова Потока силой сопротивления. Если Галактика имеет очень протяжен-

ную корону (гораздо бФльшую, чем предполагал Спитцер), то эта корона может отбирать газ у Магеллановых Облаков. Согласно обеим моделям, Магеллановы Облака теряют много газа, создавая большинство высокоскоростных облаков.

В 1999 г. Лео Блитц (Leo Blitz) из Калифорнийского университета в Беркли предположил, что высокоскоростные облака могут располагаться на гораздо большем удалении, чем ранее считалось. Они не проносятся по окраинам нашей Галактики, а плывут вокруг Местной группы галактик, включающей в себя кроме нашей Галактики и туманности Андромеды еще 40 других небольших галактик, разбросанных в объеме поперечником около 4 млн. световых лет. В данном случае высокоскоростные облака должны быть остатками процесса формирования всей группы галактик.

Подобные идеи уже выдвигались лет тридцать назад, но были отвергнуты, поскольку на таких расстояниях газовые облака не могут быть устойчивыми. Однако Блитц предположил, что высокоскоростные облака – это сгустки темного вещества, в которые включено небольшое количество газа. Массы облаков должны быть вдесятеро больше, чем предполагали ранее, и это позволит облакам сохраниться. Такая гипотеза весьма привлекательна, поскольку устраняет одно давнее затруднение: модели формирования галактик предсказывают, что темного вещества вокруг галактик должно быть больше, чем наблюдается. Высокоскоростные облака как раз и могут содержать эту недостающую темную массу.

Идет разогрев

В XXI в. астрономы вошли уже с четырьмя гипотезами о природе высокоскоростных облаков: газ, оставшийся после формирования галактик; круговорот газа в «галактическом фонтане»; обрыв-

ки Магеллановых Облаков; межгалактическая смесь газа и темного вещества. Для того чтобы сделать выбор между ними, требовались новые данные.

К концу XX в. астрономы обследовали все небо в радиолинии нейтрального водорода, позволяющей обнаруживать газ с температурой около 100 К. В 1988 г. Аад Хульбош (Aad Hulsbosch) из Неймегенского университета и один из авторов статьи (Ваккер) с помощью радиотелескопа Обсерватории Двингело в Нидерландах завершили обзор северного полушария неба. В 2000 г. Рикардо Моррас (Ricardo Morras) с коллегами на радиотелескопе Вилла Элиза (Villa Elisa) в Аргентине обследовал южное полушарие (см. *рисунок на стр. 25*). Третий обзор опубликовали в 1997 г. Дап Хартман (Dap Hartmann) и Батлер Бартон (Butler Burton) из Лейденской обсерватории. Они провели полное картирование нейтрального водорода в Галактике, включая высокоскоростные облака и облака промежуточных скоростей.

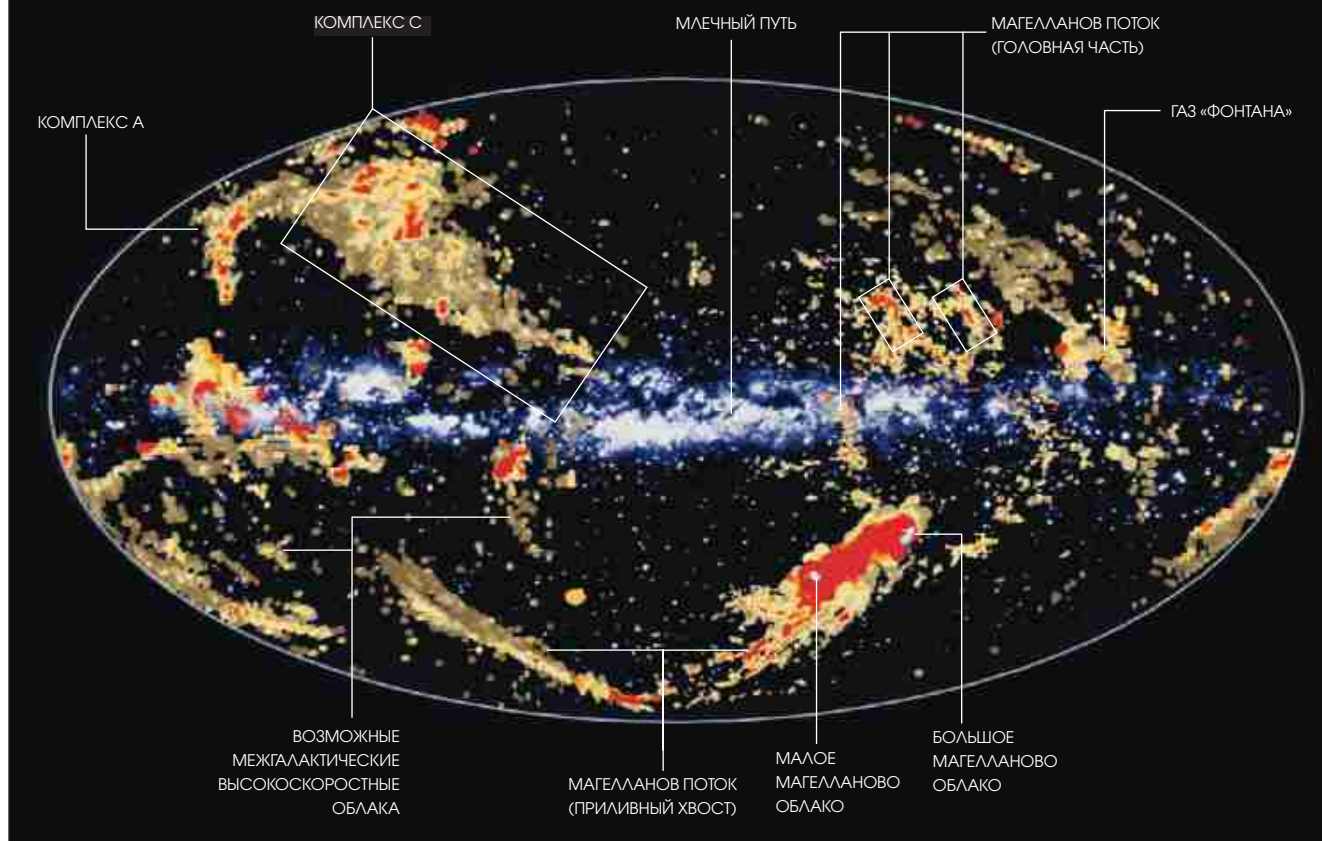
Новые данные принесли наблюдения в видимом свете с помощью таких инструментов, как *Wisconsin Hydrogen-Alpha Mapper* (Висконсинский картировщик H α -излучения). Хотя нейтральный водород не излучает в оптическом диапазоне, ионизованный газ на это способен, а внешние области высокоскоростных облаков как раз ионизованы ультрафиолетовым излучением Галактики и других объектов. К тому же это излучение нагревает внешние части облаков до 8000 К. Яркость их видимого излучения указывает интенсивность радиационного поля вокруг облака, которая, в свою очередь, зависит от их расстояния до диска Галактики. Поэтому яркость видимого излучения может служить для оценки расположения облаков.

Важнейшие сведения принесли наблюдения за спектральными линиями поглощения высокоскоростных облаков, которые дают информацию не об излучении

ОБЛАЧНОЕ НЕБО

Распределение газа в Галактике, построенное по данным о концентрации нейтрального водорода (цветные пятна) и наложенное на изображение Галактики в видимом свете (белый цвет). Диск Галактики виден с ребра и

пересекает карту горизонтально посередине, а ядро Галактики лежит в направлении центра карты. Высокоскоростные облака водорода (в частности комплексы А и С) видны над и под диском.



газа, а о поглощении им света других источников. Благодаря данным, полученным в Обсерватории Лас-Пальмос на Канарских островах, космическому телескопу «Хаббл» и спутнику *FUSE* (*Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer*; «Исследователь спектра дальнего ультрафиолета»), запущенному в 1999 г., Лора Дэнли (Laura Danly) из Денверского университета оценила пределы расстояний до облаков с промежуточными скоростями. Затем Хуго ван Верден (Hugo van Woerden) из Пронингенского университета в Нидерландах впервые измерил расстояние до облака с промежуточной скоростью (см. *врез на стр. 28*). Тем временем мы определили химический состав облаков.

Данные спутника *FUSE* говорят о наличии у высокоскоростных облаков очень горячего компонента. *FUSE* обнаружил

линии поглощения сильно ионизованных атомов кислорода (потерявших до 5 из 8 внешних электронов). Такая степень ионизации говорит о температуре около 300 тыс. К, которая может возникнуть, когда холодный (100 К) нейтральный водород входит в соприкосновение с исключительно горячим (порядка миллиона кельвинов) газом. Но это же может наблюдаться и при охлаждении крайне горячего газа до температуры 300 тыс. К. Вместе с Блэрсом Сэвиджем (Blair D. Savage) из Висконсинского университета в Мадисоне и Кеннетом Сембахом (Keheth Sembach) из Института космического телескопа в Балтиморе мы исследовали этот компонент высокоскоростных облаков.

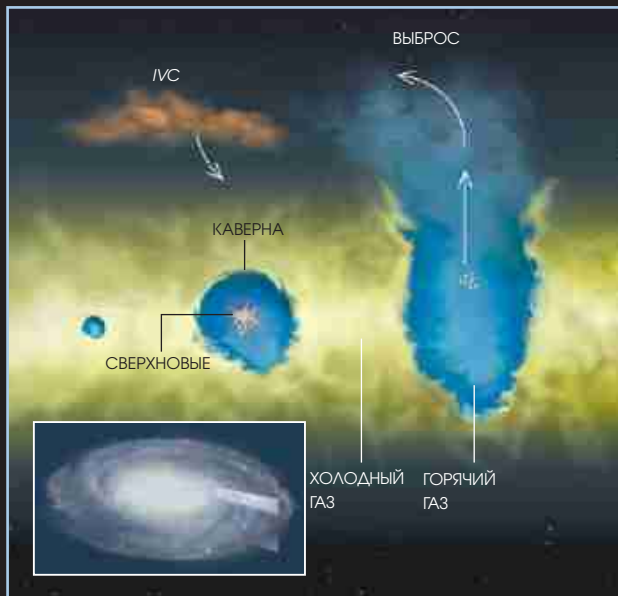
Поведение комплексов

Используя новые данные, можно составить полный портрет высокоскоростных облаков. Мы начали с двух самых крупных – комплексов А и С, открытых еще в 1963 г. Комплекс А удален от нас на 25–30 тыс. световых лет, т.е. находится в галактическом гало. Расстояние до комплекса С составляет не менее 14 тыс. и, вероятно, не более 45 тыс. световых лет от галактической плоскости.

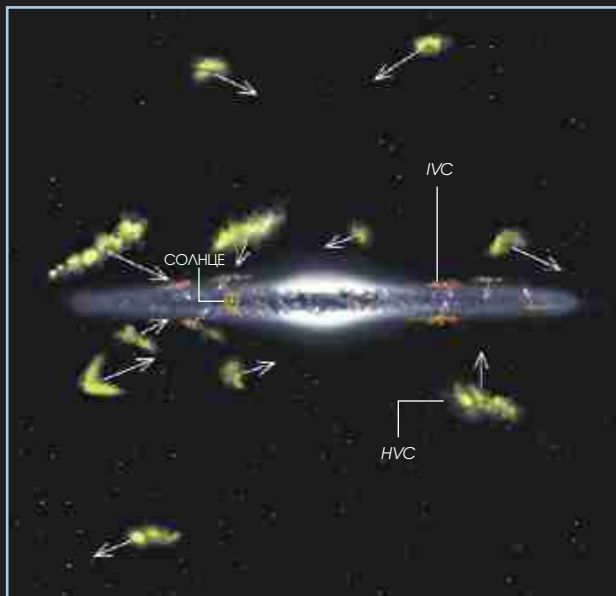
Обоим облакам свойствен недостаток тяжелых элементов: их концентрация там примерно в 10 раз меньше, чем на Солнце. Особенно мало содержание азота в комплексе С – почти в 50 раз меньше солнечного, что позволяет предположить: тяжелые элементы поступали в основном из массивных звезд, в которых образуется меньше азота по отношению к другим тяжелым элементам, чем в ▶

ЧЕТЫРЕ ПРОЦЕССА, ФОРМИРУЮЩИЕ ГАЛАКТИКУ

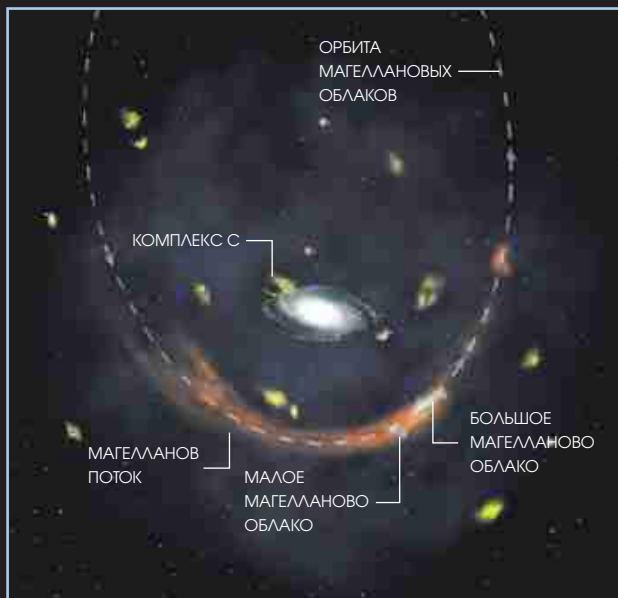
ГАЛАКТИЧЕСКИЙ «ФОНТАН»: Облака с промежуточными скоростями, возможно, представляют собой возвратный поток обширного цикла газообмена. Взрывы сверхновых образуют каверну с горячим газом (синие), который прорывается сквозь окружающий холодный газ (желтый) и питает горячую корону. Затем он охлаждается и в виде облаков падает обратно на диск.



ПРИТОК ГАЗА: Многие высокоскоростные облака (HVC, желтые) представляют собой газ, втекающий в Галактику и формирующий ее уже в течение 12 млрд. лет после рождения. Этот газ поставляет свежий материал для рождения звезд. Высокоскоростные облака легко спутать с облаками промежуточных скоростей (IVC, оранжевые).



ПОГЛОЩЕНИЕ ГАЛАКТИК: Млечный Путь отбирает газ у двух своих галактик-спутников – Большого и Малого Магеллановых Облаков. На их орбите астрономы видят Магелланов Поток (оранжевый). В том же пространстве плавают и другие высокоскоростные облака (желтые), не связанные с названными и, возможно, образовавшиеся в результате конденсации газа короны.



ПОПОЛНЕНИЕ МЕЖГАЛАКТИЧЕСКИМ ГАЗОМ: Млечный Путь и туманность Андромеды, возможно, погружены в огромный океан горячего межгалактического газа (синий), из которого могут конденсироваться холодные сгустки. Затем они поглощаются галактиками, где образуют новые высокоскоростные облака, падающие к их дискам. Данная модель еще не подтверждена.



звездах малой массы. Согласно новейшим моделям молодой Вселенной, самые старые звезды весьма массивны. Вероятно, комплекс С является остатком древней Вселенной.

Брэд Гибсон (Brad Gibson) из Технологического университета Свинбурна в Мельбурне (Австралия) исследовал другую часть комплекса С и выяснил, что концентрация тяжелых элементов в ней вдвое выше измеренной нами ранее. Различие в составе говорит о том, что комплекс С начал смешиваться с другими облаками галактического гало, имеющими более высокую концентрацию тяжелых элементов. Эндрю Фокс (Andrew Fox) из Висконсинского университета по данным об ионизованном кислороде и других ионах показал, что газ с температурой 300 тыс. К в комплексе С представляет собой промежуточную область между горячим и холодным газами. Похоже, мы застали комплекс С в процессе его слияния с Галактикой.

Итак, получены первые прямые свидетельства поступления свежего газа в Галактику. Комплекс С приносит за год массу нового вещества, эквивалентную 0,1–0,2 массы Солнца, а комплекс А – вдвое меньше, что в сумме составляет от 10 до 20% общей массы, необходимой для разбавления галактического газа и объяснения химического состава звезд. Остальную массу могут поставлять другие высокоскоростные облака. Правда, остается неясным, служат ли первичным источником этого газа остатки гало, глубокое межгалактическое пространство или карликовая галактика, поглощаемая нашей Галактикой.

Различное происхождение

Полученные данные исключают 3 из 4 гипотез о происхождении комплексов А и С. Идея о «фонтане» подразумевает, что облака зародились в диске Галактики и по составу близки к Солнцу, а это не так. Гипотеза о Магеллановом Потоке неверно предсказывает содержание тяжелых элементов. Наконец, предположение о темном веществе отпадает, поскольку высокоскоростные облака находятся не в межгалактическом пространстве.

ПОТОКИ В ГАЛАКТИКЕ

В основном наша Галактика хорошо перемешивается: две звезды, родившиеся в одном месте, позже могут оказаться в совершенно разных частях неба. Но в последние годы астрономы выделили группы звезд, движущихся совместно и образующих «звездные потоки».

Предполагают, что это остатки галактик – спутников Млечного Пути, разорванные приливными силами в ходе того же процесса, который формирует некоторые высокоскоростные облака. Тогда эти течения отмечают путь звезд от карликовых галактик к Млечному Пути. Они отличаются от Магелланова Потока, состоящего в основном из газа, а не звезд; но и они подтверждают, что наша Галактика продолжает расти.

Об этом свидетельствует поток звезд, оторванных от карликовой сфероидальной галактики в Стрельце, который открыли в 1994 г. Родриго Ибата (Rodrigo Ibata) и его коллеги из Страсбургской обсерватории во Франции (см. рисунок выше). Данные, полученные в ходе Слоановского цифрового обзора неба, позволили обнаружить и другие звездные потоки. Один из них может быть связан с карликовой галактикой в Большом Псе, которую открыли недавно Ибата, Николая Мартен (Nicolas Martin) и их коллеги из Страсбургской обсерватории. За последние 2 млрд. лет эта галактика растянулась в спиральное кольцо звезд, лежащее в галактической плоскости.

Облака с промежуточными скоростями долгое время оставались в тени более заметных и таинственных высокоскоростных облаков. Астрономы измерили их состав, и оказалось, что он соответствует диску Галактики. Кроме того, выяснилось, что они находятся на расстоянии около 4 тыс. световых лет от диска, т.е. там, где и должны действовать «фонтаны». Итак, облака с промежуточными скоростями, а не высокоскоростные, представляют собой возвратные потоки «фонтанов».

Подтверждением тому стали молекулы водорода, найденные в облаках с промежуточными скоростями. Для формирования молекул требуются частицы меж-

звездной пыли, количество которых достаточно, если окружающий газ химически обогащен. С другой стороны, в комплексе С молекулярный водород не обнаружен. Таким образом, облака с промежуточными скоростями представляют внутренний газ Галактики, тогда как высокоскоростные облака – первичный газ, поступающий издалека.

Что же касается Магелланова Потока, то, как минимум, одно высокоскоростное облако представляется обрывком этого течения и находится в головной ее части. При этом по составу оно близко к Малому Магелланову Облаку, как установили в 1998 г. Лимин Лю (Limin Lu) ▶

ОБ АВТОРАХ:

Барт Ваккер (Bart P. Wakker) и **Филипп Рихтер** (Philipp Richter) – астрономы, в основном наблюдающие в ультрафиолетовом и радиодиапазонах спектра. Ваккер заинтересовался астрономией после полета «Аполлона 8» к Луне. Диссертацию по высокоскоростным облакам он написал в Гронингенском университете (Нидерланды), после чего проработал 5 лет в Иллинойском университете, а в 1995 г. перешел в Висконсинский университет. Рихтер получил докторскую степень в Боннском университете (Германия), где исследовал диффузный молекулярный газ в Магеллановых Облаках и гало нашей Галактики. В 1999 г. он занял должность в Висконсинском университете, где вместе с Ваккером занялся изучением высокоскоростных облаков. В 2002 г. Рихтер переехал в Италию для работы в Астрофизической обсерватории Арчетри во Флоренции, а недавно вернулся в Бонн.

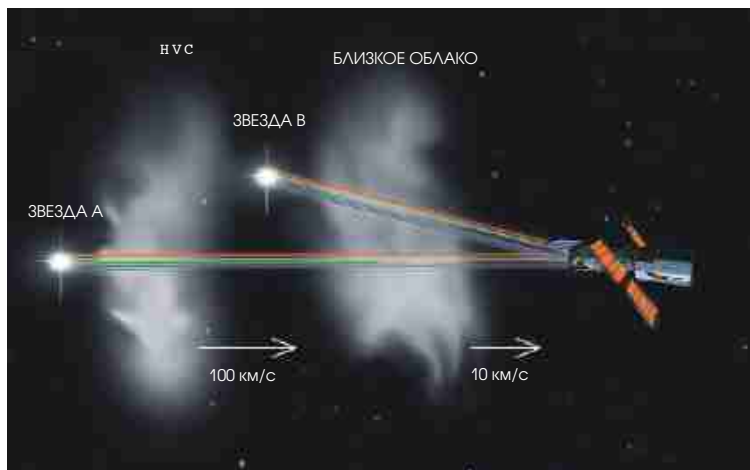
ЗАГЛЯДЫВАЯ ЗА ОБЛАКА

ДОЛГОЕ ВРЕМЯ АСТРОНОМЫ не могли выяснить ни состав высокоскоростных облаков (HVC), ни расстояние до них. Единственный способ узнать об их свойствах – исследовать линии поглощения в их спектре. Свет далеких звезд и галактик в основном проходит сквозь облака, но некоторые волны поглощаются, сообщая таким образом о свойствах облаков.

Если в спектре звезды обнаруживаются линии поглощения, значит, между ними лежит облако. Расстояние до звезды дает верхний предел расстояния до облака. Отсутствие же поглощения дает нижний предел расстояния. Разумеется, влияние прочих факторов (погрешность определения расстояний до звезд; отсутствие в облаке элементов, дающих обнаружимые линии поглощения, и влияние поглощения веществом самих звезд) должно быть исключено.

Наилучшие результаты дают измерения по линиям нейтрального кислорода и ионизованной серы, лежащим в ультрафиолетовой части спектра. Наблюдать их можно лишь за пределом земной атмосферы, например, с помощью космического телескопа «Хаббл» или спутника *FUSE*. Удобными источниками света для определения расстояний до высокоскоростных облаков служат переменные звезды типа RR Лиры и звезды голубой части горизонтальной ветви (на диаграмме Герцшпрунга-Рассела). Их много, расстояния до них измеряются весьма точно, и лишь немногие их спектральные линии перекрываются с линиями облаков. А для измерения содержания тяжелых элементов в облаке лучше использовать активные галактики, например квазары: в их спектре много ультрафиолетового излучения и мало линий поглощения.

Звезда или галактика может просвечивать более одного облака. Но все облака движутся с разными скоростями, поэтому вследствие эффекта Доплера они поглощают излучение на несколько различающихся длинах волн. Для изучения по отдельности таких облаков требуются спектрометры с высоким разрешением, а значит, большие телескопы.

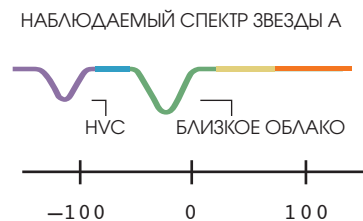


ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ (не в масштабе)

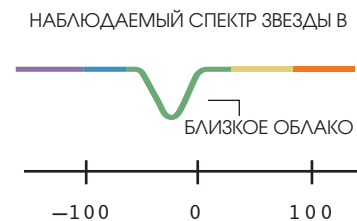
НАИБОЛЬШУЮ ТРУДНОСТЬ при изучении быстрых облаков представляют измерения расстояний до них. Наилучший из имеющихся способов является косвенным и весьма приблизительным. Рассмотрим высокоскоростное облако, находящееся между звездами А и В, и более медленное облако, лежащее между нами и звездой В.



ВИД С ЗЕМЛИ



НАБЛЮДАЕМЫЙ СПЕКТР ЗВЕЗДЫ А



НАБЛЮДАЕМЫЙ СПЕКТР ЗВЕЗДЫ В

ПО НАЛИЧИЮ ДВУХ ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ в спектре звезды А астрономы делают вывод о присутствии двух облаков. Длины волн этих линий различаются из-за различия скоростей облаков.

В СПЕКТРЕ ЗВЕЗДЫ В наблюдается только одна линия поглощения, значит, она должна находиться ближе высокоскоростного облака. Таким образом, две звезды, расстояния до которых могут быть определены независимо, задают верхний и нижний пределы расстояния до этого облака.

и его коллеги из Висконсинского университета. Какова бы ни была сила, оторвавшая Поток от Малого Магелланова Облака, она его ускорила. Сила сопротивления не могла ускорить газ, это способно сделать только приливная сила. И так, открытие группы Лю ответило на вопрос о происхождении Магелланова Потока.

Однако и сила сопротивления проявляет себя. Спутник *FUSE* обнаружил высокоионизированный кислород, связанный с Магеллановым Поток, а это указывает на то, что он окружен горячим газом. Следовательно, галактическая корона простирается гораздо дальше, чем предполагал Спитцер, – не на тысячи, а на сотни тысяч световых лет. Плотность этой короны недостаточна, чтобы срывать газ с Магеллановых Облаков, но после отрыва газа приливной силой трение о корону замедляет его, заставляя медленно падать в Галактику.

Подобным образом гипотеза о темном веществе хотя и не объясняет природы комплексов А и С, может «вписаться» в более широкую схему. Блитц ожидал, что межгалактические высокоскоростные облака имеют массы от 10 до 100 млн. масс Солнца. Однако в соседних группах галактик, подобных Местной группе, такие облака не обнаружены, хотя чувствительности современных приборов для этого достаточно. Кроме того, согласно гипотезе Блитца, видимое излучение высокоскоростных облаков должно быть крайне слабым, однако во всех случаях, когда его искали, оно обнаруживалось. Расчеты показывают: если высокоскоростные облака очень далеки, то они должны быть либо полностью ионизованы, либо очень массивны, но ни то, ни другое не подтверждается наблюдениями. И так, высокоскоростные облака не могут быть гипотетическими облаками темного вещества.

Роберт Браун (Robert Braun) из Обсерватории Двингело и Батлер Бартон (Butler Burton) с Винсентом де Хейем (Vincent de Heij) из Лейдена предположили, что наша Галактика и туманность Андромеды окружены несколькими сотнями небольших облаков, состоящих в основном из темного вещества и ионизованного газа с примесью нейт-

рального водорода. Массы облаков могут составлять порядка 10 млн. масс Солнца, и они должны не плавать сквозь Местную группу, а находиться в пределах полумиллиона световых лет от ее главных галактик.

Маловероятно, что облака нейтрального газа разбросаны по Местной группе, но облака другого типа могут в ней присутствовать. По линиям ионизованного кислорода спутник *FUSE* нашел высокоскоростное облако, не содержащее нейтрального газа. Тодд Трипп (Todd M. Tripp) из Принстонского университета обнаружил подобные облака в других областях Вселенной. Из такого горячего газа могут состоять рукава, протянувшиеся в межгалактическом пространстве и возникающие при моделировании крупномасштабной эволюции Вселенной (см. Эван Скэннапьеко, Патрик Птижан и Том Броуджерст, «Абсолютная пустота», «В мире науки», №2, 2003). Полная масса вещества в этих структурах может превышать суммарную массу всех галак-

тик, образуя резервуар, из которого наша Галактика может черпать газ для формирования новых звезд.

Высокоскоростные облака, окружающие Млечный Путь, напоминают, что мы живем в звездной системе, которая продолжает формироваться и эволюционировать. Вначале наша Галактика была окружена множеством меньших галактик-спутников и огромным количеством газа. В течение нескольких миллиардов лет она вобрала в себя большинство малых галактик. Одновременно Галактика выбрасывает газ, обогащенный тяжелыми элементами, в свое гало, а возможно, и в межгалактическое пространство.

В ближайшие 10 млрд. лет Млечный Путь поглотит еще больше галактик-спутников, образуя звездные потоки. Наша Галактика движется к столкновению с туманностью Андромеды. Неизвестно, как будет выглядеть Млечный Путь в далеком будущем, но мы знаем, что его формирование еще не завершено. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

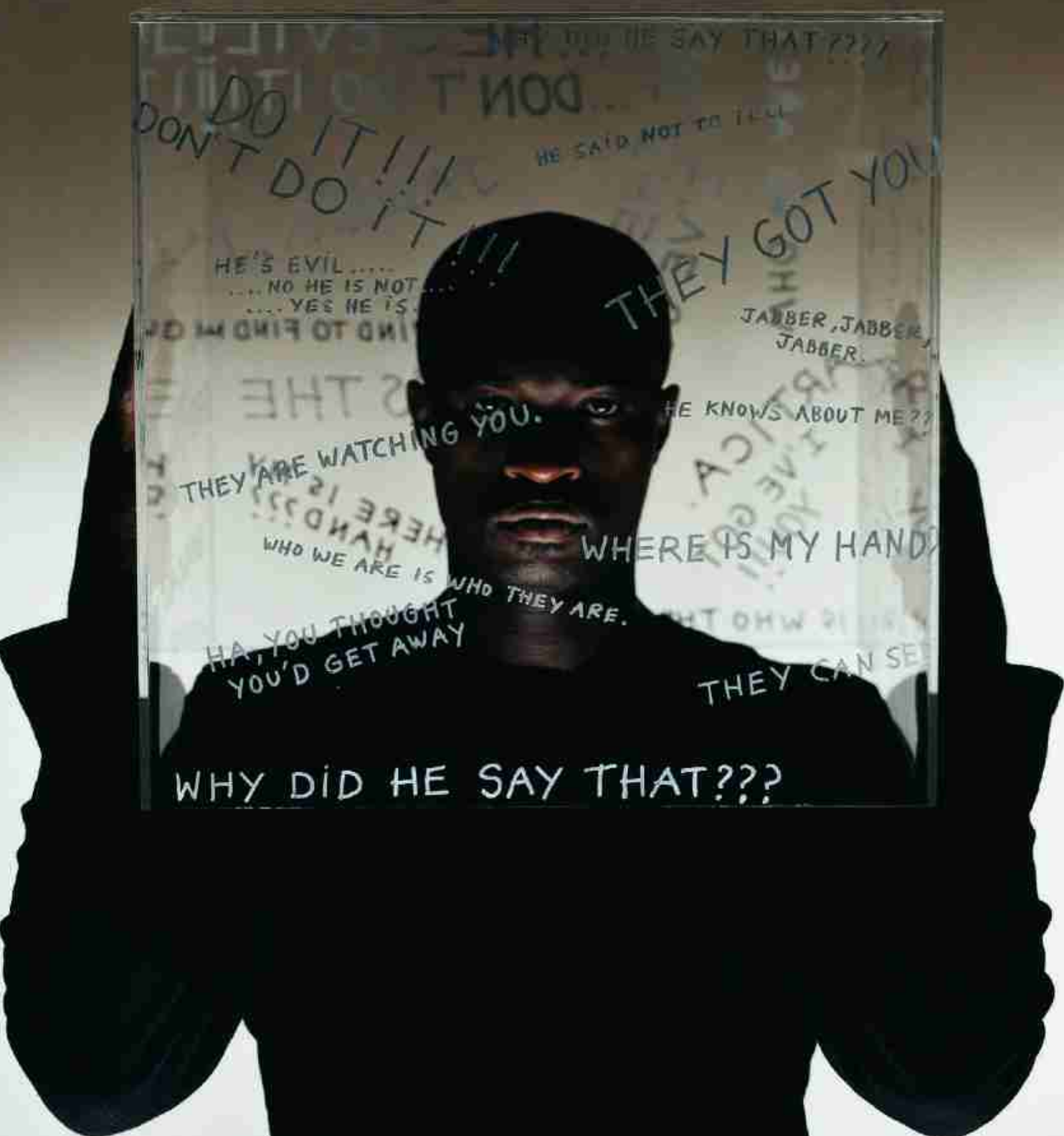
НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

- High-Velocity Clouds. Bart P. Wakker and Hugo van Woerden in *Annular Review of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 35, pages 217–266; September 1997.
- A Confirmed Location in the Galactic Halo for the High-Velocity Cloud «Chain A.» Hugo van Woerden, Ulrich J. Schwarz, Reynier F. Peletier, Bart P. Wakker and Peter M.W. Kalberla in *Nature*, Vol. 400, pages 138–141; July 8, 1999. Доступно на: arXiv.org/abs/astro-ph/9907107
- Accretion of Low-Metallicity Gas by the Milky Way. Bart P. Wakker, J. Chris Howk, Blair D. Savage, Hugo van Woerden, Steve R. Tuffe, Ulrich J. Schwarz, Robert Benjamin, Ronald J. Reynolds, Reynier F. Peletier and Peter M.W. Kalberla in *Nature*, Vol. 402, No.6760; pages 388–390; November 25, 1999.
- The Formation and Evolution of the Milky Way. Cristina Chiappini in *American Scientist*, Vol. 89, No.6, pages 506–515; November-December 2001.
- A Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer Survey of Molecular Hydrogen in Intermediate-Velocity Clouds in the Milky Way Halo. P. Richter, B.P. Wakker, B.D. Savage and K.R. Sembach in *Astrophysical Journal*, Vol. 586, No.1, pages 230–248; March 20, 2003. Доступно на: arXiv.org/abs/astro-ph/0211356
- Highly Ionized High-Velocity Gas in the Vicinity of the Galaxy. K.R. Sembach, B.P. Wakker, B.D. Savage, P. Richter, M. Meade, J.M. Shull, E.B. Jenkins, G. Sonneborn and H.W. Moos in *Astrophysical Journal, Supplement Series*, Vol. 146, No.1, pages 165–208; May 2003. Доступно на: arXiv.org/abs/astro-ph/0207562

НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

- Бочкарев Н.Г. Основы физики межзвездной среды. М.: 1992.
- Воронцов-Вельяминов Б.А. Внегалактическая астрономия. М.: 1978.
- Ефремов Ю.Н. Вглубь Вселенной. М.: 2003.
- Каплан С.А., Пикельнер С.Б. Физика межзвездной среды. М.: 1979.
- Лозинская Т.А. Сверхновые звезды и звездный ветер: взаимодействие с газом Галактики. М.: 1986.
- Марочник Л.С., Сучков А.А. Галактика. М.: 1984.
- Новиков И.Д. Эволюция Вселенной. М.: 1990.
- Сурдин В.Г. Рождение звезд. М.: 2001.

Сложный внутренний мир больных шизофренией
изобилует таинственными голосами, бредовыми
идеями и алогичными построениями...



В ГЛУБЬ РАСЩЕПЛЕННОГО СОЗНАНИЯ

Дэниел Джэвитт и Джозеф Койл

Изучение тончайших механизмов работы головного мозга дает **надежду на создание** более эффективных лекарств для лечения шизофрении.

Сегодня слово «шизофрения» (от греч. *schizo* – расщеплять и *phren* – душа, рассудок) у многих ассоциируется с двумя громкими именами – Джон Нэш и Андреа Йейтс. Джон Нэш, герой фильма «Игры разума», – математический вундеркинд, удостоившийся за свои разработки Нобелевской премии. В молодости он заболевает тяжелым нервным недугом, из-за которого рушится вся его профессиональная карьера и впустую проходят лучшие годы жизни. Андреа Йейтс – мать пятерых детей, страдающая депрессией и шизофренией, безжалостно утопила своих малышей в ванне, дабы «спасти их от дьявола», и в настоящее время находится в тюрьме.

Испытания, выпавшие на долю Нэша и Йейтс, в некотором смысле можно считать типичными. Примерно 1% жителей нашей планеты страдают шизофренией, и большинство из них на протяжении всей жизни преследуют тяжчайшие психические нарушения. В отличие от гениального Нэша, многие больные даже в детстве отличаются низкими умственными способностями, а когда проявляются первые симптомы заболевания (обычно в раннем зрелом возрасте), их IQ снижается еще сильнее. Лишь

очень немногим удастся устроиться на хорошо оплачиваемую работу, и не более половины обзаводятся семьями. 15% больных шизофренией значительную часть жизни проводят в психиатрических клиниках, и еще 15% попадают в тюрьмы за мелкие правонарушения и бродяжничество. 60% живут в нищете, и 5% лишены крыши над головой. Из-за слабо развитой социальной поддержки гораздо большее число больных шизофренией становятся жертвами преступлений, чем преступниками.

Между тем существующие методы лечения этого заболевания малоэффективны. Наиболее широкое применение нашли сегодня антипсихотические препараты, но они устраняют симптомы лишь у 20% больных. Еще у 2/3 пациентов эти лекарства вызывают частичное ослабление симптомов болезни, а на состояние остальных вообще не влияют.

Недостаточный арсенал лекарственных средств – лишь одно из препятствий на пути к эффективному лечению этого страшного расстройства. Другая помеха – неадекватность наших представлений о функционировании «шизофренического» головного мозга. Клетки мозга (нейроны) общаются друг с дру-

гом за счет высвобождения особых химических веществ – нейротрансмиттеров, оказывающих либо возбуждающее, либо тормозное действие на импульсацию других нейронов. Создавая «теории шизофрении», ученые в течение долгих десятилетий упорно говорили лишь об одном причастном к ней нейротрансмиттере – дофамине. И только в последние годы стало ясно, что развитие болезни связано не с нарушением уровня дофамина в мозге, а с какими-то иными аномалиями. Подозрение пало на дефицит другого нейротрансмиттера – глутамата. Сегодня исследователи твердо убеждены в том, что в патогенез шизофрении вовлечены практически все отделы головного мозга и что важнейшую роль в этом процессе играет низкий уровень глутамата в самых разных его областях. Теперь главные усилия направлены на поиск препаратов, способных устранить дефицит этого нейротрансмиттера в мозговой ткани.

Многоликая симптоматика

Для разработки более эффективных методов лечения шизофрении ученым необходимо понять, как возникает заболевание, и учесть весь спектр сопровож- ▶

Особенно опасны **императивные галлюцинации**, при которых «голос» велит человеку причинить вред себе или другим людям. Поскольку сопротивляться таким приказам очень трудно, они **могут толкнуть больного на насилие**.

дающих его симптомов. Современные психиатры подразделяют признаки шизофрении на три главные категории: позитивные, негативные и когнитивные. Позитивные симптомы включают ощущения, выходящие за рамки «нормального» человеческого опыта; негативные, напротив, свидетельствуют о некоей «неполноценности» чувств и переживаний, а когнитивные – об ухудшении способности поддержания связного разговора, концентрации внимания и абстрактных рассуждений.

Воображение рядового человека поражают позитивные симптомы шизофрении – возбуждение больных, бред преследования, слуховые галлюцинации (обычно в форме таинственных голосов). Особенно опасны императивные галлюцинации, при которых «голос» велит человеку причинить вред себе или другим людям. Поскольку сопротивляться таким приказам очень трудно, они могут толкнуть больного на насилие.

Негативные симптомы носят менее драматический характер, но жизнь своим жертвам они отравляют ничуть не меньше. Негативная симптоматика заболевания нередко включает аутизм (утрата интереса к другим людям), сглаженность аффективных проявлений (застывшая гримаса вежливости на лице),

хаотичность ассоциаций (алогичное перескакивание с одной мысли на другую во время разговора) и другие расстройства. Среди прочих симптомов шизофрении можно отметить трудности в налаживании взаимоотношений с другими людьми, обедненность речи и замедленность движений. Апатия больного и его безразличие к окружению нередко вызывают трения с домочадцами, обычно принимающими эти проявления болезни за беспробудную лень.

Когда больным шизофренией предлагают выполнить тесты, предназначенные для выявления мозговых повреждений, результаты их усилий непреложно свидетельствуют о широкомасштабных мозговых дисфункциях. Нарушения затрагивают практически все аспекты функционирования мозга – от фундаментальных сенсорных процессов до наиболее сложных форм мыслительной деятельности. Отмечается и сильное ухудшение способности к консолидации новых следов памяти или к решению сложных задач. Многие плохо справляются с решением элементарных повседневных проблем (например, не знают, что делать, когда во всей квартире неожиданно гаснет свет). Эта беспомощность делает большинство больных шизофренией неспособными к само-

стоятельному существованию. Таким образом, заболевание лишает своих жертв главных качеств, необходимых для нормальной жизни в современном обществе: индивидуальности, социальных навыков и смекалки.

Дофаминовая теория

Ученые начали связывать шизофрению с дофамином в 1950-е гг., когда было обнаружено, что с позитивными симптомами болезни можно бороться с помощью лекарств из класса фенотиазинов. Дальнейшие исследования показали, что фенотиазины подавляют функционирование особого типа молекул – дофаминовых *D2*-рецепторов, находящихся на поверхности некоторых нервных клеток и передающих дофаминовые сигналы внутрь нейронов. С другой стороны, исследования, проведенные лауреатом Нобелевской премии Арвидом Карлссоном (Arvid Carlsson), показали, что амфетамин (вызывающий у наркоманов бред и галлюцинации) стимулирует высвобождение дофамина в головном мозге. Благодаря этим открытиям и была сформулирована «дофаминовая теория шизофрении»: большая часть симптомов болезни обусловлена чрезмерным высвобождением дофамина в важнейших отделах мозга – лимбической системе (предположительно ведающей эмоциями) и лобных долях коры (принимающих участие в мыслительной деятельности).

За прошедшие 40 лет выявились сильные и слабые стороны предложенной теории. Во многих случаях она попросту не работала. Прежде всего препараты фенотиазинового ряда не улучшали состояния пациентов с медленным, постепенным усугублением симптомов, а также тех, у кого негативные симптомы затеняли позитивные. Эти люди отличались замкнутым характером и годами вели за-

ОБЗОР: ШИЗОФРЕНИЯ

- Долгое время ученые связывали возникновение шизофрении с нарушениями в тех отделах головного мозга, где передачу нервных сигналов опосредует нейротрансмиттер дофамин.
- Результаты последних исследований заставляют ученых отводить главную роль в развитии шизофрении другому нейротрансмиттеру – глутамату. Теперь клинические проявления болезни связываются с нарушениями глутаматных систем мозга.
- Новое понимание природы шизофрении стимулировало разработку нового поколения лекарств для лечения недуга.

творнический образ жизни. Их умственные способности находились на низком уровне и не улучшались даже под влиянием приема лучших препаратов.

Эти факты заставили некоторых исследователей усомниться в научной точности дофаминовой теории. Согласно одной из новых гипотез, негативные и позитивные симптомы возникают вследствие пониженного уровня дофамина в одних отделах головного мозга (например, в лобных долях) и его повышенного содержания в других (например, в лимбических структурах). Поскольку дофаминовые рецепторы в лобных долях относятся к типу *D1* (а не *D2*), ученые начали поиск лекарств (до сих пор, к сожалению, безуспешный), стимулирующих рецепторы *D1* и блокирующих *D2*.

В конце 1980-х гг. стало ясно, что клозапин (клозарил) вызывает оцепенение и прочие побочные неврологические эффекты гораздо реже, чем, например, хлорпромазин (торазин) или галоперидол (галдол), и намного эффективнее ослабляет позитивную и негативную симптоматику шизофрении. Хотя клозапин угнетает дофаминовые рецепторы не так сильно, как старые лекарственные средства, он намного больше влияет на активность других нейротрансмиттеров. Эти факты навели ученых на мысль, что в возникновении шизофрении помимо дофамина принимают участие и некоторые другие нейротрансмиттеры.

Теории, отводящие ключевую роль дофамину, вызывают возражения и по ряду других причин. Нарушением баланса дофамина в головном мозге нельзя объяснить, почему у одних больных лечение приводит к полному исчезновению симптомов шизофрении, а у других состояние не меняется. Эти концепции не дают и ответа на вопрос, почему лекарства гораздо эффективнее снимают позитивные, чем негативные или когнитивные симптомы болезни. Таким образом, несмотря на долгие десятилетия напряженной работы, приверженцы дофаминовой теории топчутся на одном месте: выявленные ими модификации ферментов, ответственных за выработку дофамина, и связывающих его рецеп-



Восприятие отдельных фрагментов как составных частей целого изображения представляет для больных шизофренией непосильную задачу. Глядя на «разорванные» изображения предмета (вверху), здоровые люди быстро идентифицируют по ним сам предмет. Больные шизофренией делают это гораздо медленнее.

торов, явно недостаточны для того, чтобы обусловить все многообразие симптомов шизофрении.

«Ангельская пыль» и глутамат

Какие же другие химические факторы мозга могут определять развитие шизофрении? Ответ на вопрос ученым подсказал фенциклидин (ФЦ) – препарат, популярный среди наркоманов под названием «ангельская пыль». В отличие от амфетамина, имитирующего лишь

позитивную симптоматику шизофрении, ФЦ вызывает эффекты, включающие весь спектр клинических проявлений болезни: ее негативные, когнитивные, а зачастую и позитивные симптомы. Они возникают не только у закоренелых потребителей ФЦ, но и у испытуемых-добровольцев, которым ФЦ или кетамин (анестетик со сходным действием) даются в низких дозах в ходе проверки терапевтической эффективности лекарств. ▶

ОБ АВТОРАХ:

Дэниел Джэвитт (Daniel C. Javitt) и **Джозеф Койл** (Joseph T. Coyle) занимаются изучением шизофрении уже долгие годы. Джэвитт – директор Программы по изучению когнитивных и нейробиологических аспектов шизофрении в Институте психиатрических исследований Натана Клайна (Nathan Kline) в г. Оринджберг (штат Нью-Йорк) и профессор психиатрии в Школе медицины при Нью-Йоркском университете. Койл – профессор психиатрии и нейробиологии в Гарвардской медицинской школе и главный редактор журнала *Archives of General Psychiatry*.

МОЗГ БОЛЬНОГО ШИЗОФРЕНИЕЙ

ШИЗОФРЕНИЯ сопровождается нарушением функций многочисленных отделов головного мозга (внизу показаны лишь некоторые из них). Долгие годы ученые видели главную причину недуга в нарушении баланса нейротранс-

миттера дофамина в мозговой ткани. Однако последние исследования показали, что необычайно широкий спектр шизофренической симптоматики может объясняться дефицитом другого нейротрансмиттера – глутамата.

БАЗАЛЬНЫЕ ГАНГЛИИ

Участвуют в координации движений, формировании эмоций и интеграции сенсорной информации. Нарушение их функций способствует возникновению бреда и галлюцинаций. (Слишком сильная блокада дофаминовых рецепторов в базальных ганглиях традиционными антипсихотическими лекарствами вызывает побочные моторные эффекты.)

СЛУХОВАЯ СИСТЕМА

Отвечает за восприятие звуков и понимание речи. У больных шизофренией чрезмерная нейронная активность в центре речи порождает слуховые галлюцинации – патологическое восприятие мыслей, возникающих в сознании, в виде таинственных голосов, исходящих извне.

ЗАТЫЛОЧНЫЕ ДОЛИ

Участвуют в переработке зрительной информации. Яркие галлюцинации возникают у больных шизофренией довольно редко, но нарушения функций зрительных долей могут ухудшать их способность к интерпретации сложных образов, восприятию движения и распознаванию эмоций на лицах других людей.

ЛОБНЫЕ ДОЛИ

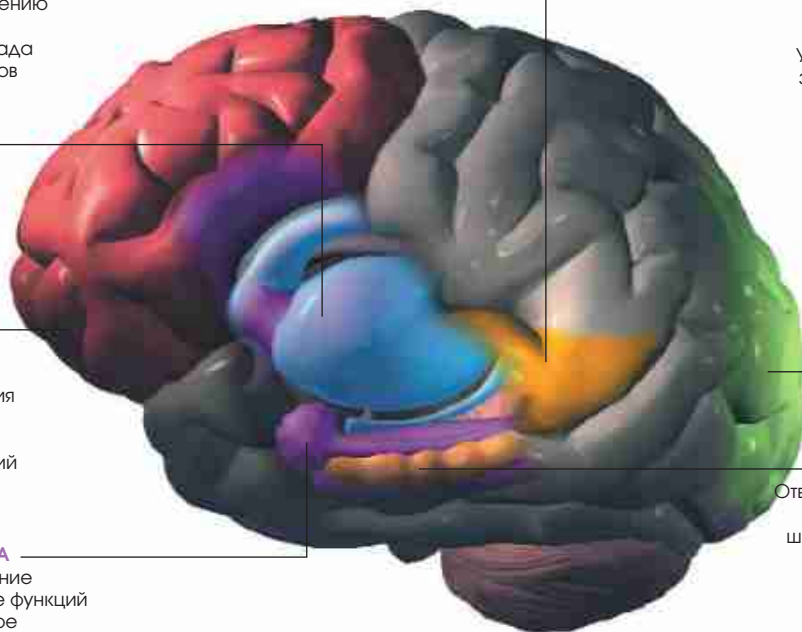
Ведут высшими формами мыслительной деятельности. Нарушения функций этих структур ухудшают способности к планированию действий и логичному изложению мыслей.

ЛИМБИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Отвечает за формирование эмоций. Нарушением ее функций можно объяснить сильное возбуждение, нередко охватывающее больных шизофренией.

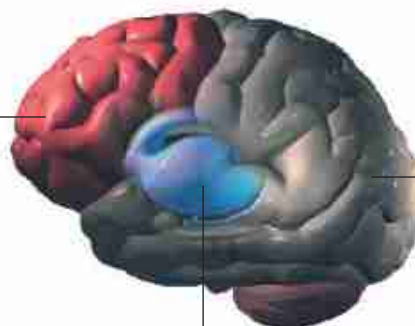
ГИППОКАМП

Отвечает за формирование памяти и обучение. При шизофрении функции этой структуры нарушены.



РАЗНЫЕ НЕЙРОТРАНСМИТТЕРЫ – ОДИНАКОВЫЕ ЭФФЕКТЫ

ЕСТЬ ПРЕДПОЛОЖЕНИЕ, что избыток дофамина может вызывать симптомы, за развитие которых ответственны базальные ганглии, а его недостаток – симптомы, связанные с лобными долями коры. Точно такие же симптомы, однако, может вызывать и недостаток глутамата.



В ОСТАЛЬНОЙ ЧАСТИ КОРЫ преобладает глутамат (во многих областях коры дофамин отсутствует).

В ЛОБНОЙ КОРЕ, где дофамин вызывает возбуждение нейронов (воздействуя на их D1-рецепторы), сигналы глутамата усиливают стимулирующее действие дофамина. Таким образом, недостаток глутамата должен вызывать такое же ослабление нейронной активности, как и нехватка дофамина.

В БАЗАЛЬНЫХ ГАНГЛИЯХ, где дофамин обычно угнетает импульсацию нейронов (воздействуя на их D2-рецепторы), глутамат и дофамин оказывают прямо противоположное действие на нейронную активность. Таким образом, недостаток глутамата должен вызывать такое же ослабление нейронной активности, как избыток дофамина.

Сходство между эффектами ФЦ и симптомами шизофрении ученые впервые подметили в 1960-х гг. Было установлено, что у людей, принимающих ФЦ, обнаруживаются такие же нарушения при толковании смысла слов, что и у больных шизофренией. Еще более разительное сходство было выявлено между симптомами шизофрении и последствиями применения кетамина. После приема этого препарата у здоровых испытуемых отмечалось нарушение способностей к абстрактному мышлению, запоминанию новой информации и ухудшение краткосрочной памяти. Как и у больных шизофренией, их движения становились замедленными, а речь – менее многословной и более беспорядочной, чем прежде. После приема ФЦ или кетамина испытуемые нередко замыкались в себе, а то и просто умолкали. У здоровых людей эти препараты довольно редко способствовали «шизофреническому» галлюцинациям, однако резко усиливали их у больных шизофренией.

Способность ФЦ и кетамина вызывать широкий спектр «шизофренических» симптомов позволяет предположить, что под влиянием таких препаратов в головном мозгу здорового человека возникают важные молекулярные нарушения, характерные для больных шизофренией. На молекулярном уровне они ухудшают деятельность сигнальных систем мозга, главный нейротрансмиттер в которых – глутамат. Говоря точнее, они блокируют один из типов рецепторов глутамата – *NMDA*-рецепторы, играющие негативную роль в развитии мозга, процессах памяти и обучения, а также нейрональной переработки информации. Кроме того, *NMDA*-рецепторы участвуют в регуляции высвобождения дофамина, так что их блокада вызывает такие же нарушения функций дофаминовой системы мозга, обычно обнаруживаемые при шизофрении. Таким образом, сбоям работы глутаматных *NMDA*-рецепторов можно объяснить как негативные и когнитивные симптомы шизофрении, так и «дофаминовые аномалии», лежащие в основе ее позитивных симптомов.

Какие же факторы могут вызывать снижение активности *NMDA*-рецепторов, способствующее возникновению симптомов шизофрении? Точного ответа на вопрос пока нет. Согласно данным некоторых исследований, у больных шизофренией отмечается меньшее количество этих молекулярных структур, чем у здоровых людей, хотя гены, ответственные за образование *NMDA*-рецепторов, не обнаруживают у них никаких дефектов. В таком случае «корень зла» следует искать в нарушении высвобождения глутамата или в образовании соединений, подавляющих активность *NMDA*-рецепторов. Имеются данные, подтверждающие каждую из предложенных гипотез. Так, посмертные исследования больных шизофренией выявили в тканях головного мозга не только пониженный уровень глутамата, но и повышенное содержание двух других соединений (*N*-ацетиласпартилглутамата и кинуреновой кислоты), угнетаю-

щих активность *NMDA*-рецепторов. Кроме того, в крови оказался повышенным уровень аминокислоты гомоцистеина, блокирующей *NMDA*-рецепторы в мозге. Таким образом, развитие и симптоматика шизофрении заставляют думать, что в тканях мозга страдающих ею людей могут накапливаться вещества, выводящие из строя *NMDA*-рецепторы.

Новые терапевтические возможности

Новое понимание природы шизофрении и данные, полученные при исследовании больных ею людей, позволяют надеяться на то, что их состояние можно будет надежно корректировать с помощью лекарственной терапии. Кроме того, ученые установили, что один из наиболее действенных современных препаратов, клозапин, способен устранять поведенческие эффекты ФЦ у животных (старые антипсихотические лекарства этим действием не обладают). ▶

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЛЕКАРСТВ

Перечисленные ниже препараты проходят в настоящее время первые этапы клинических испытаний на людях. В скобках указаны их разработчики или производители.

Стимуляторы *NMDA*-рецепторов глутамата призваны восстановить нормальный уровень нейронной активности в мозге больных шизофренией.

Примеры: глицин (*Medifoods*), *D*-серин (*Glytech*). Препараты представляют собой природные соединения и продаются в аптеках; проверку проходит их терапевтическая эффективность как средств для лечения шизофрении.

Стимуляторы *AMPA*-рецепторов глутамата – могут улучшать некоторые аспекты памяти и мыслительной деятельности у больных шизофренией.

Пример: *CX-516* (*Cortex Pharmaceuticals*)

Модуляторы рецепторов глутамата третьего класса – могут регулировать высвобождение глутамата и восстанавливать баланс между активностью *NMDA*- и *AMPA*-рецепторов.

Пример: *LY354740* (*Eli Lilly*)

Ингибиторы транспорта глицина – подавляют удаление глицина из синапсов, увеличивая тем самым активность *NMDA*-рецепторов.

Пример: *NPS 1000* (*NPS Pharmaceuticals*).

Стимуляторы никотиновых альфа-7-рецепторов (рецепторов, активизирующих никотин сигареты) – оказывают непрямо стимулирующее действие на *NMDA*-рецепторы мозга. Больные шизофренией, как правило, много курят: возможно, никотин, воздействуя на альфа-7-рецепторы, помогает им сосредоточиться.

Пример: *DXMB-A* (Медицинская школа Колорадского университета).

Стимуляторы дофаминовых *D1*-рецепторов – разработаны для лечения болезни Паркинсона, но, как полагают некоторые исследователи, способны восстанавливать и недостаток дофамина при шизофрении (клинические испытания этого их свойства еще не проводились).

Пример: *ABT-431* (*Abbot Pharmaceuticals*).

Новое понимание природы шизофрении позволяет надеяться, что состояние больных можно будет **надежно корректировать** с помощью лекарственной терапии.

Многообещающие результаты были получены и в предварительных испытаниях некоторых агентов, способных стимулировать *NMDA*-рецепторы глутамата. Новые данные не только подкрепили «глутаматную теорию шизофрении», но и позволили провести долгосрочные клинические исследования. Если подтвердится терапевтическая эффективность активаторов *NMDA*-рецепторов, то эти соединения станут первым семейством лекарств, специально разработанным для целенаправленной борьбы с негативными и позитивными симптомами шизофрении.

В некоторых исследованиях принимали участие и авторы настоящей ста-

тьи. Мы заметили, что когда больным шизофренией, принимающим свои обычные лекарства, дополнительно вводили аминокислоты глицин и *D*-серин, выраженность когнитивных и негативных симптомов снижалась у них на 30–40% (отмечалось и некоторое ослабление позитивных симптомов). Сходное действие оказывал и прием *C*-циклосерина – препарата, традиционно используемого для лечения туберкулеза, но способного и взаимодействовать с *NMDA*-рецепторами. Приняв во внимание эти факты, национальный институт психического здоровья США решил провести специальные клинические испытания *C*-циклосерина и гли-

цина как лекарств против шизофрении. Препараты оказали положительное терапевтическое действие, особенно в сочетании с новейшим поколением атипичных антипсихотических средств. Таким образом, появилась надежда, что в скором будущем врачи научатся избавлять своих пациентов сразу от всех трех разновидностей симптомов шизофрении.

Однако ни один из испытанных препаратов для лечения шизофрении не обладает качествами, способными оправдать его серийное производство. Вот почему мы изучаем альтернативные подходы к решению проблемы. Молекулы, замедляющие удаление глицина из синапсов головного мозга (такие соединения получили название ингибиторов транспорта глицина), продлевают время воздействия глицина на *NMDA*-рецепторы, а следовательно, и увеличивают их стимуляцию. Пристальное внимание ученых привлекают и агенты, которые непосредственно активизируют глутаматные рецепторы типа АМРА, функционирующие в тесном взаимодействии с *NMDA*-рецепторами. В качестве возможных лекарств для лечения шизофрении изучаются также соединения, предотвращающие в головном мозге распад глицина или *D*-серина.

ШИЗОФРЕНИЯ И ОБЩЕСТВО

Шизофрения, которой сегодня страдают 2 млн. американцев, наносит обществу колоссальный экономический ущерб. Поскольку болезнь возникает в ранней молодости и продолжается до конца жизни человека, она оборачивается тоннами больничных листов и по праву считается в США одним из самых дорогостоящих недугов.

Благодаря лечению и активной социальной поддержке некоторым больным удается наладить мало-мальски удовлетворительное существование. Однако большинство попадает в иную ситуацию. Лишь менее трети удается удержаться на работе, причем половине из этого числа – только благодаря активной помощи близких и друзей. Мужчины, страдающие шизофренией, как правило, не вступают в брак вовсе, а браки, в которые вступают больные шизофренией женщины, очень скоро распадаются. Такие больные составляют непропорционально высокую долю американских бездомных.

Среди больных шизофренией распространены вредные привычки. Более 90% курят, а 50% злоупотребляет спиртным, марихуаной или кокаином. Пристрастие к алкоголю и наркотикам усугубляет психотические симптомы, увеличивая их склонности к насилию. Бездомное существование и нехватка алкоголя и наркотиков толкают многих на правонарушения, а в тюрьмах необходимой медицинской помощи они, как правило, получить не могут.

Эту печальную статистику можно продолжить: 10% больных шизофренией кончают жизнь самоубийством (это даже больше, чем процент самоубийц среди людей, страдающих большой депрессией). Но есть и обнадеживающие сведения: склонность к самоубийству и злоупотреблению наркотиками снижает клозапин – антипсихотический препарат, введенный в терапевтическую практику еще в 1989 г. Дальнейшие исследования покажут, оказывают ли подобное действие и новейшие препараты.

Массированная атака на шизофрению

Любопытные данные о природе шизофрении были получены недавно и в результате генетических исследований. Ученые давно спорят о роли наследственности в возникновении этой болезни. Если бы она всецело определялась наследственными факторами, однояйцовый близнец больного шизофренией также должен был страдать этим недугом – ведь все гены у идентичных близнецов одинаковые. На самом же деле вероятность развития шизофрении у дру-

того близнеца составляет 50%. Более того, если в семье имеется больной шизофренией, вероятность развития болезни у его прямых родственников (родителей, детей, родных братьев и сестер) составляет всего 10% – а ведь 25% генов у таких людей в точности такие же, как у их больного родственника. Статистика свидетельствует о том, что хотя предрасположенность к шизофрении во многом зависит от генетических факторов, средовые факторы способны как сталкивать уязвимых людей в пучину болезни, так и наоборот – защищать их. Внутриутробные инфекции, недостаточное питание, осложнения во время родов и травмы головного мозга – эти патологические состояния ученые и рассматривают как основные причины, способствующие развитию шизофрении у генетически предрасположенных к ней людей.

В последние годы исследователям удалось идентифицировать несколько генов, обуславливающих повышенную предрасположенность к шизофрении. Любопытно, что один из них отвечает за синтез фермента катехол-О-метилтрансферазы, участвующего в метаболизме дофамина (например, в лобных долях коры). Гены, кодирующие белки дисбиндин и нейрегулин, влияют на количество *NMDA*-рецепторов в мозге. Фермент, разрушающий *D*-серин, может существовать в многочисленных формах, самая активная из которых обуславливает пятикратное увеличение риска возникновения шизофрении. Некоторые другие гены могут быть связаны не с развитием самой болезни, а с формированием характерных для нее признаков. Таким образом, предрасположенность к шизофрении определяется множеством генов. Это обстоятельство как нельзя лучше объясняет невероятную вариабельность симптоматики шизофрении: у одних людей она наиболее сильно затрагивает состояние дофаминовых путей, а у других – системы каких-то иных нейротрансмиттеров.

И, наконец, ученые пытаются разгадать природу шизофрении с помощью современных методов изучения прижизненных изображений мозга и срав-



ДЛЯ БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ самые обычные предметы имеют глубокий скрытый смысл. Отсюда их страсть к собиранию газетных вырезок, картинок и прочих вещей, не представляющих никакой ценности для других людей. Как, например, «обои» на этой стене...

нительного анализа мозга умерших людей. Как правило, головной мозг больных шизофренией отличается меньшими размерами, чем мозг здоровых людей соответствующего пола и возраста. Недавно было установлено, что нейрофизиологические нарушения при шизофрении не ограничены лишь лобны-

ми долями коры. Сходные изменения выявляются в многочисленных отделах головного мозга: при выполнении заданий, вызывающих активацию не только лобных долей, но и других областей (связанных, например, с переработкой слуховой и зрительной информации), во всех этих отделах у больных шизофренией отмечается аномально высокий уровень электрической активности. Самое, пожалуй, важное достижение ученых последних лет – признание факта, что в мозге нет какой-либо особой структуры, ответственной за развитие шизофрении. Подобно тому как поведение здорового человека представляет собой результат согласованной деятельности всего мозга в целом, нарушение мозговых функций при шизофрении следует рассматривать как результат рассогласования тонких взаимодействий между различными отделами головного мозга.

Огромная вариабельность симптомов шизофрении склоняет исследователей к мысли, что болезнь вызывают самые разнообразные факторы. Состояние, диагностируемое врачами как шизофрения, на самом деле может оказаться сложным комплексом различных болезней с более или менее сходными симптомами. Но независимо от того, какие неврологические нарушения лежат в основе того или иного случая шизофрении, главной целью ученых должен оставаться поиск средств, способных восстановить нормальное функционирование мозга каждого больного. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Recent Advances in the Phencyclidine Model of Schizophrenia. D. C. Javitt and S. R. Zukin in *American Journal of Psychiatry*, Vol. 148, No. 10, pages 1301–1308; October 1991.
 Efficacy of High-Dose Glycine in the Treatment of Enduring Negative Symptoms of Schizophrenia. U. Heresco-Levy, D. C. Javitt, M. Ermilov, C. Mordel, G. Sillipo and M. Lichtenstein in *Archives of General Psychiatry*, Vol. 56, No. 1, pages 29–36; January 1999.
A Beautiful Mind: The Life of Mathematical Genius and Nobel Laureate John Nash. Sylvia Nasar. Touchstone Books, 2001.
 The Emerging Role of Glutamate in the Pathophysiology and Treatment of Schizophrenia. D. C. Goff and J. T. Coyle in *American Journal of Psychiatry*, Vol. 158, No. 9, pages 1367–1377; September 2001.
Revolution #9. Directed by Tim McCann. Wellspring Media, 2001. VHS and DVD release, 2003.



РАЗРЕШИТЕ ДОЛОЖИТЬ: Установленные повсюду *RFID*-ярлычки способны сообщать информацию о своем окружении и, например, предупреждать о том, что в доме кончается хлеб.

тотальная АВТОМАТИЗАЦИЯ

Рой Уонт

Технология **электронной идентификации** готова плавно войти в повседневную жизнь и избавить нас от рутины и дискомфорта.

Тридцать лет назад в одном из номеров *Scientific American* Марк Вайзер (Marc Weiser) описал перспективы тотальной автоматизации: миниатюрные компьютеры, встроенные во все окружающие предметы и объединенные беспроводными каналами связи, будут реагировать на наше присутствие, заботиться о нас и угадывать наши желания без нашего активного вмешательства. Сеть мобильных и стационарных устройств станет служить людям столь незаметно, что мы будем воспринимать только результаты ее деятельности. Вайзер назвал такие системы «тихой технологией», потому что они, в отличие от сегодняшних ПК, не будут требовать постоянного внимания.

Считыватели, размещенные в спальне, в ванной комнате, на лестнице и в холодильнике, будут извлекать информацию из идентификационных микрочипов, вшитых в одежду или встроенных в упаковку продуктов, и передавать ее центральному домашнему компьютеру. На основе собранных данных он будет предпринимать соответствующие действия.

Утром, узнав, что вы встали с постели, компьютер включит кофеварку. Когда вы войдете в ванную, он откроет душ и отрегулирует температуру воды. Спускаясь по лестнице, вы почувствуете аромат разогреваемых тостов.

Если заглянете в холодильник, программа напомнит, что закончилось молоко, а у салата истек срок годности и его нужно выбросить. Системы, основанные на радиочастотной идентификации (*Radio-Frequency Identification, RFID*), состоят из электронных ярлычков (микросхем, содержащих идентификационные данные, а иногда и другую информацию) и считывателей (устройств, которые автоматически считывают данные с ярлычков и декодируют их).

«Отзывчивый» дом (конференц-зал, офис, автомобиль и т.д.) появится не завтра, но технология *RFID* уже применяется. Ярлычки размером с рисовое зернышко сегодня можно обнаружить в удостоверениях личности, браслетах, автомобильных платежных карточках, серьгах для скота, брелоках против угонных систем, игрушках и т.д. В прошлом году в целях борьбы с похищениями одна мексиканская компания начала имплантировать детям идентификационные микрочипы.

Вскоре электронные метки появятся на багажных талонах (компания *British Airways* уже проводит их испытания), а со временем их будут внедрять в банкноты, чтобы противодействовать фальшивомонетчикам и отслеживать потоки наличности (о создании подходящих микроскопических устройств недавно объяви-

ла японская компания *Hitachi*). Внедрением *RFID*-систем сейчас занимаются многие охранные, производственные, транспортные и торговые предприятия.

Однако внедрение новой технологии поднимает ряд социальных вопросов, связанных с вмешательством в личную жизнь, законодательством и этикой. К сожалению, не обходится без конфликтов: в середине 2003 г. две крупные организации розничной торговли – американская компания *Wal-Mart* и мировой производитель одежды *Benetton* – свернули крупномасштабные испытания складских *RFID*-систем. Столь радикальные меры стали ответом на недовольство общественности, напуганной возможностью тотального слежения за гражданами при помощи датчиков, встроенных в товары широкого потребления (см. текст на стр. 43).

Как это работает

В *RFID*-технологии нет ничего принципиально сложного. Электронный ярлык, состоящий из кремниевой микросхемы и плоской антенны в стеклянной или пластиковой оболочке, черпает энергию из радиоволн, излучаемых считывающим устройством. Получив питание, идентификационный чип начинает обмениваться информацией со считывателем. ▶

Наиболее совершенны те технологии, которые **незаметны**. Они вплетаются в тонкую ткань повседневной жизни и становятся неразличимы в ней.

Функциональность ярлыка определяется рабочей радиочастотой. Первые и самые распространенные сегодня модели работают на частотах до 13,56 МГц. Они действуют только на расстоянии менее 1 м от считывателя и обеспечивают плохую избирательность: аппаратура с трудом различает ярлычки, расположенные близко друг к другу.

Более совершенные микрочипы, работающие на высоких частотах, позволяют считывателю быстро получать информацию с нескольких ярлычков. Впрочем, даже самые современные системы пока не в состоянии безошибочно различить все товары, загруженные в тележку посетителем супермаркета. Вместе с тем важнейшая цель разработчиков *RFID*-технологии – возможность уверенно сканировать предметы, сваленные кучей. Ведь это позволит предприятиям розничной торговли существенно упростить учет товаров и расчеты с покупателями, а значит, сэкономить миллионы долларов.

В принципе, более высокочастотные ярлычки могут считываться с намного бóльших расстояний. Пока дальность их действия увеличена всего до нескольких метров: дело в том, что мощность, извлекаемая иденти-

фикационными микросхемами из радиосигнала считывателя, очень мала. Усовершенствованные ярлычки с улучшенными антеннами и недорогими высокочувствительными приемниками смогут нести значительно больше информации, чем ранние модели, что позволит изготовителям записывать на них не только идентификационные данные, но и другую полезную информацию. Получаемая от считывателя энергия также может питать встроенные датчики, измеряющие параметры окружающей среды.

RFID сегодня

На военных объектах и в организациях, требующих повышенной безопасности, вместо карточек с магнитной полосой все чаще используются *RFID*-устройства. Однако наиболее удачно новая технология реализована в системах автоматической оплаты за проезд. Считыватели, установленные перед платным участком дороги, сканируют ярлычки на ветровых стеклах проезжающих автомобилей, регистрируют их идентификационные данные, а компьютер затем снимает соответствующие суммы с предварительно дебетованных счетов. Проезжая пункты оплаты, водители могут

не останавливаться и даже не сбрасывать скорость.

RFID-системы автоматической оплаты за проезд, такие как *EZ Pass* и *FasTrak*, в некоторых штатах действуют уже несколько лет. Разумеется, их внедрение сопровождалось небольшими трудностями, но не технического, а политико-административного характера. Система *FasTrak* на мосту через залив Сан-Франциско требует снижения скорости до 40 км/ч, но только из соображений безопасности: проезды считывателей довольно узки. Аналогичный комплекс на шоссе I-15 не налагает скоростных ограничений. Полиция также использует его для контроля дорожного движения.

RFID-ярлычки понемногу вытесняют привычные штриховые коды (*Universal Product Code, UPC*). В отличие от них *RFID*-датчики могут встраиваться в продуктовую оболочку и допускают применение шифрования и других средств, затрудняющих подделку. Кроме того, некоторые ярлычки оснащены памятью, в которую считыватели могут записывать новые данные: например, время, дату и свой уникальный номер. В ярлыке, прикрепленном, скажем, к автомобилю, можно будет записать всю его историю: дату изготовления, сведения о продажах и прежних владельцах, операциях техобслуживания и авариях.

Некоторые специалисты прогнозируют, что к 2010 г. *RFID*-системы получат широкое распространение, особенно в розничной торговле. Другие полагают, что это произойдет не раньше 2015 г., когда стоимость *RFID*-ярлычков упадет настолько, что оснащение ими недорогих потребительских товаров станет экономически оправданным.

ОБЗОР: RFID-ТЕХНОЛОГИЯ39

- *RFID*-системы состоят из ярлычков – микросхем, содержащих идентификационную и прочую информацию, – и считывающих устройств, передающих ее компьютерам.
- Такие системы уже применяются для отслеживания товаров, транспортируемых с фабрик на торговые склады.
- По мере совершенствования и удешевления *RFID*-технология станет основой сетей, выполняющих целый спектр задач – от контроля целостности построек до напоминания об истечении срока годности продуктов в холодильнике.
- Сторонники невмешательства в частную жизнь опасаются, что *RFID*-системы будут предоставлять своим владельцам слишком много личной информации о потребителях.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ RFID

RFID-системы подразделяются на низкочастотные, работающие на частотах до 100 МГц, и высокочастотные, работающие на частотах свыше 100 МГц. Последние обеспечивают считывание информации

на расстоянии больше метра сразу с нескольких близкорасположенных ярлычков. Возможна также передача новых данных на ярлычки (здесь не показана).

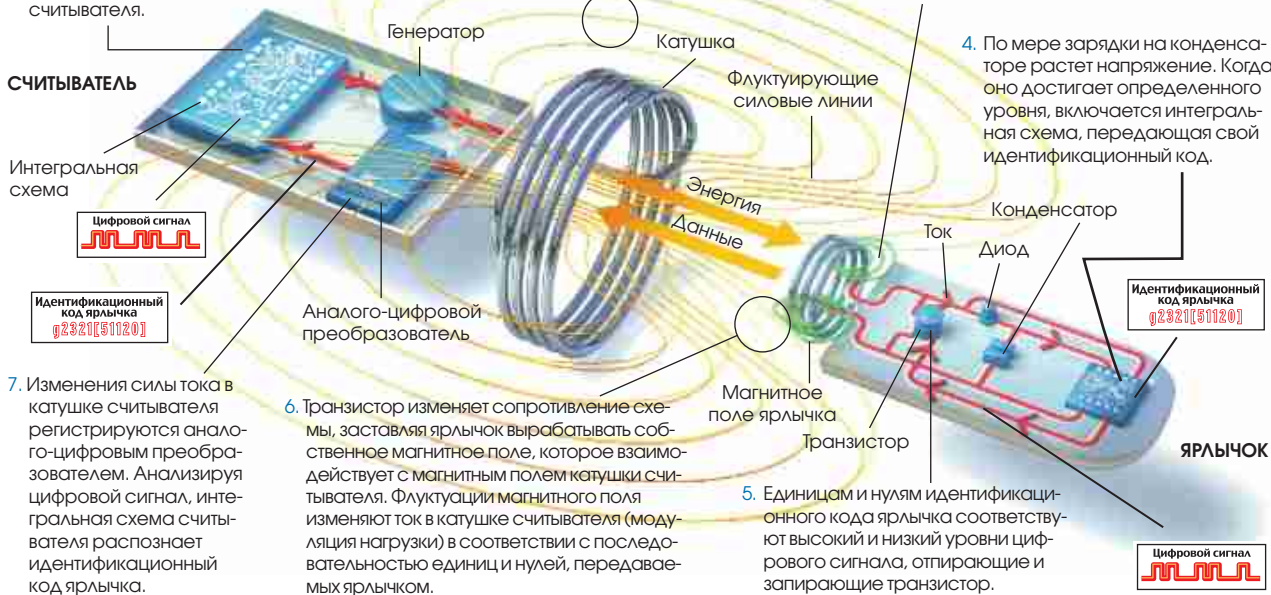
НИЗКОЧАСТОТНАЯ СИСТЕМА

1. Интегральная схема посылает сигнал на генератор, вырабатывающий переменный ток для катушки считывателя.

2. Катушка создает переменное магнитное поле, служащее источником энергии для ярлычка.

3. Магнитное поле взаимодействует с катушкой ярлычка. В ней возбуждается переменный ток, который заряжает конденсатор через диод.

4. По мере зарядки на конденсаторе растет напряжение. Когда оно достигает определенного уровня, включается интегральная схема, передающая свой идентификационный код.

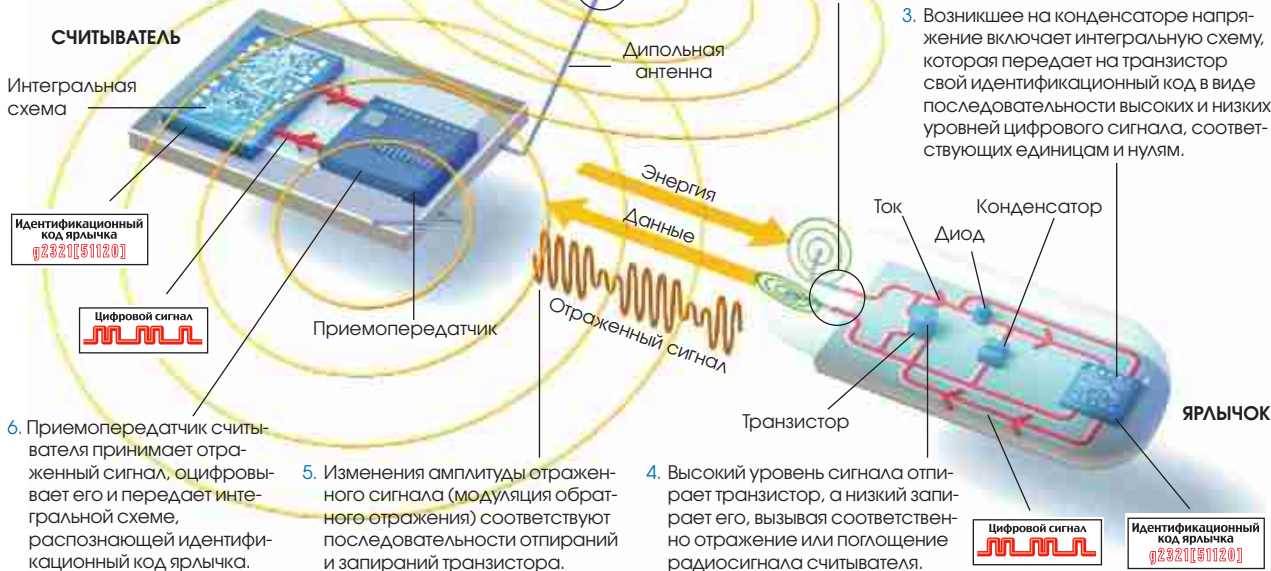


ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СИСТЕМА

1. Интегральная схема посылает цифровой сигнал на приемопередатчик, который генерирует ВЧ-сигнал, излучаемый дипольной антенной.

2. Электрическое поле распространяющегося ВЧ-сигнала индуцирует на дипольной антенне ярлычка разность потенциалов, порождающую ток, который заряжает конденсатор через диод.

3. Возникшее на конденсаторе напряжение включает интегральную схему, которая передает на транзистор свой идентификационный код в виде последовательности высоких и низких уровней цифрового сигнала, соответствующих единицам и нулям.



Важнейшее назначение передовой *RFID*-технологии – быстрое и безошибочное сканирование **магазинных тележек**, беспорядочно забитых покупками, к которым прикреплены электронные ярлычки.

Ближайшее будущее

RFID-технология прекрасно подходит для отслеживания товаров на пути от предприятий до складов. Возможно, в этой области она найдет широкое применение раньше, чем в магазинах: разработка складских систем не столь сложна, а у потребителей не будет опасений, что *RFID*-ярлычки используются для слежения за покупателями. Компания *Wal-Mart* намерена потребовать от 100 своих крупнейших поставщиков размещения высокочастотных *RFID*-чипов на коробках и грузовых поддонах, поставляемых ими на склады *Wal-Mart*. С 2005 г. поставщики министерства обороны США тоже будут обязаны использовать высокочастотные *RFID*-метки.

Однако розничные торговцы по-прежнему мечтают о возможном и неизбежном внедрении *RFID*-технологии непосредственно в магазинах. В ходе отмененных компанией *Wal-Mart* испытаний планировалось оценить пригодность «интеллектуальных полок», оснащенных *RFID*-считывателями для отслеживания перемещений миллионов бритв и других продуктов фирмы *Gillette* с *RFID*-ярлычками. (В принципе,

96-битный код, выделенный для идентификации каждого *RFID*-чипа, позволяет создать по 50 квадриллионов ярлычков на каждого человека на Земле.) Считается, что разместить метку на каждой единице товара на складе – самая трудоемкая и сложная процедура, которая, впрочем, окупится с лихвой при розничной торговле.

RFID-системы «интеллектуальных полок» помогут сэкономить на оплате труда и увеличить объем продаж, обеспечивая постоянное наличие товаров. Как только компьютер обнаружит, что на складе осталось мало того или иного товара, он может поставить в известность менеджера или автоматически направить заказ производителю. Поскольку *RFID*-ярлычки можно программировать, в них можно записать сведения о том, где данная единица товара была изготовлена и где продана. К тому же идентификационные чипы способны оповещать службы охраны о попытках выноса неоплаченного товара из магазина, способствуя борьбе с кражами, убыток от которых оценивается в \$50 млрд. в год.

Wal-Mart заявила, что прекратила испытания *RFID*-ярлычков в магазинах,

чтобы высвободить средства на разработку складской *RFID*-системы, которая требует меньшего количества ярлычков и нетребовательна к вычислительным средствам. Возможно, это правда. Однако эксперты считают, что далеко не последнюю роль сыграли опасения граждан по поводу вмешательства *RFID*-систем в частную жизнь. Звучит убедительно, ведь решение *Wal-Mart* об отмене испытаний было принято примерно в то же время, когда компания *Benetton* отказалась от пробного внедрения системы учета товаров после того, как ее планы были подвергнуты критике со стороны потребителей и СМИ. Специалисты *Benetton* хотели оценить способность аппаратуры сканировать контейнеры с одеждой разных цветов, размеров и фасонов и заносить полученные данные в складскую программу, чтобы избавить работников от необходимости проверять каждый предмет вручную.

Испытания складских и магазинных систем учета сегодня проводят компании *Procter&Gamble*, *Canon* и *International Paper*. А прошлой весной германская сеть магазинов *Metro* открыла «магазин будущего», оснащенный *RFID*-комплексом с «интеллектуальными полками» и весами с *RFID*-считывателями, определяющими тип товара. Электронными метками снабжены даже продуктовые тележки, что позволяет следить за движением покупателей по магазину и автоматически сигнализировать о необходимости открытия или закрытия касс. Над проектом для *Metro* работали американская компания *Intel*, германский разработчик программного обеспечения *SAP*, *Hewlett-Packard*, *Cisco Systems*, *Philips*, а также более 30 других фирм.

ОБ АВТОРЕ:

Рой Уонт (Roy Want) занимает пост ведущего инженера в исследовательском подразделении компании *Intel*, где руководит долгосрочной программой тотальной автоматизации. Свою карьеру Уонт начал в исследовательском отделе компании *Olivetti* с проектирования автоматической системы поиска людей в зданиях. Позднее он возглавил разработку первой контекстно-зависимой компьютерной системы в фирме *Xerox PARC*. Там же Уонт руководил проектированием встраиваемых систем, работал над применением электронных ярлычков и разрабатывал пользовательский интерфейс для электронных органайзеров. На его счету более 50 патентов в сфере мобильных и распределенных компьютерных систем. Уонт также занимает пост заместителя главного редактора журнала *IEEE Pervasive Computing*.

ОБРАТНАЯ СТОРОНА МЕДАЛИ

Каковы будут социальные последствия повсеместного внедрения *RFID*-ярлыков и считывателей? Неужели *RFID*-технология можно использовать для того, чтобы следить за нами и нашими пристрастиями? Ответить на эти и другие острые вопросы необходимо до того, как *RFID*-системы получат широкое распространение.

Наибольшее опасение вызывает то обстоятельство, что *RFID*-ярлычки на товарах, оплаченных кредитной картой, позволяют узнать, какие вещи предпочитает каждый конкретный покупатель – вплоть до цвета, размера, стиля и стоимости покупки. Вооружившись столь подробной информацией, маркетологи начнут досаждают потребителям прицельными рекламными рассылками.

Есть и другой повод для беспокойства: *RFID*-оборудование будет автоматически отслеживать все операции купли-продажи. На основании электронных журналов можно будет без особого труда выяснить, где находился и чем занимался тот или иной человек в определенный момент времени. Правоохранительные органы не упустят случая использовать информацию, накопленную считывателями и ярлычками, в качестве свидетельств в суде. В Европе доступ к компьютерным данным такого рода строго ограничен законом о защите информации. Аналогичные правовые акты в скором времени будут приняты и в США.

Не менее остро встанет проблема сокращения рабочих мест: *RFID*-системы возьмут на себя многие обязанности, которые сейчас выполняются людьми. Вряд ли это понравится профсоюзам. Крупная забастовка, проведенная в 2002 г. на Западном побережье США портовыми рабочими, протестовавшими, в частности, против чрезмерной автоматизации, может стать прообразом будущих конфликтов, вызванных внедрением *RFID*-технологии.

Слово защитникам права на частную жизнь

Протесты против возможного вторжения *RFID*-систем в частную жизнь потребителей начались в марте 2003 г., когда фирма *Philips Semiconductor* объявила о поставке компании *Benetton* 15 млн. *RFID*-ярлычков. Они должны были обеспечить контроль за движением товара на складах и в розничных магазинах одежды *Benetton* по всему миру.

Согласно заверениям компании, изделия с ярлычками нельзя отследить за пределами магазинов. Однако спе-

циалисты отрасли считают, что и преступники, и агенты государственных служб смогут воспользоваться более чувствительными считывателями для наблюдения за людьми в «помеченной» одежде. Частная организация «Потребители против вторжения супермаркетов в частную жизнь и нумерования людей» (*Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering*) призвала покупателей всего мира бойкотировать компанию *Benetton* до тех пор, пока она не откажется от *RFID*-технологии. Официальные лица тут же заявили, что, хотя у *Benetton* уже есть испытанная *RFID*-система, ее еще не ввели в эксплуатацию; кроме того, у руководства пока нет твердых намерений оснащать свою продукцию ярлычками *Philips*.

Аналогичный скандал разгорелся накануне испытаний инвентаризационной *RFID*-системы, разработанной *Wal-Mart* в сотрудничестве с фирмой *Gillette*. Представители последней пытались оправдаться тем, что *RFID*-ярлычки встраиваются не в сами изделия, а в упаковку, которую покупатели выбрасывают. Однако журналист Деклан Маккалах (*Declan McCullagh*) написал в своей статье, посвященной конфликту: «Не сегодня завтра воры будут прочесывать улицы с *RFID*-детекторами в поисках коробок от дорогой электронной аппаратуры, купленной окрестными жителями...»

Чтобы исключить такую возможность, нужно снабдить идентификационные чипы блокираторами, выводящими их из строя сразу после покупки товара.

Исследовательский консорциум *Auto-ID Center*, штаб-квартира которого располагается в Массачусетском технологическом институте, рекомендовал предприятиям розничной торговли обеспечить блокировку *RFID*-ярлычков после расчета в кассе. Некоторые изготовители, в частности *Alien Technology*, *Matrics* и *Philips*, уже выпускают электронные метки с блокираторами.

Маккалах предложил четыре требования к использованию *RFID*-ярлычков на товарах широкого потребления. Во-первых, покупатели должны быть уведомлены о наличии ярлычков на купленных изделиях (для этого можно печатать предупреждение на контрольных чеках). Все ярлычки должны быть хорошо видны и легко удаляемы. Они должны автоматически блокироваться кассовым аппаратом после расчета. По возможности идентификаторы должны встраиваться в упаковку товара, а не в само изделие.



ПРОТЕСТ ПРОТИВ испытаний *RFID*-технологии в британских супермаркетах *Tesco*.

СЛЕДИТЬ ВСЕГДА, СЛЕДИТЬ ВЕЗДЕ

RFID-система позволяет отслеживать движение продукта, например, кетчупа «Помидор» (название вымышленное), и при необходимости автоматически заказывать его. Рассмотрим один из вариантов реализации системы.

1. На конвейере к каждой банке кетчупа «Помидор» крепится RFID-ярлычок. Считыватель определяет идентификационный код каждого ярлычка и заносит его в список, готовый к отправке в центральную базу данных.

3. На заводе каждая коробка и каждая банка в коробке поочередно сообщают считывателю свои идентификационные коды, которые передаются сетевой компьютерной системе (синие стрелки). Полученные сведения попадают в базу данных, где каждая банка, каждая коробка и каждый поддон привязываются к заводу-изготовителю.

RFID-считыватель

Отправить на оптовую базу

Прикрепление RFID-ярлычка

Кетчуп «Помидор»

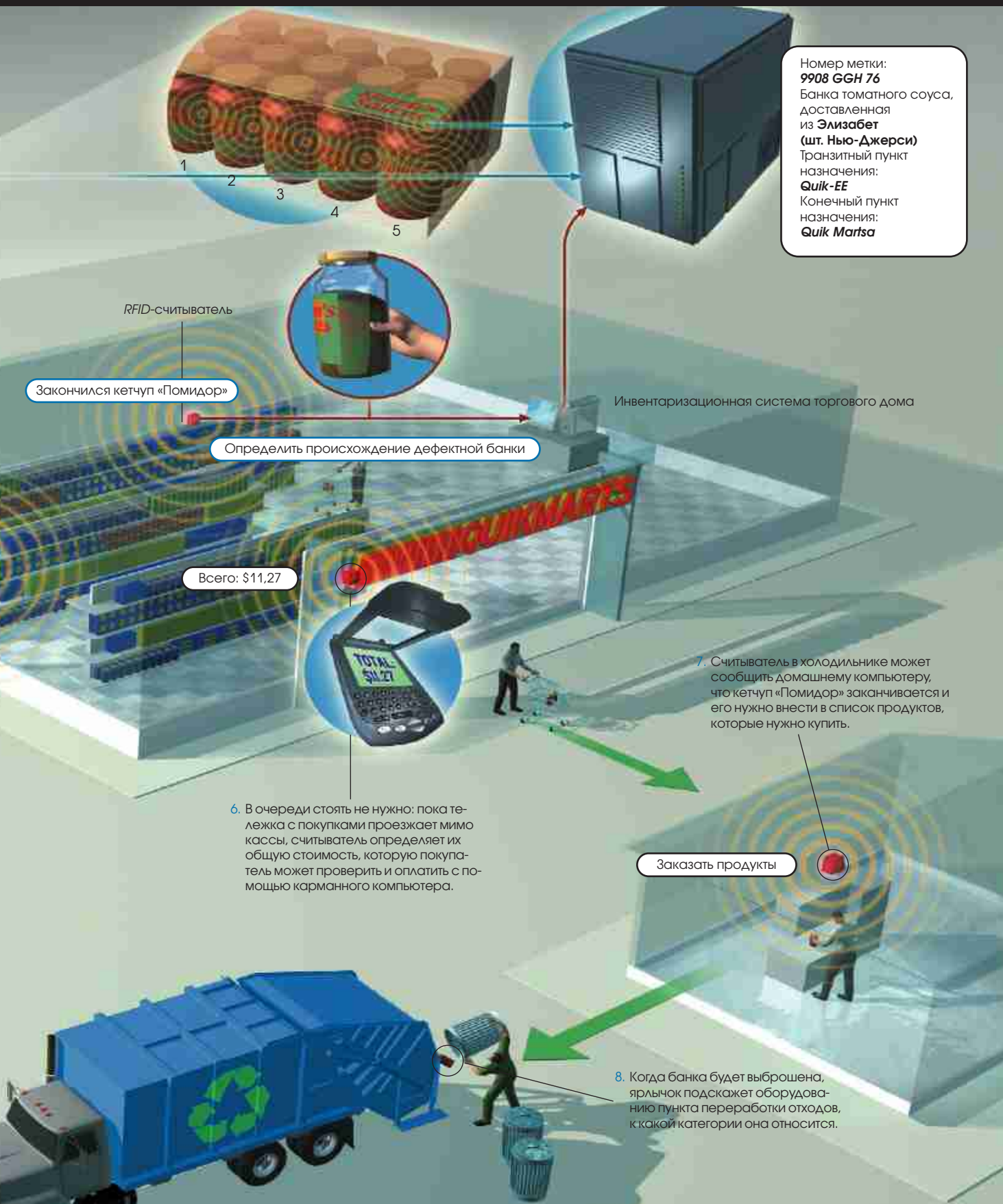
2. Поддон, загруженный коробками с кетчупом «Помидор», подготовлен к перевозке.

4. На оптовой базе считыватель определяет идентификаторы банок и упаковочной тары. Компьютерная система изготовителя сообщает, что содержится в коробках и куда их нужно отправить.

Отправить в Quik Mart

5. Фургон с кетчупом прибывает в супермаркет, где сведения о грузе автоматически заносятся в инвентаризационную систему. Когда запас товара подходит к концу, складская программа автоматически посылает на компьютер изготовителя новый заказ. Если обнаруживается дефектная банка, производитель получает соответствующее уведомление с указанием завода, на котором она была выпущена.

QUIK-EE DISTRIBUTION
ELIZABETH, NEW JERSEY



За горизонтом

Современным инвентаризационным *RFID*-системам еще очень далеко до вайзеровского «отзывчивого» дома: они не помогают нам в повседневных делах. Действительно, бытовая электроника – микроволновые печи, видеоигры, музыкальные центры, компьютеры и прочие устройства – требуют от нас все больше внимания. Нам приходится настраивать десятки устройств, управлять ими, подключать их друг к другу и разбираться в возникаю-

щих неполадках. Чтобы выставить наручные часы или запрограммировать радиоприемник, мы вынуждены обращаться к инструкции. Чтобы сделать работу электронных систем незаметной, нужна не просто тотальная, но еще и упреждающая автоматизация: аппаратура должна предвосхищать наши желания и нужды и удовлетворять их, не требуя, чтобы сначала мы сами проделали уйму работы.

Для обеспечения глобальной упреждающей автоматизации сети *RFID*-

считывателей необходимо разместить повсеместно. Специалисты обычно рассматривают два типа упреждающих *RFID*-сетей, состоящих из системы интерактивных считывателей, которые контролируют множество *RFID*-ярлычков и передают собранную информацию на удаленные компьютеры.

Сети первого типа представляют собой соединенные кабелями стационарные считыватели, которые питают энергией и опрашивают жестко закрепленные ярлычки, передающие показания встроенных датчиков. При необходимости можно воспользоваться и мобильными считывателями.

Например, на мосту ярлычки можно разместить внутри бетонных элементов или в сочленениях стальных балок, чтобы датчики измеряли механические напряжения и контролировали состояние всей конструкции. Считыватели будут получать питание из обычной электросети или по соединяющим их кабелям, которые также свяжут систему с узлом доступа к Интернету. Все собранные данные будут оперативно передаваться удаленным компьютерам, анализирующим поступающие сведения и в случае необходимости принимающим надлежащие меры.

Сети второго типа состоят как из стационарных, так и из мобильных элементов. Информацию с близлежащих ярлычков, прикрепленных к устройствам или людям, собирают перемещаемые считыватели, питающиеся от электросети или от батарей. Они становятся узлами сети и на небольших расстояниях могут соединяться друг с другом по беспроводным каналам связи, чтобы последовательно передавать данные к интернет-шлюзу.

Можно создать целевую сеть с множеством считывателей, контролирующих сотни ярлычков с датчиками, размещенных на площади в десятки квадратных километров. Такой комплекс сможет обеспечить метеорологов подробной информацией, необходимой для повышения достоверности прогнозов погоды. Если датчики будут одновременно измерять скорость вет-

ЧТО ЕЩЕ ПРЕДСТОИТ СДЕЛАТЬ

- Чтобы антенны могли обмениваться сигналами, ярлычок должен быть расположен определенным образом относительно считывателя. Для устранения этого недостатка можно использовать систему считывателей, охватывающих все возможные ориентации помеченных товаров на полках магазина. Потребуется также специальные протоколы, координирующие работу нескольких считывателей.
- *RFID*-сигналы легко подавляются: на малых расстояниях они ослабляются некоторыми материалами (например, металлической фольгой, широко применяемой для упаковки), а на больших – блокируются самыми обычными предметами, включая тела людей. Инженеры пытаются справиться с этой трудностью, совершенствуя конструкцию антенн в ярлычках и повышая чувствительность считывателей.
- При цене от 20 до 30 центов за штуку *RFID*-ярлычки оказываются дорогим удовольствием для розничной торговли, тем более для дешевых низкоприбыльных товаров. Именно поэтому владельцы супермаркетов на спешат внедрять *RFID*-технологии. Разработчики электронных ярлычков прилагают немалые усилия, чтобы в ближайшие 5 лет снизить их стоимость до 10, а то и до 5 центов. Некоторые специалисты полагают, что даже при такой цене *RFID*-ярлычки не получат широкого распространения по крайней мере до 2010 г. Есть и другое мнение: чтобы электронные идентификаторы появились на каждой единице товара в бакалейном магазине, их цена должна упасть до долей цента, чего, вероятно, придется ждать до 2015 г., а то и дольше.

• Широкому внедрению *RFID*-технологии препятствует разнообразие ярлычков и считывателей. В аппаратуре разных изготовителей используются совершенно разные частоты, протоколы и форматы сигналов. Чтобы обеспечить совместимость всех ярлычков со всеми считывателями, необходимо принять единый стандарт.

РАЗНООБРАЗИЕ *RFID*-ярлычков отражает отсутствие единых технологических стандартов.



Над снижением стоимости и стандартизацией *RFID*-систем работают как отдельные компании, так и консорциум *Auto-ID Center* совместно с Международной организацией по стандартизации.

Над снижением стоимости и стандартизацией *RFID*-систем работают как отдельные компании, так и консорциум *Auto-ID Center* совместно с Международной организацией по стандартизации.

Резкая критика со стороны потребителей и СМИ вынудила компанию *Benetton* отменить широкомасштабные испытания магазинной *RFID*-системы.

ра на большой территории, то компьютер сможет заранее заметить формирование торнадо и заблаговременно выдать предупреждение.

Целевая *RFID*-сеть в офисном здании способна решать множество задач. Получая информацию от считывателей, опрашивающих датчики в разных помещениях, центральный компьютер будет поддерживать требуемую температуру и влажность во всем здании, на каком-то одном этаже или в определенной группе комнат. Другие считыватели займутся сканированием опознавательных жетонов персонала и распознаванием ярлычков на портативных компьютерах, чтобы обеспечить сотрудникам безопасный доступ к внутренней вычислительной сети и связать их с коллегами в других частях здания.

Отзывчивая среда

Когда мы будем окружены электронными ярлычками и считывателями, сбывается мечта Вайзера, и автоматизация избавит нас от повседневной суеты. На таком уровне интеграции *RFID*-технология будет помогать нам даже в мелочах. Например, компьютерные устройства, оснащенные средствами *RFID*, смогут «говорить» друг с другом и независимо настраивать свои соединения. Если ваш компьютер будет оснащен беспроводным сетевым устройством (например *Bluetooth*) и *RFID*-считывателем, то, купив, скажем, принтер, вы просто распакуете его, поставите рядом с компьютером, а тот уже сам считывает ярлык и автоматически подключит новое устройство, избавив вас от множества нудных диалогов, необходимых при ручной установке.

Область возможного применения *RFID*-технологии весьма обширна. Специалисты компании *Intel* работают над системой для людей с ослабленной

памятью. В одном из ее прототипов ярлычками снабжены все предметы, необходимые для приготовления чашки чая. Например, когда больной берет сахарницу и пакетик с чаем, аппаратура определяет их идентификаторы и местоположение, а компьютер делает вывод, что пациенту нужна помощь. Система также контролирует последовательность использования предметов, чтобы своевременно заметить, что больного «заело», и произнести соответствующую речевую подсказку.

Разработкой антитеррористической *RFID*-системы сейчас занимаются три крупнейшие в мире портовые компании – *PSA Corporation*, *Hutchinson-Whampoa* и *P&O Ports*. Грузовые контейнеры будут оснащены скрытыми датчиками, способными обнаруживать радиоактивные, химически и биологически опасные вещества. На сегодня система позволяет регистрировать только незаконное вскрытие контейнеров. В будущем на каждом этапе транспортировки считыватели будут опрашивать встроенные датчики, сообщаящие даже о кратковременном присутствии подозрительных веществ.

Со временем извлекать данные из *RFID*-ярлычков смогут и электронные органайзеры (*Personal Digital Assistants*, *PDA*). С идентификационно-

го чипа на табло железнодорожной станции карманный компьютер считывает веб-адрес электронного расписания поездов. Направив *PDA* на вывеску риэлтора, вы без труда получите гиперссылку на детальную информацию о продаваемой недвижимости.

Еще далеко не все технические трудности преодолены. Пройдут годы, а может, и десятилетия, прежде чем мы сможем вкушать плоды полноценной реализации вездесущих *RFID*-систем. Однако по мере их развития мы будем все отчетливее замечать, как эта технология в сочетании с Интернетом помогает компьютерам воспринимать окружающий мир и реагировать на происходящие в нем события.

В 1991 г. Вайзер писал на страницах *Scientific American*: «Гуляя по лесу, мы можем получить больше информации, чем содержится в любой компьютерной системе, но среди деревьев мы отдыхаем, а компьютеры утомляют нас. Когда машины органично впишутся в нашу среду и перестанут требовать от нас погружения в мир техники, тогда пользование компьютерами станет таким же приятным, как прогулка по лесу». В принципе, *RFID*-технология может сделать автоматизацию всеобъемлющей и ненавязчивой – поистине такой же приятной, как моцион на природе. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

The Computer for the 21st Century. Mark Weiser in *Scientific American*, Vol. 265, No. 3, pages 66 – 73; September 1991.

Ubiquitous Electronic Tagging. Roy Wont and Dan M. Russel in *IEEE Distributed Systems Online*, Vol. 1, No. 2; September 2000.

Connecting the Physical World with Pervasive Networks. Deborah Estrin, David Culler, Kris Pister and Gaurav Sukhatme in *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 1, No. 1, pages 59 – 69; January – March 2002.

Comparing Autonomic and Proactive Computing. Roy Want, Trevor Pering and David Tennenhouse in *IBM Systems Journal*, Vol. 42, No. 1, pages 129 – 135; January 2003.

The RFID Handbook. Klaus Finkenzeller. John Wiley and Sons, 2003.



атомы

ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Ли Смолин

Если удивительная теория петлевой квантовой гравитации верна, то **пространство и время**, воспринимаемые нами как непрерывные, на самом деле состоят из дискретных частиц.



С древних времен некоторые философы и ученые предполагали, что материя может состоять из крошечных атомов, но еще 200 лет назад мало кто верил, что их существование можно доказать. Сегодня мы наблюдаем отдельные атомы и изучаем частицы, их составляющие. Зернистое строение вещества для нас уже не новость.

В последние десятилетия физики и математики задаются вопросом: не из дискретных ли частей состоит пространство? Действительно ли оно непрерывно или больше похоже на кусок ткани, сотканной из отдельных волокон? Если бы мы могли наблюдать чрезвычайно малые объекты, то увидели бы атомы пространства, неделимые мельчайшие частицы объема? А как быть со временем: плавно ли происходят изме-

нения в природе или мир развивается крошечными скачками, действуя словно компьютер?

За последние 16 лет ученые заметно приблизились к ответам на эти вопросы. Согласно теории со странным названием «петлевая квантовая гравитация», пространство и время действительно состоят из дискретных частей. Расчеты, выполненные в рамках этой концепции, описывают простую и красивую картину, которая помогает нам объяснить загадочные явления, относящиеся к черным дырам и Большому взрыву. Но главное достоинство упомянутой теории заключается в том, что уже в ближайшем будущем ее предсказания можно будет проверить экспериментально: мы обнаружим атомы пространства, если они действительно существуют.

Кванты

Вместе с моими коллегами мы развивали теорию петлевой квантовой гравитации (ПКГ), пытаюсь разработать долгожданную квантовую теорию тяготения. Чтобы объяснить исключительную важность последней и ее отношение к дискретности пространства и времени, я должен немного рассказать о квантовой теории и теории гравитации.

Появление квантовой механики в первой четверти XX в. было связано с доказательством, что материя состоит из атомов. Квантовые уравнения требуют, чтобы некоторые величины, такие как энергия атома, могли принимать только определенные дискретные значения. Квантовая механика в точности описывает свойства и поведение атомов, элементарных частиц и связыва- ▶

ющих их сил. Самая успешная в истории науки квантовая теория лежит в основе нашего понимания химии, атомной и субатомной физики, электроники и даже биологии.

В те же десятилетия, когда зарождалась квантовая механика, Альберт Эйнштейн разработал общую теорию относительности, которая представляет собой теорию гравитации. Согласно ей, сила тяготения возникает в результате изгиба пространства и времени (которые вместе образуют пространство-время) под действием материи. Представьте себе тяжелый шар, помещенный на резиновый лист, и маленький шарик, который катается вблизи большого. Шары можно рассматривать как Солнце и Землю, а лист – как пространство. Тяжелый шар создает в резиновом полотне углубление, по склону которого меньший шарик скатывается к большему, как будто некоторая сила – гравитация – тянет его в этом направлении. Точно так же любая материя или сгусток энергии искажают геометрию пространства-времени, притягивая частицы и световые лучи; это явление мы и называем гравитацией.

По отдельности квантовая механика и общая теория относительности Эйнштейна экспериментально подтверждены. Однако еще ни разу не исследовался случай, когда можно было бы проверить обе теории одновременно. Дело в том, что квантовые эффекты заметны лишь в малых масштабах, а для того, чтобы стали заметны эффекты общей теории относительности, требуются большие массы. Объединить оба условия можно



ПРОСТРАНСТВО соткано из отдельных нитей.

лишь при каких-то экстраординарных обстоятельствах.

Помимо отсутствия экспериментальных данных существует огромная концептуальная проблема: общая теория относительности Эйнштейна полностью классическая, т.е. не квантовая. Для обеспечения логической целостности физики нужна квантовая теория гравитации, объединяющая квантовую механику с общей теорией относительности в квантовую теорию пространства-времени.

Физики разработали множество математических процедур для превращения классической теории в квантовую. Многие ученые тщетно пытались применить их к общей теории относительности.

Расчеты, проведенные в 1960-х и 1970-х гг., свидетельствовали о том, что квантовую механику и общую теорию относительности объединить невозможно. Казалось, ситуацию может спасти только введение совершенно новых постулатов, дополнительных частиц, полей или объектов иного рода. Экзотика единой теории должна проявляться только в тех исключительных случаях, когда существенными становятся и квантово-механические, и гравитационные эффекты. В попытках достижения компромисса родились такие направления, как теория твисторов, некоммутативная геометрия и супергравитация.

Большой популярностью у физиков пользуется теория струн, согласно которой помимо трех хорошо известных пространственных измерений есть еще шесть или семь, которые до сих пор никому не удалось заметить. Теория струн также предсказывает существование множества новых элементарных частиц и сил, наличие которых еще ни разу не было подтверждено наблюдениями. Некоторые ученые полагают, что она является частью так называемой М-теории, но, к сожалению, никакого точного ее определения пока предложено не было. Поэтому многие специалисты убеждены, что следует изучить имеющиеся альтернативы. Наша петлевая квантовая теория гравитации – наиболее развитая из них.

Большая лазейка

В середине 1980-х гг. мы вместе с Аби Аштекером (Abhay Ashtekar), Тэдом Джекобсоном (Ted Jacobson) и Карло Ровелли (Carlo Rovelli) решили еще раз попытаться объединить квантовую механику и общую теорию относительности с помощью стандартных методов. Дело в том, что в отрицательных результатах, полученных в 1970-х гг., оставалась важная лазейка: при расчетах предполагалось, что геометрия пространства непрерывная и гладкая независимо от того, насколько детально мы исследуем ее. Точно так же люди рассматривали вещество до открытия атомов.

Итак, мы решили отказаться от концепции гладкого непрерывного про-

ОБЗОР: КВАНТОВОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ

* Чтобы изучить структуру пространства в мельчайшем масштабе, нужно обратиться к квантовой теории гравитации, поскольку согласно общей теории относительности тяготение возникает вследствие искривления пространства и времени.

* Объединяя фундаментальные принципы квантовой механики и общей теории относительности, физики разрабатывают теорию петлевой квантовой гравитации. Допустимые квантовые состояния пространства они изображают в виде спиновых сетей, а квантовое пространство-время – в виде спиновой пены.

* Согласно теории петлевой квантовой гравитации, пространство-время дискретно. Объем кванта пространства примерно равен длине Планка в кубе, т.е. 10^{-99} см³. Квант времени длится 10^{-43} с (время Планка). В ближайшем будущем проявления дискретности пространства-времени будут обнаружены экспериментально.

странства и не вводить никаких гипотез, кроме хорошо проверенных экспериментально положений общей теории относительности и квантовой механики. В частности, в основе наших расчетов были заложены два ключевых принципа теории Эйнштейна.

Первый из них – независимость от окружения – провозглашает, что геометрия пространства-времени не фиксирована, а является меняющейся, динамической величиной. Чтобы определить геометрию, необходимо решить ряд уравнений, учитывающих влияние вещества и энергии. Кстати, современная теория струн не является независимой от окружения: уравнения, описывающие струны, сформулированы в определенном классическом (т.е. неквантовом) пространстве-времени.

Второй принцип, названный «диффеоморфной инвариантностью», гласит, что

для отображения пространства-времени и построения уравнений мы вольны выбирать любую систему координат. Точка в пространстве-времени задается только физически происходящими в ней событиями, а не ее положением в какой-то особой системе координат (не существует никаких особых координат). Диффеоморфная инвариантность – чрезвычайно важное фундаментальное положение общей теории относительности.

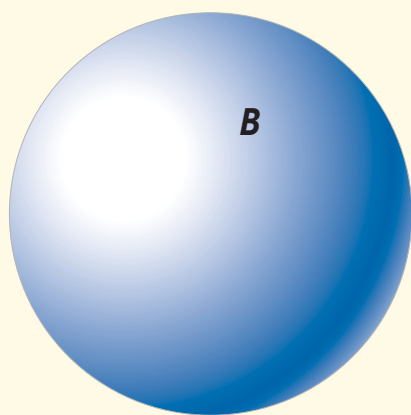
Аккуратно объединив оба принципа со стандартными методами квантовой механики, мы разработали математический язык, который позволил провести нужные вычисления и выяснить, дискретно пространство или непрерывно. К нашему восторгу, из расчетов следовало, что пространство квантовано! Так мы заложили основу теории петлевой квантовой гравитации. Кстати, термин «петлевая» был введен из-за того, что

в некоторых вычислениях использовались маленькие петли, выделенные в пространстве-времени.

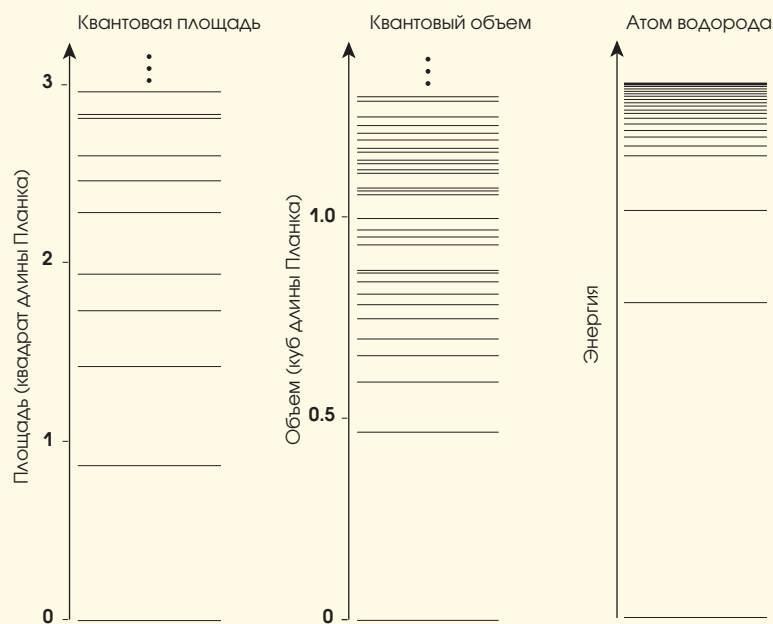
Многие физики и математики проверили наши расчеты с использованием различных методов. За прошедшие годы теория петлевой квантовой гравитации окрепла благодаря усилиям ученых разных стран мира. Прделанная работа позволяет нам доверять той картине пространства-времени, которую я опишу ниже.

В нашей квантовой теории речь идет о структуре пространства-времени в самых малых масштабах, и чтобы разобраться в ней, необходимо рассматривать ее предсказания для маленькой площади или объема. Имея дело с квантовой физикой, важно определить, какие физические величины должны быть измерены. Представьте себе некую область, обозначенную границей B (см. рис. внизу), которая может быть за-

КВАНТОВЫЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕМА И ПЛОЩАДИ



ГЛАВНЫЙ ВЫВОД теории петлевой квантовой гравитации относится к объемам и площадям. Рассмотрим область пространства, ограниченную сферической оболочкой B (см. *сверху*). В соответствии с классической (неквантовой) физикой ее объем может выражаться любым действительным положительным числом. Однако, согласно теории петлевой квантовой гравитации, существует отличный от нуля абсолютный наименьший объем (примерно равный кубу длины Планка, т.е. 10^{-99} см³), а значения бóльших объемов представляют собой дискретный ряд чисел. Аналогично, есть

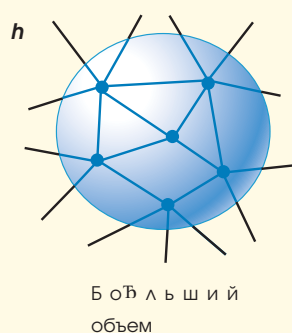
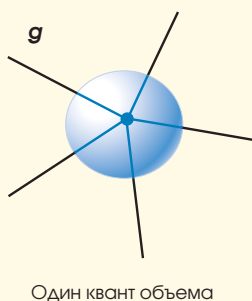
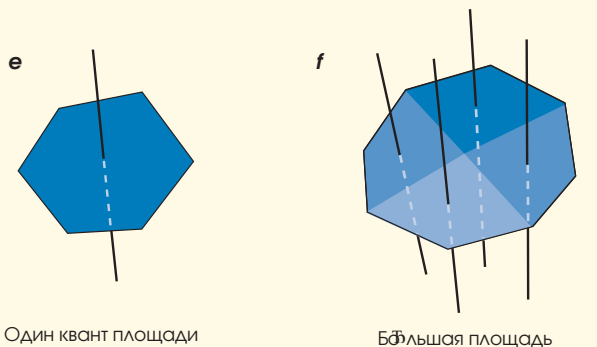
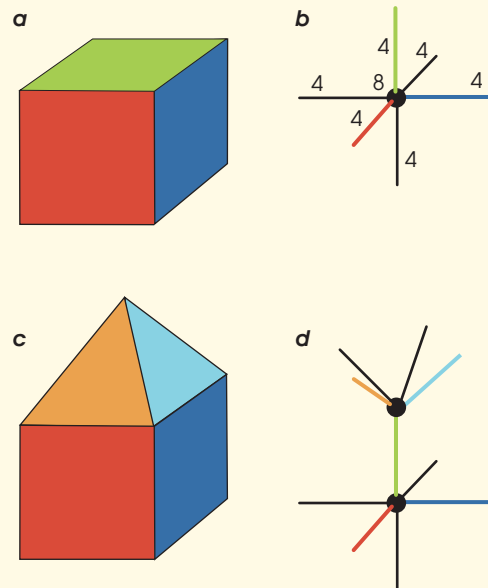


ненулевая минимальная площадь (примерно квадрат длины Планка или 10^{-66} см²) и дискретный ряд допустимых площадей бóльшего размера. Дискретные спектры допустимых квантовых площадей (*слева*) и квантовых объемов (*в центре*) в широком смысле похожи на дискретные квантовые уровни энергии атома водорода (*справа*).

ИЗОБРАЖЕНИЕ КВАНТОВЫХ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕМА

ДИАГРАММЫ, НАЗЫВАЕМЫЕ СПИНОВЫМИ СЕТЯМИ, используются для представления квантовых состояний пространства при минимальном масштабе длины. Например, куб (а) – это объем, окруженный шестью квадратными гранями. Соответствующая спиновая сеть (b) содержит точку (узел), представляющую объем, и шесть линий, изображающих грани. Число возле узла указывает величину объема, а число возле линии – площадь соответствующей грани. В рассматриваемом случае объем равен восьми кубическим единицам Планка, а каждая из граней имеет площадь в четыре квадратных единицы Планка. (Правила петлевой квантовой гравитации ограничивают допустимые значения объемов и площадей определенными величинами: у линий и в узлах могут располагаться лишь определенные комбинации чисел.)

Если на верхней грани куба помещена пирамида (с), то линия, представляющая эту грань в спиновой сети, долж-



на соединять узел куба с узлом пирамиды (d). Линии, соответствующие четырем свободным граням пирамиды и пяти свободным граням куба, должны выходить из соответствующих узлов. (Для упрощения схемы числа опущены.)

Вообще в спиновой сети один квант площади изображается одной линией (e), а площадь, составленная из многих квантов, обозначается многими линиями (f). Аналогично один квант объема изображается одним узлом (g), тогда как больший объем содержит много узлов (h). Так, объем внутри сферической оболочки задается суммой всех заключенных в ней узлов, а площадь поверхности равна сумме всех линий, проходящих сквозь границу области.

Спиновые сети более фундаментальны, чем конструкции из многогранников: любое сочетание полиэдров можно изобразить соответствующей диаграммой, но некоторые правильные спиновые сети представляют такие комбинации объемов и площадей, которые невозможно составить из многогранников. Такие спиновые сети возникают, когда пространство искривляется сильным гравитационным полем или квантовыми флуктуациями геометрии в планковских масштабах.

дана материальным объектом (например, чугунной скорлупой) или непосредственно геометрией пространства-времени (например, горизонтом событий в случае черной дыры).

Что происходит, когда мы измеряем объем описанной области? Каковы возможные результаты, допускаемые как

квантовой теорией, так и диффеоморфной инвариантностью? Если геометрия пространства непрерывна, то рассматриваемая область может иметь любой размер, и ее объем может быть выражен любым действительным положительным числом, в частности, сколь угодно близким к нулю. Но если геометрия гра-

нулирована, то результат измерения может принадлежать только дискретному набору чисел и не может быть меньше некоторого минимально возможного объема. Давайте вспомним, какой энергией может обладать электрон, обращающийся вокруг атомного ядра? В рамках классической физики – любой,

но квантовая механика допускает только определенные, строго фиксированные дискретные значения энергии. Различие такое же, как между измерением объема жидкости, образующей непрерывный поток (с точки зрения ученых XVIII в.), и определением количества воды, атомы которой можно сосчитать.

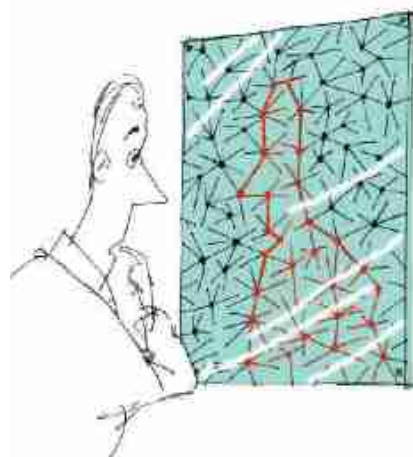
Согласно теории петлевой квантовой гравитации, пространство подобно атомам: числа, получаемые при измерении объема, образуют дискретный набор, т.е. объем изменяется отдельными порциями. Другая величина, которую можно измерить, – площадь границы B , которая тоже оказывается дискретной. Иными словами, пространство не непрерывно и состоит из определенных квантовых единиц площади и объема.

Возможные значения объема и площади измеряются в единицах, производных от длины Планка, которая связана с силой гравитации, величиной квантов и скоростью света. Длина Планка очень мала: 10^{-33} см; она определяет масштаб, при котором геометрию пространства уже нельзя считать непрерывной. Самая маленькая возможная площадь, отличная от нуля, примерно равна квадрату длины Планка или 10^{-66} см². Наименьший возможный объем, отличный от нуля, – куб длины Планка или 10^{-99} см³. Таким образом, согласно теории в каждом кубическом сантиметре пространства содержится приблизительно 10^{99} атомов объема. Квант объема настолько мал, что в кубическом сантиметре таких квантов больше, чем кубических сантиметров в видимой Вселенной (10^{85}).

Спиновые сети

На что же похожи кванты объема и площади? Быть может, пространство состоит из огромного количества крошечных кубов или сфер? Нет, не все так просто. Квантовые состояния объема и площади мы изображаем в виде диаграмм, которые не лишены своеобразной красоты.

Вообразите область пространства, по форме напоминающую куб (см. рис. на стр. 52). На диаграмме мы изображаем ее как точку, представляющую объем, с шестью выходящими из нее линиями,



МАТЕРИЯ РАСПОЛАГАЕТСЯ в узлах спиновой сети.

каждая из которых изображает одну из граней куба. Число рядом с точкой указывает величину объема, а числа рядом с линиями – величину площади соответствующих граней.

Поместим на вершину куба пирамиду. У наших многогранников есть общая грань, и их следует изобразить как две точки (два объема), соединенные одной из линий (грань, которая соединяет объемы). У куба осталось пять свободных граней (пять линий), а у пирамиды – четыре (четыре линии). Аналогично можно изобразить любые комбинации различных многогранников: объемные полиэдры становятся точками или узлами, а плоские грани – линиями, соединяющими узлы. Математики называют такие диаграммы графами.

В нашей теории мы отбрасываем рисунки многогранников и оставляем только графы. Математика, описывающая

квантовые состояния объема и площади, обеспечивает нас набором правил, указывающих, как линии могут соединять узлы и какие числа могут располагаться в различных местах диаграммы. Каждое квантовое состояние соответствует одному из графов, и каждому графу, удовлетворяющему правилам, соответствует квантовое состояние. Графы представляют собой удобную краткую запись возможных квантовых состояний пространства.

Диаграммы гораздо больше подходят для представления квантовых состояний, чем многогранники. В частности, некоторые графы соединяются такими странными способами, что их невозможно аккуратно преобразовать в картину из полиэдров. Например, в тех случаях, когда пространство изогнуто, невозможно изобразить многогранники, стыкующиеся должным образом, зато совсем не трудно нарисовать граф и по нему вычислить, насколько искажено пространство. Поскольку именно искажение пространства создает гравитацию, диаграммы играют огромную роль в квантовой теории тяготения.

Для простоты мы часто рисуем графы в двух измерениях, но лучше представлять их заполняющими трехмерное пространство, потому что именно его они изображают. Но здесь есть концептуальная ловушка: линии и узлы графа не занимают конкретные положения в пространстве. Каждый граф определяется только тем, как его части соединяются между собой и как они соотносятся с четко заданными границами (например, с границей области B). Однако нет никакого непрерывного трехмерного пространства, в котором, как может показаться, размещаются графы. Линии и узлы – это ▶

ОБ АВТОРЕ:

Ли Смолин (Lee Smolin) – сотрудник Института теоретической физики в Ватерлоо и адъюнкт-профессор физики Университета Ватерлоо. Окончив колледж в Гемпшире, он получил звание кандидата наук в Гарвардском университете, а затем преподавал в Йельском, Сиракьюосском и Пенсильванском университетах. Кроме квантовой гравитации Ли интересуется физикой элементарных частиц, космологией и фундаментальными вопросами квантовой теории. В его книге *The Life of the Cosmos* («Жизнь космоса»), выпущенной в 1997 г. издательством Oxford University Press, рассматриваются философские вопросы современной физики и космологии.

и есть пространство, геометрия которого определяется тем, как они соединяются.

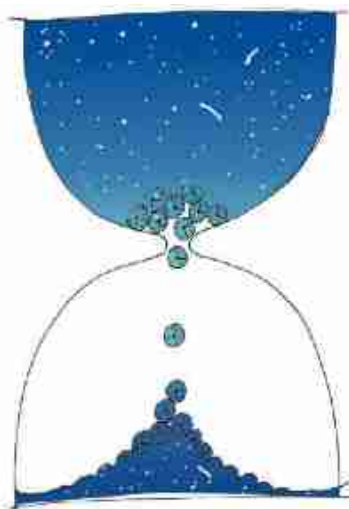
Описанные графы называются спиновыми сетями, потому что указанные на них числа связаны со спином. Еще в начале 1970-х гг. Роджер Пенроуз (Roger Penrose) из Оксфордского университета предположил, что спиновые сети имеют отношение к теории квантовой гравитации. В 1994 г. наши точные вычисления подтвердили его интуитивную догадку. Читатели, знакомые с диаграммами Фейнмана, должны обратить внимание, что спиновые сети ими не являются, несмотря на внешнее сходство. Диаграммы Фейнмана отражают квантовые взаимодействия между частицами, переходящими из одного квантового состояния в другое. Спиновые сети олицетворяют фиксированные квантовые состояния объемов и площадей пространства.

Отдельные узлы и ребра диаграмм представляют собой чрезвычайно малые области пространства: типичный узел соответствует объему около одной длины Планка в кубе, а линия – площади порядка одной длины Планка в квадрате. Но, в принципе, спиновая сеть может быть неограниченно большой и сколь угодно сложной. Если бы мы могли изобразить детальную картину квантового состояния нашей Вселенной (т.е. геометрию ее пространства, искривленного и перекрученного тяготением галактик, черных дыр и пр.), то получилась бы гигантская спиновая сеть невообразимой сложности, содержащая приблизительно 10^{184} узлов.

Итак, спиновые сети описывают геометрию пространства. Но что можно сказать о материи и энергии, находящейся в нем? Частицы, такие как электроны, соответствуют определенным узлам, снабженным дополнительными метками. Поля, такие как электромагнитное, обозначаются аналогичными маркерами на линиях графа. Движение частиц и полей в пространстве представляет собой дискретное (скачкообразное) перемещение меток по графу.

Шаги и пена

Частицы и поля – не единственные движущиеся объекты. Согласно общей теории относительности, при перемещении



ВРЕМЯ движется дискретным тиканьем бесчисленных часов.

материи и энергии пространство модифицируется, по нему даже могут проходить волны, подобно ряби на озере. В теории петлевой квантовой гравитации такие процессы изображаются дискретными трансформациями спиновой сети, при которых шаг за шагом изменяется связность графов (см. рис. на стр. 55).

При описании квантово-механических явлений физики вычисляют вероятность различных процессов. Мы делаем то же самое, когда применяем теорию петлевой квантовой гравитации, чтобы описать изменение геометрии пространства или движение частиц и полей в спиновой сети. Томас Тиманн (Thomas Thiemann) из Института теоретической физики в Ватерлоо вывел точные выражения для вычисления квантовой вероятности шагов спиновой сети. В результате появилась четкая процедура для вычисления вероятности любого процесса, который может происходить в мире, подчиняющемся правилам нашей, теперь уже окончательно сформировавшейся теории. Остается только вычислять и делать предсказания о том, что можно будет наблюдать в тех или иных экспериментах.

В теории относительности пространство и время неотделимы и представляют собой единое пространство-время. При введении концепции пространства-времени в теорию петлевой квантовой

гравитации спиновые сети, представляющие пространство, превращаются в так называемую спиновую пену. С добавлением еще одного измерения – времени – линии спиновой сети расширяются и становятся двумерными поверхностями, а узлы растягиваются в линии. Переходы, при которых происходит изменение спиновой сети (шаги, описанные выше), теперь представлены узлами, в которых сходятся линии пены. Взгляд на пространство-время как на спиновую пену был предложен несколькими исследователями, в том числе Карло Ровелли (Carlo Rovelli), Майком Рейзенбергером (Mike Reisenberger), Джоном Бэрретом (John Barrett), Луи Крейном (Louis Crane), Джоном Бейзом (John Baez) и Фотини Маркопулу (Fotini Markopoulou).

Мгновенный снимок происходящего подобен поперечному срезу пространства-времени. Аналогичный срез спиновой пены представляет собой спиновую сеть. Однако не стоит заблуждаться, что плоскость среза перемещается непрерывно подобно плавному потоку времени. Также как пространство определяется дискретной геометрией спиновой сети, время задается последовательностью отдельных шагов, которые перестраивают сеть (см. рис. на стр. 55). Таким образом, время тоже дискретно. Время не течет, как река, а тикает, как часы. Интервал между «тиками» примерно равен времени Планка, или 10^{-43} с. Точнее говоря, время в нашей Вселенной отмеряют мириады часов: там, где в спиновой пене происходит квантовый шаг, часы делают один «тик».

Предсказания и проверки

Теория петлевой квантовой гравитации описывает пространство и время в масштабе Планка, который слишком мал для нас. Так как же нам проверить ее? В первую очередь, очень важно выяснить, можно ли вывести классическую общую теорию относительности как приближение к петлевой квантовой гравитации. Другими словами, если спиновые сети подобны нитям, из которых соткана ткань, то вопрос стоит так: удастся ли правильно вычислить упругие свойства куска материала путем усреднения

по тысячам нитей. Получим ли мы описание «гладкой ткани» классического эйнштейновского пространства, если усредним спиновую сеть по многим длинам Планка? Недавно ученые успеш-

но решили эту сложнейшую задачу для нескольких частных случаев, так сказать, для некоторых конфигураций материала. Например, низкочастотные гравитационные волны, распространяющиеся

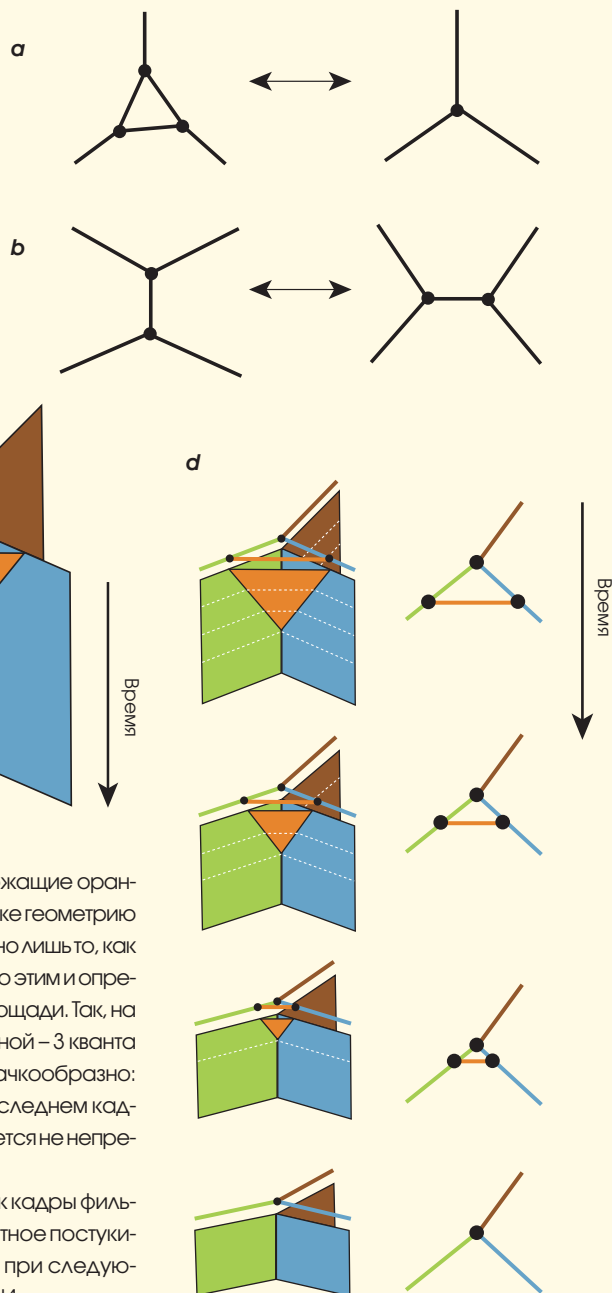
в плоском (неизогнутом) пространстве, можно рассматривать как возбуждение определенных квантовых состояний, описанных в соответствии с теорией петлевой квантовой гравитации. ▶

ЭВОЛЮЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ВО ВРЕМЕНИ

ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ пространства при перемещении в нем материи и энергии и при прохождении через него гравитационных волн изображается дискретными перестройками, шагами спиновой сети. На рис. **a** связанная группа из трех квантов объема сливается в один; возможен и обратный процесс. На рис. **b** два объема разделяют пространство и соединяются с соседними объемами иным способом. При изображении в виде полиэдров два многогранника объединяются по их общей грани, а затем расщепляются, как при раскалывании кристаллов по другой плоскости. Такие шаги в спиновой сети происходят не только при больших изменениях геометрии пространства, но и при непрерывных квантовых флуктуациях в планковском масштабе.

Другой способ изображения шагов заключается в добавлении к диаграмме еще одной размерности – времени. В результате получается спиновая пена (**c**). Линии спиновой сети становятся плоскостями, а узлы превращаются в линии. Срез спиновой пены в определенный момент времени представляет собой спиновую сеть. Сделав ряд таких срезов, мы получим кадры фильма, повествующего о развитии спиновой сети во времени (**d**). Но обратите внимание, что эволюция, которая на первый взгляд кажется плавной и непрерывной, на самом деле идет скачками. Все спиновые сети, содержащие оранжевую линию (первые три кадра), отображают в точности одну и ту же геометрию пространства. Длина линий не имеет значения – для геометрии важно лишь то, как соединяются линии и каким числом отмечена каждая из них. Именно этим и определяется взаимное расположение и величина квантов объема и площади. Так, на рис. **d** в течение трех первых кадров геометрия остается постоянной – 3 кванта объема и 6 квантов площади. Затем пространство изменяется скачкообразно: остается 1 квант объема и 3 кванта площади, как показано на последнем кадре. Таким образом, время, определяемое спиновой пеной, изменяется не непрерывно, а последовательностью внезапных дискретных шагов.

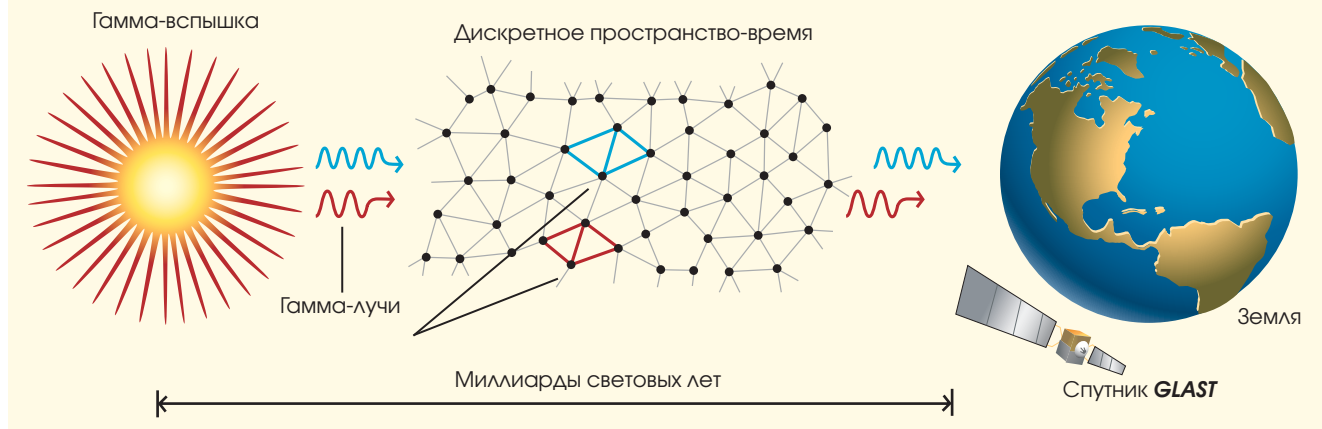
И хотя для наглядности такие последовательности показаны как кадры фильма, правильнее рассматривать эволюцию геометрии как дискретное постукивание часов. При одном «тике» оранжевый квант площади есть; при следующем – он исчез: фактически его исчезновение и определяет «тик». Интервал между последовательными «тиками» примерно равен времени Планка (10^{-43} с), но между ними время не существует; не может быть никакого «между», так же как нет воды между двумя соседними молекулами H_2O .



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА

КОГДА В МИЛЛИАРДАХ световых лет от нас происходит гамма-всплеск, мгновенный взрыв порождает гигантское количество гамма-лучей. В соответствии с теорией петлевой квантовой гравитации фотон, движущийся по спиновой сети, в каждый момент времени занимает несколько линий, т.е. некоторое пространство (в реальности на квант света приходится очень много линий, а не пять, как показано на рисунке). Дискретная природа пространства заставляет гамма-лучи более высокой энергии перемещаться

немного быстрее. Разница ничтожна, но в ходе космического путешествия эффект накапливается миллиардами лет. Если возникшие при всплеске гамма-лучи разных энергий прибывают на Землю в разные моменты времени, то это свидетельствует в пользу теории петлевой квантовой гравитации. На 2006 г. запланирован запуск спутника *GLAST*, на борту которого будет установлена достаточно чувствительная аппаратура, чтобы обнаружить дисперсию гамма-излучения.



Хорошей проверкой для петлевой квантовой гравитации оказалась одна из давних загадок о термодинамике черных дыр, и в особенности об их энтропии. Физики разработали термодинамическую модель черной дыры, опираясь на гибридную теорию, в которой материя рассматривается квантово-механически, а пространство-время – нет. В частности, в 1970-х гг. Якоб Бекенштейн (Jacob D. Bekenstein) вывел, что энтропия черной дыры пропорциональна площади ее поверхности (см. статью «Информация в голографической Вселенной», «В мире науки», №11, 2003 г.). Вскоре Стивен Хокинг (Stephen Hawking) пришел к выводу, что черные дыры, особенно маленькие, должны излучать.

Чтобы выполнить аналогичные вычисления в рамках теории петлевой квантовой гравитации, мы принимаем границу области *B* за горизонт событий черной дыры. Анализируя энтропию соответствующих квантовых состояний, мы получаем в точности предсказание Бекенштейна. С таким же успехом наша теория не только воспроизводит предсказание

Хокинга об излучении черной дыры, но и позволяет описать его тонкую структуру. Если когда-либо удастся наблюдать микроскопическую черную дыру, теоретические предсказания можно будет проверить, изучая спектр ее излучения.

Вообще говоря, любая экспериментальная проверка теории петлевой квантовой гравитации сопряжена с колоссальными техническими трудностями. Характерные эффекты, описываемые теорией, становятся существенными только в масштабе длины Планка, который на 16 порядков меньше, чем можно будет исследовать в ближайшее время на самых мощных ускорителях (для исследования меньших масштабов необходима более высокая энергия).

Впрочем, недавно ученые предложили несколько доступных способов проверки петлевой квантовой гравитации. Длина световой волны, распространяющейся в среде, претерпевает искажения, что приводит к преломлению и дисперсии лучей. Аналогичные метаморфозы происходят со светом и частицами, движущимися через дискретное пространство, описываемое спиновой сетью.

К сожалению, величина упомянутых эффектов пропорциональна отношению длины Планка к длине волны. Для видимого света оно не превышает 10^{-28} , а для космических лучей с наибольшей энергией составляет порядка одной миллиардной. Иными словами, зернистость структуры пространства чрезвычайно слабо сказывается практически на любом наблюдаемом излучении. Но чем большее расстояние прошел свет, тем сильнее заметны последствия дискретности спиновой сети. Современная аппаратура позволяет нам регистрировать излучение гамма-всплесков, расположенных в миллиардах световых лет (см. статью «Ярчайшие взрывы во Вселенной», «В мире науки», №4, 2003 г.).

Опираясь на теорию петлевой квантовой гравитации, Родольфо Гамбини (Rodolfo Gambini) и Джордж Пуллин (Jorge Pullin) установили, что фотоны различных энергий должны перемещаться с несколько разными скоростями и достигать наблюдателя в разное время (см. рис. *вверху*). Спутниковые наблюдения гамма-всплесков помогут нам про-

верить это. Точность современных приборов в 1 000 раз ниже необходимой, но уже в 2006 г. будет запущена спутниковая обсерватория *GLAST*, прецизионное оборудование которой позволит провести долгожданный эксперимент.

Нет ли здесь противоречия с теорией относительности, в которой постулируется постоянство скорости света? Вместе с Джованни Амелино-Камелиа (Giovanni Amelino-Camelia) и Хояо Магуэйю (Hyo Maguëijó) мы разработали модифицированные версии теории Эйнштейна, которые допускают существование фотонов высокой энергии, движущихся с разными скоростями. В свою очередь постоянство скорости относится к фотонам низких энергий, т.е. к длинноволновому свету.

Другое возможное проявление дискретности пространства-времени связано с космическими лучами очень высокой энергии. Более 30 лет назад ученые установили, что протоны космических лучей с энергией более $3 \cdot 10^{19}$ эВ должны рассеиваться на космическом микроволновом фоне, заполняющем пространство, и поэтому никогда не достигнут Земли. Тем не менее в японском эксперименте *AGASA* было зарегистрировано более 10 событий с космическими лучами даже большей энергии. Оказалось, что дискретность пространства повышает энергию, требуемую для реакции рассеивания, и позволяет высокоэнергетическим протонам навещать нашу планету. Если наблюдения японских ученых подтвердятся, а другое объяснение не будет найдено, то можно будет считать, что дискретность пространства засвидетельствована экспериментально.

Космос

Теория петлевой квантовой гравитации заставляет нас по-новому взглянуть на происхождение Вселенной и помогает представить, что происходило сразу после Большого взрыва. В соответствии с общей теорией относительности в истории мироздания был самый первый, нулевой момент времени, что не согласуется с квантовой физикой. Расчеты, проведенные Мартином Боджовальдом (Martin Bojowald) на основании теории петлевой квантовой гравитации, указывают, что

ПОКА ТРУДНО СКАЗАТЬ, как из квантового пространства-времени возникает классическая действительность.



Большой взрыв фактически был Большим отскоком, так как до него Вселенная быстро сжималась. Теоретики уже работают над новыми моделями ранней стадии развития Вселенной, которые вскоре можно будет проверить в космологических наблюдениях. Не исключено, что нам с вами еще посчастливится узнать, что же происходило до Большого взрыва.

Не менее серьезно стоит вопрос о космологической постоянной: положительна или отрицательна плотность энергии, пронизывающей «пустое» пространство? Результаты наблюдения реликтового фона и далеких сверхновых свидетельствуют о том, что темная энергия существует. Более того, она положительна, поскольку Вселенная расширяется с ускорением. С точки зрения теории петлевой квантовой гравитации, здесь нет никакого противоречия: еще в 1990 г. Хидео Кодама (Hideo Kodama) составил уравнения, точно описывающие квантовое состояние Вселенной с положительной космологической постоянной.

До сих пор еще не решен целый ряд вопросов, в том числе чисто технических. Какие коррективы следует вносить в ча-

стную теорию относительности при чрезвычайно высоких энергиях (если вообще следует)? Поможет ли теория петлевой квантовой гравитации доказать, что различные силы, включая тяготение, являются аспектами единственного фундаментального взаимодействия?

Быть может, петлевая квантовая гравитация – это действительно квантовая общая теория относительности, потому что в ее основе нет никаких дополнительных предположений, кроме основных принципов квантовой механики и теории Эйнштейна. Вывод о дискретности пространства-времени, описываемого спиновой пеной, следует непосредственно из самой теории, а не вводится как постулат.

Однако все, о чем я здесь рассуждал, – это теория. Возможно, пространство на самом деле гладко и непрерывно в любых, сколь угодно малых масштабах. Тогда физикам придется ввести дополнительные радикальные постулаты, как в случае теории струн. А поскольку в конечном счете все решит эксперимент, у меня есть хорошие новости – ситуация может проясниться в ближайшее время. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Three Roads to Quantum Gravity. Lee Smolin. Basic Books, 2001.
- The Quantum of Area? John Baez. Nature, vol.421, pp. 702–703; February 2003.
- How Far Are We from the Quantum Theory of Gravity? Lee Smolin. March 2003. Препринт на сайте <http://arxiv.org/hep-th/0303185>.
- Welcome to Quantum Gravity. Special Section. Physics World, Vol.16, No.11, pp. 27–50; November 2003.
- Loop Quantum Gravity. Lee Smolin. Доступно на сайте www.edge.org/3rd_culture/smolino3/smolino3_index.html



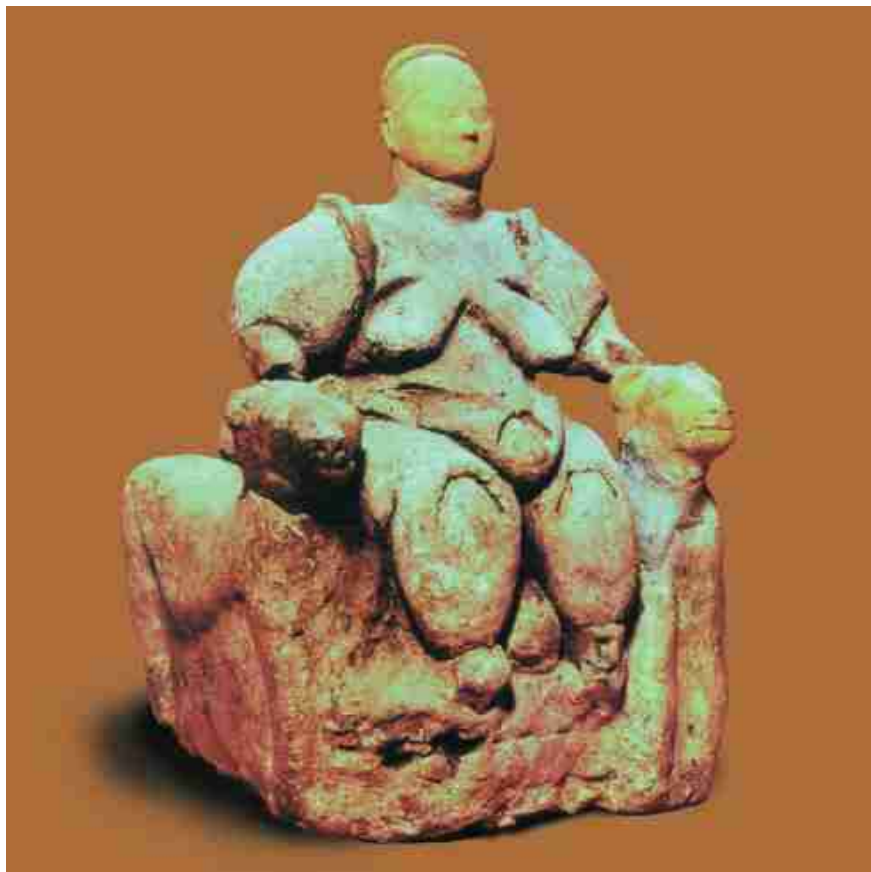
Жители Чаталхуеюка размалывали зерно, пекли хлеб, готовили пищу из мяса диких животных, шили одежду, плели корзины, изготавливали орудия труда и охоты.



МУЖЧИНА И ЖЕНЩИНА ЭПОХИ НЕОЛИТА

Ян Ходдер

Крупнейшее поселение
времен неолита открывает тайны
отношений между мужчинами и женщинами
в ранних земледельческих цивилизациях.



ГЛИНЯНАЯ ФИГУРКА, изображающая женщину с леопардами, была обнаружена в емкости для хранения зерна в 1960 г. Сегодня эта 16-сантиметровая статуэтка является самой крупной из всех найденных и символизирует плодородие.

Девять тысячелетий назад на берегу реки, разделяющей равнины центральной Турции, был основан город, ныне известный как Чаталхеюк (*Catal Hüyük*). На площади в 105 тыс. кв. м древние люди построили 2 тыс. домов, в которых проживало около 8 тыс. жителей. Город не имел привычных улиц, строения вплотную примы-

кали друг к другу. Вход в жилище располагался на крыше, и для того, чтобы попасть в помещение, надо было спуститься вниз по лестнице. Стены домов украшали статуэтки людей и культовые росписи, изображающие быков, оленей, леопардов, грифов.

Жители изготавливали каменные орудия труда, занимались земледели-

ем, скотоводством, охотились на животных, собирали плоды. Чаталхеюк – не самое древнее, но крупнейшее из сельскохозяйственных поселений неолита, отличавшееся высоким уровнем развития культурно-хозяйственной деятельности.

По мнению специалистов, ранние сельскохозяйственные сообщества имели матриархатную форму социального устройства, означающую, что женщина обладала преимущественным по сравнению с мужчиной правом на имущество и наследование шло по материнской линии. Жители общины поклонялись могущественной богине-матери.

Раскопки, проведенные в 90-х гг., дали дополнительные сведения об отношениях между людьми, жившими здесь 9 тыс. лет назад.

Был ли Чаталхеюк в действительности местом поклонения богине-матери?

Богиня-мать

Долгое время ученые, опираясь на труды Аристотеля и Библию, считали, что политическое развитие общества началось в эпоху патриархата. В XVIII в. европейцы узнали о существовании в Северной Америке общества, где право наследования переходило по материнской линии, что несколько изменило взгляды исследователей на развитие цивилизации. В начале XIX в. шведский юрист Йоханн Бакхофен (Johann Bachofen) пришел к выводу, что патриархальному укладу могла предшествовать эпоха правления женщин. Данной теории в разное время придерживались психоаналитик Зигмунд Фрейд (Sigmund Freud), археологи Гордон Чайлд (Gordon Childe) и Жак Каувин (Jasques Cauvin).

Первая археологическая экспедиция в Чаталхеюк проводила раскопки в 1961–1965 гг. Руководил исследованиями сотрудник Лондонского университета Джеймс Мелларт (James Mellaart), предположивший, что обнаруженные статуэтки женщин олицетворяют богиню-мать.

ОБЗОР: ЖИЗНЬ ДРЕВНИХ ЛЮДЕЙ 7 ТЫС. ЛЕТ ДО Н.Э.

- Поселение Чаталхеюк, существовавшее 9 тыс. лет, состояло из тысяч домов и не имело улиц.
- Для того чтобы попасть внутрь дома, жители города должны были воспользоваться лестницей.
- Образ жизни мужчин и женщин не имел существенных отличий: мужчины охотились на диких животных, женщины занимались сбором дикорастущих растений. Но и те и другие играли важную роль в социальном и религиозном устройстве общества.

Ранние земледельческие сообщества имели матриархатную форму социального устройства, означающую, что женщина обладала преимущественным по сравнению с мужчиной правом **на имущество и наследование**.

Повелительница восседает на шкурах леопардов, а ее руки покоятся на головах хищников (рис. слева на стр. 60).

Из отчетов этой экспедиции широкая общественность узнала о существовании могущественной женщины из Чаталхеюка.

Мария Гимбутас (Marija Gimbutas), сотрудница Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе в книге «Богини и боги древней Европы» (1982 г.) утверждает, что в земледельческих поселениях Европы матриархат был основной формой устройства общества. Лишь с появлением металлургии и обострением межплеменных конфликтов ему на смену пришел патриархат. Однако результаты последних исследований показали, что не следует прибегать к обобщению, так как в различных социальных группах древности, как и в наше время, наблюдались разные отношения между полами. Развитие современного общества доказывает, что при определенном стечении обстоятельств женщина может занимать лидирующее положение. Новые данные позволяют нам взглянуть на проблему

шире, и существование древнего поселения в Чаталхеюке – лишнее тому подтверждение.

Мы – то, что мы едим

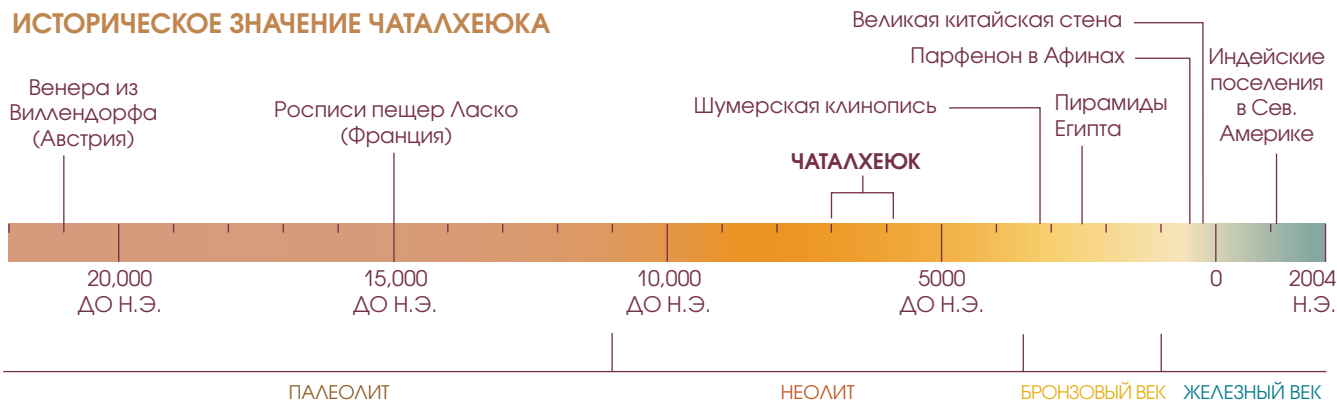
Сегодня изучены лишь 4% всей площади поселения Чаталхеюк, однако ученым удалось открыть 18 культурных

слоев, сформировавшихся за 1200 лет. Их исследования позволили получить достоверную информацию о взаимоотношении полов, основанную на анализе рациона питания. Известно, что лишь доминирующая в обществе группа может обеспечить себя полноценной пищей. ▶

ПЕРВОНАЧАЛЬНО Чаталхеюк располагался у реки и был окружен болотами. Теперь река пересохла, и область, расположенная на высоте 3000 футов над уровнем моря на Анатолийском плато, покрыта плодородными пшеничными полями.



ИСТОРИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЧАТАЛХЕЮКА



NINA FINKEL

ДОМА КАМЕННОГО ВЕКА

В 1958 г. на холмах центральной Турции археологами было обнаружено поселение каменного века. Общество Чаталхюека отличалось высоким уровнем развития социальных и религиозных отношений. Здесь процветали ремесла и искусство. Древние строители на старые строения возводили новые, создавая тем самым определенное единообразие в застройке. При этом на различных уровнях планировка помещений значительно отличалась от предыдущей.

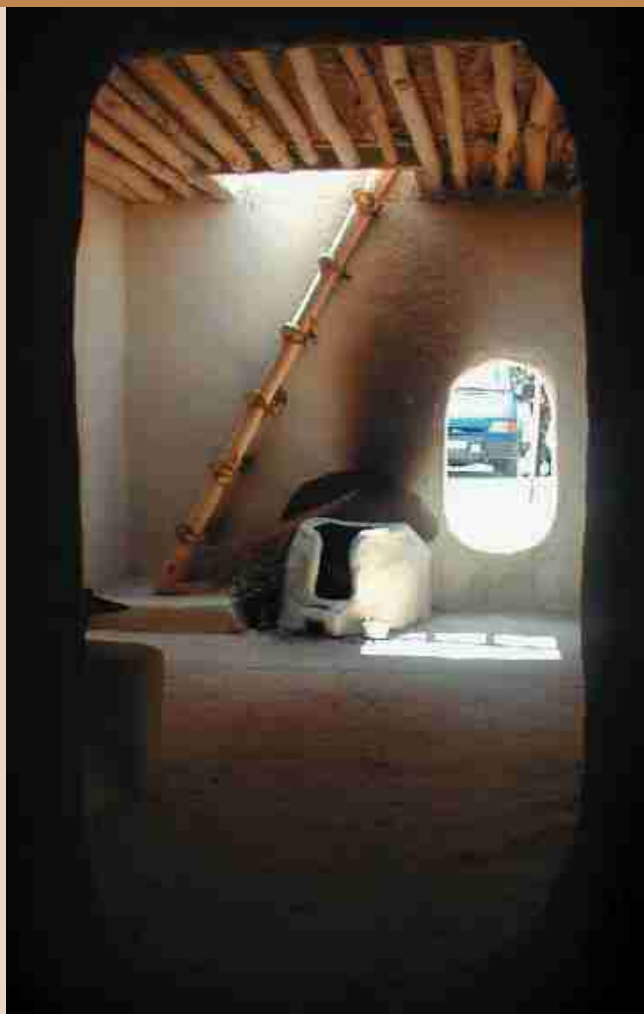
Неизменным оставались: размер кирпича, дверной проем, местоположение очага и площадь прямоугольного помещения, которая варьировалась от 11 до 48 кв. м. Все дома были одноэтажными. Основу конструкции составляли бревна, необожженный кирпич, камыш. Стены покрывались штукатуркой. Крышу делали из тростника, покрывали цинковками, а сверху наносили тонкий слой глины.

Входной проем располагался на крыше здания и использовался как дымоход. В каждом доме была лестница из бруса. В центральной комнате жители готовили, принимали пищу и спали. Кухня всегда строилась выходом на южную сторону, что обеспечивало хорошую вентиляцию помещения. Вторая комната использовалась как кладовка и соединялась с первой низким дверным проемом.

Вдоль стен были встроены откидывающиеся поверхности, напоминающие лавки. Их древние жители использовали для еды, работы и сна. Оштукатуренные лавки покрывались камышом или принадлежностями для сна. В помещении размещалось не более восьми спальных мест.

На месте раскопок не было найдено колодцев, но обнаружены выгребные ямы, для дезинфекции которых использовалась зола. В домах поддерживались чистота и порядок.

Вряд ли жители Чаталхюека строили дома с дверным проемом на крыше, руководствуясь соображениями безопасности. На протяжении 1200 лет этот город не подвергался нашествиям врагов. До сих пор остается неясным, почему люди покинули этот город.



Археологи попытались воссоздать модель жилища из Чаталхюека: поверхность стен и мебели отшлифовали с помощью каменных орудий, воспроизвели роспись на стенах.



CATALHÖYÜK RESEARCH PROJECT

Жители Чаталхеюка хоронили умерших в подполе своего жилища, где были обнаружены 62 захоронения. Майк Ричардс (Mike Richards) и Джессика Пирсон (Jessica Pearson) из Оксфордского университета провели изотопный анализ костей, взятых с места раскопок. Он не показал различий в питании мужчин и женщин. Состояние зубов оказалось одинаковым, с той лишь разницей, что у женщин было выявлено больше случаев заболевания кариесом. Анализ одежды и состояние костей также показал, что в образе жизни полов не было различий. Исследования ребер древних дали неожиданные результаты: на них обнаружили темные пятна, оказавшиеся отложениями углерода.

Это открытие позволило сделать вывод о том, что жилища земледельцев представляли собой небольшие помещения с покрытыми сажей стенами. Обитатели построек, особенно в зимний период, проводили основную часть времени в дымных помещениях, что и способствовало накоплению сажи в легких. Соответственно, после разложения трупа углерод из легких образовывал отложения на реберных костях. Поскольку налет был обнаружен и у мужчин и у женщин, был сделан вывод о том, что различия в образе жизни людей, населявших Чаталхеюк, не существовало. Измерения останков показали, что мужчины были выше и худее женщин, так что неудивительно, что образ полной дамы нашел воплощение в древних культовых статуэтках.

Погребальные ритуалы

Через год после погребения некоторые тела обезглавливались. Чтобы воссоздать черты лица покойного, некоторые черепа покрывались глиной. Головы умерших, принадлежавших, скорее всего, основателям рода или уважаемым жителям, использовались в культовых обрядах и домашних ритуалах, что характерно для ранних земледельческих общин Турции и Ближнего Востока.

Поскольку для ритуальных целей использовались головы умерших обоих полов, то можно предположить, что древние люди Чаталхеюка определяли свой род как по женской, так и по мужской линии.

При проведении раскопок изучалось расположение могил, захоронения мужчин и женщин (в том числе – на правой или левой стороне не лежит тело, в какую часть света оно направлено), а также – погребальные дары, которые могут многое рассказать археологам о социальном статусе умершего. Но результаты проведенных исследований не позволили сделать однозначных выводов о главенстве одного из полов.

Если в погребальном ритуале не существовало различий между мужчинами и женщинами, то могло ли оно быть в повседневной жизни? Соответствуют ли действительности утверждения о том, что мужчины изготавливали орудия труда, а женщины делали посуду и готовили пищу? Археологи не могут прийти к единому мнению.

Очаг, неизменный атрибут каждого дома, использовался для приготовления пищи. Исследователи нашли здесь золу и размолотые зерна злаковых культур, что свидетельствовало о том, что главой семьи могла быть женщина. Данную гипотезу подтверждает и то, что младенцев хоронили у очага. В остатках золы были обнаружены осколки вулканического стекла, доставлявшегося из центральной Турции. Из него могли изготавливаться орудия труда.



КАК И ЭТОТ девятимесячный ребенок, покойники помещались в корзины или накрывались циновками. Их хоронили в подполе или под лавкой. Известь, покрывавшая пол, и дым от очага заглушали зловоние разлагающегося тела.

Жизнь скоротечна, а искусство вечно

Изучая захоронения жителей Чаталхеюка, трудно определить, каков был социальный статус каждого из полов. Но помогут ли исследования художественного наследия обнаружить различия?

Кости животных, найденные на месте раскопок в Чаталхеюке, по мнению Рисса Рассела (Rissa Russel) из Корнеллского университета и Луизы Мартин (Louise Martin) из Лондонского университета, могли принадлежать древним быкам. Большое ▶

ОБ АВТОРЕ:

Ян Ходдер (Jan Hodder) – с 1977 по 1999 год профессор Кембриджского университета. Сейчас он возглавляет факультет культуры и социальной антропологии в Стэнфордском университете и руководит археологическими экспедициями. Автор книг: «Символы в действии» (Symbols in Action) (1982), «Настоящее и прошлое» (The Present Past) (1982), «Читая прошлое» (Reading Past) (1986), «Приручение Европы» (The Domestication of Europe) (1990), «Теория и практика археологии» (Theory and practice in Archaeology) (1992), «Археологические раскопки» (The Archaeological process) (1999).

Ученые не смогли отнести общественное устройство Чаталхеюка ни к патриархату, ни к матриархату. **Образ жизни людей** не определялся половой принадлежностью. Образ мужчины доминировал лишь в связи с ритуальными пиршествами.

количество останков позволило предположить, что мясо быков было традиционным блюдом на праздничных пиршествах жителей древнего поселения. Мужчины и быки часто соседствуют в сюжетах настенных росписей и скульптур, что подтверждает существование ритуала съедания быка.

Изотопный анализ костных тканей мужчин и женщин не выявил различий в рационе питания, поэтому ученые предположили, что в торжественных трапезах принимали участие и женщины. На росписях со сценами охоты и пиров древние художники увековечили только мужские образы. Тем более загадочной представляется фигурка повелительницы, восседающей на леопардовой шкуре. Этот сюжет явно говорит о ее высоком

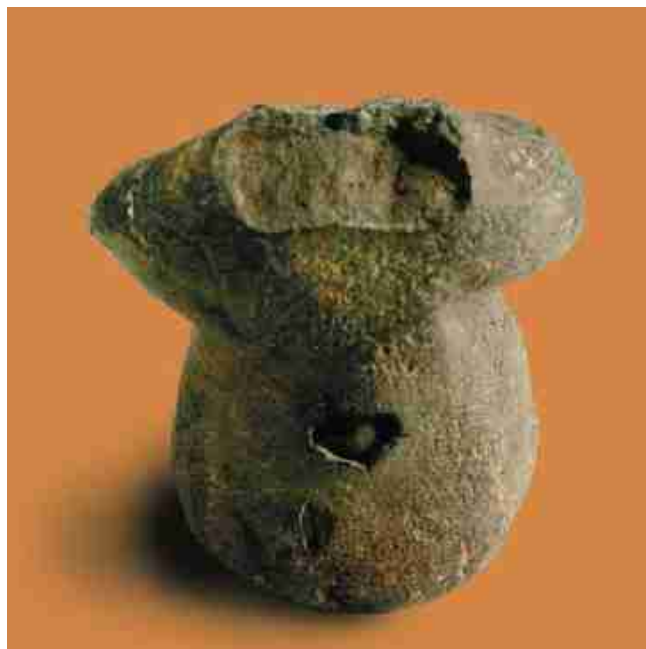
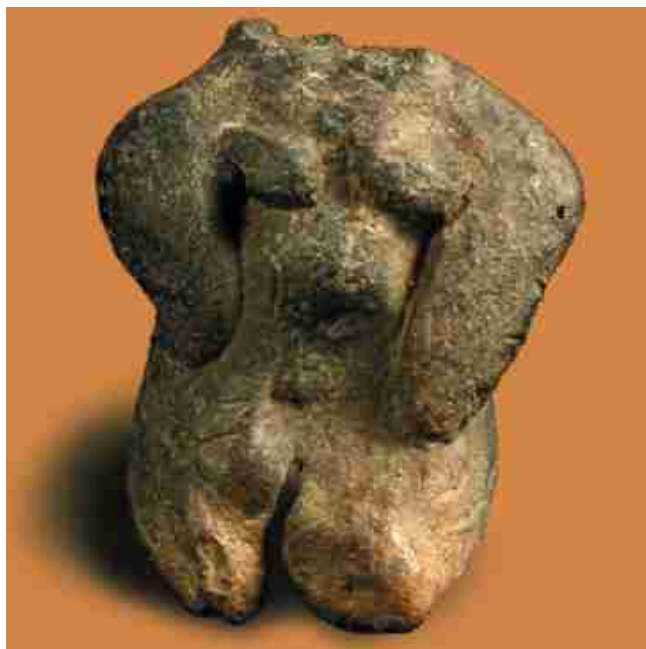
социальном статусе. Во время раскопок была обнаружена также статуэтка женщины, в спине которой красовалось семя дикорастущего растения. Отдельные росписи изображают представительниц прекрасного пола, собирающих растения.

За исключением упомянутых выше сцен сбора растений, исследователи не встретили сюжетов, связанных с земледелием. Все внутренние стены домов покрывали изображения быков, при этом на емкостях для хранения зерна и горшках роспись отсутствовала. Создается впечатление, что в живописи и скульптуре чередуются два разных сюжета: один – где мужчины заняты охотой на диких животных, и второй – в котором женщины запечатлены в окружении растений.

На самом деле все оказалось гораздо сложнее, что подтвердили исследования новых культурных слоев. Женские статуэтки были найдены в емкостях для хранения зерна, находившихся на третьем или четвертом уровне (всего их восемнадцать). В процессе социального становления общества земледелие играло все более заметную роль. Сначала в живописи продолжали доминировать дикие животные и сцены охоты на них, но постепенно древние живописцы больше внимания стали уделять сюжетам, связанным с земледелием. В скульптуре образ женщины все чаще связывался с миром растений.

Со временем роль женщины в развитии земледелия становится все более значительной. Следы развития земледелия и изменения социальной

МИНИАТЮРНАЯ статуэтка женщины, в спине которой запечатлено зерно, символизирует плодородие.





НА ОДНОЙ из внутренних стен жилища археологи обнаружили настенную роспись, в центре которой размещался огромный красный бык (1,8 м), окруженный небольшими фигурками мужчин. Возможно, сюжет посвящен пиршеству или иному ритуалу, связанному с культом быка.

роли представительниц прекрасного пола особенно заметны в верхних культурных слоях. Очаги, расположенные во внутренних дворах, свидетельствовали о появлении некой специализации в процессе приготовления пищи. Найденные здесь орудия труда и керамическая посуда говорят о высоком уровне развития древних технологий. Обнаруженная при раскопках древняя печать навела археологов на мысль о развитии частной собственности.

Обобщив все данные, полученные в ходе раскопок, ученые не смогли отнести общественное устройство Чаталхюка ни к патриархату, ни к матриархату. Образ жизни людей не определялся половой принадлежностью. Каждый мог заниматься изготовлением орудий труда, по-

молот зерна, приготовлением пищи и ведением домашнего хозяйства. Образ мужчины доминировал лишь в связи с ритуальными пиршествами.

Как ни странно, раскопки поздних культурных слоев дали меньше инфор-

мации, чем предыдущие. Надеемся, что дальнейшие исследования, которые будут проводиться еще пять лет, откроют завесу тайны в отношениях между мужчиной и женщиной в эпоху неолита. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Neolithic City in Turkey. James Mellaart in *Scientific American*, Vol. TK, No. TK, pages 94–104; April 1964.
- *Batal Ньюуык: A Neolithic Town in Anatolia*. James Mellaart. Thames and Hudson, 1967.
- *On the Surface BatalНьюуык 1993–95*. Edited by Ian Hodder. McDonald Institute for Archaeological
- *Research/British Institute of Archaeology at Ankara, Monograph No. 22, 1996.*
- *Why Settle Down? The Mystery of Communities*. Michael Balter in *Science*, Vol. 282, pages 1442–1445; November 20, 1998.
- *A Tale of Two Archaeologists*. Robert Kunzig in *Discover*, Vol. 20, No. 5, pages 84–92; May 1999.
- www.catalhoyuk.org, catal.arch.cam.ac.uk/catal/catal.html and www.smm.org/catal



КОГДА ВЕСНА В разгаре

Дэниел Гроссман

Глобальное потепление климата нарушает в экосистемах синхронизацию жизненных циклов взаимозависимых видов живых существ.

Детство английского натуралиста Аластера Фиттера (Alaster Fitter) пришлось на 1950-е гг. В то время он жил за городом и часто бродил с отцом по окрестным лесам и полям. Его отцу, маститому естествоиспытателю, автору 30 книг, всю жизнь регистрировавшему сроки цветения сотен видов растений, весеннего прилета птиц, осеннего исчезновения бабочек и других сезонных явлений природы, сегодня уже 90 лет. Ричард Фиттер не мог и предположить, что его записи когда-нибудь будут востребованы.

Аластер пошел по стопам отца: он также стал естествоиспытателем, а затем и профессором экологии в Йоркском университете. Тогда-то он и осознал всю ценность дневников Фиттера-старшего: лишь очень немногие натуралисты регистрировали в течение столь длительного времени и в одном и том же месте хронологию различных явлений из жизни множества живых существ. В 2001 г. Аластер решил повнимательнее просмотреть записи – результат 47-летних наблюдений за природой. К тому времени ученым уже было известно, что на Земле происходит резкое потепление климата. За последние 200 лет температура на поверхности планеты увеличилась на 0,6°С, а 1990-е гг. оказались самым

теплым десятилетием за всю историю климатологических наблюдений. Аластер надеялся подтвердить выводы климатологов с помощью наблюдений своего отца.

Обнаруженные факты повергли ученого в изумление. Когда он сравнил сроки цветения растений в 1990-х гг. и за четыре предшествующих десятилетия, оказалось, что 385 видов начали зацветать в среднем на 4,5 дня, а 60 видов – на две недели раньше, чем в прошлом (см. иллюстрацию на стр. 69). Это указывало на то, что, по крайней мере, в окрестностях Оксфорда (Англия) климат изменяется чрезвычайно быстро.

Статья, опубликованная Фиттерами в журнале Science в 2002 г., всего лишь одна из множества публикаций, свидетельствующих о стремительном изменении жизненных циклов растений и животных во всем мире. Анализу этой проблемы посвящен специальный отчет Межправительственной комиссии по климатическим изменениям, опубликованный в 2002 г. и обобщающий данные 2500 исследований. В некоторых из них зависимость между жизненными циклами живых существ и температурой воздуха прослежена на протяжении последних 20 лет. Из более чем 500 изученных в них видов птиц, амфибий и

других организмов 80% обнаруживали такие изменения сроков размножения или миграции, продолжительности вегетационного периода, размеров или распределения популяций, какие можно было предсказать на основании повышения температуры окружающей среды.

Ученые также пытались выяснить, оказывает ли глобальное потепление неблагоприятное влияние на взаимоотношения между растениями и животными в пределах экосистем. Многие данные подтвердили некоторые мрачные прогнозы Фиттера-старшего: повышение температуры нарушает связь между организмами в пищевых сетях и ухудшает приспособленность некоторых видов к своим местообитаниям. Автор одной из работ даже уверен, что вследствие глобального потепления в изученном им регионе планеты каждые 15 лет будет исчезать по меньшей мере один вид живых существ.

О птицах и гусеницах

В небольшом кабинете Нидерландского института экологии под столом ползает Марсель Виссер (Marcel Visser) – заведующий отделением популяционной биологии. Он ловит залетевшую в окно большую синицу – предмет его многолетних изысканий. Возглав- ▶

ляемая ученым программа по изучению этих птиц изначально не была связана с исследованием глобального потепления, ее целью было изучение местных популяций пернатых. Но под руководством Виссера проект перерос в уникальное исследование каскадных эффектов глобального потепления в пищевых сетях.

В национальном парке *Hoge Veluwe* – обширном массиве леса, раскинувшимся вокруг института экологии, большие синицы приступают к спариванию и гнездованию в апреле-мае. В это же время начинает свои наблюдения и Виссер. Ученый следит за поведением и здоровьем 400 пар синиц, поселившихся в развешенных по всему парку искусственных гнездовьях. Ранним майским утром орнитолог кладет себе на плечо невысокую алюминиевую стремянку, седлает желтый велосипед и отправляется инспектировать птичьи домики. Он залезает на развесистый дуб, устанавливает внутри синичника маленькую металлическую западню и, спустившись на землю, терпеливо выжидает. Через несколько минут в ловушке оказывается хозяин или хозяйка домика. С помощью рулетки ученый осторожно делает несколько обмеров птицы и взвешивает ее на миниатюрных весах. Виссер навещает каждого синичника раз в неделю, а после того, как вылупляются птенцы, – каждый день.

Факты, обнаруженные орнитологом, на первый взгляд кажутся вполне безобидными: несмотря на то что за прошедшие десятилетия весенние

температуры воздуха в данном регионе сильно возросли (особенно между 16 апреля и 15 мая), синицы продолжают откладывать яйца в то же самое время, что и в 1985 г. Но если на сроках гнездования синиц потепление климата не отразилось, то гусеницы зимней пяденицы, которыми питаются птенцы, почувствовали его сразу (см. график на стр. 69). Сегодня пик изобилия этих гусениц отмечается на 25 дней раньше, чем в 1985 г., когда по времени он в точности совпадал с вылуплением птенцов синиц. Сейчас большинство птенцов появляется на свет ближе к завершению периода изобилия гусениц, и, таким образом, многим птицам не хватает корма. Гусеницы зимней пяденицы достаются только тем пернатым, которые вылупляются в наиболее ранние сроки. Потепление привело к нарушению синхронности не только сезонных ритмов птиц и гусениц: Виссер обратил внимание и на начальное звено пищевой цепи – взаимоотношения между гусеницами и их пищей, молодыми листьями дуба. Чтобы выжить, насекомые должны точно приурочить свое вылупление к тому времени, когда на ветках дуба начинают лопаться почки и разворачиваться нежные листья. Если гусеница выйдет из яйца хотя бы на пять дней раньше или на две недели позже, когда в листьях дуба начнет накапливаться таннин и они станут несъедобными, в обоих случаях она останется без корма. Виссер обнаружил, что в парке *Hoge Veluwe* дубовые почки лопаются на 10 дней позже,

а зимние пяденицы вылупляются на 15 дней раньше, чем 20 лет назад. Появление на свет гусениц за несколько дней до созревания дубовых листьев отмечалось и в 1985 г., но сегодня этот период времени увеличился и составил восемь дней.

Исследование Виссера показывает, что популяция зимней пяденицы в национальном парке сокращается. Но главное беспокойство ученого вызывают не последствия этого сокращения для парковой большой синицы (в конце концов, численность гусениц и бабочек из года в год колеблется), а угроза уменьшения численности популяций многих других обитателей парка. Результаты его работы заставляют думать, что уязвимость к климатическим изменениям становится сегодня универсальной характеристикой всех экосистем планеты. По мнению некоторых исследователей, этот процесс лучше всего объясняет нехитрая схема, предложенная в 1960 г. морским биологом Дэвидом Кашингом (David Cushing).

Соответствия и несоответствия

Пытаясь проанализировать отмечающиеся из года в год колебания численности трески, Кашинг обратил внимание на зоопланктон – основную пищу мальков этой рыбы. Оказалось, что наиболее высокая численность молоди трески наблюдается в те годы, когда синхронизированы жизненные циклы зоопланктона и его корма – фитопланктона. Такую удачную для рыбы ситуацию ученый назвал соответствием (*match*). Противоположная ситуация – несоответствие (*mismatch*) – складывается в том случае, когда жизненный цикл зоопланктона не синхронизирован с жизненным циклом его корма. Она может обернуться для мальков трески нехваткой пищи и заставить их уйти на глубину.

Привлекательность гипотезы соответствий-несоответствий состоит в том, что она пригодна для описания самых разнообразных типов взаимоотноше-

ОБЗОР: ЭКОСИСТЕМЫ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ СТРЕСС

- Резкое потепление климата на планете уже привело к изменению взаимоотношений между различными видами организмов в некоторых экосистемах, нарушив связи в соответствующих пищевых цепях (например, между птицами и гусеницами).
- Некоторые признаки вызывают серьезные опасения: многие виды животных и растений могут оказаться под угрозой исчезновения.
- Данные исследований показывают, что изменение климата к концу последней ледниковой эпохи привело к глубокой трансформации существовавших в то время экосистем и вымиранию многочисленных видов организмов.



ЭКОЛОГ Аластер Фиттер (вверху) и его отец Ричард Фиттер показали, что в последние годы сотни видов английских растений изменили сроки зацветания. Большинство растений стали зацветать раньше, а буддлея (*Buddleja davidii*, слева) и некоторые другие виды – позднее, чем в прошлые годы.

ний между живыми существами. Так, с ее помощью можно описывать временные взаимоотношения как между хищниками и жертвами (например, между большими синицами и гусеницами пяденицы), так и между животными и растениями (например, между гусеницами и дубом). Подходит она и для различных видов растений. Например, Фиттерами было установлено, что изменение сроков цветения растений под влиянием климатических сдвигов у разных видов сильно варьирует.

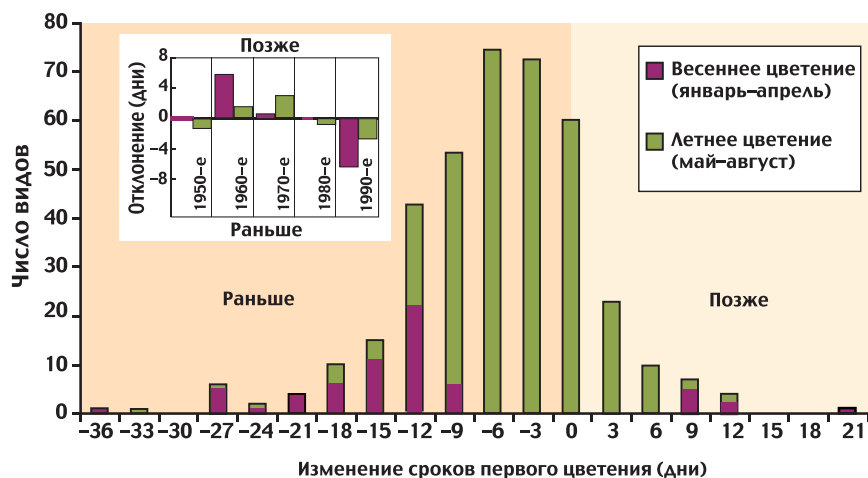
Поскольку «ситуации соответствия» часто возникают в результате синхронизации жизненных циклов разных видов, неудивительно, что климатические изменения обычно порождают «ситуации несоответствия». При этом одни виды реагируют на средние температуры среды, другие – только на экстремальные (например, резкое внезапное похолодание).

На температуру воздуха откликаются и синицы, и гусеницы, и дубы, но делают они это по-разному. Похоже, что сроки вылупления птенцов большой синицы предопределяются за месяц – когда птицы собираются отложить яйца. Виссер считает, что в парке *Hoge Veluwe* синицы определяют оптимальную дату откладыва-

ния яиц по температуре воздуха в начале весны. А сроки появления на свет гусениц зимней пяденицы зависят от сочетания двух факторов: количества морозных дней зимой и в начале весны (т.е. от количества дней, когда температура воздуха опускается ниже 0°C) и температуры воз-

духа в конце зимы и начале весны. Но если температура в парке зимой и в начале весны за последние десятилетия повысилась, то количество морозных дней не изменилось. И, наконец, сроки появления молодой листвы на дубах отчасти зависят от температуры воздуха в конце вес-

В 1991–2000 гг. (самое теплое десятилетие за всю историю климатологических наблюдений) 385 изученных видов растений зацветали на 4,5 дня раньше, чем в 1954–1990 гг. (В исследование не включены два вида, обнаружившие наиболее сильные сдвиги сроков цветения, – белая яснотка (*Lamium album*) (–55 дней) и буддлея (*Buddleja davidii*) (+36 дней). На врезе – смещение сроков зацветания растений, отмечавшееся в каждое десятилетие, по сравнению со средним сроком зацветания за весь период наблюдения (1954–2000 гг.).



WOLFGANG KAEHLER-CORBIS (left); DANIEL GROSSMAN (right); SOURCE: ALASTAIR AND RICHARD FITTER, Science; NADIA STRASSER (graph)



БЛАГОДАРЯ постоянному обмеру и взвешиванию больших синиц Марселю Виссеру (слева и вверху) из Нидерландского института экологии удалось изучить некоторые аспекты воздействия глобального потепления на состояние местной экосистемы. Исследование, начавшееся еще в 1955 г., позволило наглядно продемонстрировать, каким образом климатические изменения могут нарушать связи в пищевых цепях и взаимоотношения между различными организмами в экосистеме.



ны, которая с 1985 г. выросла на 2°С. На протяжении многих тысяч лет эволюции эти три вида живых существ синхронизировали свои жизненные циклы, руководствуясь различными факторами окружающей среды. Потепление климата нарушило сопряженность между ними, поставив организмы в совершенно новую ситуацию.

В этой связи животные, совершающие далекие миграции, стали сталки-

ваться с особыми проблемами. Сроки перемещения из одной среды в другую они, как правило, определяют, руководствуясь внешними ориентирами. Чтобы своевременно появиться в местах летнего гнездования, перелетные птицы должны точно определять время отлета с мест зимовки. Но ориентиры на местах зимовки далеко не всегда обнаруживают синхронные изменения с внешними факторами в местах гнездования (особенно если они раз-

ОБ АВТОРЕ:

Дэниел Гроссман (Daniel Grossman) – журналист, занимающийся экологической проблематикой уже 17 лет. В последнее время интересуется глобальным потеплением и его влиянием на экосистемы планеты.

Организмы научились синхронизировать свои жизненные циклы, руководствуясь некоторыми внешними ориентирами. Старые правила сегодня уже не действуют.

делены многими тысячами километров). Одна из причин этого состоит в том, что климат в разных уголках планеты меняется неоднородно. В тропиках, например, потепление выражено гораздо слабее, чем в умеренных широтах. К тому же, поскольку температура воздуха в тропиках не обнаруживает заметной корреляции с температурой в умеренных широтах, многие пернатые при определении сроков отлета с мест зимовки вообще не используют каких-либо климатических ориентиров. Поскольку их миграции всецело регулируются продолжительностью светлой части суток, а глобальное потепление на эту характеристику не влияет, подобные птицы все чаще сегодня прилетают на родину тогда, когда обзаводиться гнездами и птенцами уже бессмысленно.

По сообщению Кристиана Боты (Christiaan Both) из Гронингенского университета в Нидерландах, одной из жертв такого несоответствия стала мухоловка-пеструшка. Возвращаясь весной из тропической Западной Африки в парк *Hoge Veluwe*, эта птичка преодолевает 5000 км. Как и большая синица, она выкармливает птенцов гусеницами, а изобилие этого корма достигает сегодня максимума на 15 дней раньше, чем 20 лет назад. Сроки же прилета мухоловок с тех пор почти не изменились. По мнению Боты и Виссера, причина кроется в том, что сроки отлета мухоловок из Африки определяются продолжительностью светлой части суток, и птицы отправляются в путь под воздействием неадаптивных факторов.

Вернувшись в Нидерланды, пеструшки компенсируют поздние сроки прилета сокращением времени отдыха. С 1980 г. промежуток времени между прилетом и спариванием сократился у них на 10 дней. Но даже это не позво-

лило птицам приурочить вылупление птенцов к пику изобилия гусениц. Сегодня здоровые птенцы появляются только у тех мухоловок, которые максимально рано возвращаются на родину. Остальные либо вообще не выводят птенцов, либо дают потомство с недостаточной массой тела. В тех лесах, где гусеницы появляются в очень ранние сроки, мухоловки вовсе перестали гнездиться. Как отмечает Бота, их численность пока не снижается, но если потепление продолжится, то ситуация изменится – птицы не смогут еще больше сократить время отдыха между прилетом и спариванием. Ученые предполагают, что этим объясняется

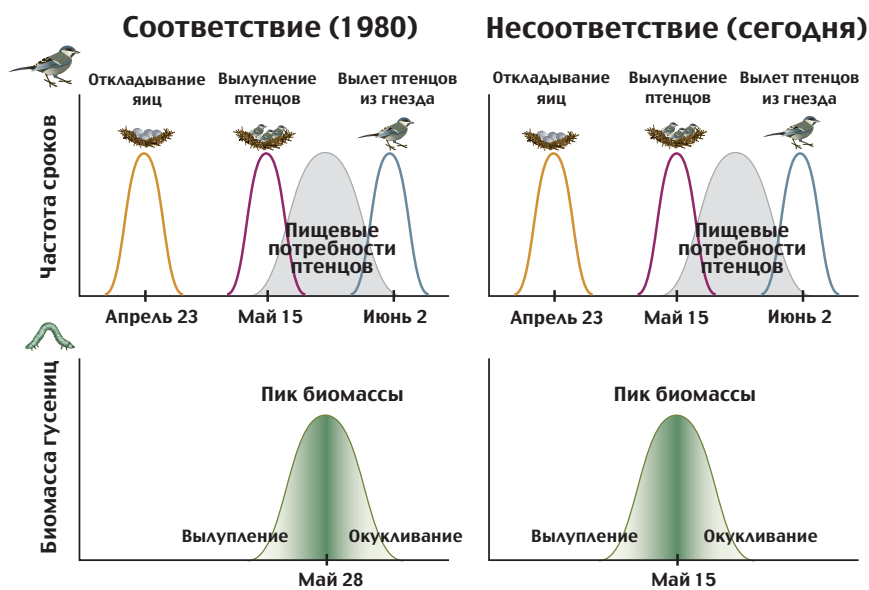
уменьшение численности и некоторых других перелетных птиц в Европе в последние годы.

Пингвиная дилемма

Несмотря на раздающиеся со всех сторон громкие сигналы тревоги, до сих пор было описано лишь несколько достоверных случаев, когда климатические изменения и вызванная ими десинхронизация жизненных циклов оказывали серьезное влияние на популяцию животных или растительных организмов.

Уильяму Фрейзеру (William Fraser), биологу из Университета штата Монтана, удалось показать, что измене- ▶

В условиях стресса, вызванного глобальным потеплением, пищевые связи между взаимозависимыми видами могут быть нарушены. В парке *Hoge Veluwe* почки на дубах начали раскрываться на несколько дней раньше, чем в прошлые годы. В результате пик общей биомассы гусениц зимней пяденицы (главного корма птенцов большой синицы) также отмечается раньше (справа), чем два десятилетия назад (слева). Поскольку сроки откладывания яиц у птиц не изменились, гусеницы достаются только тем птенцам, которые вылупляются в наиболее ранние сроки.



Многие виды уже реагируют на **глобальное потепление** смещением своих ареалов. Наименее мобильные из них остаются пока на месте.

ние климата приводит к вымиранию пингвинов Адели на Западном побережье Антарктического полуострова. Согласно данным ученого, за последние 30 лет численность этих птиц, гнездящихся на нескольких островах близ американской полярной станции Палмер, сократилась на 70%. Фрейзер полагает, что механизмы климатических изменений, влияющие на пингвинов, кардинально отличаются от тех, что действуют в европейских популяциях птиц.

Глобальное потепление отразилось на Антарктическом материке больше, чем на каком-либо другом регионе Земли. За последние 50 лет средняя зимняя температура повысилась здесь на 6°C, и участились снегопады. По словам Фрейзера, это привело к сокращению колоний пингвинов, обитающих на южных склонах гор. Дело в том, что южные склоны, защищенные в зимнее время от штормовых ветров, оттаивают весной в последнюю очередь, т.к. получают гораздо меньше солнечного тепла, чем северные (в Северном полушарии самые солнечные склоны – южные, а в Южном – северные). «Но так уж устроены пингвины Адели, – поясняет Фрейзер, – что для нормального существования им требуется смена окружающих условий в строжайшей хронологической последовательности, а дополнительное количество снега эту хронологию нарушает».

В октябре пингвины приплывают на острова и приступают к размножению. Свои гнезда они строят из камешков, поэтому почва должна быть полностью свободна от снега. Если снег вовремя не сходит, птицы нередко сооружают гнезда прямо на снежном покрове. Когда снег в конце концов тает, гнезда оказываются затопленными водой и зародыши в яй-

цах погибают. На протяжении последнего времени увеличение осадков в Антарктике значительно сократило пополнение колоний пингвинов молодыми птицами. Фрейзер называет эту ситуацию «несоответствием между физикой и биологией». По его прогнозам, если глобальное потепление будет происходить столь же стремительно, то пингвины в этом регионе Антарктики через 15 лет могут исчезнуть.

Однако многие растения и животные способны адаптироваться к изменяющимся условиям среды и могут избежать участи пингвинов Адели. Кристиан Бота проводит генетические исследования мухоловок-пеструшек; он пытается выяснить, не формируется ли в природе особый подвид этих птиц, для которого характерны ранние сроки миграции. Однако с проблемой потепления климата эволюция сможет справиться далеко не во всех случаях. Так, вполне вероятно, что в результате

естественного отбора в парке *Hoge Veluwe* и впрямь возникнет особый подвид большой синицы, который приурочит вылупление птенцов к массовому появлению гусениц на дубах. Но здесь птиц подстерегает опасность: прежде чем приступить к откладыванию яиц, самки синиц должны обеспечить себя кормом. Для этого они собирают насекомых на различных деревьях (главным образом на лиственницах и березах), которые покрываются зеленью раньше дуба. Но сроки появления почек на этих деревьях изменились не столь сильно, как у дубов. И если насекомые, питающиеся листвой берез и лиственниц, смогут синхронизировать свои жизненные циклы с появлением на них молодых листьев, то синицы окажутся не готовыми размножаться в более ранние сроки.

Некоторые птицы, насекомые и животные уже отреагировали на глобальное потепление сдвигом ареалов своего обитания к северу или в горные районы, в то время как растения (например деревья) растут там же, где произрастали и раньше. Терри Рут (Terry Root), биолог из Центра экологической политики Стэнфордского университета, предупреждает, что такое неодинаковое реагирование видов на климатические сдвиги может привести к гибели существующих экосистем и появлению на их месте новых, менее разнообразных в биологическом отношении. Проблему усугубляет и хозяйственная деятельность людей (строительство городов, ферм и шоссе), которая делает ландшафт еще более фрагментарным. Рут считает, что по данным анализа пыльцы растений, произраставших в конце последней ледниковой эпохи, можно судить о сценарии грядущих событий. Данные указывают на то, что по мере

ЗА ТРИ ДЕСЯТИЛЕТИЯ популяция пингвинов Адели сократилась на 70%.





Рост средних температур на Западном побережье Антарктического материка привел к усилению снегопадов. Талая вода заливает гнезда пингинов Адели и вызывает гибель зародышей в яйцах.

того как ледяной щит, покрывавший большую часть Северной Америки, отступал к северу, следом за ним в том же направлении перемещались и леса. Но по мере роста температур никакого синхронного перемещения целых сообществ к северу не происходило. Напротив, состав лесной флоры и фауны при этом все время менялся. Рут опасается, что нечто похожее может произойти и в результате нынешнего глобального потепления – возникновение новых экосистем и вымирание неприспособленных к ним видов живых существ.

Понятно, что для оценки реальных масштабов проблемы понадобятся дальнейшие исследования. А для этого необходимо будет решить некоторые загадки местного значения. Например, почему в парке *Hoge Veluwe* боль-

шие синицы не смогли синхронизировать свой жизненный цикл с циклом зимней пяденицы, а их сородичи, живущие на расположенной всего в 300 км биостанции под Кембрид-

жем, сумели это сделать в кратчайшие сроки? «Ясно одно, – говорит Аластер Фиттер, – природа внимательно следит за тем, что происходит с климатом. А он становится все хуже». ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

How Climate Change Alters Rhythms of the Wild. Bernice Weuthrich in *Science*, Vol. 287, No. 5454, pages 793–795; February 4, 2000.

Adjustment to Climate Change Is Constrained by Arrival Date in a Long-Distance Migrant Bird. Christiaan Both and Marcel E. Visser in *Nature*, Vol. 411, pages 296–298; May 17, 2001.

Climate Change and Biodiversity. Edited by Habiba Gitay, Avelina Suarez, Robert T. Watson and David Jon Dokken. IPCC Technical Paper, 2002. Available at www.ipcc.ch/pub/techrep.htm

Rapid Changes in Flowering Time in British Plants. A. H. Fitter and R.S.R. Fitter in *Science*, Vol. 296, pages 1689–1691; May 31, 2002.

Wildlife Responses to Climate Changes: North American Case Studies. Edited by Stephen H. Schneider and Terry L. Root. Island Press, 2002.

И Иоганн Кеплер, и Исаак Ньютон, и лорд Кельвин досадовали на длительность простых арифметических расчетов. Решение изящных уравнений требовало долгих монотонных вычислений. Ученые мечтали о небольшом и удобном вычислительном устройстве, способном складывать, вычитать, умножать, делить и запоминать промежуточные результаты.



ПЕРВЫЙ КАРМАННЫЙ арифмометр

Клифф Столл

Однако до 1947 г. таких устройств не существовало. Тогда в крошечном альпийском княжестве Лихтенштейн Курт Херцштарк (Curt Herzstark) построил самую оригинальную счетную машину – карманный арифмометр *Curta*, точность которого оставалась непревзойденной на протяжении четверти века. Реклама на задней обложке *Scientific American* за 1960 г. преподносит его как арифметическую панацею: «*Curta* – это прецизионная счетная машина для выполнения любых арифметических операций: сложения, вычитания, умножения, деления, извлечения квадратных и кубических корней. Она выполняет любые научные и торговые расчеты... Вы можете бесплатно опробовать ее!.. Цена: \$125».

Бочонок, похожий на мельницу для перца, своими способностями не уступает современному карманному калькулятору за \$10. Но при этом он представляет собой чисто механическое устройство – ни батареек, ни клавиатуры, ни жидкокристаллического дисплея. Вы держите *Curta* в левой руке, а правой выполняете расчеты. Чтобы сложить два числа, необходимо набрать их с помощью маленьких движков, прокрутить ручку на один оборот и считать результат в маленьких окошках, расположенных по кругу на верхнем торце устройства.

Машинка также может умножать и делить. Правда, чтобы перемножить два больших числа, ручку приходится прокрутить много раз. Здесь нет выключате-

ля, но содержимое памяти сбрасывается удобным для пальца кольцом. Для извлечения квадратных и кубических корней нужно иметь при себе специальные таблицы и помнить несколько простых алгоритмов. В отличие от логарифмической линейки, выдающей результат с точностью до трех-четырёх значащих цифр, арифмометр оперирует 11 разрядами – не каждый электронный калькулятор способен на такое.

Итак, *Curta* выполняет арифметические расчеты. Почему же его называли «сокровищем цивилизации» и «чудом техники»? Почему коллекционеры хоят и лелеют эти механические приборы, если любой электронный калькулятор работает намного быстрее?

Потому, что впечатляющие арифметические способности сочетаются в нем с механическим изяществом и надежностью. Числовые движки перемещаются легко и плавно, ручка вращается без усилий, цифры, выгравированные на магнии, выскакивают без перекосов и заеданий. Во время работы стальной механизм приятно урчит.

Кроме того, прибор весьма удобен. Во избежание ошибок вводимые числа, количество оборотов ручки и полученный результат отображаются в отдельных окошках. Маленькие стопоры подсказывают пальцам, что очередная цифра введена и что результат готов. Ошибку легко исправить, но храповик не позволит вам сломать механизм, вращая ручку в обратную сторону. Результат

нельзя стереть по ошибке, так как кольцо сброса невозможно повернуть случайно.

Curta сочетает в своем компактном цилиндрическом корпусе точность швейцарских часов с тщательностью конструкции старой фотокамеры *Nikon F* и изяществом танго. В 1950 г. его портативность поражала инженеров: арифмометр, который можно носить с собой! Но удивительнее всего то, что замечательное устройство родилось в концлагере Бухенвальд.

Трудности миниатюризации

Как сегодня люди грезят о легких портативных компьютерах, так раньше инженеры и счетоводы мечтали о портативной математической машине. В 1855 г. Тома де Кольма (Thomas de Colmar) построил для Парижской выставки сумматор размером с рояль. Через 50 лет был создан *Millionaire Calculator*, который мог не только складывать и вычитать, но также умножать и делить. Однако он весил около 27 кг. Чтобы получить карманный арифмометр, цивилизации пришлось дожидаться Курта Херцштарка.

Гениальный изобретатель родился в 1902 г. и вырос среди арифмометров. Его отец сначала торговал в Вене конторскими машинами *Remington* и *Burroughs*, а позже построил свой завод по производству арифмометров. Дело процветало, и вскоре юный Курт уже демонстрировал суммирующие машины по всей Австрии. ▶

Во время Первой мировой войны семейный завод Херцштарков выпускал военную продукцию. После войны отец Курта торговал подержанными арифмометрами, пока не восстановил изношенное и вышедшее из строя заводское оборудование. Тем временем появились конкуренты, в том числе Фриц Вальтер (Fritz Walther), известный производитель автоматических пистолетов, чей бизнес пострадал в результате послевоенного разоружения. Оценив перспективность конторских машин, он превратил свой оружейный завод в фабрику по производству электрических арифмометров.

В 30-х гг. рынок калькуляторов непрерывно расширялся. «Однако кое-чего все же не хватало, – вспоминал позднее Херцштарк – Всюду предлагались великолепные, дорогие большие машины. А прорабы, архитекторы, таможенники говорили мне, что им нужен арифмометр, который помещался бы в кармане – не могут же они каждый раз ездить за 10 км в свою контору, чтобы сложить несколько чисел!»

Monroe, Friden и Marchant, словно часовщики, пытались уменьшить размеры счетных машин, но особого успеха не добились. В антикварной лавке еще можно найти миниатюрный арифмометр тех лет. Например, «легкий» *Marchant* весит 15 кг. Он оснащен девятью столбцами кнопок и неуклюжей кареткой, вращающей 18 механических индикаторов; две большие ручки сбоку вызывают воспоминание об автомобиле *Ford* модели *T*. Бухгалтеры носили такие арифмометры в чемоданах. Вот что означала портативность в 1935 г.

Видя тщетность многочисленных попыток миниатюризации конторских машин, Херцштарк в свои 30 лет решил начать все с самого начала: «Представим, что я уже все изобрел. Как должна выглядеть машина, чтобы ею можно было пользоваться? Арифмометр не должен быть похож на куб или линейку. Это должен быть цилиндр, который удобно держать одной рукой, чтобы другой можно было манипулировать органами управления на верхней и боковой сторонах. Ответ может появляться на торце».

Как хороший программист Херцштарк начал с пользовательского интерфейса, не позволив механизму диктовать конструкцию. Вместо клавиатуры как у пишущей машинки он решил разместить движки по бокам вокруг цилиндра, чтобы цифры можно было вводить скользящими движениями пальцев. Такой подход позволил освободить место для регистра результатов на верхней стороне корпуса и удобно разместить приводную ручку.

Обычно в арифмометрах для расчета каждой цифры ответа использовались отдельные механизмы. Так, у калькулятора *Friden* было 10 столбцов клавиш для ввода числа и 10 отдельных вычислительных механизмов – дорогая и тяжелая конструкция. Херцштарк понимал, что можно обойтись одним вычислительным механизмом, если удастся последовательно использовать его для каждого разряда. У арифмометра может быть восемь движков для ввода цифр, но все арифметические действия должны выполнять зубцы одного центрального барабана – это позволит существ-

венно уменьшить размеры и вес устройства.

В 1937 г. Херцштарк уже знал, как с помощью одного вращающегося барабана выполнять сложение и умножение, но на вычитании и делении механизм споткнулся. Использовать вращение ручки в обратную сторону невозможно: сложение двух цифр часто приводит к переносу после завершения операции, а при вычитании может потребоваться предварительный заем. Простой зубчатый барабан не способен продумывать вычисления на шаг вперед.

Однажды Херцштарк ехал в купе через Шварцвальд, и вдруг его осенило: «Черт возьми! Чтобы получить результат вычитания, можно просто к уменьшаемому прибавить дополнение вычитаемого!»

Чтобы найти дополнение числа до девятки, нужно вычесть каждую его цифру из 9. Прибавляя к одному числу дополнение другого, можно моделировать вычитание. Например, чтобы найти результат вычитания 4 890 из 788 139, находим сначала дополнение числа 004 890 до девяток: 995 109. Суммируем 788 139 и 995 109, получаем 1 783 248. Теперь удаляем старший разряд и получаем окончательный ответ: 783 248. Здорово, не правда ли? Тот же метод используется в современных компьютерах.

В арифмометре Херцштарка всего один вращающийся барабан, но с двумя наборами зубцов: один для сложения, а другой для вычитания. Если поднять ручку на 3 мм, в зацепление входят зубцы для прибавления дополнения числа до девяток. Вычитание осуществляется так же легко, как сложение.

Умножение и деление сводятся к многократному сложению и вычитанию, а поскольку регистр результата можно поворачивать относительно движков ввода, операцию можно существенно ускорить. Чтобы умножить некое число на 31 415, не нужно проворачивать ручку более 30 тыс. раз – подвижная каретка уменьшает требуемое число оборотов до 14:5 оборотов для пятерки, один – для 10, 4 – для 400, один – для 1 000 и 3 – для 30 000.

К концу 1937 г. Херцштарк был готов к созданию карманного арифмометра,

ОБЗОР: АРИФМОМЕТР CURTA

- Первое прецизионное счетное устройство, умещавшееся в руке, было не электронным, а механическим. Арифмометр *Curta* мог складывать, вычитать, умножать, делить и помогал находить квадратные корни. В отличие от логарифмической линейки, он выдавал результат с точностью до 11 знаков.
- Изобретатель Курт Херцштарк разработал *Curta* во время Второй мировой войны. Для уменьшения размеров и массы устройства он использовал новые математические и механические приемы.
- Широко применявшийся в 50-х и 60-х гг., *Curta* сдал свои позиции только в 70-х, когда появились электронные карманные калькуляторы.

способного выполнять все четыре арифметических действия. Но тут к власти пришел Гитлер.

В Бухенвальде

В марте 1938 г. в Австрию вступили германские войска. Сын католички и еврея, Херцштарк оказался в опасности: «Первые недели были сплошным кошмаром. Оккупация, антисемитизм и другие ужасы». На завод явились с проверкой нацистские офицеры. К удивлению Херцштарка, они поручили ему изготовление прецизионных изделий для армии. После односторонних переговоров его завод начал выпускать приборы для танков.

Несколько лет все шло хорошо. «Но в 1943 г. двое с завода были арестованы, – рассказывает Херцштарк – Они слушали британское радио и печатали переводы на пишущей машинке. Машинку нашли и выяснили, что она принадлежит одному из механиков. Ему отрубили голову. Другого приговорили к пожизненному заключению, что было гораздо хуже. Я попытался заступиться за него в гестапо, но офицер вышвырнул меня прочь. Вскоре меня вызвали в качестве свидетеля и арестовали – не правда ли здорово? В моем доме провели обыск, и, разумеется, не было никакого суда. Меня необоснованно обвинили в поддержке евреев и любовных отношениях с арийской женщиной. Позднее я узнал, что при схожих обстоятельствах были арестованы десятки людей».

Эсэсовцы бросили Херцштарка в печально известную тюрьму Панкратц, где пытки были обыденным делом. «Меня и еще 50 человек держали в камере, где не было ничего – ни кроватей, ни уборной, вообще ничего. И мне даже повезло, что меня отправили в концентрационный лагерь Бухенвальд. Там меня поместили в рабочий барак, где, как мне казалось, я и умру. Стоял ноябрь, а у меня не было ничего, кроме рубахи, арестантских штанов, деревянных башмаков и вязаной шапочки. Я работал садовником и был совершенно истощен. Отчаяние овладело мной, я ждал смерти».

Однажды Херцштарка вызвали к начальнику лагеря. «Я ознакомился с твоим делом, – сказал эсэсовец, – Ты поста-

КУРТ ХЕРЦШТАРК, изобретатель *Curta*, познакомился с механическими счетными машинами еще в детстве: их выпускал семейный завод Херцштарков. В 1910 г. в возрасте 8 лет он лихо перемножал пяти- и шестизначные числа на международной выставке в Вене (верхний снимок). В 1985 г., когда ему было 83 года, его сфотографировали за тем же занятием.



влял приборы и оборудование для армии, да? Слушай внимательно. Если будешь послушно выполнять наши распоряжения, мы тебя пощадим. Я направляю тебя на завод при лагере. Будешь работать хорошо, останешься в живых».

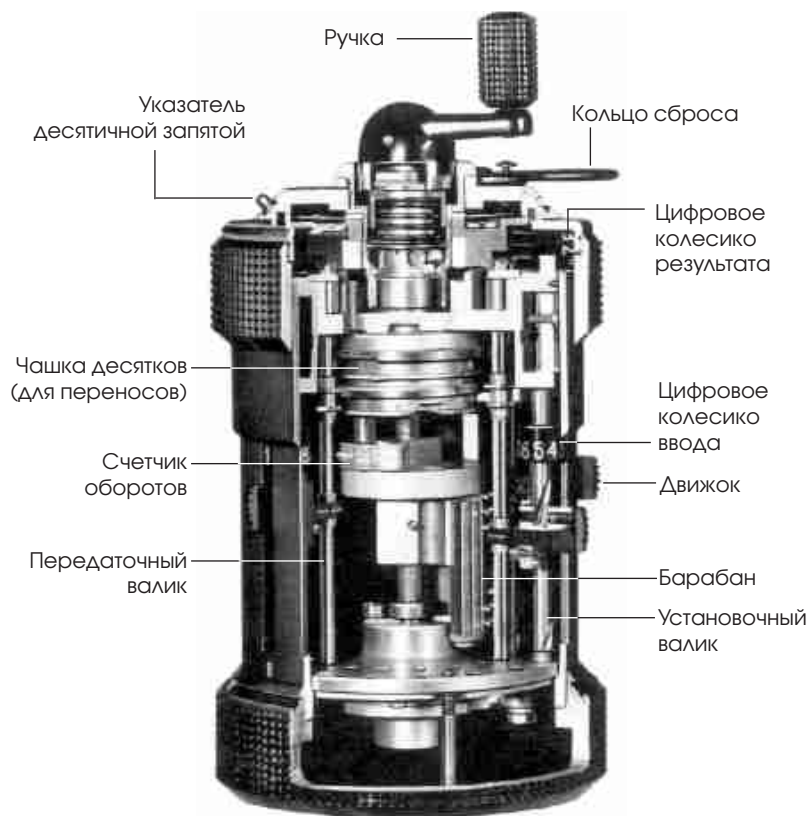
Рядом с Бухенвальдом нацисты построили фабрику, где заключенные изготавливали оборудование для секретных военных проектов. Главный инженер сделал Херцштарка ответственным за производство прецизионных деталей, которые поставлялись в ракетный центр Пенемюнде. Следующие два года он делал узлы ракет «Фау-2».

Херцштарку приходилось посещать разные части завода. Сначала заключенные считали его доносчиком, но вскоре поняли, что он не шпион. Часто товарищи из Люксембурга, Франции, Дании и

других стран подходили к нему и говорили: «Курт, ты пользуешься некоторым влиянием. Мог бы ты устроить того-то или того-то на завод? Иначе он умрет». Херцштарк ухитрялся организовывать рабочие места даже для людей, не имеющих производственных навыков. Например, он учредил пост технического контроля, посадил туда пленного адвоката и дал ему микрометр. О появлении эсэсовцев-надсмотрщиков юриста предупреждал внезапный кашель товарищей – сигнал к имитации бурной деятельности. Если бы все это открылось, Херцштарка сразу бы расстреляли. Но судьба вновь помогла ему.

Отступая из Италии, немцы увозили с собой производственное оборудование. Однажды в Бухенвальд прибыли два грузовика конторских машин. На раз- ▶

ЧТО ТАМ ВНУТРИ?



В натуральную величину

Как написано в старой инструкции, «маленький *Curta* – прецизионный прибор». Его барабан, выполняющий операции сложения и вычитания (см. *вверху и справа*), состоит из 37 пластин толщиной по 0,5 мм. В переносе участвует отдельный узел – чашка десятков. Высота цифр числовых индикаторов (см. *стр. 79, слева внизу*) составляет 3 мм, так что они легко читаются с расстояния вытянутой руки. У первой модели *Curta* было 8 движков ввода, а регистр результата состоял из 11 разрядов. У более поздней модели число движков было увеличено до 11, а число разрядов результата – до 15.



грузку пришли посмотреть владельцы местных заводов. Один из них узнал Курта:

– Херцштарк? – спросил он.

– Да, Херцштарк, – ответил заключенный.

– Вальгер, – представился незнакомец.

Фриц Вальгер, давний конкурент Херцштарка, снова производил оружие. «Он положил на станок возле меня пачку сигарет, – вспоминал Курт. – Я решил, что это конец: принимать подарки было строго запрещено. Но мой охранник сделал вид, что ничего не заметил. Мне было позволено положить сигареты в карман». Во время войны Вальгер был знаменитостью. Он понял, что узник Херцштарк ценнее любого итальянского добра, и сообщил начальнику лагеря о своей находке.

Вскоре главный инженер отозвал Херцштарка в сторону и сказал: «Мне известно, что вы работали над созданием миниатюрной счетной машины. Я дам вам шанс. Мы позволим вам чертить и изготавливать все что хотите. Если изобретение будет работать, после победы мы подарим его фюреру, и вас, безусловно, признают арийцем».

«Господи! Если я сделаю свой арифмометр, то продлю свою жизнь», – подумал Херцштарк и тут же занялся чертежами.

Эсэсовцы не стали уменьшать трудовую нагрузку Херцштарка, но позволили ему заниматься разработкой арифмометра в свободное время: «Я работал над своим арифмометром воскресными утрами и по вечерам после отбоя. Я работал в тюрьме, в мастерской и во время еды. Я вычертил машину карандашом со всеми размерами и допусками».

Тем временем союзники бомбили Германию. «Уходя с завода на обед, мы видели в небе американские самолеты, и ни один немецкий истребитель не атаковал их, – вспоминал Херцштарк. – Когда они сбрасывали бомбы, мы отсчитывали время от вспышки до прихода звука разрыва, умножали число сосчитанных секунд на 333 м и оценивали расстояние до места атаки. Но однажды боевой строй американских бомбардировщиков пошел на нас. Мы поняли, что пробил наш последний час, и очень испугались. Я побежал в лесок, зарылся носом

СЧИТАЕМ С ПОМОЩЬЮ CURTA

Рассмотрим использование Curta на двух примерах – сложения и вычитания. Как выполняются умножение, деление и извлечение корней, рассказывается в дополнительных источниках.

СЛОЖЕНИЕ

Сколько будет 32 + 41 + 49?

1. Провернуть кольцо сброса на один оборот, установив на нули показания регистра результата и счетчика оборотов.

2. Переместить крайние правые установочные движки десятков и единиц, чтобы в окошках ввода под надписью Curta (справа) появились соответственно цифры 3 и 2, установить первое слагаемое.

Движок поворачивает установочный валик со спиральными канавками (справа посередине) и закрепленное на нем цифровое колесико, показывающее в окошке вводимую цифру. Вместе с движком перемещается счетное колесико на передаточном валике.

В данном примере счетное колесико

оказывается против того уровня барабана, на котором имеется три зубца, а счетное колесико единиц – против уровня с двумя зубцами.

3. Провернуть ручку на полный оборот.

Барабан делает полный оборот, его зубцы через счетные колесики поворачивают передаточные валики. Шестеренки на их верхних концах вращают цифровые колесики ответа

и выставляют цифры 3 и 2 в окошках регистра результата (см. справа внизу).

4. Так же, с помощью движков десятков и единиц, ввести число 41.

5. Провернуть ручку на полный оборот, чтобы прибавить к числу 32 в регистре результата число 41 и получить 73.

6. Ввести число 49 и еще раз проверить ручку. В регистре результата появится искомая сумма (122).

Последнее действие требует переноса единицы в позицию десятков. Когда цифровое колесико ответа на верхнем конце передаточного валика минует девятку, закрепленный на нем штифт нажимает на рычажок переноса. Он толкает колесико переноса, закрепленное на передаточном валике следующего разряда (десятков в данном случае) и взаимодейст-

вующее с чашкой десятков. Когда чашка совершает оборот, кулачок переноса на ее диске поворачивает колесико переноса на передаточном валике десятков, вызывая поворот цифрового колесика разряда десятков в регистре результата на одну позицию, т. е. увеличивая разряд десятков на единицу.

ВЫЧИТАНИЕ

Сколько будет 139 – 78?

1. Сбросить регистр результата и счетчик оборотов.

2. Ввести число 139, как при сложении.

3. Провернуть ручку на полный оборот, чтобы поместить введенное число в регистр результата.

4. Ввести число 78.

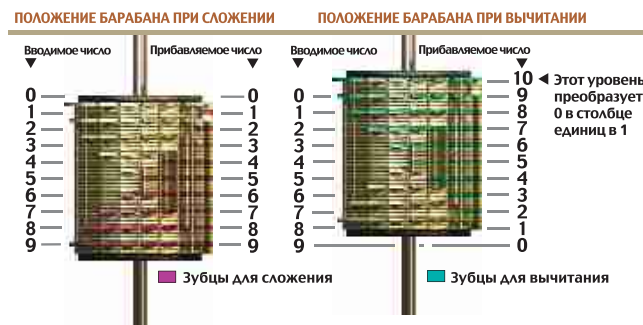
5. Приподнять ручку в

верхнее положение, чтобы счетные колесики передаточных валиков установились на-

против уровней вычитания в барабане (см. справа внизу), и повернуть ее на один оборот.

6. Считать ответ в окошках регистра результата: 61.

Вычитание в Curta осуществляется путем прибавления дополнений до девятки. Приподнимая ручку, вы переводите барабан в верхнее положение, и ввод цифры 7 устанавливает счетное колесико на передаточном валике напротив двухзубцового диска барабана, ввод цифры 8 – напротив диска с одним зубцом, а ввод нуля – напротив диска с девятью зубцами. Поворот ручки добавляет к числу 139 число 99 999 999 921. При сложении на бумаге в самом старшем разряде суммы появилась бы лишняя единица, но передаточный валик самого старшего разряда не имеет рычажка переноса, поэтому ответ оказывается верным. Подъем ручки выполняет еще одну функцию. На передаточном валике единиц закреплены два счетных колесика. В нижнем положении шагового барабана, т. е. при обычном сложении, нижнее счетное колесико в работе не участвует, а в верхнем взаимодействует с зубцами следующего сверху уровня барабана и при повороте последнего добавляет единицу к результату, делая его равным 61, а не 60.



в мох и зажал уши. В следующую минуту раздался грохот... Когда я поднял голову, все вокруг было в дыму.

В тот день несколько сотен пленных были ранены – жуткое зрелище. Правда, в лагере мы и не такое видали. Когда немцы кого-нибудь вешали, нас заставляли смотреть на повешенного, пока он медленно и мучительно умирал. Кошмар... Опаснее всего были молодые эсэсовцы. Если узник раздражал их, они просто расстреливали его...»

11 апреля 1945 г., когда Херцштарк почти закончил свои чертежи, он увидел джипы, едущие с севера. Солдат на переднем сиденье крикнул заключенным: «Вы все свободны!» Это были американцы. Среди них были еврейские парни, успевшие бежать из Германии до прихода Гитлера. Поскольку они знали немецкий, их назначили в передовой отряд.

Бухенвальд стал первым концлагерем, освобожденным союзниками. Некоторых американских солдат вырвало при виде трупов, уложенных в штабеля по 10 слоев. Вспоминая прошлое, Херцштарк качает головой: «Это непостижимо. Будь я юристом или кем-то еще, я бы бесславно погиб. Меня послали бы в каменоломню, где за два дня я схватил бы легочную инфекцию и вскоре скончался. Так погибли тысячи людей. Мне помогли Бог и моя профессия».

Прием у князя Лихтенштейна

Через несколько дней после освобождения Бухенвальда Херцштарк принес чертежи на один из немногих уцелевших заводов в городе Веймар и показал инженерам. Он вспоминает их реакцию: «Как будто пелена спала с их глаз. Решение было ясным, и ничего додумывать не требовалось». Хотя чертежи были сделаны в концлагере карандашом, они были столь ясными, что на изготовление трех опытных образцов ушло всего два месяца.

Но как только был подписан контракт, пришли советские войска. Херцштарк схватил опытные образцы, разобрал их на части, сложил в коробку и направился в Вену. «Если бы кто-нибудь увидел детали механизма, то подумал бы, что это игрушка, – рассказывал Херцштарк. – Все было полностью разобрано».

miniature

all purpose calculator



Weights only 8 oz.

THE CURTA IS A PRECISION CALCULATING MACHINE FOR ALL ARITHMETICAL OPERATIONS

Curta adds, subtracts, multiplies, divides, square and cube roots, continuous multiplication, negative multiplication, standard deviations and all statistical calculations, squares and higher powers, co-ordinates and associated land survey formulae, and every other computation arising in science and commerce... Available on a trial basis. Price \$125.00. Write for literature.

CURTA COMPANY

DEPT. SA-6 P. O. BOX 3414

VAN NUYS, CALIFORNIA

В июньском номере *Scientific American* за 1969 г. была опубликована реклама арифмометра *Curta*.

Изобретатель шел в Австрию пешком, ночуя под открытым небом и расплачиваясь сигаретами за проезд в поезде. Его семейный завод работать не мог. Не имея ничего, кроме трех образцов арифмометра,

ОБ АВТОРЕ:

Клифф Столл (Cliff Stoll) получил известность как человек, разоблачивший группу хакеров и написавший об этом бестселлер *The Cuckoo Egg* («Яйцо кукушки»). Его перу также принадлежат книги *High Tech Heretic: Why Computers Don't Belong in the Classroom* («Высокотехнологичный еретик: Почему компьютерам не место в школьных классах») и *Silicon Snake Oil* («Масло силиконовой змеи»). Хотя кандидатская Столла посвящена планетологии, сегодня он переделывает старые арифмометры и изредка преподает физику. Автор приносит благодарность за помощь в подготовке статьи Рикку Фэрри (Rick Furr), Яну Мейеру (Jan Meyer), Джеку Кристенсену (Jack Christensen) и Крису Хаманну (Chris Hamann), а также Институту Чарльза Баббаджа при Миннесотском университете за предоставление интервью, взятого у Херцштарка историком Эрвином Томашем (Erwin Tomash) в 1987 г.

метра, Херцштарк подал патентную заявку и попытался найти инвестора. Американская компания *Remington-Rand*, выпускавшая конторские машины, поначалу проявила интерес, но так и не вышла на связь. Правительство Австрии отвергло Херцштарка. Европа лежала в руинах, промышленникам было не до новых проектов. Однако князь Лихтенштейн думал о развитии своей страны, которая в то время была почти полностью аграрной. Херцштарк продемонстрировал свои модели монаршему семейству, министрам и патентоведом. «Сам князь считал на моем арифмометре. За ним наблюдали члены семьи и специалисты. Его высочество сразу же воодушевился и сказал, что мой проект как нельзя лучше подходит для его страны. Он принял меня любезно, мы беседовали около четырех часов», – рассказывал Херцштарк.

Поначалу все шло хорошо. В Лихтенштейне организовали компанию *Contina*, которая выпустила займы и акции. Херцштарк получил пост технического директора и треть выпущенных акций, а кроме того ему причитался определенный процент с продажи каждого арифмометра.

Херцштарк поместил в швейцарских газетах объявление о приеме на работу механиков, желающих сделать карьеру. В одной из гостиниц *Contina* арендовала танцевальный зал, где были собраны первые 500 арифмометров *Curta*. Калькуляторы поступили на рынок в 1948 г. и демонстрировались на торговых выставках и в магазинах технических товаров. Через полгода владельцы одного

из американских универмагов решили заказать 10 тыс. арифмометров с перспективой дальнейших поставок в будущем. Вместо того чтобы ухватиться за столь выгодный заказ, финансовый директор компании счел, что *Contina* не сможет выполнить его. Тем самым он обрек компанию на продажу арифмометров в специальных магазинах и по почте.

Однако спрос возрастал, и *Contina* расширялась. Из танцевального зала производство перебралось на подходящий завод. Объем выпуска возрос до нескольких сотен машин в месяц. Видя такой успех, финансисты фирмы ограбили Херцштарка: реорганизовали компанию и аннулировали его акции. Подобно Эдисону, Тесле и другим изобретателям, ему предстояло лишиться доходов от своего творения.

«Но патенты все еще принадлежали мне», – вспоминал Херцштарк. Поначалу члены правления компании не хотели перерегистрировать их на себя, т.к. если бы кто-нибудь оспорил права на изобретение, то вся ответственность легла бы на самого изобретателя, а не на них. Поскольку фирма не приобрела патентных прав, Херцштарк заставил ее подписать выгодное соглашение. В 50-х и 60-х гг. он просто получал деньги за свое авторство.

Успех первого карманного арифмометра вдохновил Херцштарка на создание несколько большей модели, в которой количество разрядов увеличилось с 11 до 15. Но с тех пор единственным значительным новшеством было изменение формы футляра машинки. Основу конструкции Херцштарк создал с первой попытки – непревзойденный рекорд для вычислительной отрасли.

Арифмометр *Curta* в течение двух десятилетий стабильно продавался как «миниатюрная универсальная карманная счетная машина с надежностью, обусловленной рациональной и прочной конструкцией». Как и предвидел Херцштарк, инженеры использовали чудо-машинку для расчета орбит искусственных спутников Земли, геодезисты – для вычисления положения теодолитов, а бухгалтеры – для ведения финансовой документации. Руководитель одного американского банка был край-

не удивлен, когда аудитор прибыл к нему без чемодана с арифмометром, но свел баланс с точностью до пенни.

Любопытно, что арифмометры *Curta* были приняты на вооружение автогонщиками, которым нужно подсчитывать скорости и расстояния на ралли. Вводя числа на ощупь, штурманы быстро рассчитывали идеальное время прохождения трассы, не отрывая взгляда от дороги. Компактность *Curta* была очень кстати в тесной кабине спортивного автомобиля. Кроме того, механический арифмометр, в отличие от первых электронных калькуляторов, был нечувствителен к ударам, вибрации и всплескам напряжения. Даже сегодня участники гонок на старинных авто с удовольствием используют старый добрый *Curta*.

Точно так же, как кварцевые часы вытеснили часы с механическим заводом, электронные калькуляторы затмили изобретение Херцштарка. Всего было выпущено около 150 тыс. экземпляров *Curta*. Последний из них был продан в начале 70-х гг. С тех пор не был выпущен ни один механический арифмометр.

В начале 50-х гг. Херцштарк ушел из фирмы *Contina*. Позже он консультировал итальянских и немецких изготовителей конторских машин и жил в скромной квартире в Лихтенштейне. В те времена технические чудесники не приобретали имений стоимостью в миллионы долларов. Правительство Лихтенштейна признало достижения Херцштарка только когда ему исполнилось 84 года, через два года он умер.

Поныне в строю

Ваш электронный калькулятор работает гораздо быстрее, чем *Curta*, а настольные компьютеры просто творят чудеса. Возможно, сегодня арифмометр годится только для подсчета домашних расходов, когда отключают электричество.

Но, держа в руках крошечный арифмометр Херцштарка, доставшийся мне от первого преподавателя астрономии, я ощущаю, что машинка, пережившая своего первого владельца, наверняка переживет и второго. Как написано в инструкции к арифмометру, «незаменимый *Curta* всю жизнь будет у вас под рукой.

Вы можете полностью доверять его точности. *Curta* – это плод огромного опыта в области счетных машин. Он изготавливается первоклассными специалистами по точной механике из высококачественных металлов. В его конструкции нет никаких искусственных материалов». (Не могу представить себе фразы «в вашей копии *Excel* не используются искусственные материалы» или «ваш микропроцессор *Pentium* будет служить вам всю жизнь», хотя оба утверждения верны.)

Я не считаю, что владею вещью, если не понимаю ее суть. Но я не могу понять ее, пока не увижу, как она работает. Поэтому я вооружился лупой, пинцетом и часовыми отвертками, развинтил барабан и извлек около 600 деталей – шестеренки, валики, собачки...

А вот и 8 установочных валиков с проточенными в них спиральными канавками. Они были спроектированы без сотрудников, без помощников и даже без чертежных инструментов. Передо мной остроумный барабан, впервые нарисованный карандашом в невыносимо тяжелых условиях. Я касаюсь легких сплавов и буквально ощущаю техническое изящество, пережившее полвека прогресса вычислительной техники. Можно ли доверять точности *Curta*? Несомненно!

Собрав свой арифмометр 50-летней давности, я делю 355 на 113. Большим пальцем перемещаю установочные движки по валикам со спиральными канавками, затем проворачиваю ручку, чтобы ввести первое число. Потом ввожу второе число, приподнимаю ручку и снова проворачиваю ее. Счетные колесики прибора взаимодействуют с зубцами дополнений до девяток на барабане. Стальные валики передают движение через угловую зубчатую передачу на регистр результата. Когда я кручу ручку, органы управления, логические элементы и цифры вращаются вокруг коленчатого валика. Через два десятка оборотов в маленьких окошках выскакивает результат.

Передо мной приближенное значение числа ρ , но дело не только в этом. У меня в руках прямой потомок первых счетных машин, вершина механического мастерства и памятник изобретателю, выстоявшему перед лицом фашизма. ■

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ и будущее ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Сергей Капица

Развитие населения нашей планеты следует рассматривать как **эволюцию самоорганизующейся системы**, исходя из идей синергетики.

Математическое моделирование

Томас Мальтус, чтобы объяснить ограничение роста населения, еще 200 лет тому назад первым обратился к математическому моделированию. В его модели экспоненциальный рост населения, которое удваивается за определенное время, ограничивается линейно растущим производством пищи, т.е. он определяется исчерпанием ресурсов и голодом. Эти идеи на многие годы завладели умами и получили свое развитие уже в XX веке, в глобальных моделях Римского клуба, созданных при помощи мощных ЭВМ и обширных баз данных. Проведенные исследования привели к пониманию значимости глобальных проблем, но выводы проекта «Пределы роста» о неминуемом ресурсном кризисе оказались неверными. Как заметил американский экономист, лауреат Нобелевской премии Герберт Саймон: «Сорок лет опыта моделирования сложных систем на ЭВМ, которые с каждым годом становились мощнее и быстрее, показали, что грубая сила не ведет нас по царской тропе к пониманию таких систем... Чтобы преодолеть «проклятие сложности», модели-

рование должно обратиться к своим исходным принципам».

Масштаб же самой задачи, имеющей фундаментальный смысл для наук о человеке и обществе и практическое значение для политики и экономики, заставляет искать новые пути исследования этой важнейшей проблемы. Развитие населения нашей планеты следует рассматривать как эволюцию самоорганизующейся системы, исходя из идей синергетики. Именно методы науки о сложных системах предоставляют такую возможность и могут ввести новые понятия в традиционные гуманитарные области. Для этого в первую очередь надо определить закон роста и природу демографического перехода, который ведет к ограничению взрывного роста и стабилизации населения Земли, что и стало наиболее характерной чертой современного этапа мирового демографического процесса.

Мир как глобальная система

Современное развитие невозможно понять, не рассмотрев всю историю человечества, начиная с самых первых шагов его зарождения и эволюции. Ключевым следует считать исследова-

ние эволюции системы человечества и тех взаимодействий, которые управляют ростом. Именно взаимосвязанность и взаимозависимость в современном мире, обусловленная транспортными и торговыми связями, миграционными и информационными потоками, объединяют всех людей в единое целое и позволяют рассматривать мир как глобальную систему. Однако в какой мере такой подход справедлив для прошлого? Из-за сжатия исторического времени, прошлое оказывается гораздо ближе к нам, чем это кажется с первого взгляда. В рамках предложенной модели можно сформулировать критерии системности роста, и как в самом далеком прошлом, когда людей было мало, а мир в значительной степени был разделен, население отдельных регионов и стран медленно, но верно взаимодействовало. Однако в отношении населения Земли как замкнутой системы, не следует учитывать миграцию, поскольку в масштабе планеты эмигрировать пока некуда.

Существенно и то, что биологически все люди принадлежат одному виду *Homo sapiens*: у нас одинаковое число хромосом – 46, отличное от всех других приматов, а все расы способны к смеше-

нию и социальному обмену. Местом обитания нашей популяции служат практически все пригодные для этого участки Земли. Однако по своей численности мы превышаем количество сравнимых с нами по размерам и способу питания живых существ на пять порядков – в сто тысяч раз! Только домашние животные, живущие рядом с человеком, не ограничены в численности в отличие от их диких родственников, каждый вид которых занимает свою экологическую нишу. Есть все основания утверждать, что на протяжении последней сотни тысяч лет человек биологически мало изменился. Но на определенном этапе в результате неолитической революции человечество отделилось от остальной биосферы и создало свою окружающую среду.

Основное развитие и самоорганизация нашей популяции происходили в социальной сфере. Это стало возможным благодаря высокоразвитому мозгу и сознанию – тому, что отличает нас от животных. Теперь, когда деятельность человека приобрела планетарный масштаб, со всей остротой встал вопрос о нашем взаимодействии с окружающей природой. Поэтому важно понять, какими факторами определяется рост числа людей на ▶

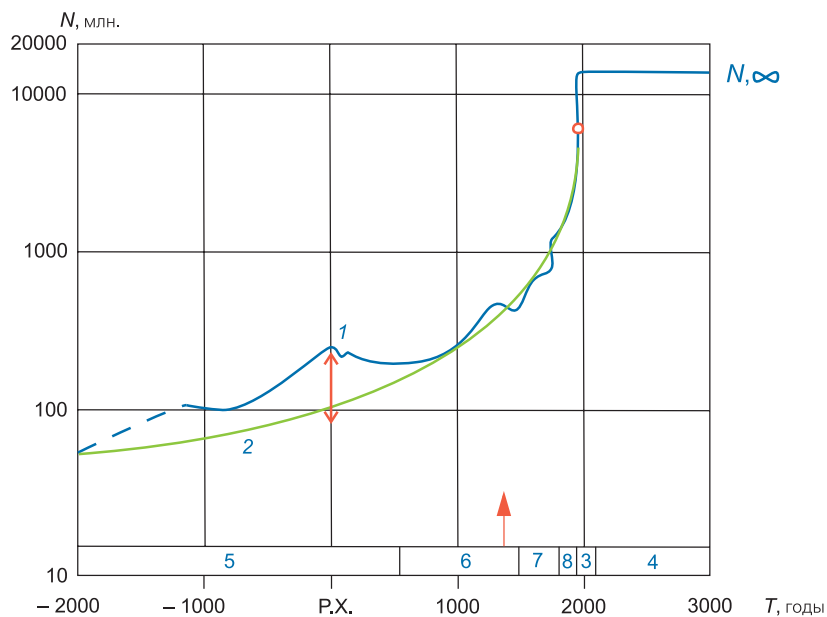


Рис. 1. Население мира от 2000 до Р.Х. до 3000 г. Предел роста $N_{\infty} = 10\text{--}12$ млрд. 1 – население мира с 2000 г. до Р.Х. согласно Бирабену; 2 – гиперболический рост и режим с обострением, характеризующий демографический взрыв; 3 – демографический переход; 4 – стабилизация населения; 5 – Древний мир; 6 – Средние века; 7 – Новая и 8 – Новейшая история. ↑ – чума 1348 года. ○ – 2000 г. ↓ – ошибка. На полулогарифмической сетке экспоненциальный рост изображается прямой, которая никак не может описать развитие человечества за сколько-нибудь значительный период времени. На графике роста по мере приближения к демографическому переходу ясно видно сжатие исторического времени.

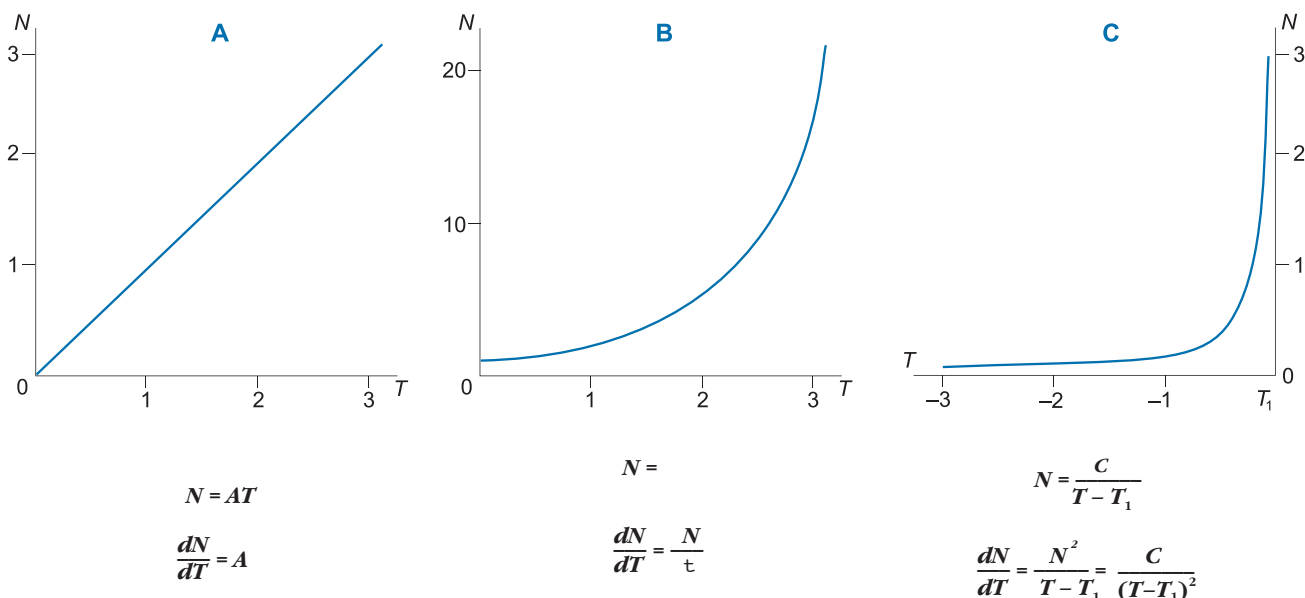


Рис. 2. Линейный – А, экспоненциальный – В и гиперболический рост – С

Если эволюция привела к **появлению сознания человека**, то теперь возникла ситуация, в которой само сознание может стать новым фактором в эволюции человека и общества.

нашей планете. Для этого, в соответствии с методами синергетики, в качестве главной переменной мы выберем численность населения всей Земли.

Сколько нас?

Население мира в момент времени T можно характеризовать полным числом людей N – ведущей переменной, подчиняющей все остальные. Асимптотический метод синергетики позволяет на первом этапе анализа пренебречь всеми остальными факторами, влияющими на рост. Процесс роста будет рассматриваться усредненно и на значительном интервале времени – в большом числе поколений. Тогда продолжительность жизни человека не будет явно входить в расчет, равно как и распределение людей в пространстве и по возрасту и полу. При этом исключаются экспоненциальный и логистический рост, имеющие неизменный внутренний масштаб – время удвоения. Демографические данные позволяют описать рост населения мира (см. рис.1) степенным законом, где время T выражено в годах от Р.Х.

$$N = \frac{200}{2025 - T} \text{ миллиардов}$$

Ряд авторов предлагал ее в качестве эмпирической формулы, поскольку она с удивительной точностью характеризует рост населения Земли на протяжении многих тысяч лет. Однако мы будем рассматривать это выражение как описание процесса самоподобного развития, каким представляется демографический взрыв. Иными словами, динамика неизменна. Такой рост, следуя гиперболическому закону, известен в физике и синергетике как режим с обострением.

Фактор, который не входит в формулу роста, – продолжительность репродуктивного периода жизни человека. Но именно он проявляется при прохождении через демографический переход и ограничивает область применения асимптотической формулы роста. Учет этого обстоятельства позволяет избавиться от расходимости роста по мере приближения к 2025 г., а также от аналогичной особенности в далеком прошлом.

В предложенной нами статистической теории основной динамической характеристикой системы становится безразмерная константа $K = \sqrt{C/t} = 62\,000$. Этот большой параметр определяет все соотношения в результатах расчетов и является также масштабом численности группы людей, охваченных коллективным взаимодействием, которым описывается рост. Числами такого порядка характеризуется оптимальный масштаб города или района мегаполиса, а в популяционной генетике – численность устойчиво живущего вида. Так, начальная популяция наших далеких предков в Западной Африке была около 100 тыс. ($K \sim 10^5$). С величиной K связан ряд явлений, в которых проявляются кооперативные свойства человека, следовательно, скорость роста в эпоху взрывного развития можно представить в виде основного уравнения, где $t = (T - T_1)/t$ – время, измеренное в единицах эффективного поколения, где $t = 45$ г.

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{K^2}$$

В этом нелинейном уравнении скорость роста приравнивается коллективному взаимодействию, которое феноменологически и осредненно описывает все процессы экономиче-

ской, технологической, культурной, социальной и биологической природы. Иными словами, скорость роста всецело зависит от состояния системы в данный момент и равна квадрату населения мира, которое дает меру сетевой сложности демографической системы. В физике многих частиц таким же образом описывается хорошо известное коллективное взаимодействие, каким в теории газов является взаимодействие Ван-дер-Ваальса.

В соответствии с приведенной выше формулой скорость роста выражается через население мира в данный момент времени. Однако это выражение может быть истолковано как осредненное взаимодействие связанное со всей накопленной до этого информации.

Можно легко рассчитать предел, к которому в обозримом будущем после демографического перехода стремится численность человечества $N_0 = 2 N_1 = K^2 = 12$ млрд. и выразить через время t и население мира млрд. в $T_1 = 2000$ г. начало роста $T_0 = T_1 - t \sqrt{p N_1 / 2} = 4,5$ млн. лет тому назад. Если же проинтегрировать весь процесс роста от T_0 до нашего времени T_1 , то можно оценить полное число людей, когда-либо живших на Земле и равное $P_{0,1} = 2,25 K^2 \ln K = 100$ млрд. человек. Обоснование и вывод всех расчетов даны в монографии автора «Общая теория роста населения Земли».

Использованный в модели математический аппарат чрезвычайно прост и вполне был бы доступен самому Мальтусу, который, хотя и собирался стать священником, на состязаниях по математике в Кембриджском университете занял 9-е место. Однако применение модели к описанию развития общества требует пересмотра укоренившихся в демографии традиций

и подходов. Понимание теории требует известных усилий со стороны тех, кто мало знаком с общими методами, разработанными в теоретической физике, и предложенным подходом, который кому-то может показаться отвлеченным и формальным. Это связано с необходимостью отказа от редукционизма – стремления все представлять как результат действия элементарных факторов и прямых причинно-следственных связей. Парадоксально, но в этом случае оказывается, что рост асимптотически зависит не от рождаемости, а от разницы между рождаемостью и смертностью, что непосредственно связано с социально-экономическими условиями. Именно взаимозависимость, нелинейность сильно связанных механизмов заставляет искать системные (интегративные) принципы для описания поведения сложной системы в течение длительных промежутков времени и на всем пространстве земного шара.

Эффективное взаимодействие, определяющее рост, реализуется во всем населении Земли и за значительный промежуток времени. Поэтому суммарный нелинейный закон роста не обратим и не аддитивен, его нельзя применять к отдельной стране или региону, а только ко всему взаимосвязанному населению нашей планеты. Но глобальный закон роста влияет на демографический процесс в каждой стране.

Глобальные связи

В основе коллективного взаимодействия лежат передача и умножение обобщенной информации, что связано с деятельностью мозга и разумом человека. Распространение и передача путем необратимой цепной реакции информации (технологий, культурных и религиозных обычаев, научных знаний и т.д.) качественно отличает как отдельного индивидуума так и все человечество в его развитии.

У человека долгое детство. Процесс овладения речью, воспитание, обучение и образование растягивается на 20, а то и на 30 лет. Эти годы идут на формирование ума, личности и сознания, но де-

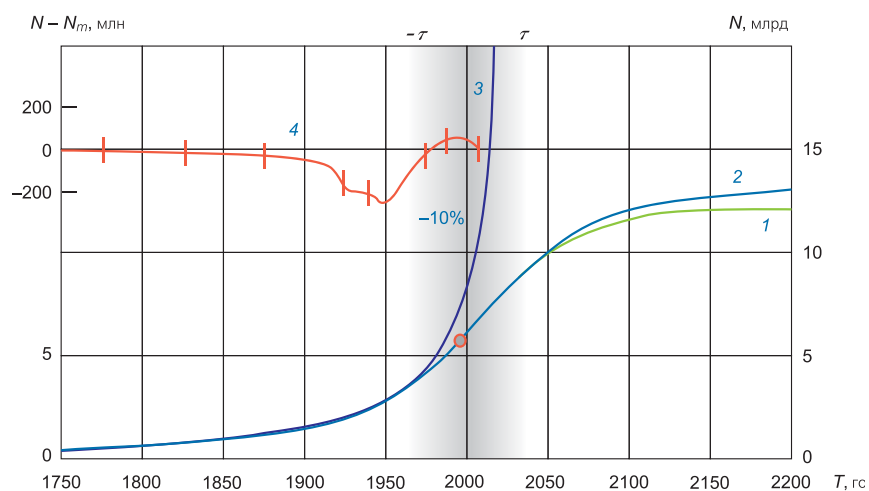


Рис. 3. Рост населения мира с 1750 по 2200 г. 1 – прогноз IASA, 2 – Модель, 3 – взрывной уход на бесконечность, 4 – разница между населением мира и расчетом по модели, увеличенная в 5 раз. Четко видны потери населения при Мировых войнах о – 1995 г.

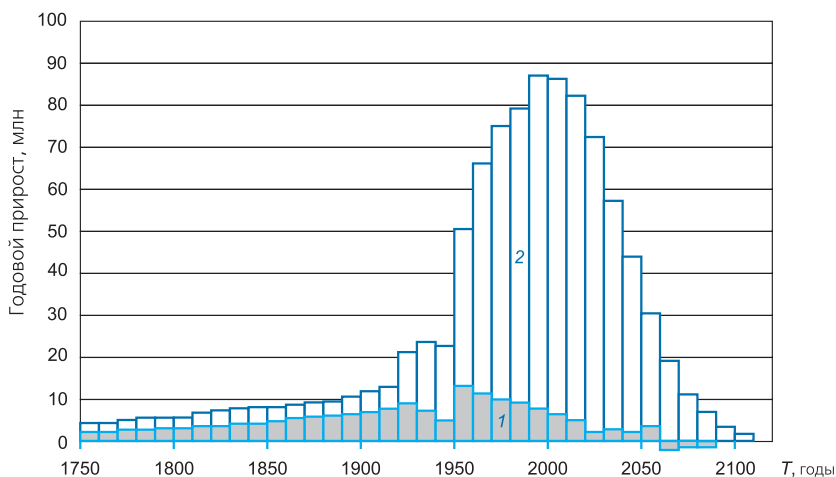


Рис. 4. Демографический переход с 1750 – 2100 г. Прирост населения мира, осредненный за декады. 1 – развитые страны, 2 – развивающиеся страны.

торожение значительно откладывается. Таков, свойственный только людям, способ развития, ведущий к организации и самоорганизации общества.

Механизм культурного наследования качественно отличает социальное наследование у человека от генетического у всего остального животного мира. Если биологическая эволюция по Дарвину происходит без наследования при-

обретенных признаков, то социальная эволюция скорее следует идее Ламарка об их передаче. Именно так коллективный опыт, пропорциональный информационному взаимодействию всех людей, передается следующему поколению и распространяется вширь, синхронизируя развитие человечества на нашей планете. Общность глобального исторического процесса неоднократно ▶

Развитие человечества
в логарифмическом масштабе

Эпоха	Период	Дата Годы	Число людей	Культурный период	ΔT лет	История, культура, технология
C	T ₁	2150	10 × 10 ⁹	Стабилизация населения Земли	125	Переход к пределу 11×10 ⁹ Изменение возрастного распределения Глобализация
		2050	9 × 10 ⁹			
		2000	6 × 10 ⁹	Мировой демографич. переход	45	Урбанизация
B	11	1955	3 × 10 ⁹	Новейшая	125	Компьютеры Ядерная энергия Мировые войны Электричество
	10	1840	1 × 10 ⁹			
	9	1500		Новая история	340	Промышленная революция Книгопечать
	8	500 н.э.	10 ⁸	Средние века	1000	Географические открытия Падение Рима, Мухаммед
	7	2000 д.н.э.		Древний мир	2500	Христос, Осевое время Греческая цивилизация Индия, Китай, Будда, Конфуций
	6	9000	10 ⁷	Неолит	7000	Междуречье, Египет Письменность, города Одомашнивание, сел. хоз.
	5	29000		Мезолит	20000	Керамика, бронза Микролиты
	4	80000	10 ⁶	Мустье	51000	Заселение Америки языки, шаманизм
	3	0,22млн.		Ашель	1,4×10 ⁵	<i>Homo sapiens</i> Речь, огонь
	2	0,60млн.	10 ⁵	Шель	3,8×10 ⁵	Заселение Европы и Азии Рубила
	1	1,6 млн.		Олдувай	1,0×10 ⁶	Галечная культура, чоппер <i>Homo habilis</i>
A	T ₀	4,4 млн.	(1)	Антропогенез	2,8×10 ⁶	Отделение гоминидов от гоминоидов

подчеркивали выдающиеся историки, такие как Фернан Бродель, Карл Ясперс, Николай Конрад.

В течение Каменного века человечество расселялось по всему земному шару, причем во время плейстоцена происходило до пяти оледенений, а уровень мирового океана изменялся на сотню метров. При этом перекраивалась и география Земли, соединялись и вновь разъединялись материки и острова. Человек, гонимый катаклизмами, осваивал все новые и новые земли, а его численность росла сначала медленно, затем со все возрастающей скоростью. Из концепции модели следует, что в тех случаях, когда популяция оказывалась надолго оторвана от основной массы человечества, ее развитие замедлялось. Такова судьба Западного полушария, изолированного 40 тыс. лет тому назад. Систематический рост происходил на Евразийском пространстве, по которому кочевали племена и мигрировали народы,

формировались этносы и языки. Существенную роль играли торговые связи, и наибольшее значение имел Великий шелковый путь, сеть караванных маршрутов, соединявших Китай и Европу, а также Индию. По этому пути, начиная с античности, шел интенсивный межконтинентальный обмен, распространялись технологии и культура. На всем пространстве ойкумены существенными индикаторами взаимодействий и миграций служит общность языков мира. На глобальные связи указывает появление сто тысяч лет тому назад шаманизма и его распространение, а с «осевого времени» – мировых религий.

Демографический переход

Данные о населении мира во всем диапазоне времен с достаточной достоверностью укладываются в предложенную модель, несмотря на то, что чем дальше мы уходим в прошлое, тем менее точными данными мы располагаем. Отметим, что

время исторических эпох прошлого нам известно гораздо точнее, чем численность населения мира, для которого определен лишь порядок величин (см. таблицу).

Интерес представляют расчеты населения в будущем, при которых результаты моделирования можно сравнить с данными ООН и Международного института прикладного системного анализа (IIASA). Прогноз ООН основан на обобщении ряда возможных показателей рождаемости и смертности по девяти регионам мира и доведен до 2150 г. По оптимальному сценарию ООН, население Земли к этому сроку выйдет на постоянный предел 11 600 млн. Согласно докладу Популяционного отдела ООН за 2003 г., к 2300 г. население планеты составит в среднем 9 млрд. Результаты расчетов демографов и математическая модель приводят к выводу о том, что после перехода население Земли стабилизируется на уровне 10–11 млрд. человек.

Продолжительность перехода, при котором население Земли утроится, занимает всего 2t=90 лет, однако за это время, составляющее 1/50 000 всей истории человечества, произойдет коренное изменение характера его развития. Тем не менее, несмотря на краткость перехода, это время переживет 1/10 всех людей, живших когда-либо на Земле. Острота глобального перехода в полной мере зависит от синхронизации процессов развития и взаимодействия, которое осуществляется в мировой демографической системе. Это служит неоспоримым примером глобализации, как процесса, охватывающего все население нашей планеты. Однако модель указывает на то, что человечество всегда, с самого начала, росло и развивалось как глобальная система, где в едином информационном пространстве реализуется общее по своей природе эффективное взаимодействие.

«Распалась связь времен...»

В настоящее время именно ударность, обостренность перехода (когда его характерное время – 45 лет – оказывается меньше средней продолжительности жизни – 70 лет) приводит

Если 1–2 млн. лет тому назад в процессе эволюции жизни на Земле появился человек разумный, то теперь мы приблизились к **пределу ресурсов** его разума, но не ресурсов его материального бытия.

к нарушению роста, выработанного за тысячелетия нашей истории. Сегодня принято говорить о том, что связь времен нарушена. Это связано с неравновесностью роста, ведущей к неустойчивости жизни и характерным для нашего времени стрессам. С этим процессом связан кризис и распад общественного сознания, начиная с управления империями и странами и заканчивая уровнем сознания отдельной личности и семьи. С распадом управления обществом связан рост организованной преступности и коррупция. Возможно, что распространение терроризма также стало следствием нарушения глобального равновесия. Неустойчивость и отсутствие времени на укоренение того, что закрепляется в области культуры традицией, несомненно, отражаются в распаде морали, в искусстве и идеологиях нашей эпохи. Так, в поисках новых идей, когда нет времени на их формирование и распространение, иногда происходит и откат к некогда фундаментальным идеям прошлого. В то же время, новые структуры, такие как Европейский союз, ТНК или неправительственные организации общества, ищут новые пути самоорганизации общества. Появляются мощные глобальные информационные системы, такие как Интернет, которые материализуют коллективное сознание человечества. Складывается международная система СМИ и образования. Наука же всегда развивалась в едином мире знаний.

Если разум и сознание привели к исключительному, взрывному, росту числа людей на Земле, то теперь, в результате глобального ограничения основного механизма информационного развития, рост внезапно прекратился, а его параметры, принципиально влияющие на все аспекты нашей жизни, измени-

лись. Иными словами, как и в мире компьютеров, наше «программное обеспечение» не поспевает в своем развитии за техникой, за «железом» цивилизации.

Неравномерность исторического времени

Существенным результатом теории роста стало представление об изменении течения исторического времени – о его ускорении, хорошо известное историкам и философам (См. И.М. Савельева, А.В. Полетаев «История и время. В поисках утраченного»). Этим вопросам был посвящен специальный выпуск журнала «В мире науки» №12 за 2003 г.

Изменение масштаба времени, происходящее по мере роста человечества, легко представить математически, если обратиться к мгновенному времени экспоненциального роста $T_c = T_1 - T$ как к мере перемен; тогда рост составляет $100/T_c\%$ в год. Поскольку сегодня мы очень близки к T_1 , то T_c просто равно удалению в прошлое. Так 100 лет тому назад $T_c = 100$ годам, а относительный рост был равен 1% в год. В начале нашей эры, 2 тыс. лет тому назад рост составлял 0,05% в год, а 100 тыс. лет тому назад – 0,001% в год, т.е. он был настолько мал, что общество считалось статичным. Тем не менее, и тогда человечество росло пропорционально, в том же относительном темпе, что и позднее, вплоть до самого начала демографического перехода в 1955 году.

Сжатие системного времени отчетливо видно, если крупные исторические периоды представить на логарифмической сетке. В таблице представлено, что наблюдения антропологов и традиционные представления историков четко намечают рубежи эпох, равномерно разделяющие в логарифмическом масштабе время от $T_0 = 4-5$ млн. лет тому назад до

$T_1 = 2000$ г. После каждого цикла время, остающееся до критической даты, в два раза меньше длительности цикла. Так, Нижний палеолит длился миллион лет и закончился полмиллиона лет тому назад, а Средние века длились тысячу лет и закончились 500 лет тому назад. Сама же продолжительность демографических циклов изменялась от одного миллиона до 45 лет и в течение каждого из $\ln K = 11$ периодов жило по 9 млрд. человек. В указанном представлении Неолит находится по середине пути развития.

Ускорение исторического процесса происходит и в отношении крупных исторических явлений. Так, согласно историку Гиббону, упадок и разложение Римской империи продолжались 1,5 тыс. лет, в то время как нынешние империи создаются за века и распадаются за десятилетия. Трансформация исторического системного времени связана с представлением о *longue durée* как понятии временной протяженности во французской Новой исторической науке. Сокращение в геометрической прогрессии продолжительности исторических периодов по мере приближения к нашему времени обсуждает петербургский историк И.М. Дьяконов в обзоре «Пути истории. От древнейшего человека до наших дней».

Со времен Гегеля, следуя эсхатологической традиции Запада, историки провозглашали конец истории. Восток же воспринимал время как циклически повторяющуюся бесконечную череду событий, последовательность реинкарнаций. Однако модель сочетает оба представления об историческом времени. Более того, ускорение системного времени развития отмечено последовательностью структурных превращений, которые физики называют ▶

фазовыми переходами, из которых главным является демографический переход.

Таким образом, изложенный подход позволил охватить все развитие человечества, рассматривая рост его численности как процесс самоорганизации. Это стало возможным благодаря переходу на следующий уровень интеграции по сравнению с принятым в демографии, когда для описания поведения отдельной страны или региона во временном масштабе одного или двух поколений использовались традиционные методы демографии. В представленной периодизации, даже не обращаясь к формальным выводам моделирования, видно, как при достижении предела сжатия исторического времени происходит завершение целой эпохи роста и, как следствие, смена парадигмы развития. После демографического перехода человечество вступит в новую эпоху своего развития при новой структуре времени и нулевом или малом численном росте.

Демографический императив

Следуя демографу Ландри, который на примере Франции открыл демографический переход, справедливо считать, что период с середины XVIII в. до конца XXI в. следует назвать эпохой демографической революции. Мы видим, что она представляет собой самое существенное событие в истории человечества с момента появления наших далеких предков 1–2 млн. лет тому назад. Тогда в процессе эволюции жизни на Земле появился человек разумный. Теперь же

мы приблизились к пределу ресурсов его разума, но не ресурсов его материального бытия.

Рост, описываемый кооперативным взаимодействием, включающий все виды человеческой деятельности по существу учитывает и развитие науки и техники, как системного фактора – развитие, которое принципиально не выделяет наше время в сравнении с прошлым. Принимая закон развития неизменным, что видно из неизменности квадратичного роста населения мира до демографической революции, следует полагать, что не исчерпание ресурсов, а перенаселение или развитие науки и медицины станут определяющими в изменении алгоритма роста. Поэтому надо искать другую причину изменения и ограничения воспроизводства населения, как главной функции общества.

Его изменение определяется не внешними условиями, а внутренними причинами, в первую очередь – ограничением скорости роста, определяемой природой ума человека и количественно выраженной во времени, затраченном на его образование. Влияние же внешних, глобальных, условий может сказаться лишь в следующем приближении, то есть когда деятельность человека станет планетарным фактором в коэволюции биосферы и человечества. Этот существенный вывод находится в противоречии с традиционными мальтузианскими представлениями о ресурсном ограничении роста. В итоге, в отличие от популяционного принципа Мальтуса, следует сформулировать

принцип информационного демографического императива.

Последствия демографического перехода

Человек всегда располагал достаточными ресурсами для дальнейшего развития, осваивал их, расселяясь по Земле, и увеличивал эффективность производства. До сих пор и, по-видимому, в обозримом будущем, такие ресурсы будут иметься и позволят человечеству пройти через демографический переход, при котором население увеличится не более чем в два раза. В тот период, когда контактов, ресурсов и пространства оказывалось недостаточно, заканчивалось местное развитие, однако в среднем общий рост был неуклонным. Голод же во многих регионах связан не с общим недостатком продовольствия, а со способами его распределения, которые имеют социальное и экономическое, а не глобальное ресурсное происхождение.

В синергетике показано, как устойчивость общего роста связана с быстрыми внутренними, цивилизационными процессами истории, имеющими меньший масштаб и устойчивость, чем основное, охваченное глобальным взаимодействием, развитие. В настоящее время потеря системной устойчивости возможна при прохождении развивающихся стран через демографический переход в ситуации близкой к той, в которой находилась Европа в начале XX века. За годы Мировых войн общие потери населения достигли 250 млн., что в среднем составляло 12 тыс. в день на протяжении 40 лет. В настоящее время переход происходит в два раза быстрее и охватывает в десять раз больше людей, чем тогда в Европе. Ситуация такова, что в течение последних пятнадцати лет экономика Китая растет более чем на 10% в год, тогда как население, превышающее 1,2 млрд., растет на 1,1%. Население же Индии перешло миллиардный рубеж и растет на 1,9%, а экономика – на 6% в год. Наряду с аналогичными цифрами, характеризующими стремительное развитие стран Азиатско-Тихоокеанского региона, возникают все увеличивающиеся гра-

Об авторе:

Капица Сергей Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, сотрудник Института физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, член Европейской академии.

Сфера научных интересов: сверхзвуковая аэродинамика, земной магнетизм, прикладная электродинамика, ускорители частиц.

Работа «Глобальная демографическая революция и будущее человечества» была выполнена при поддержке Института прикладной математики им. М.В. Келдыша, Лондонского королевского общества, ЮНЕСКО, Фондов ИНТАС и РФФИ. Данные исследования отмечены премией Правительства России за 2002 год, изложенная в монографии: Капица С.П., Курдюмов С.П. и Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Наука, 1997.

диенты роста населения и экономического неравенства. Наличие же ядерного оружия в этом регионе может как удерживать равновесие, так и угрожать глобальной безопасности.

Демографический фактор, несомненно, проявляется в мусульманских странах, где быстрое появление в процессе урбанизации масс неприкаемой молодежи дестабилизирует общество. Причем, по культурологическим причинам ислам мало способствует экономическому сотрудничеству, поэтому результирующее «столкновение цивилизаций» связано не столько с религиозным фактором, сколько с отставанием в развитии некоторых стран ислама.

Таким образом, увеличивающаяся неравномерность развития может стать причиной потери устойчивости роста и, как следствие, привести к войнам. Такие дисбалансы нельзя предсказать, однако указать на их вероятность не только возможно, но и необходимо. Именно в сохранении стабильности развития в эпоху крутых перемен состоит главная задача мирового сообщества. Без этого невозможно решение никаких иных глобальных проблем, какими бы значимыми они ни казались. Поэтому, при обсуждении вопросов безопасности, наряду с военной, экономической и экологической безопасностью, следует учитывать и демографический фактор безопасности и стабильности мира, который должен принимать во внимание не только количественные параметры роста населения, но и качественные, в том числе этнические.

Парадоксальным следствием демографического перехода в развитых странах стало то, что на семью с доходом \$100 в день приходится 1,15 ребенка на одну женщину. В то же время в развивающихся странах на семью с доходом \$2 в день приходится 5–6 детей. Таким образом современное развитое общество демографически несостоятельно. При таких условиях невозможна стабилизация населения развитых стран после демографического перехода без восстановления рождаемости до уровня 2,1 ребенка на одну женщину и изменения ценностей, которыми руководствуется обще-

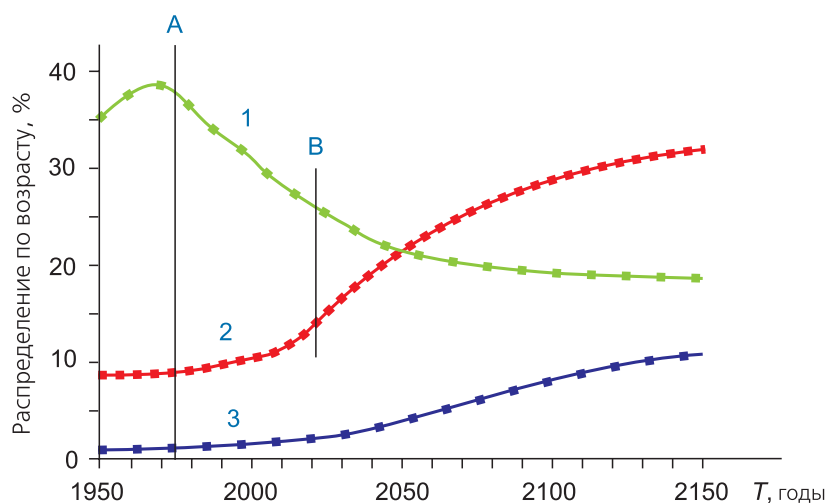


Рис. 5. Старение населения мира 1950–2150 гг. в % (по расчетам ООН). Распределение по возрастам в развивающихся странах – А и развитых странах – В на 2000 год. Когорты моложе 15 лет (1), от 65 до 80 лет (2) и старше 80 лет (3).

ство. В противном случае произойдет вытеснение коренного населения этих стран эмигрантами с высоким уровнем рождаемости. Массированная миграция уже приводит к противоречиям, проявляющимся в современном мире. Этот вопрос недавно был рассмотрен известным американским историком Патриком Бьюкененом в книге «Смерть Запада. Как вымирающее население и вторжение эмигрантов угрожают нашей стране и цивилизации».

Экономический аспект демографии

Предложенная модель рассматривает население мира как единую самоорганизующуюся систему. Это позволяет охватить огромный диапазон времени и круг явлений, в которые входит, по существу, вся история человечества. Модель предлагает феноменологическое, макроскопическое описание явлений, в основе которого лежит представление о кооперативном взаимодействии, включающем все процессы культурной, экономической, технологической, социальной и биологической природы, приводящем к самоускоренному гиперболическому росту. Это коллективное взаимодействие связано с сознанием, которое в принципе от-

личает человечество от животного мира. Оно выражено в культуре как факторе развития и передачи информации, происходящей между поколениями, а также в ее распространении на всем пространстве ойкумены. Последнее обстоятельство приводит к синхронизации глобального развития, наблюдаемой на всем протяжении истории и предыстории человечества.

В масштабе глобальной истории, которую Бродель называл тотальной историей, развитие устойчиво и детерминировано. И только по мере уменьшения пространственного и временного масштаба наступает хаос (как его понимают в синергетике и наблюдают в истории), – что и делает такие процессы непредсказуемыми. В настоящее время именно неравновесные процессы приводят не только к общему росту, но и к неравномерному развитию, увеличению пропасти между богатством и бедностью, столь характерным для переходной эпохи переживаемой человечеством.

Эти представления важны для понимания глобального развития с позиций экономики. Неоклассическая экономика рассматривает линейные модели обратимого обмена и медленного роста. В основе такой экономической моде- ▶

Современные развитые общества, в которых на одну женщину приходится 1,2–1,5 детей вместо 2,1, необходимых в стабильной популяции, **демографически не состоятельны**. Устойчивое развитие в них возможно только при условии восстановления разорванных связей между поколениями.

ли Вальраса лежит аналогия с термодинамикой, с ее принципом детального равновесия и аддитивных законов сохранения. В нелинейной модели квадратичного роста, неравновесного и необратимого, информация не только не сохраняется, но умножается на всем протяжении развития человечества. Более того, нелинейная модель не сводима к линейной и, требуя принципиально другого обоснования, приобретает особое значение для понимания процесса неравновесного развития человечества на всем протяжении истории. Такие представления, связанные с обобщением идей Макса Вебера и Йозефа Шумпетера, лежат в основе эволюционной экономики и экономики знаний, о которой говорил на общем собрании РАН в 2002 г. В.Л. Макаров (см. «В мире науки», № 11 за 2003 г. «Экономика знаний»). В этой связи стоит обратить внимание на симптоматичное замечание американского публициста Фрэнсиса Фукуямы: «Непонимание того, что основы экономического поведения лежат в области сознания и культуры приводит к тому распространенному заблуждению, при котором материальные причины приписывают тем явлениям в обществе, которые по своей природе в основном принадлежат области духа».

Во время перехода значительно растет производительность труда в промышленности и сельском хозяйстве, при этом 4% населения кормят всю страну, а в сфере услуг занято до 80% рабочей силы. Увеличение числа городских жителей приводит к изменению структуры семьи, критериев роста и успеха, приоритетов и ценностей общества. Перемены происходят столь стремительно, что ни отдельные лица, ни общество в целом, ни его институты не

успевают адаптироваться к новым обстоятельствам. Из-за короткого горизонта предвидения происходит крушение социально-ориентированных плановых начал в экономике, а доминирование стихии рынка – к бездумному развитию общества потребления, и, как следствие, к пренебрежению окружающей средой.

Существенным и общим результатом демографической революции станет увеличение продолжительности жизни и сокращение рождаемости, в результате возрастет численность пожилых людей, а молодежи станет меньше. В частности, это приведет к уменьшению демографических резервов для создания массовых армий в развитых странах. С другой стороны, будет возрастать нагрузка на систему здравоохранения и социального обеспечения пенсионеров. Таким образом, в предвидимом будущем, при неизменном населении мира и значительном его старении, возможны две альтернативы развития – либо стагнация или даже упадок, либо рост качества жизни.

Литература

- Капица С.П. Общая теория роста населения Земли. – М.: Наука, 1999.
- Капица С.П., Курдюмов С.П. и Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Наука, 1997.
- Cohen J. How many people can the Earth support? New York, Norton, 1997.
- История человечества: Под ред. А.Н. Сахарова. Т.1–8. – М.: ЮНЕСКО, 2003.
- Хакен Г. Синергетика: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.
- Николис Г. и Пригожин И.Р. Самоорганизация в неравновесных системах. 1984.
- Курдюмов С.П. и Князева Е.Н. Синергетическое видение мира: режимы с обострением. – М.: Наука, 1995.
- Савельева И.М. и Полетаев А.В. История и время. В поисках утраченного. – М.: Языки русской культуры, 1997.
- Culture matters. How values shape human progress. Eds. L.E. Harrington and S.P. Huntington, Basic Books, New York, 2000.

Последнее всецело зависит от развития культуры, науки и образования. В развитых странах время, уделяемое образованию, постоянно увеличивается, развивается система непрерывного образования – век живи и век учись, рождаемость при этом катастрофически падает – так фактор культуры ограничивает рождаемость. Эта дилемма с особенной остротой стоит перед современной Россией (как и перед всем развитым человечеством). Так переход после демографической революции к новой парадигме развития приведет к глубоким изменениям исторического процесса и ее предвидение должно привлечь внимание всех, кто всерьез задумывается о судьбах мира.

Заглянуть в будущее

Нам впервые предложена количественная теория исторического процесса. Демографический и временной анализ мирового развития дает глобальную перспективу видения – картину, которую можно считать метаисторической, находящейся над историей по широте

и времени охвата. Как феноменологическое описание, она не обращается к деталям тех конкретных механизмов, в которых мы привычно ищем объяснения событий быстротекущей жизни. Поэтому такая методология некоторым может показаться абстрактной и даже механистической. Однако обобщения, полученные в результате применения данного подхода, дают достаточно полную и объективную картину реального мира.

Развитие человечества основано на способности интеллекта получать, осмысливать и передавать информацию и представления об окружающем нас мире, включая и мир самого человека. Если эволюция привела к появлению сознания, то сегодня само колле-

ктивное сознание может стать новым фактором эволюции человека и общества. Именно этим определяется место и значение науки в современном мире. Вместе с тем, наше время стало критическим, поскольку взрывной рост внезапно завершился переходом к новому этапу развития и остро поставил вопрос о понимании настоящего и управления будущим развитием, не связанным более с численным ростом. Поэтому необходима комплексная программа исследований, которая позволит применить полученные результаты в различных областях общественных наук и по возможности реализовать их в жизни.

Трудно представить, что в обозримом будущем и при отсутствии долж-

ной мировой политической воли мы сможем сознательно воздействовать на глобальный процесс роста как в силу масштаба происходящего, так и темпов развития событий, само понимание которых еще не полно. Но в тоже время предложенные идеи способствуют пониманию и развитию общей перспективы развития человечества, «пригодной» для истории и экономики, антропологии и демографии. Если медики и политики будут рассматривать системные предпосылки нынешнего переходного исторического периода как источник стрессов для отдельного человека и критического состояния для мирового сообщества, то цели представленного опыта междисциплинарного исследования будут достигнуты. ■



НА КАНАЛЕ ТВЦ ПО ПОНЕДЕЛЬНИКАМ в 00:30

программа С.П. Капицы



КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕЛЕФОНΙΑ И ЕЕ ВОЗМОЖНОСТИ

На протяжении последних тридцати лет произошла настоящая революция в системах связи. Даже писатели-фантасты не могли предвидеть результаты соединения телефона и компьютера. Книга показывает роль компьютера в современных системах связи и раскрывает их основные возможности и методы проектирования.

Авторы прослеживают историю развития связи, начиная с первых аппаратов, и намечают пути дальнейшего развития современной техники, демонстрируют их практическое воплощение средствами компьютерной телефонии третьего поколения, когда на смену современным телефонным станциям

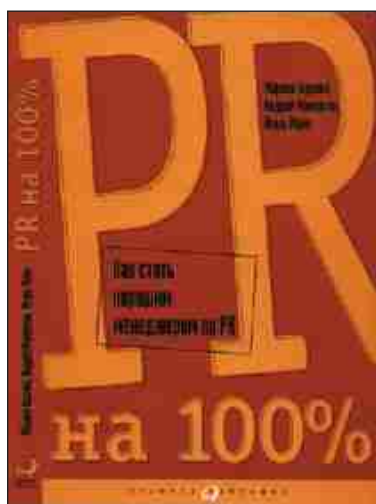
придут контакт-центры, созданные на основе мощных компьютерных сетей. Книга четко отражает современный уровень развития систем связи в России и распределение материала соответствует количественному соотношению АТС разных типов, работающих в стране.

Чтобы облегчить пользование книгой, авторы сопровождают ее терминологическим введением, где приводят перечень современных технологических решений и основных понятий, применяемых в данной области. Текст дополнен многочисленными иллюстрациями и справочными таблицами. ■



Гольдштейн Б.С. Фрейнкман В.А.
Call-центры и компьютерная
телефония. – СПб.: ВНУ, 2002. – 372 с.

КАК СТАТЬ ЭФФЕКТИВНЫМ СПЕЦИАЛИСТОМ ПО ОБЩЕСТВЕННЫМ СВЯЗЯМ?



Горкина М.Б. Мамонтов А.А. Манн И.Б.
PR на 100%. Как стать хорошим
менеджером по PR. – М.: Альпина
Паблишер, 2003. – 214 с.

До сих пор студенты и специалисты по общественным связям были вынуждены пользоваться только переводными книгами и учебными пособиями, в той или иной степени приспособленными к российским условиям. Авторы рецензируемой книги впервые представляют методику обучения и организации труда специалистов по общественным связям, изначально ориентированную на условия работы в России и основанную на отечественном опыте.

Каждый из авторов книги является признанным специалистом в своей области и имеет за плечами большой практический опыт, накопленный в процессе работы в отечественных и зарубежных компаниях. Важно, что два автора из трех ведут активную преподавательскую деятельность по данной специальности.

Книга построена в форме доверительной беседы, материал излагается в дос-

тупной и вместе с тем предельно информативной форме. Авторы до минимума сокращают необходимую теорию, уделяя основное внимание практическим приемам работы специалиста. На конкретных примерах они анализируют типичные ошибки и показывают, как выстроить наиболее рациональную систему работы.

Важно, что весь материал связан с описанием необходимых технических средств: в частности, современного программного обеспечения. Молодой специалист узнает о достоинствах и недостатках существующих компьютерных программ, о наиболее ценных зарубежных пособиях и о том, как координировать работу по различным направлениям развития общественных связей. Книга поможет подготовить пресс-релиз, материал для рекламы, построить беседу с будущим партнером или выступление на пресс-конференции.

Книга будет полезна специалистам разного профиля, в том числе, как ни парадоксально, школьным учителям и преподавателям, стремящимся усовершенствовать приемы общения с учащейся молодежью. ■

ПРОВЕРКА МИКРОСХЕМ

Дэннис Шаша

Вы только что получили большую партию цифровых микросхем от не очень надежного поставщика. Вам точно известно, к каким участкам чипа ведут его внешние выводы. Более того, изготовитель сообщил, что представляет собой каждый элемент схемы, но верить ему нельзя. Используя наименьшее количество тестов, вы должны определить, действительно ли поставщик установил заявленные элементы. Вся схема состоит из логических вентилях «ИЛИ» и «И», которые характеризуются таблицами истинности (см. рис. 1 и рис. 2), связывающими состояние выхода с состояниями входов. Вентиль «И» выдает единицу только тогда, когда единица присутствует на обоих входах, а вентиль «ИЛИ» – тогда, когда единица подана хотя бы на один вход.

В качестве разминки рассмотрим схему с тремя элементами (рис. 3). В прин-

ципе, любой из них может оказаться как вентилем «ИЛИ», так и вентилем «И». Для проверки нужно подать комбинацию единиц и нулей на входы *A, B, C, D* и посмотреть, что появится на выходах *E* и *F*. В данном случае достаточно одного теста. Вопрос в том, в какие состояния следует установить входы схемы и какими должны быть ожидаемые результаты на выходах?

Ответ таков: на входы *A, B, C* и *D* нужно подать соответственно 1, 0, 1 и 1. Если все элементы указаны верно, то на выходе *E* появится ноль, а на выходе *F* – единица (можете проверить с помощью таблиц истинности). Если хотя бы один из вентилях указан неправильно, комбинация результатов на выходах будет иной.

Теперь перейдем к схеме с 4 элементами (рис. 4). Сколько нужно тестов, чтобы как можно скорее проверить ее, и что следует подавать на входы в каждом из

них? Как изменится решение, если эту же схему составить из четырех вентилях «И»? Наконец, рассмотрите все возможные сочетания вентилях «И» и «ИЛИ» для предыдущей схемы (рис. 3). Какие комбинации элементов можно проверить с помощью всего одного теста? ■

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

ОТВЕТ НА ГОЛОВОЛОМКУ ИЗ ПРЕДЫДУЩЕГО НОМЕРА: Располагая тремя уровнями кранов, невозможно получить на выходе следующие комбинации цветов:

ADECB
AEDBC
BCDEA
CEDAB
DEACB
EABCD

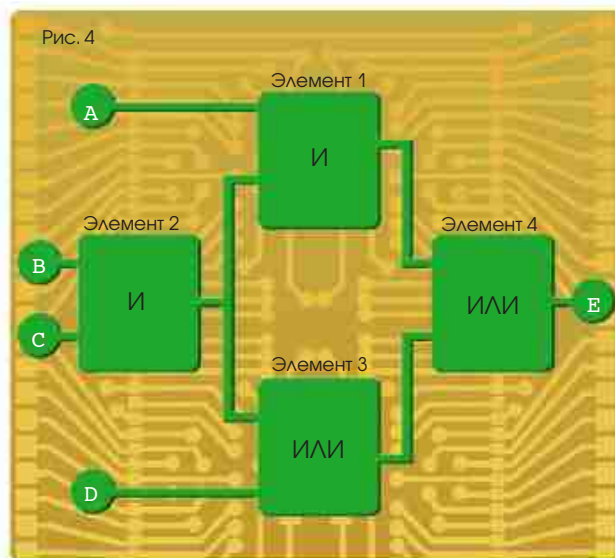
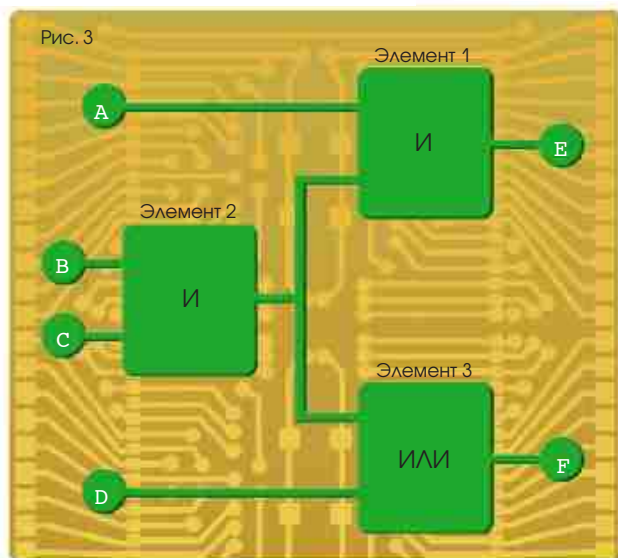
Но если добавить еще один уровень кранов, то любая из них станет достижимой.

Рис. 1. Таблица истинности для клапана И

Вход	Вход	Выход
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Рис. 2. Таблица истинности для клапана ИЛИ

Вход	Вход	Выход
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



КАК ДОЛГОВРЕМЕННОЕ ПРЕБЫВАНИЕ НА ОРБИТЕ ВЛИЯЕТ НА ОРГАНИЗМ КОСМОНАВТОВ?

Отвечают директор Национального института космических биомедицинских исследований **Джеффри Саттон** (Jeffrey Sutton) и заведующий Отделом аэрокосмической медицины и систем здравоохранения NASA **Ница Синтрон** (Nitzza Cintron).

Долгое пребывание в невесомости приводит к ежемесячному полупроцентному снижению костной массы, последствия которого схожи с остеопорозом, появлению почечных камней и трещин в костях, вызванному деминерализацией костной ткани, потере мышечной массы, силы и выносливости (в первую очередь нижних конечностей). У участников длительных орбитальных экспедиций ослабляется сердечная функция, возникает аритмия. В организме происходит перераспределение жидкостей от конечностей к голове. Изменения в вестибулярном аппарате часто приводят к дезориентации и пониженной нервно-мышечной координации. Нарушение циркадных ритмов из-за отсутствия 24-часового точного цикла вызывает бессонницу

и стресс. Несмотря на достаточный прием пищи снижается объем крови, возникает иммунодефицит и кратковременное послеполетное снижение уровня красных кровяных телец

Определенный риск для здоровья представляет космическое излучение, от которого нас с вами защищает земная атмосфера. В открытом пространстве присутствуют космические лучи, тяжелые ионы (например, железо), свободные электроны, протоны и нейтроны. Все эти факторы неблагоприятно сказываются на многих физиологических процессах и провоцируют возникновение катаракт и злокачественных опухолей.

Чтобы избежать опасных последствий, в программу каждой экспедиции включают целый ряд специальных процедур. Находясь на борту, космонавты занимаются физическими упражнениями, не давая мышцам атрофироваться. Ответственные работы, в том числе в открытом космосе, проводятся только после того, как участники полета акклиматизируются к косми-

ческим условиям и в их организмах завершится перераспределение жидкостей. С морской болезнью, ортостатической гипотонией и снижением костной массы помогают бороться специальные лекарства. Для поддержания нормального циркадного цикла применяется искусственная периодическая смена освещенности. Специальные экраны защищают экипаж от вредного космического излучения. ■



КАК ЛАПКИ ГЕККОНА ПРИЛИПАЮТ К ПОВЕРХНОСТИ?

Отвечает **Келлар Отэм** (Kellar Autumn) из Колледжа Льюиса и Кларка :

На лапках гекконов нет никаких липких веществ. Зато их ступни покрыты миллионами микроскопических щетинок. На конце каждой щетинки имеется множество наноструктур, которые называются лопаточками и обеспечивают тесный контакт с различными поверхностями.

В прошлом году мы с коллегами выяснили, что сцепление щетинок с поверхностью обеспечивается слабым

межмолекулярным ван-дер-ваальсовым взаимодействием, которое обусловлено скорее геометрией наноструктур, нежели их химическими особенностями. На основании нашего открытия мы сделали вывод, что любую поверхность можно сделать «липкой», если покрыть ее мельчайшими выступами. Этот принцип удалось использовать для создания первой искусственной гекконовой лапки.

Управление прилипанием и отлипанием тоже связано с геометрией, а не

с химией. Все 6,5 млн. щетинок средней ящерицы могут выдержать вес до 130 кг. Впечатляющая сила сцепления заставляет задуматься: как же гекконы отрывают свои лапки от поверхности всего за 15 мс? Оказалось, что щетинка легко отцепляется, если ее наклонить на 30°: ствол волоска действует как рычаг, отрывающий лопаточки от поверхности. Чтобы уменьшить усилие, геккон отлепляет щетинки по очереди, а не все сразу. ■



Читайте в майском выпуске журнала:

- Дисплеи будущего**
- Тайна шока**
- Спад преступности в США**
- План Вселенной**
- Четыре космических ключа**
- Из темноты**

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

- по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; периодических изданий для библиотек, подписной индекс Б392; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970;
- через редакцию (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.

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

Бланк подписки можно взять в любом номере журнала; получить в редакции; высылаем по факсу или по e-mail.

Где купить журнал (текущие номера):

- в передвижных киосках «Метрополитеневец» около станций метро;
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., 1;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА;
- в павильоне у метро «Тимирязевская»;
- в киосках г. Зеленограда.

Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу ул. Радио, дом 22

	<p>Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет» Расчетный счет 40703810200000010014 в АКБ «Ист-Бридж Банк» ЗАО, г. Москва БИК 044579128 Корреспондентский счет 30101810500000000128 ИНН 7714082749; КПП 770901001</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Фамилия, И.О., адрес плательщика</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Вид платежа</th> <th style="width: 30%;">Дата</th> <th style="width: 30%;">Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки»</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Вид платежа	Дата	Сумма	Подписка на журнал «В мире науки»			Плательщик		
Вид платежа	Дата	Сумма								
Подписка на журнал «В мире науки»										
Плательщик										
	<p>Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет» Расчетный счет 40703810200000010014 в АКБ «Ист-Бридж Банк» ЗАО, г. Москва БИК 044579128 Корреспондентский счет 30101810500000000128 ИНН 7714082749; КПП 770901001</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Фамилия, И.О., адрес плательщика</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Вид платежа</th> <th style="width: 30%;">Дата</th> <th style="width: 30%;">Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки»</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Вид платежа	Дата	Сумма	Подписка на журнал «В мире науки»			Плательщик		
Вид платежа	Дата	Сумма								
Подписка на журнал «В мире науки»										
Плательщик										