

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
MINDS

В мире науки

№03 2008

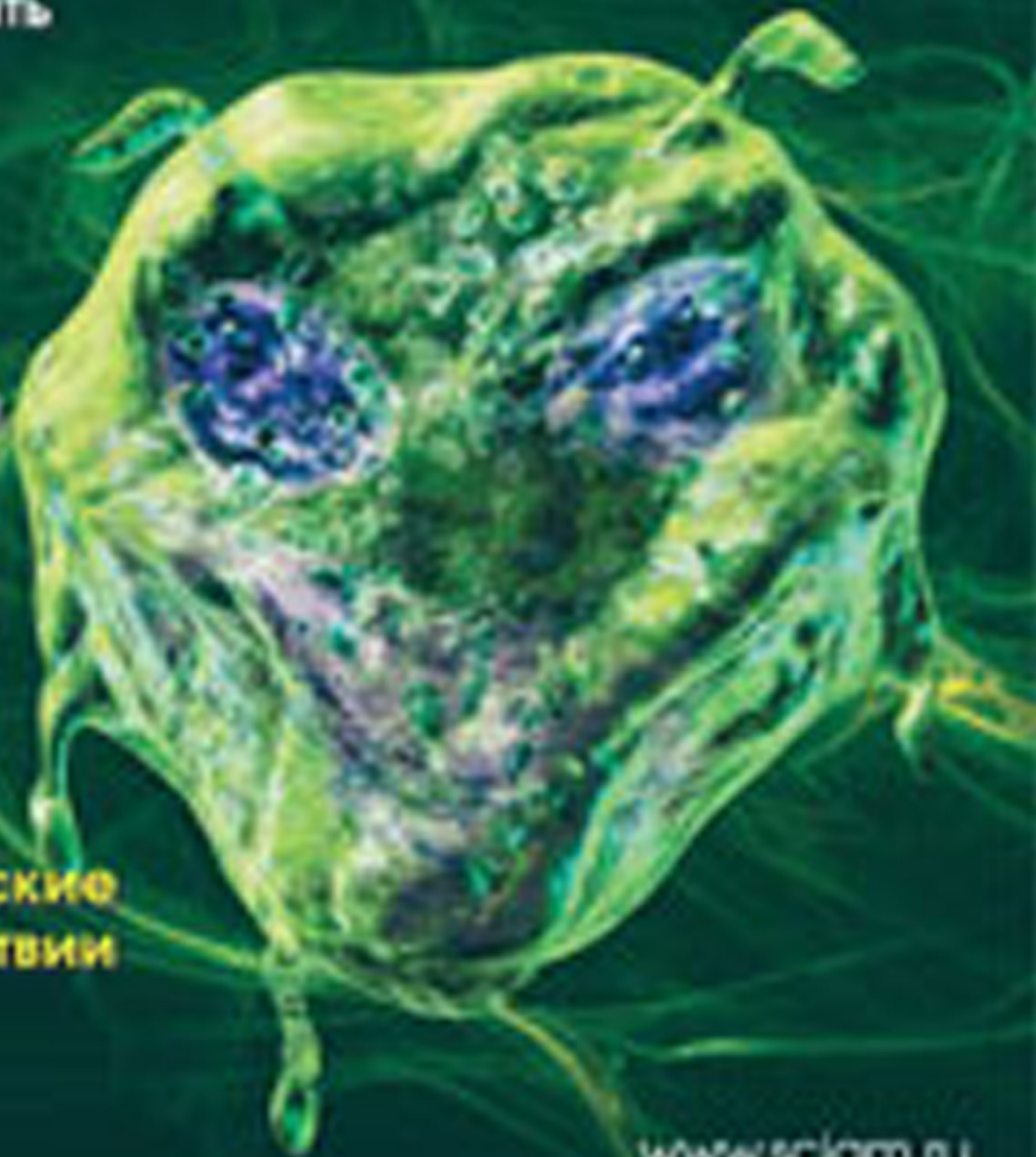
ЧУЖИЕ НА ЗЕМЛЕ?

Активизировать
углеродные
рынки

Множество
миров
Хью Эверетто

ДНК
определяет
диету?

Семантические
сети в действии



www.sciam.ru

содержание

МАРТ 2008



ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 16 АСТРОНОМИЯ**
ОКНО В ЭКСТРЕМАЛЬНУЮ ВСЕЛЕННУЮ
Уильям Атвуд, Питер Майкельсон и Стивен Ритц
Спутник GLAST готов приподнять завесу тайны над темной материей и другими неизученными явлениями
- 24 КОСМОЛОГИЯ**
БОЛЬШОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ ПО «АМЕРИКАНСКИМ ГОРКАМ»
Клифф Берджесс и Фернандо Кеведо
Могла ли космическая инфляция быть знаком того, что наша Вселенная — лишь малая часть Великой «Мультиленной»?
- 36 ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА**
ЭФФЕКТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ УГЛЕРОДНОГО РЫНКА
Дэвид Виктор и Дэнни Калленворд
Новые экономические меры по борьбе с глобальным потеплением
- 44 ГАЛЕРЕЯ**
РАЗНОЦВЕТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ
Эмили Гаррисон
Световая спектрография позволяет увидеть мельчайшие биологические структуры
- 48 ГЕНЕТИКА**
ПРАВИЛЬНОЕ ПИТАНИЕ: СПРОСИТЕ У ДНК?
Лаура Хершер
Насколько научно обоснованы заявления о том, что при помощи генетического тестирования можно составить персонализированную диету?
- 56 БИОЛОГИЯ**
ЧУЖИЕ СРЕДИ СВОИХ
Пол Дэвис
Ученые исследуют экологические ниши в поисках микроорганизмов, радикально отличающихся от тех, которые нам так хорошо знакомы
- 64 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕТЬ В ДЕЙСТВИИ
Эрик Нойманн, Сьюзи Стивенс, Ли Фейгенбаум, Иван Херман и Тоня Хонгзермайер
Вероятно, скоро мы станем свидетелями того, как реализуется новая идея, позволяющая устанавливать связи между любыми сетевыми блоками информации
- 74 ИСТОРИЯ ФИЗИКИ**
МНОЖЕСТВЕННОСТЬ МИРОВ ХЬЮ ЭВЕРЕТТА
Питер Берн
50 лет назад Эверетт предложил новую интерпретацию квантовой механики, согласно которой квантовые эффекты порождают бесчисленное множество альтернативных вселенных

Учредитель и издатель: ЗАО «В мире науки»

Главный редактор: С.П. Капица

Заместители главного редактора: А.Ю. Мостинская

О.И. Стрельцова

Зав. отделом естественных наук: В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских исследований: Ю.Г. Юшквичич

Корреспондент: Д.А. Мисюров

Над номером работали:

Ф.С. Капица, Б.А. Квасов, Е.В. Кокурина, Л.В. Ксанфомалити, И.И. Крылов, Д.А. Мисюров, М.Б. Молчанов, А.А. Приходько, А.И. Прокопенко, Л.С. Раткин, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, Т.Н. Саранцева, В.Г. Сурдин, И.А. Фролова, А.П. Худолей, Д.С. Хованский, Б.А. Чернышев, Н.Н. Шафрановская

Научные консультанты:

ректор МГУ, академик, доктор физ.-мат. наук, президент Российского союза ректоров В.А. Садовничий, кандидат физ.-мат. наук О.С. Сажина, кандидат пед. наук Н.А. Слащева, директор Международного научно-образовательного Форсайт-центра, кандидат физ.-мат. наук А.В. Соколов

Арт-директор: Л.П. Рочева

Корректурa: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор

ЗАО «В мире науки»: О.А. Василенко

Главный бухгалтер: Н.М. Воронина

Отдел распространения, подписка: М.К. Бирюкова

Л.В. Леонтьева

Адрес редакции и издателя:

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

Телефон: (495) 727-35-30, тел./факс: (495) 105-03-72

e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

В верстке использованы шрифты *Helios* и *BookmanC*

Отпечатано:

ООО «Первый полиграфический комбинат»
143405, Московская обл., Красногорский р-н,
п/о «Красногорск-5», Ильинское ш., 4 км
тел. (495) 510-27-92, доб. 137

© В МИРЕ НАУКИ

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.

Свидетельство ПИ №ФЦ77-19285 от 30.12.2004

Тираж: 11 600 экземпляров

Цена договорная.

Передача текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции. При цитировании ссылка на «В мире науки» обязательна. Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов и 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, Peter Brown, Graham P. Collins, Mark Fichetti, Steve Mirsky, George Musser, Christine Soares

Chief news Editor: Philip M. Yam

Contributing editors: Marguerite Holloway, Michael Shermer, Sarah Simpson, W. Wayt Gibbs

Chairman: Brian Napack

President: Steven Yee

Vice President and managing director, international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

Chairman emeritus: John J. Hanley

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

© 2007 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.

74

ПЕРСПЕКТИВЫ

ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ: ВЫБОР ПУТИ

Виктор Садовничий

Будущее человечества создается уже сегодня, и определяется оно уровнем фундаментальных знаний

3

РАЗДЕЛЫ:

ОТ РЕДАКЦИИ

ПОЛОЖИТЬ КОНЕЦ ПУСТОЗВОНСТВУ

4

50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6

СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ

- Загадки темной материи
- Распознаем по запаху
- Там, где строится реактор
- День науки–2008
- Выключить T-клетки
- Нежные лисы
- Наркотики в канализации
- Планы Роснано-тех
- Мощь сверхзвуковых импульсов
- Жидкий зум-объектив

14

ТЕНДЕНЦИИ

НАУКА О НАУКЕ

Исследования в области наукометрии позволяют прогнозировать научно-технологическое развитие

84

ЗНАНИЕ – СИЛА

АВТОМАТ ДЛЯ УСТАНОВКИ КЕГЛЕЙ

Марк Фишетти

Что скрывается за кулисами зала для игры в боулинг?

ОБЗОРЫ:

86

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

90

ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ

94

СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

Почему мы так долго помним запахи, если обонятельные нейроны живут всего 60 дней?

ПОЛОЖИТЬ КОНЕЦ ПУСТОЗВОНСТВУ

Чтобы замедлить процесс изменения климата, пора переходить к конкретным действиям

Когда в сентябре 2007 г. президент США Джордж Буш призвал страны с максимальным выбросом парниковых газов последовать примеру его администрации в борьбе с изменением климата, его речь воспринималась многими как пустозвонство. В конце концов, большую часть пребывания на своем посту Буш постоянно выражал сомнение в том, что человеческая деятельность оказывает существенное влияние на глобальное потепление, и всячески отвергал международный Киотский протокол. Однако даже если демонстрируемое в последнее время президентом США стремление добиваться сокращения выбросов парниковых газов ориентировано на избирателей, которым предстоит в этом году выбрать его преемника, изменение им позиции может ознаменовать начало перехода к реальному решению данной проблемы.

Помимо очевидного ущерба для мира природы, изменение климата уже в нынешнем веке грозит свести на нет достижения человечества за последние два столетия. Участвовавшие наводнения, ураганы и засухи могут привести к тому, что в ловушку бедности попадут миллионы людей.

Мировое сообщество нуждается в эффективном политическом руководстве. Как заявляют ученые, чтобы иметь реальные шансы избежать глобального потепления, промышленным государствам необходимо сократить к 2050 г. выброс парниковых газов на 50—80% по сравнению с уровнями 1990 г. Достижение так называемых желательных целей, добровольно согласованных для каждой страны в отдельности, не позволит этого добиться. Развивающиеся страны, на долю которых уже приходится половина общего производства парниковых газов в мире, но которые при этом не хотят принимать меры для его ограничения, будут продолжать тормозить процесс борьбы с потеплением.

Примерно каждый второй американец (это на 20% больше, чем в 2004 г., согласно недавнему исследованию, проведенному Йельским университетом) в настоящее время считает, что глобальное потепление уже оказывает негативное влияние на людей во всем мире или будет оказывать его в следующем десятилетии. Кроме того, 40% респондентов заявили, что позиция кандидата на пост прези-

дента в отношении данной проблемы серьезно повлияет на то, как они будут голосовать.

По мнению специалистов, необходимо сделать три шага. Индустриальные страны должны в ближайшее время пойти на значительные сокращения выброса парниковых газов. Для США это должно означать введение налогов на углеродное топливо. Учитывая, что большинство конгрессменов рассматривает такую меру как политическое самоубийство, правительству следует создать национальный рынок ограничений, которыми можно будет торговать. При такой системе начнут действовать ограничения на выброс углерода для каждой конкретной страны. Кредиты на выброс его общего количества будут продаваться с аукциона развивающимся странам, которые затем смогут торговать кредитами на свободном рынке, чтобы выполнить свои индивидуальные обязательства с наименьшими затратами.

Во-вторых, всем странам следует вкладывать значительно больше средств в новые технологии, чтобы стабилизировать количество газов в атмосфере, способствующих потеплению климата. Особенно будут необходимы решительные действия правительств, поскольку усилии частного сектора, даже если он будет руководствоваться правильными намерениями, будет недостаточно.

И, наконец, богатым государствам следует утвердить некую программу, аналогичную Плану Маршалла, способствующую переходу на новые технологии с низким содержанием углерода, в которых нуждаются развивающиеся страны.

Однако одни разговоры ничего не стоят. Политикам пора прекратить пустозвонство и начать вводить жесткие ограничения на опасные выбросы.

Примечание главного редактора «В мире науки»

С рядом утверждений и взглядов редакторов можно согласиться только частично. К сожалению, весь этот комплекс проблем до сих пор недостаточно разработан с чисто научной точки зрения. С другой стороны, вопрос крайне политизирован, и хорошо видно, какие мощные силы воздействия на общественное сознание приведены в движение. Именно поэтому следует считать необходимой дополнительную независимую экспертизу этой проблемы, свободную от внешнего давления, мешающего прийти к необходимым решениям. ■



АТОМНАЯ ЭКОНОМИКА ■ САМОЛЕТ НА ЛЬДУ ■ ТОЧНОСТЬ И МОДА

МАРТ 1958

ЭНЕРГИЯ, ПЕПЕЛ, ДЕНЬГИ. Для развития ядерной энергетики в государственном масштабе необходимо разработать методы утилизации большого количества радиоактивного пепла, которое будет произведено ядерными реакторами. В прошлом месяце комитет Национальной Академии наук сделал сообщение относительно вывоза отходов, указывая, что затраты на временное хранение продуктов радиоактивного расщепления с целью их охлаждения, извлечение долгоживущих изотопов, а также перевозка в отдаленные пункты для окончательного захоронения будут иметь большое значение для экономики ядерной державы.

КРИПТОН И БРАК. Стержень из драгоценного сплава платины и иридия, хранящийся в Севре, Франция, эталон, по которому сверяются расстояния во всем мире, скоро может быть переплавлен на обручальные кольца.

Международный совещательный комитет по определению метра рекомендовал принять атомный стандарт длины. Метр будет определен как 1650763,73 длины волны оранжевой линии спектра криптона-86.

Спектральная линия криптона является в настоящее время самой тонкой из доступных для измерения длины.

МАРТ 1908

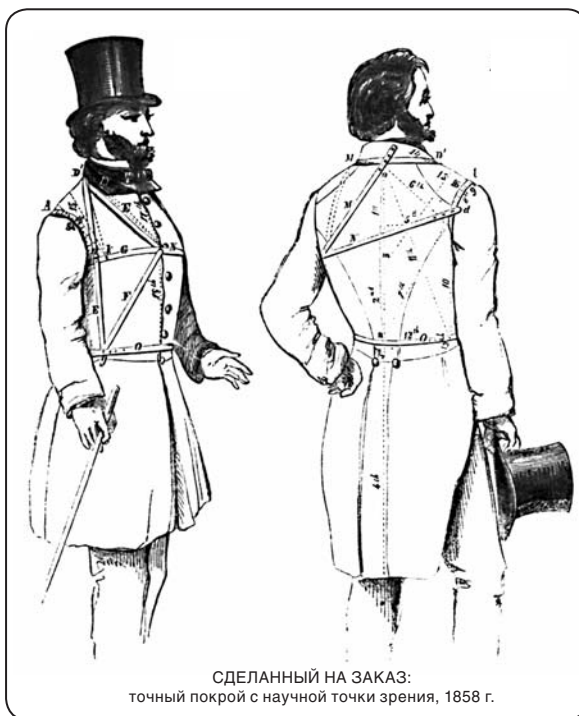
КРАСНОЕ КРЫЛО. Ассоциация воздушных экспериментов, которая была сформирована прошлым летом доктором Александром Грэмом Беллом, в течение трех месяцев активно занималась строительством и испытаниями летательного аппарата.

Самолетом «Красное Крыло» в первом испытании управлял Ф. Болдуин. При этом был использован восьмицилиндровый двигатель «Кертисс» мощностью в 40 лошадиных сил. Идея поставить самолет на полозья и проверить его на льду казалась великолепной. Но в связи с потеплением и таянием льда на озере Кеюка рядом с Хаммондспортом, штат Нью-Йорк, возникло сомнение в том, что испытание машины сможет состояться. К счастью, внезапное похолодание дало экспериментаторам шанс провести полет, и 12 марта самолет пролетел 318 футов 11 дюймов.

ОБНОВЛЕНИЕ. В прошлом 49 судов, которые зашли в бывший испанский Йерба-Буэна, как еще недавно назывался Сан-Франциско, оказались на мели, поскольку их команды устремились на поиски золота. Среди этих судов был «Ниэнтик», построенный на верфи штата Мэн. Брошенное судно вытащили на берег и, протащив по Глей и Сансем-стрит, превратили в меблированные комнаты. Мелкая вода в его трюме была постепенно засыпана песком. Многоквартирный корабль погиб при пожаре в апреле 1906 г. и был идентифицирован по древесным породам. Недавно при рытье котлована для нового здания на месте «Ниэнтик» в грязи и песке были обнаружены киль и рангоут старого судна.

ЧЕТВЕРТОЕ ИЗМЕРЕНИЕ. Математика — самая точная и полностью обоснованная наука. Но все же и в этой области строгих и скрупулезных методов возникли фантастические во-

ображаемые структуры, которые находятся за гранью нашего опыта. Такова идея четвертого и дальнейших измерений. Было бы невозможно ограничить человека, посвященного в тайну подобного пространства, шестью поверхностями тюремной камеры. Малейшее его движение по направлению к четвертому измерению сразу вывело бы его из трехмерной реальности. Это было бы хорошо для него, если бы речь шла только о четырехмерном месте, но после возвращения в трехмерный мир он мог бы очень сильно измениться.



СДЕЛАННЫЙ НА ЗАКАЗ:
точный покрой с научной точки зрения, 1858 г.

МАРТ 1858

ЧЕЛОВЕК ИЗМЕРЕННЫЙ.

Когда думаешь, что человеческая фигура — эталон симметрии и изящества, несколько удивляешься, увидев на улицах множество неуклюжих и плохо выглядящих людей. Мы вынуждены сделать заключение, что портной не воздал им должное, когда кроил их одежду. Игнорировать неряшливость преступно. Поскольку мы обязаны носить пиджаки и другие вещи, надлежит сделать так, чтобы они хорошо сидели. Симеон Корлей из Лексингтона, Южная Каролина, запатентовал инструмент, предназначенный для снятия точных мерок и построения выкроек на ткани. ■

ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ ОЧЕРЕДНОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «НАУКА И ЖИЗНЬ»

ТЕМАТИКА СТАТЕЙ НОМЕРА, КАК ВСЕГДА, ШИРОКА И РАЗНООБРАЗНА

Под рубрикой «Гипотезы, предположения, факты» «Наука и жизнь» продолжает публиковать журнальный вариант статьи инженера П. Н. Мантасьяна «Вихри: от молекулы до Галактики» (см. «Наука и жизнь» № 2, 2008 г.). На этот раз речь идёт о смерчах и торнадо — природных образованиях огромной разрушительной силы, механизм возникновения которых до сих пор не вполне понятен.

Ст. «Циклоны и антициклоны»

Жива ли ещё в нашей стране фармакология и создаёт ли она свои собственные лекарства?

На эти вопросы отвечает постоянный автор журнала профессор В. Б. Прозоровский. Валентин Борисович участвовал в работе съезда фармакологов России и выступил на нём с докладом.

Ст. «Аминокислоты — пептиды — лекарства. Записки со съезда фармакологов»

Став с XIV века вотчиной одной из ветвей суздальских князей, Шуя подарила им и прозвище — Шуйские. Небольшой городок был свидетелем и участником многих княжеских междоусобиц и событий, вошедших в историю. Но экономическим развитием Шуя всецело обязана предприимчивому и оборотистому купечеству и мастерскому люду. Многие традиционные ремёсла живы здесь и поныне.

Ст. «Город мал, да много повидал»

Испанские и датские учёные проанализировали ход одомашнивания животных и растений за всю историю человечества. Они пришли к выводу, что сейчас мы вступили в новую фазу этого процесса: домашними быстро становятся морские организмы.

Тайваньские биологи нашли в сладком перце соединения, улучшающие память и способность к обучению — во всяком случае, у крыс. Обычный стиральный порошок с ферментами лучше всего работает при температуре воды 50—60 градусов Цельсия. Немецкие биохимики нашли фермент, хорошо отстирывающий загрязнения даже при 10 градусах. Такие порошки дадут огромную экономию электроэнергии.

Руб. «О чём пишут научно-популярные журналы мира»

«...В мои же дерзкие планы входит... дать почувствовать читателю атмосферу, в которой жили и творили Аркадий и Борис Стругацкие; дать портрет эпохи, по сути, нескольких эпох, формировавших их как писателей; наконец, рассказать, показать, из какого, собственно, сора росли их повести». Журнал публикует ещё одну главу из новой книги ученика Стругацких, писателя-фантаста Анта Скаландиса (см. «Наука и жизнь» № 2, 2008 г.), которая готовится к выпуску в серии «ЖЗЛ» издательства «Молодая гвардия»

Ст. «Счастливый мальчик»

В посольском обычае России XV—XVII веков огромное значение придавали последовательности отправления своих посольств и приёмов чужих. Стороны зорко следили, чтобы дипломатический маятник раскачивался равномерно и с одинаковой амплитудой.

Когда отношения между двумя государствами на какой-то период прерывались и возникала обоюдная необходимость их возобновить, почётнее считалось вначале принять иностранных послов, а потом отправить ответную



ДОДЕКАЭДРЫ МЫЛЬНОЙ ПЕНЫ

ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

3
2008

● Глобализация — сложный и противоречивый процесс, но это естественный ход развития мирового сообщества ● Отечественная нейрофармакология: от этапа поисков — к созданию принципиально новых препаратов ● Играть на работе в компьютерные игры бывает полезно — правда, людям только некоторых профессий ● Наступает весна, скоро на дачу. Не заменить ли лопату на железного «мини-коня»? ● Путешествие по Руси исторической продолжается: на маршруте — город Шуя ● И снова о чемпионах, на этот раз — по прыжкам на челюстях в высоту и в длину.



миссию. В контактах с монархами, которых русские государи не признавали «братьями», такой порядок был не просто «честным», но и обязательным.

Ст. «От границы до Москвы»

На дорогах незнакомой страны да ещё и без знания её языка заплутать легче лёгкого. Поэтому функции штурмана при передвижении на арендованном автомобиле можно поручить GPS-навигатору (GPS — аббревиатура от Global Positioning System — система глобального позиционирования, см. «Наука и жизнь» № 8, 2007 г.). О том, что из этого получится у наших авторов, читайте в статье:

«Ведомые свыше»

● Распространённое мнение о том, что женщины более разговорчивы, чем мужчины, опровергается исследованием, проведённым недавно в США и Мексике... Авторы исследования полагают, хотя измерения проводили на молодых людях, разговорчивость вряд ли изменяется с годами. ● Одна из школ Манчестера (Англия) устроила для первоклассников соревнование: чей воздушный шарик улетит дальше? К шарикам были привязаны записки с адресами учеников и просьбой откликнуться к тому, кто найдёт шарик. Через два месяца Алиса Мейнс получила письмо из китайского города Гуанчжоу, до которого от Манчестера 9600 километров. Вот куда залетел шарик!

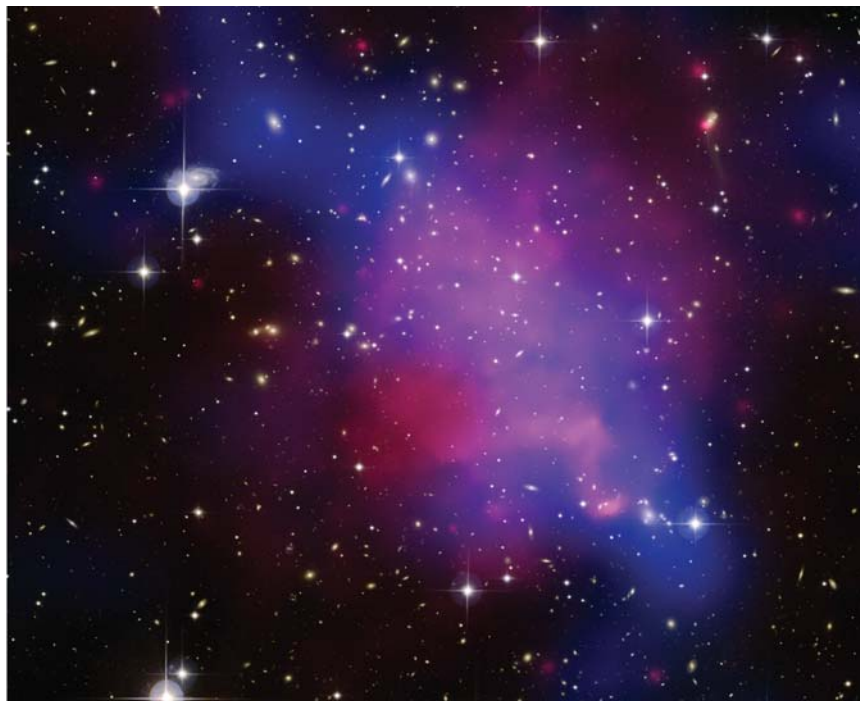
Из «Кунсткамеры»

Электронная версия ISSN 1683-9528 представлена в сети Интернет, ежемесячно регистрируется более 60 000 обращений. Адрес редакции: 101990, Москва, Центр, ул. Мясницкая, д. 24. Тел. (495) 624-1835, факс (495) 625-0590. Служба распространения и связей с общественностью: Ю.А. Сигорская — (495) 621-9255. Рекламная служба: (495) 628-5965. <http://www.nkj.ru>, e-mail: mail@nkj.ru.

Продолжается подписка на журнал «Наука и жизнь». Подписные индексы: 70601, 79179, 99349, 99469, 34174.

загадки ТЕМНОЙ МАТЕРИИ

Поведение скопления галактик может повлиять на представление о гравитации



ТАИНСТВЕННАЯ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ: на комбинированном изображении скопления галактик Абель 520 голубым цветом показано распределение темной материи, а розовым — распределение горячих газов. Подобная композиция может служить указанием на наличие «пятой силы»

Темная материя, которую до сих пор никому не удалось зарегистрировать, по-прежнему ставит в тупик космологов. Так, новые наблюдательные данные о распределении темной материи в одном далеком скоплении галактик могут заставить ученых предположить, что существует пятое физическое взаимодействие, или вынудить переписать основы ньютоновской теории гравитации. Поэтому не удивительно, что многие исследователи надеются, что это окажется ошибкой при наблюдениях.

Гигантские скопления галактик состоят из двух наблюдаемых компонентов: собственно галактик и межгалактического газа. Галактики можно увидеть в большие оптические телескопы, а горячий

разреженный межгалактический газ обнаруживают спутники с рентгеновскими телескопами, например обсерватория «Чандра» (NASA). Однако, согласно современным представлениям, скопления галактик могут включать и третий, невидимый компонент: таинственную темную материю, в которую «погружены» атомы — основа звезд и галактик. Темная материя может быть выявлена только по своему слабому гравитационному полю, в котором отклоняется свет, искажая тем самым изображения далеких фоновых галактик. Способы обнаружения этого так называемого эффекта «слабого линзирования» были значительно усовершенствованы за последнее десятилетие.

В 2006 г. исследователи воодушевили наблюдения скопления Пуля как первое определенное доказательство существования темной материи. Строго говоря, это два скопления в процессе слияния. Как и ожидалось, сталкивающийся газ двух скоплений стягивается к общему центру масс, движение же самих галактик происходит относительно свободно. Наблюдения слабого гравитационного линзирования оказались решающими для объяснения динамики этой системы, показав существование огромного количества темной материи, содержащейся в галактиках, но не в межгалактическом газе. Это в точности согласовывается с предсказаниями общепринятых теорий, согласно которым темная материя слабо взаимодействует сама с собой, а галактики формируются и развиваются там, где плотность темной материи наибольшая.

Однако наблюдения другого скопления нарушили эту схему. На расстоянии 2,4 млрд световых лет в созвездии Орион скопление Абель 520 также состоит из двух взаимодействующих скоплений. Согласно исследованиям коллектива ученых во главе с А. Махдави (Andisheh Mahdavi) и Х. Хокстра (Henk Hoekstra) из университета Виктории (Британская Колумбия, Канада), темная материя в скоплении Абель 520, по-видимому, не связана с галактиками. Гравитационно-линзовые наблюдения (выполненные с помощью 3,6-метрового канадо-франко-американского телескопа на горе Мауна-Кеа, США, штат Гавайи) показывают, что огромное количество темной материи сконцентрировано в центре сталкивающихся пар, где находится большая часть горячего газа и незначительное число галактик. Как отмечается этой исследовательской группой в работе, опубликованной в журнале *Astrophysical Journal*, это «отмежевание» темной материи от галактики «нелегко объяснить в рамках существующей <...> парадигмы темной материи».

«Это примечательный результат, — говорит космолог Дэвид Шпергел (David Spergel) из Принстонского университета. — Традиционное объяснение сводилось бы к тому, что не во всех областях концентрации темной материи эффективно формируются звезды и галактики. Альтернативное объяснение состоит в том, что темная материя влияет сама на себя на основе неизвестного пятого фундаментального физического взаимодействия, или “пятой силы”, которая воздействует только на темную материю». Под воздействием этой силы притяжения два облака темной материи уже не могли бы беспрепятственно проходить одно сквозь другое, а в конечном счете стягивались бы к общему центру масс сталкивающихся скоплений.

Роберт Сандерс (Robert Sanders) из университета Гронингена в Нидерландах предлагает третье решение проблемы, а именно модифицированную ньютоновскую динамику (MOND). Разработанная в начале

1980-х гг. Мордехаем Мильгромом (Mordehai Milgrom) из Вейцмановского научного института в Реховоте (Израиль), эта теория предполагает, что наблюдательные проявления темной материи возникают из-за изменения вида гравитационной силы. В частности, гравитационная сила в областях с низким ускорением (таких, как окрестности галактик) уменьшалась бы с расстоянием линейно, а не экспоненциально (речь идет о распределенном источнике гравитационного поля). Даже в такой, подчиняющейся MOND Вселенной, некоторое количество темной материи должно существовать, но она могла бы состоять из «обычных» частиц, таких как нейтрино, а не из таинственных невидимых частиц. Сандерс сказал, что вместе с Мильгромом они пишут работу о том, как с помощью MOND объяснить наблюдательные особенности скоплений галактик. «Эти новые результаты наблюдений — только если они реалистичны — могли бы стать

выдающимся успехом теории MOND», — сказал он.

Но достоверны ли полученные результаты? Дуглас Клоу (Douglas Clowe) из университета Огайо имеет сомнения на этот счет. В прошлом году он был ведущим автором работы о наблюдении скопления Пуля. «У нас есть собственные наблюдательные данные по слабому гравитационному линзированию, относящиеся к скоплению Абель 520, и наши результаты не совпадают с данными группы Махдави», — отмечает он. Клоу считает, что статистическая значимость результатов Махдави недостаточна. Шпергел также полагает, что хотя результаты по скоплению Абель 520 и достаточны для предположений, но не убедительны. К счастью, новые наблюдения скопления Абель 520 включены в программу Космического телескопа «Хаббл». По словам Клоу, «если космические наблюдения подтвердят наземные, тогда и наступит время для беспокойства».

Говерт Шиллинг

РАСПОЗНАЕМ ПО ЗАПАХУ

К продуктам детского и диетического питания предъявляются наиболее строгие требования. Считается, что сырье для них и в целом их качество должны соответствовать высочайшему уровню. К сожалению, недобросовестные изготовители этой продукции полностью или частично заменяют более дорогие натуральные фруктовые наполнители дешевыми суррогатами. Распознать подмену порой сложно, т.к. природные ароматы — это сложная смесь веществ различной химической природы, и идентифицировать ее традиционными приборными методами трудно и не всегда возможно.

Учеными Воронежской государственной технологической академии во главе с доктором химических наук Т.А. Кучменко было разработано устройство, которое способно по запаху продукта определить, нату-

ральные ли фрукты и ягоды добавлены в йогурты, творожки и другие молочные изделия. С помощью компьютера и соответствующего программного обеспечения распознаются и запоминаются ароматы, а тончайшее обоняние нового устройства обеспечивает система пьезосенсоров.

Важнейшая часть устройства — несколько неспецифических сенсоров, в которых находятся тончайшие кварцевые пластины, покрытые специальным веществом — сенсорным слоем. Его состав ученые выбирают так, чтобы он распознавал те молекулы, из которых состоит аромат.

Как удалось выяснить ученым, аромат синтетических ароматизаторов, если речь идет о приятно пахнущих фруктах и ягодах, принципиально отличается от

природных эталонов. Прибор эту разницу «чувствует», фиксирует и позволяет выяснить, какие именно, природные или синтетические, ароматы источают йогурты, творожки и другие молочные продукты.

Более того, с помощью аналогичного прибора, также разработанного воронежскими учеными, можно определять степень свежести молочных продуктов, так как часто бывает, что срок годности еще не истек, а сам продукт явно скис. При хранении происходит целый ряд химических превращений, и это неизбежно отражается на составе продукта, который уже не годен к употреблению.

Прибор для контроля качества молочных продуктов ученые разработали, теперь дело за производством. И тогда каждый потребитель сможет узнать, покупает ли он качественный продукт, или нет.

Михаил Молчанов
(По материалам *Informnauka*)

ТАМ, ГДЕ строится реактор

Проект ИТЭР – решение мировой энергетической проблемы человечества



Несколько лет назад в старинном замке Кадараш на юге Франции произошло событие, для которого слово «историческое», возможно, будет недостаточным. Речь идет о первом официальном заседании Совета организации «Международный термоядерный экспериментальный реактор ИТЭР».

Это событие положило начало работе над одним самых крупных энергетических проектов современности, инвестиции в который составляют более 10 млрд евро, а население стран, участвующих в проекте, превышает половину жителей нашей планеты. Если уверенность ученых подтвердится практикой строительства, то энергетическая проблема, стоящая перед человечеством, через 10–12 лет будет решена.

Фотовыставка, открытие которой состоялось 12 февраля в пресс-центре ИТАР-ТАСС, посвящена первому официальному заседанию Совета организации ИТЭР. Выставка «Лауреат премии «Глобальная энергия» проект ИТЭР — решение мировой энергетической проблемы человечества» открылась одновременно в семи посольствах стран-участниц проекта ИТЭР в Москве: ЕС, Франции, США,

Китай, Кореи, Японии и Индии. В ее открытии приняли участие руководители дипломатических миссий в России всех стран-участниц проекта ИТЭР, председатель Попечительского совета премии «Глобальная энергия», президент РНЦ «Курчатовский институт» академик Е.П. Велихов, член Попечительского совета премии «Глобальная энергия», первый президент СССР М.С. Горбачев, заместитель Генерального директора ОАО «Сургутнефтегаз» В.М. Никифоров.

В приветственном слове руководителей фонда «Глобальная энергия» сказано: «За пять лет своего существования премия приобрела вес и большое значение в мировой науке и энергетике. Впервые в истории «Глобальной энергии» лауреатом стал целый проект — ИТЭР. И этой выставкой мы хотим передать вам дух самого грандиозного инвестиционного и интеграционного проекта современности в области энергетики — проекта приручения Солнца на Земле. Мы надеемся, что эта выставка даст представление не только о проекте и организации ИТЭР, но и о людях, которые вкладывают свои силы в его создание и воплощение, гуляют по улочкам сказочного Экс-ан-Прованса и просто живут там, где строится реактор».

Е.П. Велихов в свою очередь подчеркнул, что «ИТЭР — нетипичный пример премии «Глобальная энергия», т.к. настоящий термоядерный реактор, который будет давать коммерческую энергию, в лучшем случае мы будем ждать еще 30 лет». А М.С. Горбачев добавил: «выразить основную идею проекта можно словами основателя проекта ИТЭР и моего главного советника по этому вопросу академика Е.П. Велихова: идея заключается в создании неиссякаемого и экологически чистого источника энергии, который будет доступен всем государствам, а не только супердержавам».

Заместитель руководителя дипломатической миссии США в России Дэниэл Рассел отметил ведущую роль бывших президентов СССР и США М.С. Горбачева и Р. Рейгана в решении вопросов о сотрудничестве двух крупных ядерных держав и развитии идеи создания термоядерного реактора. «Для завершения задачи строительства термоядерного реактора необходимо объединение усилий многих стран, т.к. создание принципиально нового источника энергии является важным для жителей всей планеты», — сказал Д. Рассел.

А чрезвычайный и полномочный посол Франции в Российской Федерации Станислас де Лабуле дал высокую оценку качеству фотографий, представленных на выставке, и сказал: «Строительство ИТЭР — логическое завершение процесса, начавшегося в СССР в 1950-е гг. с разработкой концепции ТОКАМАК, вслед за чем последовало предложение о сотрудничестве, сделанное в 1985 г. М.С. Горбачевым президенту Миттерану. Итогом стало торжественное подписание 21 ноября 2006 г. проекта соглашения ИТЭР в Елисейском дворце. Хочу выразить огромную признательность организаторам выставки, которые позволили придать большую значимость проекту разработки нового источника энергии, бережно относящегося к окружающей среде и климату, имеющего важнейшее значение для нашей планеты».

Павел Худолей

ДЕНЬ НАУКИ—2008

7 февраля 2008 г. в Российской академии наук состоялась пресс-конференция Фонда содействия отечественной науке РАН, посвященная Дню науки. Открывая встречу, академик Н.П. Лаверов отметил, что уже в течение семи лет Фонд осуществляет плодотворную работу по поддержке талантливой молодежи и выдающихся ученых многих поколений, а также руководителей крупных научных школ. На сегодняшний день гранты получили 2600 человек, причем четверо из них сейчас работают за рубежом в качестве приглашенных исследователей.

В конце прошлого года компания «Базовый элемент» создала совместный с РАН Научно-технический центр, что ознаменовало новый этап в отношениях науки с коммерческими структурами. Исполнительный директор центра член-корреспондент РАН М.Ю. Каган отметил, что НТЦ создал все условия для взаимодействия между финансовыми структурами и наукой.

Первым шагом стало учреждение в 2000 г. энергетической комиссии, которая занимается достаточно узким направлением — созданием профессиональных кафедр в ведущих университетах. В частности, в МГУ открыта специальность «Физик-менеджер». Сегодня Научно-технический центр работает по пяти направлениям, включая энергетику, медицинское оборудование и биологические проекты, несмотря на то что в штате всего 25 человек — экспертов из разных институтов РАН.

Завершая пресс-конференцию, директор НТЦ БазЭл РАН В.В. Евстигнев подчеркнул, что основная задача центра — не извлечение максимальной прибыли из финансируемых проектов, а привлечение ученых РАН и особенно молодых специалистов к работе в России. Научно-технические центры представляются эффективным инструментом для налаживания плодотворного сотрудничества между научным сообществом и представителями крупного бизне-

са страны. Кроме того, это модернизация промышленности страны с целью сокращения оттока российских ученых на Запад.

Совместный научно-технический центр БазЭл-РАН задуман как отечественный аналог широко распространенных на Западе так называемых *R&D Centres* (*R&D, research and development*). В США по линии *R&D* центров расходуется более 30% всех средств, выделяемых на науку, и известно, что многие известные корпорации тратят на научные исследования от \$3 до 6 млрд в год.

Разработанная структура НТЦ БазЭл-РАН соответствует мировому и российскому опыту в инновационной сфере и представляется оптимальной на первом этапе (3-5 лет) становления работы. Запускаемый проект как модель взаимовыгодного партнерства имеет стратегическое значение для российской науки и для отечественной промышленности. Кроме того, по мнению инициаторов проекта, создание подобных центров в области прикладных исследований могло бы оказать положительный экономический эффект в масштабе всей страны.

Сергей Федоров

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки**

www.sciam.ru
 Подробности по телефонам:
 105-03-72 и 727-35-30



ЛУЧШИЕ МАТЕРИАЛЫ ЖУРНАЛА «В МИРЕ НАУКИ»,
 О ТАЙНАХ МОЗГА И СОЗНАНИЯ —
 ТЕПЕРЬ НА CD-ДИСКАХ

SCIENTIFIC AMERICAN
 в мире науки
МОЗГ И СОЗНАНИЕ
 АЛЬМАНАХ
 Нейробиология
 Структуры и функции
 Психология
 Наука о человеке



ВЫКЛЮЧЕНИЕ **T-КЛЕТОК**

Можно ли победить СПИД с помощью иммуносупрессии?

Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) оказывает разрушительное действие на организм инфицированного, выводя из строя его иммунную систему, которая противостоит патогенным микроорганизмам. В результате человек оказывается беззащитным перед любой инфекцией. На что же рассчитывают врачи, намеревающиеся победить СПИД с помощью препаратов, подавляющих иммунитет?

И тем не менее подобная терапия может стать новым способом борьбы со смертельным недугом. Поясним, в чем тут дело. Главной мишенью ВИЧ служат созревшие *T*-лимфоциты, известные как хелперы/индукторы. Они несут на своей поверхности молекулы гликопротеина *CD4*, который распознает антигены чужеродных агентов. Активированные *CD4+I-T*-клетки — «дирижеры» иммунологического оркестра — не только вырабатывают в большом количестве цитокины (химические вещества,

помогающие организовать контратаку), но и вступают в клеточный цикл, в ходе которого в норме происходит деление и пролиферация клеток. Однако при ВИЧ-инфекции *CD4+I-T*-клетки, вероятно, в ходе клеточного цикла подвергаются апоптозу. Кроме того, активированные *CD4+I-T*-клетки каким-то образом способствуют репликации ВИЧ.

Ученые не знают, как именно вирус СПИДа вызывает активацию *CD4+I-T*-клеток и их массовое уничтожение. Им известно только, что уменьшение их концентрации свидетельствует о наличии заболевания, и этот показатель позволяет судить о том, как далеко зашел патологический процесс. Замечено также, что если активации иммунной системы не происходит, то картина не выглядит безнадежной.

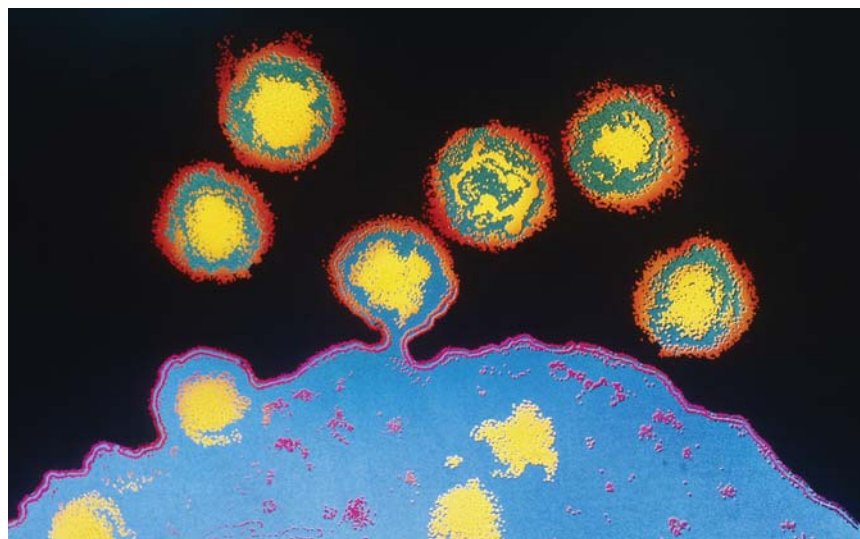
Лучше всего могут прояснить ситуацию опыты на обезьянах. Мангобеи, обитающие в Западной Африке, каким-то образом адаптировались к обезьяньему вирусу иммунодефи-

цита, отличному от ВИЧ, и даже при высоком его титре редко заболевают. Однако у азиатских макаков-резусов при заражении развивается синдром, сходный со СПИДом у человека. Различие между двумя приматами состоит в том, что у первых активация иммунной системы при заражении незначительна, это ограничивает гибель *T*-клеток и репликацию вируса. У макаков-резусов реакция на вирус такая же, как у человека.

Данное наблюдение подтолкнуло исследователей к попытке воздействовать на иммунную систему человека так, чтобы она вела себя, как у мангобеев. Проведенные эксперименты показали, что блокирование репликации вируса с помощью противоретровирусного препарата ослабляет активацию иммунной системы и значительно повышает концентрацию *CD4+I-T*-клеток. Следующим шагом могла бы стать иммуносупрессорная терапия, которая должна замедлить репликацию вируса опосредованно, через ограничение активации *T*-клеток и предотвращение массовой гибели *CD4+I-T*-клеток. Майкл Лидерман (Michael Lederman), директор Центра по изучению СПИДа при Университете Западного резервного района, размышляет: «Возможно, назначая больным СПИДом противовирусные препараты и блокируя последующие пути трансформации *T*-клеток, мы сможем ускорить восстановление популяции *CD4+I-T*-клеток и вернуть их "на путь истинный"».

Апробированием такого необычного подхода занимается целый ряд исследовательских групп из разных стран. В 2001 и 2003 гг. Лидерман вместе с коллегами проверил действие преднизона (кортикостероидного гормона) в комбинации с противовирусными препаратами. Активацию иммунной системы подавить удалось, но повышение концентрации *CD4+I-T*-клеток — нет.

Большого успеха достигла группа из Европы, применявшая циклоспорин А. По сообщению ее руководителя Джузеппе Панталео (Giuseppe Pantaleo) из Лозаннского университета в Швейцарии, испытания



ВИЧ-частицы, отпочковывающиеся от инфицированной *T*-клетки. Поскольку клетки иммунной системы обеспечивают репликацию вируса, некоторые исследователи надеются, что подавление *T*-клеточного ответа на инфекцию сможет прервать патологический процесс

с участием сначала девяти пациентов, а затем 80 продемонстрировали увеличение титра $CD4+T$ -клеток до нормального уровня после восьминедельной терапии. «Результат нас просто ошеломил!» — заявил Панталео.

Это действительно поразительно, если обратиться к аналогичным попыткам, предпринимавшимся ранее. В 1989 г. группа из Канады тоже применила циклоспориновую терапию, но безуспешно. У больных появились симптомы отравления циклоспорином, ничего хорошего с концентрацией T -клеток не произошло.

По-видимому, для подобной терапии очень важен фактор времени. «Как мне кажется, лечение бесполезно, если болезнь уже перешла в хроническую стадию. Если инфекционный процесс уже запущен, то механизм активации иммунной системы существенно усложняется», — замечает Мартин Марковиц (Martin Markowitz) из Центра по исследованию СПИДа Арона Даймонда в Нью-Йорке. Он надеется, что эффект будет гораздо лучше, если начать действовать на самых ранних стадиях, когда вирус только выявлен, но человек здоров. Марковиц назначает таким пациентам небольшие дозы

циклоспорина в течение всего четырех недель. Он исходит из того, что в проведенных ранее испытаниях повышение концентрации $CD4+T$ -клеток происходило слишком резко.

Новая стратегия наступления на СПИД только проходит испытание на эффективность, и научное сообщество пока не пришло к единому мнению. Но следует учитывать, что с распространением резистентности ВИЧ к вирусным препаратам иммуносупрессорная терапия может оказаться единственным орудием в борьбе со СПИДом.

Александр Хеллеманс

серебристая И НЕЖНАЯ

Известно, что серебристо-черная лисица — красивое животное. Она крупнее и жизнеспособнее обычных. С конца XIX в. эту искусственно выведенную породу разводят в неволе

Каждую осень звероводческие хозяйства переживают так называемую бонитировку — оценку животных по племенным и продуктивным качествам — и определяют их дальнейшую судьбу. При бонитировке определяется в том числе тип телосложения животного. У лис выделяют два типа: нежный, с относительно узкой грудью и небольшой головой, и грубый, с тяжелым костяком, укороченной мордой и бочкообразным туловищем. Есть еще промежуточный, крепкий тип. Каждой лисе измеряют длину тела от кончика носа до корня хвоста, длину и ширину головы и обхват груди за лопатками. По определенной формуле звероводы подсчитывают размеры и получают индекс сбитости, по которому определяют конституцию лисы.

После 2000 г. среди обитателей племенного звероводческого хо-

зяйства «Салтыковский» Московской области обозначилась грубая конституция, и сейчас в хозяйстве находится почти 16% лисиц с бочкообразным телом. Они отличаются от животных промежуточной крепкой конституции, которых в стаде немного более половины. Оставшаяся часть принадлежит к нежному типу телосложения, доля которого неуклонно увеличивается. Очевидно, это происходит из-за неравномерного роста животных.

С 1950-х гг. лисы стали заметно крупнее, однако растут они по-разному. У животных крепкой конституции длина тела и обхват груди увеличиваются пропорционально, лисы грубой конституции растут вширь, а нежной — в длину. У «нежных» лис худое тело, узкая голова и маленький объем груди за лопатками. Такие животные, достигнув половой зрелости, сохраняют



индексы телосложения, свойственные молодым лисятам 2—4-месячного возраста.

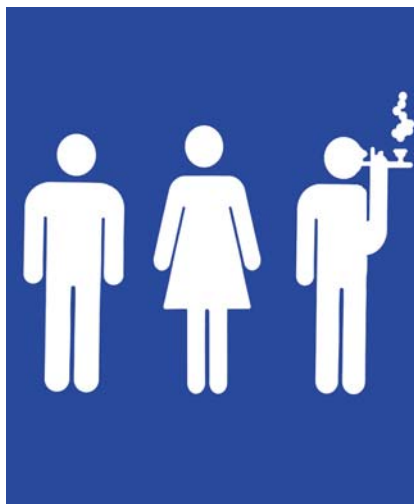
Очевидно, что 50 лет промышленной селекции существенно повлияли на тип телосложения серебристо-черных лисиц. Масса тела животного растет быстрее, чем масса внутренних органов. На первый взгляд, изменения конституциональных признаков можно объяснить снижением двигательной активности в клетке, изменениями гормонального статуса, что, в свою очередь, вызвано интенсивным одомашниванием, которое влияет на поведение животного, на работу его эндокринной, иммунной и нервной систем.

Михаил Молчанов
(По материалам *Informnauka*)

склад наркотиков В КАЖДОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ ТРУБЕ

«Химический автограф» сточных вод расскажет правду о том, какие лекарства мы употребляем

Мы узнаем много интересного о пристрастиях человеческого сообщества к различным медицинским препаратам, если только новый метод тестирования сточных вод окажется эффективным. Ученые давно используют методы идентификации продуктов метаболизма лекарственных веществ, которые выводятся из организма с мочой. По словам токсиколога Роберто Фанелли (Roberto Fanelli) из Института фармакологических исследований Марио Негри в Милане, «сточные воды можно рассматривать как сильно разбавленную мочу». Вместе со своими сотрудниками Фанелли занимает-



Продукты метаболизма многих лекарственных веществ выводятся из организма человека с мочой. Проводя анализ сточных вод, можно составить четкую картину потребления тех или иных препаратов (в частности, наркотических) в различных сообществах

ся выявлением побочных продуктов «жизнедеятельности городов» в реках, на которых эти города стоят. В первую очередь его интересует содержание в речной воде бензоилэконгина, вещества, в которое человеческий организм превращает кокаин после того, как тот выполнит свою задачу по разрушению мозга. «Анализируя воды реки По в самые разные периоды, мы обнаружили, что ежедневно по ней “транспортируется” количество продуктов метаболизма кокаина, эквивалентное четырем килограммам данного вещества в чистом виде».

Специалист в области химии окружающей среды Дженнифер Филд (Jennifer Field) из Университета штата Орегон получила сходные результаты, используя жидкостную хроматографию. «Это новый метод получения моментальных снимков “роковых пристрастий” человеческих популяций в любой момент времени и в любой точке земного шара, который дает гораздо более точное представление о положении дел, чем, например, социологические исследования», — заявляет исследователь.

Подобные «снимки» уже получены для Лондона, Милана и многих населенных пунктов США. Интерес к новому подходу проявило Управление национальной политики в области контроля над наркотиками США (ONDCP). В 2006 г. по его инициативе началась реализация пилотного проекта по проверке метода на 24 предприятиях в окрестностях Вашингтона. В зависимости от полученных результатов к работе могут присоединиться Национальный институт по исследованию наркотической зависимости (NIDA) и Агентство по защите окружающей среды (EPA).

Методика анализа сточных вод, применимая для выявления практически всех лекарственных веществ, особенно полезна для широкого охвата тех социальных групп, которые не склонны сообщать о своих пристрастиях, или сведения о которых не выходят за пределы архивов соответствующих медицинских учреждений. Конечно, информация персонального характера при этом все равно остается недоступной. «Для того чтобы ее получить, нужно брать пробы как можно ближе к источнику целевых веществ, вплоть до туалетных кабинок, что практически неосуществимо», — признает Фанелли.

В то же время масштабность подхода позволяет проводить сравнительный анализ ситуации с потреблением наркотиков в разных городах и регионах, а также оценивать эффективность мер по борьбе с этим злом. «Если надзирающие органы будут располагать достоверной информацией о местоположении источника, из которого метаболиты наркотиков попадают в сточные воды, они смогут провести необходимые мероприятия», — говорит Уилсон Комптон (Wilson Compton), возглавляющий одно из подразделений NIDA.

Спрос на новую методику отмечается со стороны таких государственных учреждений, как места заключения или крупные исследовательские центры. Не остается в стороне и администрация крупных городов. В ноябре прошлого года Филд провел однодневное масштабное исследование в штате Орегон, с тем чтобы проверить надежность и эффективность метода жидкостной хроматографии применительно к анализу сточных вод. Затем им был осуществлен долгосрочный мониторинг. «Я увидел динамику потребления кокаина в местах массового скопления отдыхающих в выходные дни — иногда рост начинался уже с утра пятницы», — говорит Филд. Стоит только задуматься — и мы пойдем, как много не менее интересных открытий можно сделать, применяя данный подход.

Дэвид Биелло

роснанотех РАСКРЫЛ СВОИ ПЛАНЫ

Руководители «Российской корпорации нанотехнологий» впервые за полгода с момента создания Роснанотеха устроили подробную пресс-конференцию и рассказали о программе на ближайшие годы. Планы у новой корпорации весьма амбициозны — к 2015 г. планируется вложить в нанотехнологии в общей сложности 4 трлн рублей и завоевать 4% мирового рынка в этой сфере. Получить эти деньги корпорация рассчитывает не только от государства, но и от российского бизнеса. Как заявил генеральный директор ГК Л.Б. Меламед, «собственно, для этого Роснанотех и создан».

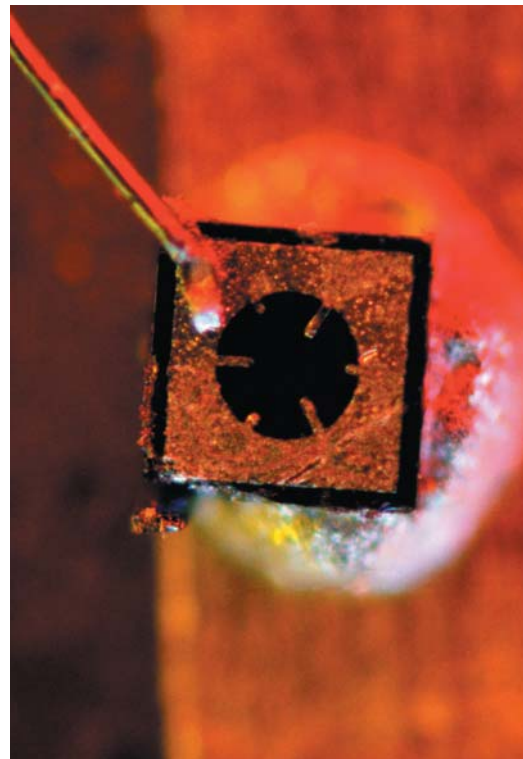
По его словам, задача корпорации — обеспечить такие условия, при которых российские предприятия могли бы производить «широкий класс товаров в большом объеме». Он пояснил, каких именно товаров, предложив тем самым новое объяснение модному термину «нанотехнологии»: «Это универсальный метод для получения широкого класса технологий, который на базе манипулирования отдельными атомами и молекулами позволяет создавать макрообъекты с уникальными свойствами». Так сегодня представляют себе суть вопроса главные нанотехнологи страны.

Мировое лидерство в области нанотехнологий будет достигнуто Россией через ключевой вклад страны в мировую «копилку» фундаментальных знаний, завоевание лидирующих позиций на мировых рынках нанотехнологической продукции, создание в стране глобальной площадки для обсуждения научных, технологических, производственных, экологических, инвестиционных проблем развития nanoиндустрии. Однако задел фундаментальных знаний пока еще удалось оценить не полностью. На данный момент руководители корпорации видят в России около 300 коллективов, на кото-

рые корпорация может опереться, причем десятки уже приступили к выпуску нанопродукции, а сотни подали заявки. Им предстоит пройти длительную процедуру отбора, критерии которого примерно такие же, как и в крупных научных фондах, — независимость, многоступенчатость, анонимность. Впрочем, как сказал Меламед, «пока будем работать со всеми предложениями, поскольку сейчас дельных проектов меньше, чем денег». Однако несмотря на это руководители корпорации предполагают, что доходы от коммерциализации проектов должны появиться уже через два-три года.

Роснанотех позиционирует себя не только в качестве «аккумулятора инвестиций» в нанотехнологии — корпорация собирается содействовать развитию системы образования и подготовки кадров nanoиндустрии, информировать общественность о процессах, происходящих в отрасли, помогать развитию рынков сбыта нанотехнологической продукции и интеллектуальных продуктов nanoиндустрии в России и на международных рынках. Планируется также проведение в России традиционного ежегодного форума, посвященного нанотехнологической тематике. Первый должен состояться уже нынешней осенью.

И все-таки главное направление деятельности Роснанотеха, как стало ясно из первого программного выступления его руководителей, — коммерциализация. Это несколько «зауженный» взгляд по сравнению с первоначальными планами, по крайней мере, тем, как они звучали полгода назад. Вот, например, как все это представлялось тогда министру образования и науки Андрею Фурсенко: «У нас должен принципиально измениться подход к организации науки и реализации научных результатов в эко-



номике. И может быть, это первый серьезный пример того, как мы можем уйти от иерархической системы и перейти к сетевой. Мы имеем дело даже не с межотраслевым, а с надотраслевым приоритетом. Nanoиндустрию, как и информационные технологии, нельзя поставить в один ряд даже с атомной промышленностью, хотя и там были сильные межотраслевые связи. Не может быть министерства нанотехнологий, как не могло быть в свое время и министерства квантовой механики. Нанотехнологии — это не продукт и даже не продуктовый ряд. Аналогия может быть только с информационными технологиями. ИТ ввели цифру в коммуникации — давайте считать, что нанотехнология ввела цифру в материальный мир. Но для того чтобы эту цифру ввести, надо создать инструмент, который позволит реализовать новую идеологию».

Елена Кокурина

МОЩЬ СВЕРХЗВУКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

Оружие времен Второй мировой войны вдохновило инженеров на разработку экономичных авиадвигателей

С июня 1944 г. крылатые ракеты «Фау-1» (V-1), новое оружие нацистской Германии, наводили ужас на города и села Великобритании своим жутким жужжанием, беспорядочно сея смерть и разрушения. Сегодня инженеры усовершенствовали простой, но шумный и неэкономичный пульсирующий воздушно-реактивный двигатель (ПуВРД), приводивший в движение эти ракеты. Применяв рабочий цикл на основе периодической ударной волны, они сделали его легким, мощным и экономичным. Может статься, что через десяток-другой лет двигатели на основе импульсной детонации появятся на многих самолетах.

Пульсирующий воздушно-реактивный двигатель — один из самых простых, говорит Нарендра Джоши (Narendra Joshi), руководитель исследовательской группы компании *General Electric*. Во многих отношениях он подобен цилиндру обычного автомобильного двигателя внутреннего сгорания, только без поршня. Простой рецепт: возьми-

те короткую металлическую трубу и установите на одном ее конце клапаны, дозирующие впрыск топлива и воздуха по команде. Затем впрысните в трубу небольшие количества топлива и воздуха, чтобы создать рабочую смесь, и воспламените ее искрой от автомобильной запальной свечи. Горячие газы, образующиеся при горении смеси, вылетят из открытого противоположного конца трубы и этим создадут тягу. Теперь повторяйте этот цикл 50 раз в секунду (именно эта частота и была причиной устрашающего жужжания). Хотя такой двигатель представляет собой простое и надежное тяговое устройство, топливо в нем горит медленно и сгорает не полностью, что делает весь процесс неэффективным.

Если же впускать топливо и воздух и воспламенять их так, чтобы фронт пламени ускорялся к концу более длинной трубы, его скорость может достигнуть почти пятикратной скорости звука. Эта высокоэффективная сверхзвуковая реакция вызывает такое быстрое и полное

сгорание, что смесь практически детонирует, выделяя при сжигании того же количества топлива больше энергии. Период повторения взрывов в таком детонационном двигателе устанавливается равным нескольким десяткам миллисекунд, что почти вдвое превышает частоту взрывов в двигателе «Фау-1».

Моделируя сложный процесс горения с помощью компьютеров и сопоставляя полученные результаты с данными лабораторных испытаний, исследователи смогли лучше понять принципы импульсной детонации. На основе полученных данных инженеры смогли создать опытный образец сверхзвукового импульсного детонационного воздушно-реактивного двигателя, который можно использовать для крылатых ракет, в качестве вспомогательного при выводе объектов на орбиту и как дополнение к камерам дожигания в двигателях боевых самолетов. Но истинная золотая жила — гибридный турбино-импульсный двигатель, считает технический менеджер компании *Pratt & Whitney* Гэри Лидстон (Gary Lidstone). В таком двигателе импульсно-детонационные трубы заменят часть центрального компрессора и камер сгорания газотурбинного двигателя. Эта комбинация позволит существенно повысить топливную экономичность турбовентиляторных двигателей с большой степенью двухконтурности, одновременно смягчив пулеметный треск камер сгорания.

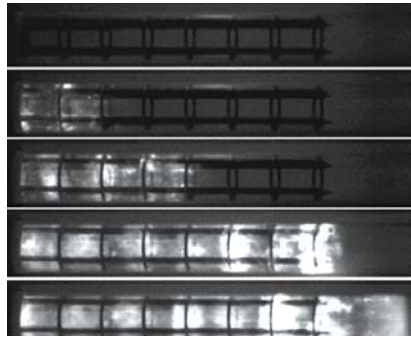
Инженеры компании *Pratt & Whitney* недавно завершили стендовые испытания импульсно-детонационной камеры сгорания, где топливо эффективно сжигалось в трубе диаметром 51 мм даже в условиях моделирования противодействия, которое создавалось бы расположенными за камерой сгорания рабочими колесами турбин. При поддержке NASA и ВВС США компания



ЖУЖЖАЛКА. Германская крылатая ракета «Фау-1» имела пульсирующий воздушно-реактивный двигатель. Подобные двигатели с гораздо большей скоростью горения топлива имеют лучшие характеристики и более экономичны

готовится оценить возможности использования этой технологии в гибридном двигателе, который может быть продемонстрирован в полете в следующем году. Тем временем группа Джоши пытается соединить импульсно-детонационную камеру сгорания с тремя 51-миллиметровыми трубами и турбиной диаметром 152 мм и мощностью 100 л.с. (73,6 кВт) — стартером штурмовика *Fairchild A-10 Warthog*.

Джоши предупреждает, что предстоит решить еще много сложных задач, включая разработку



ГОРЕНИЕ УСКОРЯЕТСЯ вдоль трубы, достигая сверхзвуковых скоростей, что позволяет получить больше работы от сжигания того же количества топлива

сверхнадежных быстродействующих клапанов и систем управления, способных выдерживать большую механическую усталость, вызываемую импульсным сжиганием, а также камер сгорания, которые можно было бы встроить в газовую турбину. Но если инженеры сумеют преодолеть все трудности, гибридные двигатели позволят сократить расход топлива более чем на 5%, сэкономив авиакомпаниям миллионы долларов в год и уменьшив выброс углекислого газа в атмосферу.

Стивен Эшли

ЖИДКИЙ ЗУМ-ОБЪЕКТИВ

Изменение увеличения адаптивных линз без их перемещения

Производители цифровых камер стремятся снабжать свою продукцию объективами с переменным фокусным расстоянием (зум-объективы или трансфокаторы), но они зачастую слишком громоздки для сотовых телефонов и миниатюрных цифровых камер. Исследовательская группа Университета Центральной Флориды (*UCF*) во главе с профессорами оптики Шин-Цоном Ву (*Shin-Tson Wu*) и Хонгвеном Реном (*Hongwen Ren*) разработала адаптивные зум-объективы. Преимущества новой технологии очевидны. Размеры объективов на основе адаптивной оптики значительно меньше традиционных оптических объективов. Кроме того, система адаптивных линз регулирует фокусное расстояние почти мгновенно, не перемещая линзы, в то время как в обычных объективах — трансфокаторах — для настройки фокусного расстояния необходимо механически менять положение оптических линз.

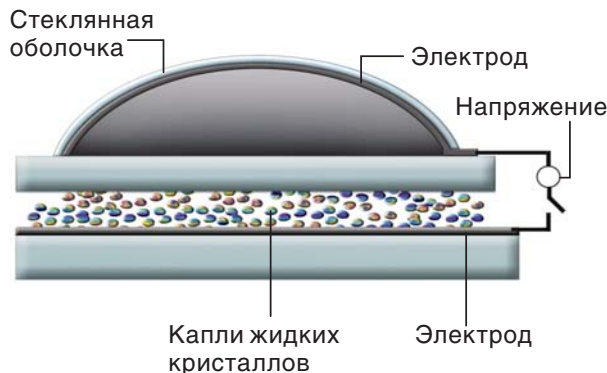
Исследовательская группа из *UCF* разработала два метода изготовления адаптивных линз. Первый подход основан на способности слоя жидких кристал-

лов под действием электрического поля изменять коэффициент преломления. Исследователи регулируют коэффициент преломления, увеличивая или уменьшая напряженность концентрического электрического поля заданной формы. Примечательно, что уже небольшое напряжение, приложенное к прозрачному электроду, изменяет фокусное расстояние линзы. Этот факт делает данную технологию выгодной для производителей. Для камер сотовых телефонов требуется изменение фокусного расстояния в три раза, при этом низкое напряжение позволит экономно расходовать заряд батареи.

Второй подход имитирует работу человеческого глаза. Данный способ основан на использовании прозрачной жидкости (воды или масла), заключенной между прозрачной гибкой мембраной и плоским стеклянным основанием. Когда крошечный сервомотор сжимает круглую крышку, которая действует как ирисовая диафрагма, мембрана становится более выпуклой, изменяя фокусное расстояние жидкой линзы.

Фирма *Holochip*, расположенная в городах Альбукерке и Сан-Франциско, заключила лицензионное соглашение с исследовательской группой из *UCF* на использование пяти из ее патентованных технологий. Компания надеется внедрить технологию адаптивных объективов (их апертура может составлять всего 1 мм) в товарную продукцию в течение ближайших нескольких лет.

Стивен Эшли



В адаптивной линзе используется выпуклый электрод, который создает электрическое поле с напряженностью, меняющейся от центра к краям. Светопреломляющие жидкие кристаллы реагируют на изменение электрического поля, делая возможным изменение фокусного расстояния

Уильям Атвуд, Питер Майкельсон и Стивен Ритц

ОКНО В ЭКСТРЕМАЛЬНУЮ ВСЕЛЕННУЮ

Спутник *GLAST* готов открыть нам неизученную область электромагнитного спектра – область, в которой, возможно, обнаружатся признаки темного вещества и других загадочных явлений

Ученые с нетерпением ждут весны, чтобы получить возможность по-новому взглянуть на Вселенную. Тогда NASA планирует запуск Большого космического гамма-телескопа (*Gamma-ray Large Area Space Telescope — GLAST*) для исследования необычных объектов — сверхмассивных черных дыр и нейтронных звезд, вырабатывающих огромную энергию в виде гамма-из-

лучения. Примерно в это же время Большой адронный коллайдер (*Large Hadron Collider — LHC*) в Европейском центре ядерных исследований под Женевой начнет исследования фундаментальных частиц вещества и их взаимодействий на сверхмалых расстояниях. *GLAST* сможет изучить те же микроскопические явления, что и ускоритель *LHC*, и показать, как протекают эти процессы

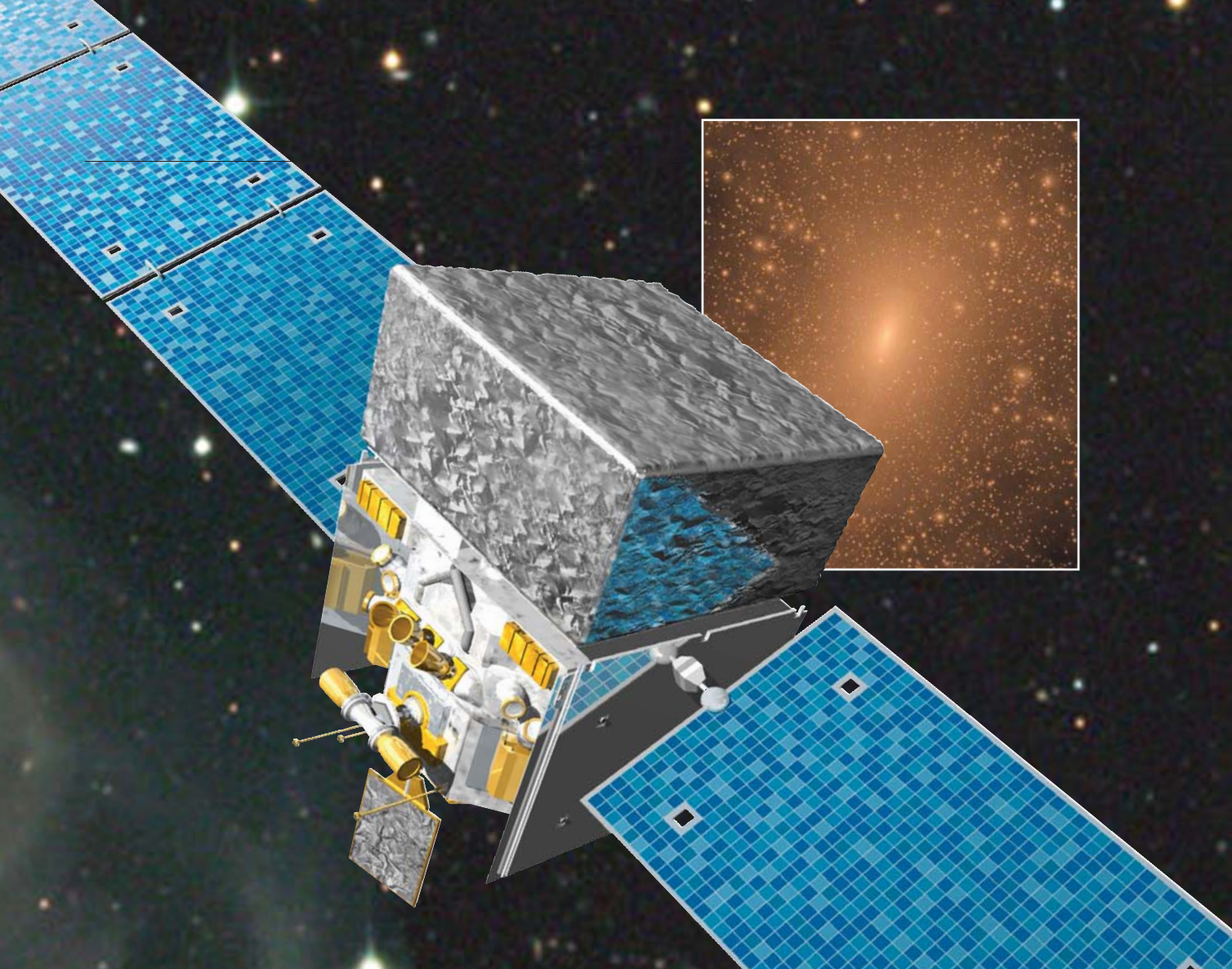
в естественных космических условиях. Такие волнующие, революционные эпохи в науке бывают редко.

Гамма-лучи представляют собой электромагнитное излучение наивысшей энергии, т.е. это самое коротковолновое излучение электромагнитного спектра. Обладая гораздо большей энергией, чем оптический свет и даже рентгеновское излучение, кванты гамма-лучей несут столько энергии, что становится возможным превращение данной энергии в вещество в процессе, к которому применима знаменитая формула Альберта Эйнштейна $E = mc^2$.

Небо в гамма-лучах, неожиданно яркое и переменное, отличается от того небосвода, которым мы привыкли любоваться. На первый взгляд такое темное и безмятежное, оно заполняется сверхмассивными черными дырами, выбрасывающими вещество почти со скоростью света.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Пуск в 2008 г. Большого адронного коллайдера (*LHC*), одного из наиболее ожидаемых приборов в истории науки, ознаменует начало новой эры в физике. Но *LHC* не единственный вводимый в строй инструмент, предназначенный для совершения открытий. Ожидается также запуск на орбиту Большого космического гамма-телескопа *GLAST*.
- *GLAST* сразу «убивает двух зайцев»: он позволит изучить почти не исследованную область гамма-излучения и точно определить время прихода гамма-импульсов. Возможности *GLAST* помогут проанализировать различные варианты для развития современной Стандартной модели физики элементарных частиц.
- Совместная работа *LHC* и *GLAST* даст возможность отождествить темное вещество, составляющее большую часть вещества Вселенной.



SUM FILMS (satellite and background sky); J. DIEHLAND, M. KUHLEN AND P. MADAU University of California, Santa Cruz (simulated dark matter map)

На нем становятся видны взрывы массивных звезд и вызванное ими сияние. Проявляются сверхплотные нейтронные звезды с их фантастически мощными магнитными полями. Галактики окутываются высокоэнергичным свечением, возникающим при столкновении атомов с заряженными частицами космических лучей. Гамма-излучение из космоса может быть связано и с аннигиляцией экзотических частиц загадочного темного вещества. На ускорителе *LHC* попытаются создать такие частицы в лабораторных условиях.

Возможности гамма-астрономии предугадал физик (и бывший ведущий раздела в *Scientific American*) Филип Моррисон в своей фундаментальной статье, написанной в 1958 г. Он указал, что оптический свет, особенно свет звезд, является переработанным излучением, которое лишь

косвенно связано со своими источниками, как правило, ядерными и субъядерными процессами, происходящими при более высоких энергиях. Гамма-излучение намного ближе к энергии базовых астрофизических процессов. Оно рождается в областях с экстремальными физическими условиями и несет информацию о происходящих там явлениях.

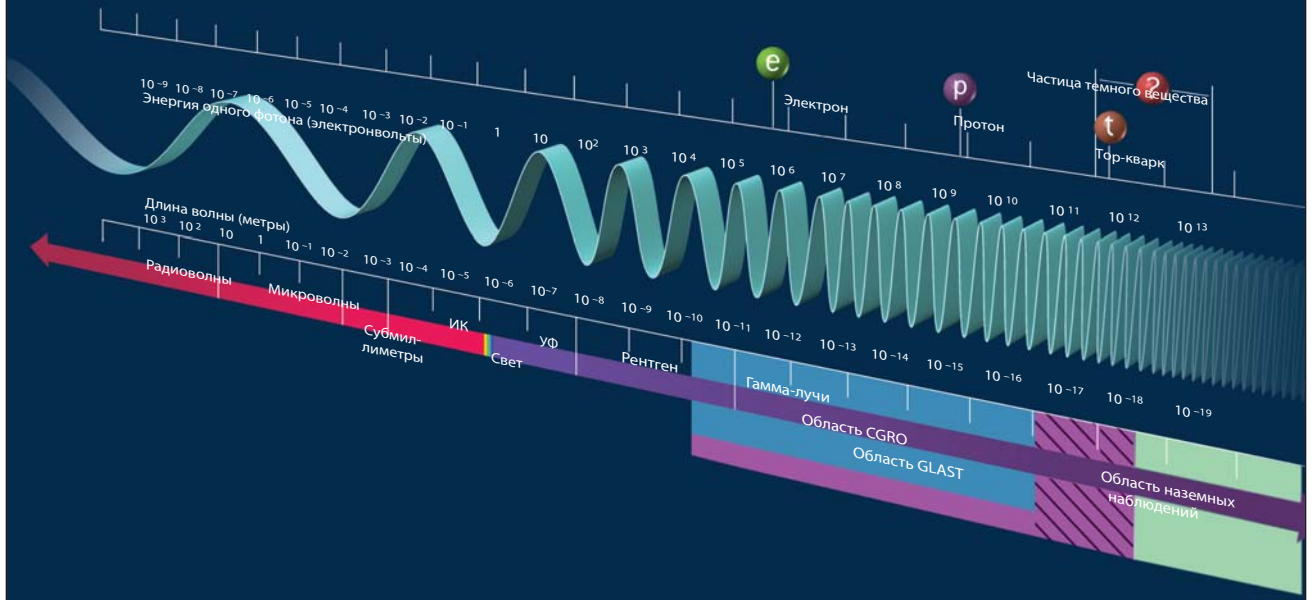
Гамма-лучи легко проходят сквозь большую часть видимой Вселенной — миллионы световых лет — но застревают в нашей атмосфере. При этом они преобразуют свою энергию в ливни частиц более низкой энергии. Очень жесткие гамма-кванты с энергией более 100 млрд электронвольт (ГэВ, стандартная единица энергии в физике частиц) создают ливни атмосферных частиц, вызывающие достаточно сильный сигнал, который способны

зафиксировать особые наземные телескопы. Но для регистрации квантов меньшей энергии необходимо запускать в космос специальные приборы.

Как и в большей части астрофизических исследований, богатство приходящего из Вселенной гамма-излучения — это «палка о двух концах», один из которых — сигнал, другой — нежелательный фон. При поиске новых явлений исследователь должен, в первую очередь, исключить обычную интер-

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СПЕКТР: ОТКРЫВАЕТСЯ НОВОЕ ОКНО

Спутник *GLAST* наблюдает в широком диапазоне спектра, включая до сих пор не исследованную область от 10 до 100 гигаэлектронвольт (заштриховано). Наблюдения в этом диапазоне могут дать ключ к таким загадкам, как состав темного вещества



претацию астрофизических данных. Поэтому уже в ближайшее время мы ожидаем получить ответы на глубокие вопросы физики при проведении астрофизических наблюдений с помощью приборов типа *GLAST*.

От EGRET к GLAST

Для изучения Вселенной в области высоких энергий при постановке задач и создании приборов требуются как специалисты по физике элементарных частиц, так и астрономы. Объединение этих двух традиционно разделенных областей знания стало главным направлением в физике за последние двадцать лет (см.: Кайзер Д. *Рождение космологии частиц // ВМН, № 9, 2007*). Пример тому — исследовательская деятельность авторов данной статьи. Атвуд и Ритц раньше занимались физикой частиц, а Майкельсон — астрофизик, участвовавший в создании гамма-телескопа *EGRET* (*Energetic Gamma Ray Experiment Telescope*), запущенного на последнем крупном гамма-спутнике NASA — обсерватории «Комптон» (*Compton Gamma Ray Observatory, CGRO*).

Создание инструмента *GLAST*, Телескопа большой площади (*Large Area Telescope, LAT*), рассматривалось на семинаре, организованном в 1991 г. Майкельсоном в Отделе энергии Стэнфордского центра линейного ускорителя (*Department of Energy's Stanford Linear Accelerator Center, SLAC*). Затем Майкельсон и Атвуд обсуждали эту идею с сотрудниками *SLAC*, входящими ныне в группу по астрофизике частиц под руководством Эллиота Блума (*Elliott Bloom*), и Атвуд сформулировал концепцию телескопа *LAT*. Он предложил адаптировать для гамма-телескопов силиконовые детекторы частиц, разработанные в проекте Сверхпроводящего суперколлайдера (*Superconducting Super Collider*). И хотя проект этого ускорителя провалился, его технологии воплотились в *GLAST*. Второй инструмент

спутника *GLAST* — монитор вспышек (*Burst Monitor*) разработан группой под руководством Чарльза Мигана (*Charles Megan*) из Центра космических полетов им. Маршалла, NASA. Прибор сканирует небо в поисках вспышек излучения с энергией меньше, чем принимает телескоп *LAT*. Проект *GLAST* объединяет опыт и усилия ученых, инженеров и техников из США, Франции, Германии, Италии, Японии и Швеции.

По сравнению с телескопом *EGRET*, телескоп *LAT* будет собирать более чем в 100 раз больше гамма-квантов. Его поле зрения одновременно охватит около 20% неба, примерно как человеческий глаз. За два оборота вокруг Земли, занимающие около трех часов, *GLAST* может просканировать все небо. Такая способность прибора особенно важна для обнаружения кратковременных гамма-

Основной прибор спутника *GLAST*, Большой гамма-телескоп, имеет массу 3 т, но потребляет энергии не больше, чем обычный тостер

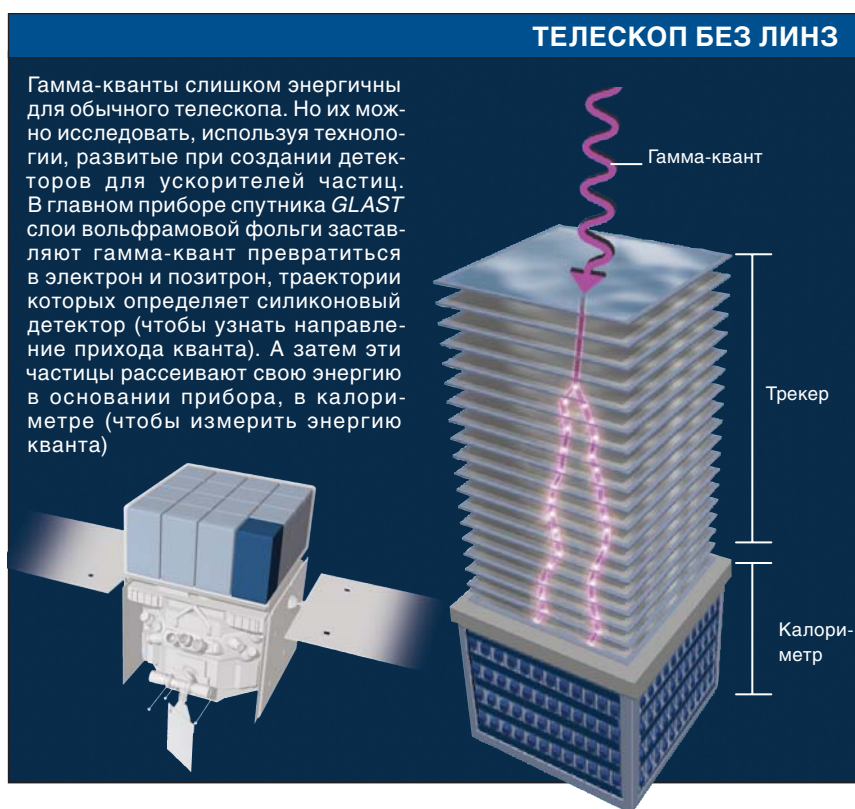
источников, которые выявил на небе *EGRET*. Всего за несколько дней *GLAST* достигнет чувствительности, для обретения которой *EGRET* потребовались бы годы. Телескоп *LAT* и монитор вспышек совместно покрывают область электромагнитного спектра, различающуюся по энергии в 10 млн раз.

Замечательные возможности телескопа *GLAST* позволят по-новому взглянуть на сверхмассивные черные дыры и нейтронные звезды, генерирующие гамма-лучи огромной мощности. Кроме того, удастся завершить работу *EGRET*, который не смог отождествить две трети обнаруженных им гамма-источников. *GLAST* займется проверкой Стандартной модели физики частиц в необычных условиях и, возможно, обнаружит признаки явлений, выходящих за рамки этой модели. Предлагаем список некоторых необычных направлений исследований.

1. Темное вещество

С 1930-х гг. астрономы предполагают, что во Вселенной есть кое-что невидимое. Галактики движутся внутри скоплений галактик, а звезды — внутри самих галактик быстрее, чем это позволяет притяжение видимого вещества. Это означает, что они притягиваются огромной массой невидимого вещества. Понять, что это за вещество, физики надеются путем расширения Стандартной модели. В наиболее популярных вариантах расширения используется гипотетическое свойство природы, известное как суперсимметрия, поиск которой является главной целью ускорителя *LHC* (см.: Кейн Г. *Заря новой эры* // *ВМН*, № 9, 2003).

Суперсимметричные частицы темного вещества не совсем «черные». Несмотря на то что они не могут сильно взаимодействовать с обычным веществом и светом, считается, что у них есть удивительное свойство: сами для себя они являются античастицами. Поэтому при встрече они аннигилируют, превращая свою большую массу в энергичные частицы, включая гамма-кванты. Проблема



состоит в выделении этого излучения на фоне подобного явления от других источников. О темном веществе известно так мало, что предсказать его интенсивность и энергию этого излучения очень трудно.

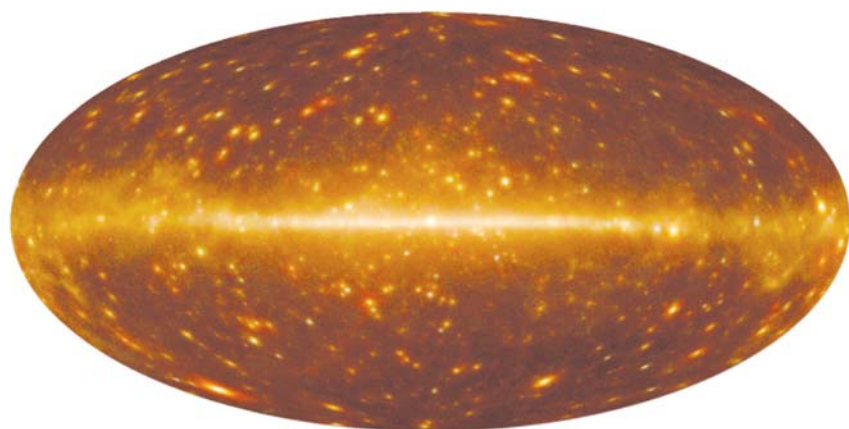
Обычно аннигиляция приводит к рождению двух гамма-квантов с энергиями, эквивалентными массе частиц темного вещества, которая оценивается в несколько сотен ГэВ. Похожий процесс наблюдается при аннигиляции электронов и их античастиц — позитронов, ког-

да рождаются кванты с энергией 511 килоэлектронвольт (кэВ). Как только астрономы замечают излучение с энергией 511 кэВ, они понимают, что тут замешаны позитроны. Соответственно, если исследователи обнаружат избыток излучения с энергией порядка 100 ГэВ, они поймут, что это признак темного вещества.

Несмотря на то что интерпретация такого сигнала была бы однозначной, вероятность, что он окажется достаточно сильным для наблюдения, весьма мала. Энергия

ОБ АВТОРАХ

Уильям Атвуд (William B. Atwood), **Питер Майкельсон** (Peter F. Michelson) и **Стивен Ритц** (Steven Ritz) входят в большую международную группу ученых, инженеров и техников, создающих *GLAST*. Атвуд — профессор Калифорнийского университета в Санта-Круз, занимается разными направлениями физического эксперимента, включая эксперимент *SLAC*, в котором были открыты кварки. Кроме того, он известен как скрипичный мастер, создавший более 50 именных инструментов. Майкельсон — профессор Стэнфордского университета и ведущий исследователь Большого гамма-телескопа *GLAST*. Свою научную карьеру он начал с изучения сверхпроводимости, но затем увлекся астрофизикой, создав приборы для регистрации гравитационных волн. Ритц — астрофизик из Годдардовского космического центра *NASA* и профессор Мэрилендского университета. Он занимается проектом *GLAST* и пишет музыку.



Если бы вы имели гамма-зрение, то увидели бы небо таким, как на этой симуляции для возможностей спутника *GLAST*. Здесь показана проекция неба с центром в направлении ядра нашей Галактики. Светлая горизонтальная полоса — свечение галактического диска в гамма-диапазоне, вызванное столкновениями космических лучей с молекулами межзвездного газа. Тысячи ярких точек по всему небу — сверхмассивные черные дыры в ядрах далеких галактик. К этому могут добавиться сигналы от новых физических явлений

от аннигиляции темного вещества должна быть рассеяна в широком диапазоне спектра. К сожалению, на этот сигнал может накладываться значительно более сильное излучение, возникающее при столкновениях частиц космических лучей с межзвездным газом и электромагнитными квантами. Поэтому заметить сигнал от темного вещества будет так же трудно, как увидеть звезды на освещенном городском небе. К счастью, излучение от темного вещества должно иметь особый спектр и определенное распределение по небу. Например, оно должно концентрироваться к центрам галактик, что облегчит его обнаружение.

**Гамма-телескоп
GLAST-LAT**

9500 см²
Эффективная площадь
коллектора телескопа

20% небесной сферы
Поле зрения

20 МэВ – 300 ГэВ
Диапазон энергий

10 микросекунд
Временное разрешение

30 млн
Количество фотонов,
пойманных за год

Данные *GLAST* будут тесно связаны с современными экспериментами по физике частиц. Ускоритель *LHC* сможет создавать новые частицы, измерять их массы и степень взаимодействия с другими. Вновь открытые частицы станут кандидатами на звание «темного вещества». Но только *GLAST* поможет понять, какую роль они играют во Вселенной. Эти частицы будут вылетать из ускорителя слишком быстро, поэтому физики не смогут определить, насколько они стабильны. Но результаты наблюдений *GLAST* позволят определить, являются ли они достаточно долгоживущими для выполнения роли темного вещества. Работа *GLAST* будет связана и с попытками прямой регистрации потоков темного вещества, проходящих сквозь нашу планету (см.: *Клайн Д. Поиски темного вещества // ВМН, № 7, 2003*).

2. Черные мини-дыры

Частная теория относительности и квантовая механика — два столпа современной теоретической физики — тесно связаны друг с другом. Но их сочетание с общей теорией относительности, описывающей гравитационное взаимодействие, до сих пор представляет проблему. Удивительное предсказание появилось

в 1970-х гг., когда Стивен Хокинг (Stephen Hawking) из Кембриджа и его коллеги заявили, что гравитация при наличии квантовых флуктуаций энергии делает черные дыры неустойчивыми. Дыра должна испускать частицы, энергия которых будет возрастать, а размер дыры — уменьшаться. Постепенно ускоряясь, подобный процесс должен заканчиваться мощным взрывом (см.: *Карр Б., Гиддингс С. Квантовые черные дыры // ВМН, № 8, 2005*).

У массивных черных дыр этот процесс очень слаб и незаметен, но если условия в ранней Вселенной были подходящими для рождения черных дыр, то некоторые из них рождались такими маленькими, что в нашу эпоху они должны взрываться. Самые мелкие из них уже полностью испарились, а до наших дней, в течение 14 млрд лет, могли сохраниться только дыры с массой более 10^{12} кг, как у небольшого астероида. Если такие незначительные черные дыры рождались (честно говоря, многие наши коллеги-теоретики в этом сомневаются), то *GLAST* получит возможность наблюдать процесс, в котором квантовая механика тесно связана с гравитацией.

3. Дополнительные измерения пространства

Попытки разработать подобные теории привели некоторых физиков к мысли о том, что наша трехмерная Вселенная погружена в пространство с большим числом измерений. Согласно одной из этих теорий, мы не видим дополнительные измерения, потому что вещество и негравитационные силы, такие как электромагнетизм, «заперты» в нашем трехмерном пространстве. Но у гравитации нет такого ограничения. Переносчики гравитационного взаимодействия, гравитоны, могут иметь «собратьев» — так называемые гравитоны Калуцы-Клейна, которые распространяются в пространстве с большим числом измерений.

Если эти измерения имеют достаточную протяженность, то они так изменят характер гравитации, что

GLAST и, возможно, LHC смогут это заметить. Например, при взрывах сверхновых часть энергии будет выделяться в виде этих экзотических гравитонов, которые затем могут распадаться на другие частицы, в основном на гамма-кванты. EGRET искал такие эффекты, но не обнаружил их, из чего физики заключили, что не более 1% энергии сверхновой выделяется в форме гравитонов Калуцы-Клейна. GLAST увидит значительно больше таких объектов при гораздо более высокой чувствительности, поэтому некоторые варианты многомерных теорий будут отвергнуты.

4. Нарушения частной теории относительности

Основой частной теории относительности служит утверждение, что скорость света в вакууме не зависит

Если сравнить GLAST с пианино, то он охватывает 23 октавы. Два прибора спутника GLAST покрывают диапазон энергий в семь порядков величины

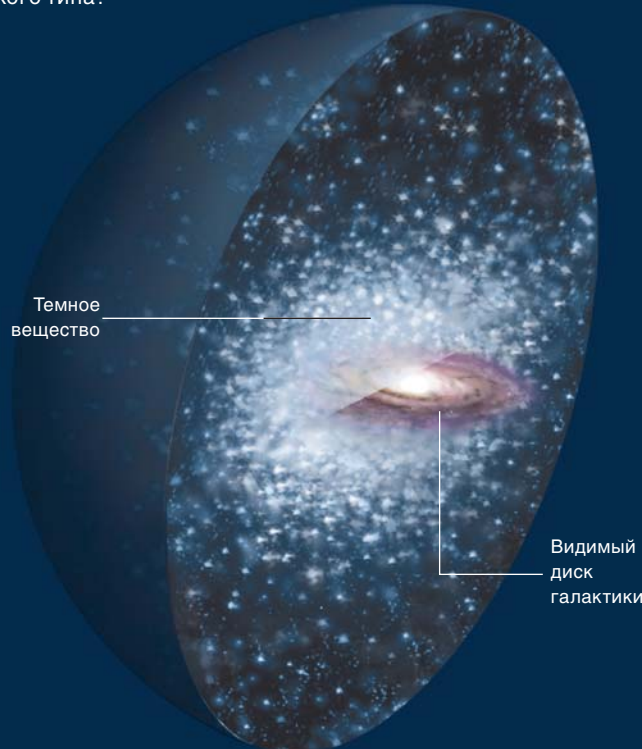
от длины волны: высокоэнергичные (коротковолновые) и низкоэнергичные (длинноволновые) фотоны должны двигаться с одинаковой скоростью. Так проявляется фундаментальный принцип, известный как лоренц-инвариантность, математическое воплощение принципа Эйнштейна, согласно которому законы физики одинаковы для всех наблюдателей, движущихся с постоянной скоростью.

Но так ли это на самом деле? В квантовой теории гравитации,

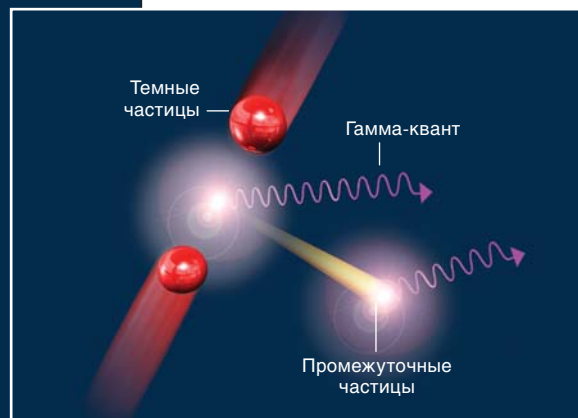
возможно, не так. Если мелкошабная структура пространства-времени испытывает флуктуации, то более чувствительны к ним будут высокоэнергичные фотоны, чем низкоэнергичные. Здесь годится аналогия с детской коляской: чем больше диаметр ее колес, тем менее заметны дефекты тротуара. Двигаясь по «неровностям» пространства-времени, фотоны с разной длиной волны проходят большее или меньшее расстояние, удлиняя или укорачивая свой путь сквозь Вселенную (см.: Костелецки А. Поиск нарушений теории относительности // ВМН, № 12, 2004). Заметить малые различия в скорости проще всего на большом пути: чем он длиннее, тем больше разница в моменте прибытия к финишу. Именно такие «гонки» природа организует каждый раз, когда происходят гамма-всплески. В момент вспышки одновременно стартуют фотоны разной энергии, которым нужно преодо-

ЧТО СЛУЧИЛОСЬ?

ПРОБЛЕМА. Галактика оказалась массивнее, чем указывают астрономические подсчеты звезд. Может ли «скрытая масса» состоять из частиц экзотического типа?



ВЫВОДЫ. Если GLAST заметит это гамма-излучение, то он не только подтвердит, что темное вещество состоит из частиц (отвергнув все прочие возможности), но и найдет некоторые свойства этих частиц – их массу и тип взаимодействия, что позволит физикам построить теорию



НАБЛЮДЕНИЯ. Согласно теории, темная частица не абсолютно черна. Если она сталкивается с другой того же типа, то они аннигилируют, непосредственно превращаясь в гамма-квант соответствующей энергии или же рождая иные частицы, которые затем распадаются на гамма-кванты различной энергии

Темное вещество – не «где-то там»: астрофизики считают, что оно здесь, вокруг нас (и даже внутри нас!), его количество эквивалентно одному протону на каждые 3 кубических сантиметра

леть миллиарды световых лет, чтобы достичь нас.

EGRET заметил в поле своего зрения только шесть всплесков, причем получил лишь по несколько фотонов от каждого. GLAST обнаружит их гораздо больше и сможет сравнить моменты прибытия высоко- и низкоэнергичных гамма-фотонов от вспышек, происходящих в большом диапазоне расстояний. Некоторые модели предсказывают различие в 10 миллисекунд и более, вполне разрешимые для GLAST. Если спутник зарегистрирует задержку во времени, то физикам придется, в первую очередь, проверить все более простые астрофизические объяснения, связанные с эффектами в самих источниках вспышек. Один из тестов состоит в том, возрастает

ли задержка пропорционально расстоянию до источника; если это произойдет, то большинство обычных объяснений будут отвергнуты. Другой вариант — одинакова ли задержка в моментах прибытия квантов от объектов разного типа: не только от источников гамма-всплесков, но и от вспышек в окрестности сверхмассивных черных дыр.

5. Вещество в экстремальных условиях

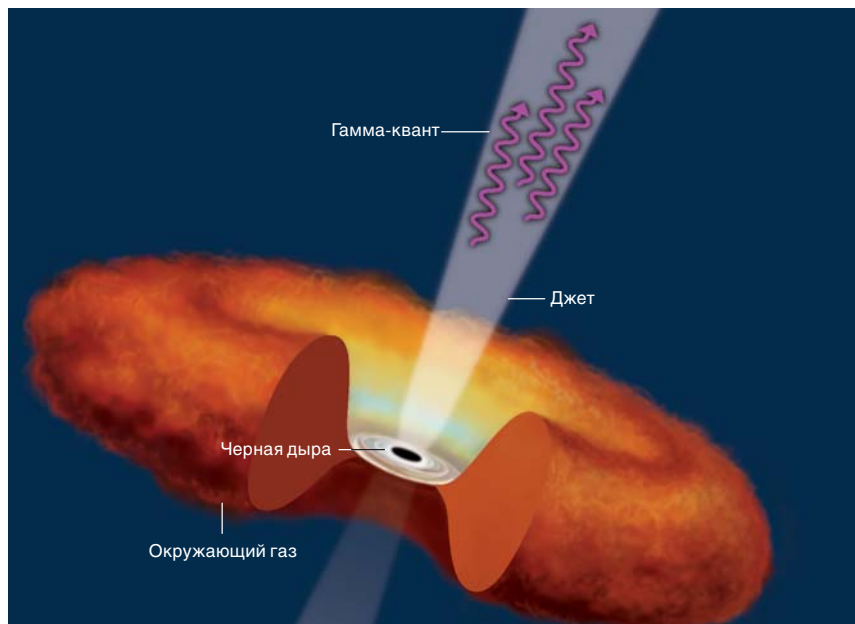
Для объяснения описанных выше явлений могут понадобиться новые законы физики. Но ученые стараются расширить и область приложения уже известных законов; и GLAST окажет им большую помощь. Например, в ядрах многих галактик располагаются сверхмассивные черные

дыры, которые тесно связаны с рождением и развитием своих галактик. По мере захвата окружающего газа и роста черной дыры в центре галактики, ее ядро становится активным. Галактики с такими ядрами — основные источники гамма-излучения во Вселенной.

Сами черные дыры не являются источниками гамма-лучей. Но вблизи них формируются мощные струи частиц, движущихся почти со скоростью света, которые при столкновении с фотонами низкой энергии преобразуют их в высокоэнергичные гамма-кванты. Астрофизики считают, что такие струи направлены вдоль осей вращения черных дыр и ускоряются за счет энергии их вращения. При этом мощность одного лишь гамма-излучения может превосходить суммарную мощность излучения всех звезд нашей Галактики во всех диапазонах спектра.

Приходящее к нам гамма-излучение несет важную информацию об экстремальных условиях вблизи черной дыры. Как эти струи сохраняют строгую направленность на дистанциях в тысячи световых лет? Где и как их кинетическая энергия преобразуется в гамма-излучение? Наблюдая параллельно с радио- и оптическими обсерваториями, GLAST сможет ответить на данные вопросы, показав, как спектры мощных источников изменяются со временем.

На шкале экзотических космических объектов рядом с черными дырами располагаются быстро вращающиеся нейтронные звезды. Некоторые из них имеют самые сильные в природе магнитные поля, посредством которых они способны ускорять заряженные частицы до энергий гораздо больших, чем доступны ускорителю LHC (см.: Дункан Р., Кувелиоту К., Томпсон К. *Магнитары // ВМН, № 6, 2003*). Вблизи поверхности этих объектов возможны необычные реакции между частицами, и гамма-лучи дают наилучший способ исследовать их. CGRO зафиксировал гамма-излучение от шести молодых нейтронных звезд нашей Галактики. Основываясь на лучших теоретических моделях, мы



Сверхмассивные черные дыры, как на этом рисунке, станут наиболее заметными внегалактическими гамма-источниками для спутника GLAST. Если сравнить с Солнечной системой, то эта черная дыра больше орбиты Марса, а окружающий ее газовый диск простирается до соседней звезды. Высокоскоростные струи вещества в изобилии генерируют гамма-излучение. Изучая его, исследователи смогут лучше понять поведение материи в экстремальных условиях.

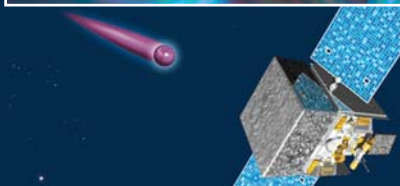
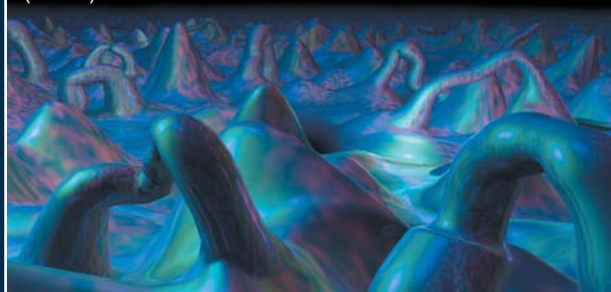
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ПЕНА?

ПРОБЛЕМА. В общей теории относительности Эйнштейна считается, что пространство-время непрерывно. А не может ли пространство-время в самых мелких масштабах иметь пенообразную структуру, как это предполагают некоторые варианты квантовой теории гравитации?



ВЫВОДЫ. Открытие этого эффекта, не связанного с источником излучения, помогло бы понять структуру пространства-времени и найти характерный масштаб квантовой гравитации

НАБЛЮДЕНИЯ. Высокоэнергичные, коротковолновые гамма-кванты могут почувствовать такую «пену» (внизу) лучше, чем кванты более низкой энергии. Эффект должен быть очень мал, но он может вызвать различие во времени прохождения гамма-квантов через Вселенную (слева)



ожидаем, что *GLAST* зафиксирует их в 10 раз больше.

Одно из самых загадочных явлений в астрофизике последних десятилетий — гамма-всплески, очень короткие вспышки высокоэнергичного излучения, наблюдавшиеся в произвольных направлениях на небе и больше в этих местах никогда не повторявшиеся (см.: *Герелс Н., Леонард П., Пиро Л. Ярчайшие взрывы во Вселенной // ВМН, № 4, 2003*). За последние годы астрономы существенно продвинулись в раскрытии источников этих космических взрывов, причиной которых служит либо рождение черных дыр в ядрах умирающих массивных звезд, либо слияние двойных нейтронных звезд или черных дыр. Вообще говоря, могут работать оба механизма для всплесков разного типа. *GLAST* обладает уникальными возможностями для разгадки этой тайны.

При высокой энергии происходят невероятные вещи: свет может взаимодействовать со светом. Если энергия мала, два пучка света проходят друг сквозь друга без взаимодействия, но при высоких энергиях квантовые эффекты делают их бо-

лее «коммуникабельными». Например, при взаимодействии гамма-квантов с фотонами звездного света могут рождаться электрон-позитронные пары. При этом оптические фотоны играют роль тумана, сквозь который пробираются гамма-лучи. Поэтому для лучей высокой энергии Вселенная на больших расстояниях непрозрачна. Измеряя спектр гамма-излучения далеких активных галактик, *GLAST* сможет определить, сколько во Вселенной было оптического и ультрафиолетового излучения в разные эпохи, что станет свидетельством того, как менялась со временем скорость звездообразования.

6. Непредвиденное

Как правило, существенное улучшение измерительной техники приводит к открытию неожиданных явлений природы. Например, в 1994 г. благодаря *CGRO* ученые наблюдали удивительный феномен: через 75 минут после начала гамма-всплеска спутник зарегистрировал одинокий гамма-квант с колоссальной энергией 18 ГэВ, самый жесткий квант, полученный когда-либо от гамма-всплеска. С тех пор теоре-

тики ломают голову, о чем говорит данное событие в физике всплесков.

Какие же открытия ожидают нас в ближайшее время? Принимая во внимание скромные возможности космических гамма-обсерваторий прошлого, можно не сомневаться, что *GLAST* поможет получить ответы на многие вопросы астрофизики высоких энергий, но никто не знает, какие возможности сулит нам открытое им новое окно во Вселенной. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Edge of Infinity: Supermassive Black Holes in the Universe. Fulvio Melia. Cambridge University Press, 2003.
- Very High Energy Gamma-Ray Astronomy. Trevor C. Weekes. Taylor and Francis, 2003.
- Dark Cosmos: In Search of Our Universe's Missing Mass and Energy. Dan Hooper. HarperCollins, 2006.
- The First GLAST Symposium Proceedings. Edited by Steven Ritz, Peter Michelson and Charles A. Meegan. AIP Conference Proceedings,
- Дополнительную информацию о спутнике *GLAST* можно найти на сайте: www.nasa.gov/glast



БОЛЬШОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ ПО «АМЕРИКАНСКИМ ГОРКАМ»

Клифф Берджесс и Фернандо Кеведо

Могла ли космическая инфляция быть знаком того, что наша Вселенная входит составной частью в намного больший мир?

малый объем в ее полной протяженности. Различные типы параллельных вселенных, которые составляют великую Мультиленную (*multiverse*), часто возникают как побочные эффекты космологических теорий

мологов благодаря теории струн — главному кандидату на объяснение основополагающих законов природы. Несмотря на то что сами струны в теории струн чрезвычайно малы, принципы теории указывают на существование новых видов макро-

(см.: Тегмарк М. *Параллельные вселенные* // ВМН, № 8, 2003). У нас мало шансов когда-либо увидеть другие вселенные, и потому что они слишком далеки, и потому что они каким-то образом отделены от нашей Вселенной.

Тем не менее какие-то из параллельных вселенных, отделенные от нашей, все еще способны взаимодействовать с ней, и тогда мы могли бы обнаружить их прямое воздействие. Возможность существования этих миров привлекла внимание кос-

объектов, наподобие мембран, называемых для краткости бранами. В частности, наша Вселенная по своим свойствам может быть трехмерной браной, расположенной в девятимерном мире. Изменение формы многомерного пространства и столкновения между различными типами вселенных, возможно, привело к некоторым из тех особенностей, которые астрономы наблюдают во Вселенной сегодня.

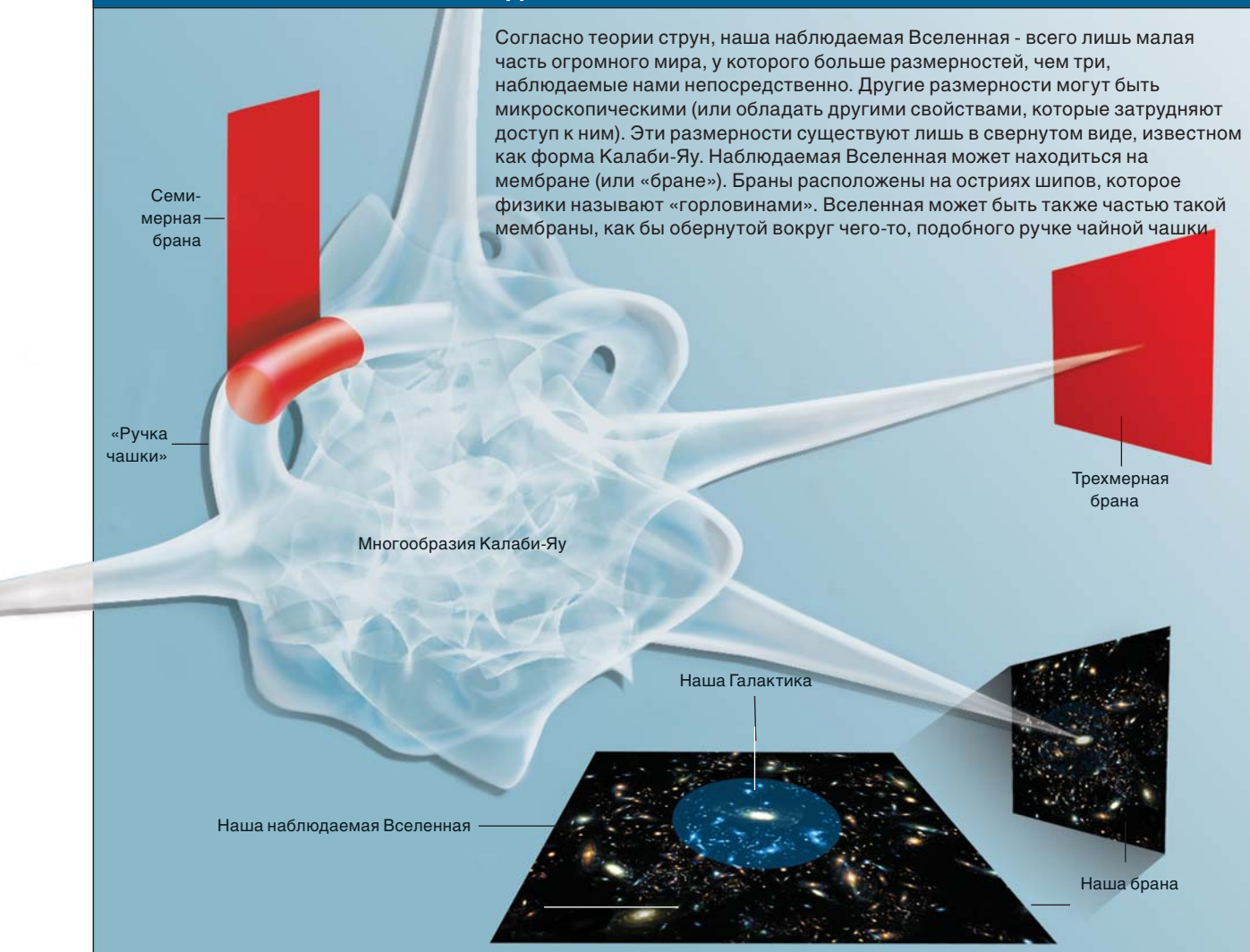
В последнее время теория струн подвергается нападкам со стороны печати. Критика различна и ох-

Вряд ли космологи ощущают клаустрофобию во Вселенной, радиус которой достигает 46 млрд световых лет и которая заполнена сикстиллионами звезд. Одна из нарождающихся тем космологии XXI столетия заключается в том, что вся известная нам Вселенная, все то, что мы видим, может на самом деле занимать очень

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Теория струн — главный кандидат на фундаментальную теорию природы, но ей не хватает решающих экспериментальных доказательств. Теория космической инфляции — главное описание первых моментов Вселенной. Но и здесь возникают трудности с объяснением в терминах фундаментальной физики. Могут ли теории струн и инфляции стать решением проблем?
- Поскольку параллельные вселенные, существование которых постулируется теорией струн, врезаются друг в друга, или происходят изменения в размерностях пространства высших порядков, пространство нашей Вселенной может расширяться в ускоренном темпе.

МНОЖЕСТВО ВСЕЛЕННЫХ В ОДНОЙ



Согласно теории струн, наша наблюдаемая Вселенная - всего лишь малая часть огромного мира, у которого больше размерностей, чем три, наблюдаемые нами непосредственно. Другие размерности могут быть микроскопическими (или обладать другими свойствами, которые затрудняют доступ к ним). Эти размерности существуют лишь в свернутом виде, известном как форма Калаби-Яу. Наблюдаемая Вселенная может находиться на мембране (или «бране»). Браны расположены на остриях шипов, которые физики называют «горловинами». Вселенная может быть также частью такой мембраны, как бы обернутой вокруг чего-то, подобного ручке чайной чашки.

ватувает разные темы, в том числе не затрагиваемые в настоящей статье, но главное заключается в том, что выводы теории нуждаются в экспериментальной проверке. Сомнения не лишены смысла. В меньшей степени это критика самой теории струн, скорее это констатация об-

щих трудностей проверки постулатов, относящихся к чрезвычайно малым масштабам явлений. Все предложенные фундаментальные теории сталкиваются с той же самой проблемой, включая предложенную теорию петлевой квантовой гравитации (см.: Смолин Л. *Атомы простран-*

ства и времени // ВМН, № 4, 2004). Теоретики продолжают искать способы проверить теорию струн. Один из перспективных подходов состоит в том, чтобы исследовать, как она могла бы объяснить таинственные аспекты физики нашей Вселенной. Из них главный — тот способ, которым темп космического расширения изменялся во времени.

ОБ АВТОРАХ

Клифф Берджесс (Cliff Burgess) и **Фернандо Кеведо** (Fernando Quevedo) встретились в начале 1980-х гг. как аспиранты известного физика Стивена Вайнберга. С тех пор они работают совместно, занимаясь главным образом проблемой связи теории струн с реальной наблюдательной физикой. Берджесс — исследователь в Канадском институте теории физики Периметр в Уотерлу, Онтарио, и профессор в Университете МакМастер в Гамильтоне. Кеведо — профессор в Кембридже, принимает участие в развитии науки в его родной стране Гватемале.

Собираясь в дорогу

В этом году исполняется 10 лет с тех пор, как было объявлено, что Вселенная расширяется во все ускоряющемся темпе, а расширением управляет некоторый неопознанный фактор под названием «темная энергия». Большинство космоло-

гов считают, что еще более быстрый период ускоренного расширения, известный как инфляция, имел место задолго до образования атомов, не говоря уже о галактиках. Температура Вселенной сразу после этого инфляционного периода была в миллиард раз выше, чем любые температуры, достигнутые на Земле. Космологи и физики, изучающие элементарные частицы, тщательно исследуют фундаментальные законы физики при столь высоких температурах. Такое взаимное оплодотворение идеями стимулирует полный пересмотр прежних представлений о ранней Вселенной с использованием теории струн.

Само понятие инфляции появилось, чтобы объяснить множество простых, но все же озадачивающих наблюдений, многие из которых включают реликтовое, или космическое микроволновое фоновое излучение, оставшееся от горячей ранней Вселенной. Например, реликтовое излучение показывает, что она тогда была почти совершенно однородна, что странно, поскольку ни один из обычных процессов, которые могли бы перемешать материю, сделав ее гомогенной (наподобие потока жидкости), не располагал для этого достаточным временем. В начале 1980-х гг. Алан Гус (Alan H. Guth), работающий в настоящее время в Массачусетском технологическом институте, обнаружил, что чрезвычайно быстрый период расширения мог бы объяснить подобную однородность. Такое ускоряющееся расширение растворяло любую существовавшую до того материю и сглаживало отклонения в плотности.

Тем не менее Вселенная не стала от этого полностью однородной. Плотность энергии космоса в течение инфляционного периода флуктуировала из-за статистических по своей природе квантовых законов, которые действуют на субатомных расстояниях. Подобно гигантской увеличивающей фотокопирующей машине, инфляция расширила малые квантовые флуктуации до астрономических размеров, что позже вызвало появление предсказуемых колебаний плотности.

То, что наблюдается в реликтовом излучении, воспроизводит предсказания инфляционной теории с поразительной точностью. Такой наблюдательный успех сделал инфляцию главным претендентом на описание тех процессов во Вселенной, которые происходили в очень ранние времена. Космические обсерватории ближайшего будущего, такие как спутник «Планк» Европейского космического агентства, будут искать подтверждающие свидетельства.

Но действительно ли благодаря законам физики появляется инфляция? Известно, как трудно заставить Вселенную, наполненную определенными формами материи, расширяться с ускорением, которое требует особого типа энергии с очень необычным набором свойств: ее плотность энергии должна быть положительной и оставаться почти постоянной в ходе гигантского расширения Вселенной. Но затем плотность должна внезапно и резко снизиться, чтобы позволить завершиться инфляции.

На первый взгляд, в данном случае оставаться постоянной для плотности какой-либо энергии кажется невозможным, потому что расширение пространства должно и ее как бы «растворять». Но особый источник энергии, называемый скалярным полем, позволяет избежать такого растворения. Скалярное поле можно представить себе как чрезвычайно примитивное вещество, которое заполняет пространство. Оно скорее подобно газу (но ведет себя иначе, чем любой газ) и напоминает хорошо известные электромагнитные и гравитационные поля, но проще них. Термин «скалярное поле» означает, что оно описывается одним-единственным числом, величина которого может изменяться в пространстве от места к месту. Напротив, магнитное поле — векторное, имеющее и величину, и направление (к северному магнитному полюсу) в каждой точке пространства. Наглядные примеры обоих типов полей дает метеорология: температура и давление — скаляры, а скорость ветра — вектор.

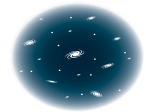
Скалярное поле, которое создавало инфляцию, поднимало уровень «ин-

МАСШТАБЫ ВСЕЛЕННОЙ

Естественные явления происходят во многих масштабах. Мелкие детали обычно не влияют на крупномасштабные явления, что создает трудности в проверке квантовых теорий гравитации, таких как теория струн. Но космическая инфляция позволяет чему-то ничтожно малому влиять на нечто с астрономическими размерами

10^{26} м:

наблюдаемая Вселенная



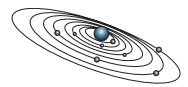
10^{21} м:

Галактика Млечный путь



10^{13} м:

Солнечная система



10^7 м:

Земля



10^{-2} м:

насекомые



10^{-10} м:

атомы



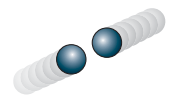
10^{-15} м:

атомное ядро



10^{-18} м:

минимальное расстояние



10^{-18} до 10^{-35} м:

типичные размеры фундаментальных струн и дополнительных измерений



10^{-35} м:

минимальная длина в природе, имеющая физический смысл



фляционного» поля, очевидно вызывая ускорение расширения в течение относительно длительного периода, предшествовавшего его резкому выключению. Динамика напоминала первые мгновения поездки по ▶

КАК ДРУГИЕ БРАНЫ ВОЗДЕЙСТВУЮТ НА НАС

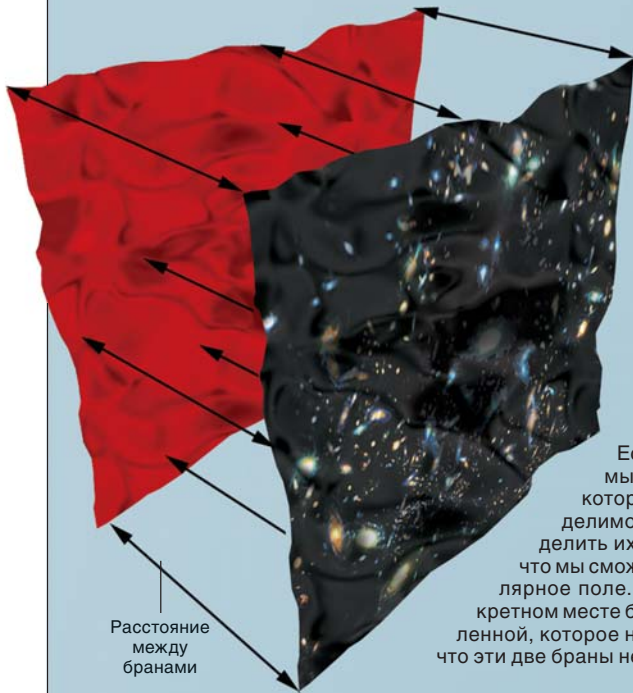


СХЕМА МЕЖБРАНОВЫХ РАССТОЯНИЙ (СКАЛЯРНОЕ ПОЛЕ)



Если другая вселенная приблизится к нашей, мы сможем почувствовать ее влияние. Силы, которые она вызовет, будут приходить с неопределимого направления, поэтому мы сможем определить их как силы, принадлежащие чему-либо. То, что мы сможем обнаружить, будет так называемое скалярное поле. Напряженность этого поля в любом конкретном месте будет зависеть от расстояния до другой вселенной, которое немного изменяется с положением, потому что эти две браны не будут полностью параллельны

Энергия, представленная этим полем, возможно, вызвала инфляцию — гигантское расширение с размерами нашей Вселенной в первые мгновения истории космоса. Инфляция, в свою очередь, должна была увеличить эффекты струн до космических размеров. (Подобный рост в темпе расширения, вызванный темной энергией, возможно, снова недавно начался.)

Для объяснения инфляции необходимо, чтобы плотность энергии скалярного поля оставалась почти постоянной и затем резко упала, подобно «нырку» вагончиков во время катания по «американским горкам»

«американским горкам». Вначале кабинка медленно взбиралась на невысокий подъем. (Применительно к инфляции слово «медленно», конечно, относительно: для человека процесс был невообразимо быстрым.) Затем — захватывающее дух падение, во время которого потенциальная энергия переходит в кинетическую (и, в конечном счете, рассеивается в тепло). Процесс инфляции нелегко моделировать теоретически. За минувшие 25 лет физики предложили много вариантов, но все же ни один из них не оказался совершенным. Успеху препятствует наше невежество в отношении тех явлений, которые могли происходить в условиях невероятно высоких энергий, по-видимому, действительно имевших место.

Надежны ли браны?

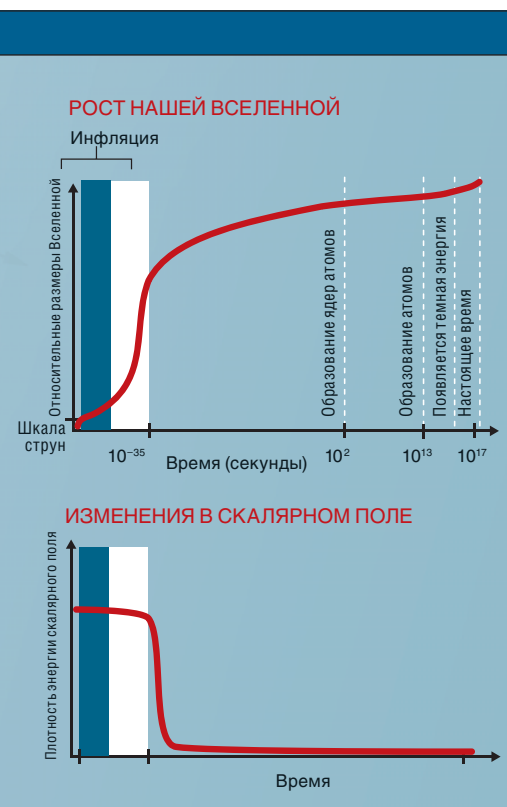
В течение 1980-х гг., по мере того как теория инфляции получала признание, независимые исследования позволили получить дополнительные сведения по названной проблеме. Теория струн предполагает, что субатомные частицы на самом деле —

это одномерные объекты, подобные крошечным обрезкам резиновых нитей. Некоторые из этих струн образуют петли (так называемые закрытые струны), другие — короткие отрезки с двумя концами (открытые струны). Согласно теории, все элементарные частицы, как когда-либо обнаруженные, так и еще многие неоткрытые, являются различными видами вибрации этих типов струн. Выигрышная часть теории струн — то, что она органически вбирает в себя гравитацию, которая естественно возникает из самой теории, без принудительного включения в исходные данные.

Если теория правильна, то пространство — это совсем не то, что нам кажется. В частности, размерность пространства составляет точно девять измерений (поэтому пространство-время, включая само время, имеет 10 измерений). К обычным трем (длине, ширине и высоте) добавляются еще шесть. Для нас эти дополнительные измерения невидимы. Возможно, они очень маленькие. Мы можем не обращать на них внимания просто потому, что мы

живем не в их мире. Например, асфальт на стоянке автомобиля может иметь мелкие трещины, глубина которых добавляет третье измерение к свойствам площадки, но если дефекты поверхности незначительны, вы никогда этого не заметите. Самим авторам теории струн тоже трудно представить себе девять измерений. Но если история физики чему-нибудь нас учит, так это тому, что истинная природа мира может лежать за пределами наших способностей представить ее себе зримо.

Несмотря на название, теория относится не только к струнам. Она содержит также другой вид объектов, называемых Дирихле-бранами (*Dirichlet-brans*), или, для краткости, *D*-бранами. *D*-браны — большие, массивные поверхности, которые плавают в пространстве. Они действуют подобно липкой бумаге для насекомых: концы открытых струн скользят по ним, но не могут от них оторваться. Субатомные частицы, как электроны и протоны, могут быть не чем иным, как открытыми струнами, и если это так, то они при-



креплены к бране. Только несколько гипотетических частиц, такие как гравитоны (которые переносят силы гравитации), должны быть закрыты струнами и, таким образом способны двигаться совершенно свободно сквозь дополнительные измерения. Данное различие предполагает вторую причину того, почему дополнительные измерения не видны: возможно, наши инструменты построены из частиц, которые захвачены браной. Если это так, будущие инструменты могли бы использовать гравитоны, чтобы перейти в дополнительные измерения.

D -браны могут иметь любое число измерений, вплоть до девяти. Нульмерная D -брана ($D0$ -брана) — особый вид частиц, $D1$ -брана — особый вид струн (но не тот же самый, что фундаментальная струна), $D2$ -брана — мембрана или перегородка, $D3$ -брана — объем с высотой, глубиной, шириной, и так далее. Вся наша наблюдаемая Вселенная может быть захваченной и находиться на такой бране — так называемом бран-мире. Другие бран-миры могут плавать вокруг

в пространстве, причем каждый из них — это вселенная, захваченная на «борт» браны. Поскольку браны могут двигаться в дополнительных измерениях, они будут вести себя подобно частицам. Они могут перемещаться, сталкиваться, уничтожаться и даже формировать системы бран, вращающихся друг вокруг друга подобно планетам.

Пока все эти концепции можно считать абстрактными. Пробным камнем для теории всегда становится очная ставка с экспериментом. Здесь теория струн обескураживает, потому что возможностей проверить ее экспериментально еще не было, несмотря на более чем 20 лет длительных исследований. Трудно оказалось найти «дымящуюся пушку» — предсказание, что проверка решительно покажет нам, что мир действительно сделан из струн. Даже Большой Адронный Коллайдер (LHC), строительство которого ныне приближается к завершению в $CERN$, европейской лаборатории физики частиц вблизи Женевы, может оказаться недостаточно мощным средством для получения ответа.

Наблюдение невидимых измерений

Если инфляция происходит при высоких энергиях, когда струнная природа частиц становится заметной, это может привести нас к тому самому экспериментальному тесту, который ищут теоретики. В прошедшие несколько лет физики пытались понять, не может ли теория струн объяснить инфляцию. К сожалению, такую цель легче объявить, чем достичь.

Говоря более точно, физики предполагают, предсказывает ли теория струн существование скалярного поля с двумя свойствами. Первое: его потенциальная энергия должна быть большой, положительной и примерно постоянной, чтобы провести инфляцию с большой энергией. Второе: эта потенциальная энергия должна быть способна резко конвертироваться в кинетическую в конце инфляции (волнующее падение с «американских горок»).

СЛОВАРЬ ТЕОРИИ СТРУН

ТЕОРИЯ СТРУН

Теория-кандидат на объединение всех теорий физических сил и частиц

ИНФЛЯЦИЯ

Кратковременный период ускоренного космического расширения в ранней истории Вселенной

НАБЛЮДАЕМАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Все, что мы можем видеть во Вселенной, т.е. «Наша Вселенная»

ДРУГАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Ненаблюдаемая область пространства-времени, которая, возможно, имеет другие свойства и законы физики

КАЛАБИ-ЯУ

Шестимерная форма скрытых измерений

БРАНА

Сокращение от «мембрана». Это может быть двухмерная плоскость (подобно обычной мембране) или ее более низкоразмерный или высокоразмерный варианты

ПОЛЕ

Форма энергии, которая заполняет пространство, подобно туману

СКАЛЯРНОЕ ПОЛЕ

Поле, описываемое в каждой точке единственным числом. Примеры: температура; инфляционное поле

МОДУЛИ

Скалярные поля, которые описывают размер и форму скрытых пространственных измерений

АННИГИЛЯЦИЯ

Полный переход массы в излучение, как это происходит, когда сталкиваются вещество и антивещество или браны и антибраны

Но есть и хорошие новости — теория струн не предсказывает никакой нехватки скалярных полей. Такие поля — своего рода утешительный приз за свойства существ вроде нас, которые привязаны к трем измерениям. Мы не можем видеть дополнительные измерения, но косвенно ощущаем их как скалярные поля. Ситуация аналогична той, когда при взлете самолета с плотно зашторенными окнами вы не видите треть

ИНФЛЯЦИЯ, ВЫЗЫВАЕМАЯ БРАНАМИ

СТОЛКНОВЕНИЕ БРАНЫ С АНТИБРАНОЙ

Брана и антибрана похожи на вещество и антивещество: они имеют противоположные заряды и притягивают друг друга

Их притяжение раздувает размеры в некоторых из их размерностей

Реагируя на взаимодействие соседних бран, близлежащие браны, наподобие нашей Вселенной, увеличиваются в размерах, уходя от катастрофического уничтожения



измерение (высоту), но можете почувствовать ее влияние, когда ваши уши закладывает. Изменение скалярного поля (давления) — косвенный способ воспринять невидимое измерение.

Давление воздуха представляет собой вес всего воздуха в атмосфере над вашей головой. Что же представляют собой скалярные поля теории струн? Некоторые из них соответствуют размеру или форме в невидимых направлениях и обозначаются математическим термином — геометрические «модульные» поля. Другие представляют расстояние между бран-мирами. Например, если наша D3-брана приблизилась к другой D3-бране, расстояние между ними могло бы немного измениться с изменением места наблюдения из-за ряби в каждой бране. Физики в Торонто могли измерить величину скалярного поля как 1, а физики в Кембридже как 2. Тогда они могли бы заключить, что соседняя брана в два раза дальше от Кембриджа, чем от Торонто.

Сталкивание двух бран, или искажение дополнительных размерностей пространства требует энергии, которая может быть описана скалярным полем. Такая энергия могла бы заставить браны раздуваться, как впервые это предположили в 1998 г.

Джорджи Двали (Georgi Dvali) из Нью-Йоркского университета и Генри Тай (S.-Н. Tye) из Корнеллского университета. Плохие новости — результаты первых вычислений для различных скалярных полей не были обнадеживающими. Плотность энергии полей оказалась слишком низкой, чтобы шла инфляция. Профиль энергии более соответствовал уровню земли, чем кабине, медленно взбирающейся на «американские горки».

Появляются антибраны

Так выглядела проблема, когда в 2001 г. мы оба, Махбуб Маджумдар (Mahbub Majumdar), а также Говиндан Раджеш (Govindan Rajesh), Жень-Цзе Чжан (Ren-Jie Zhang) и покойный Детлеф Нолте (Detlef Nolte), работавшие тогда в Институте передовых исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси), начали размышлять об этом. В то же самое время Двали (Dvali), Святослав Солганик (Sviatoslav Solganik) из Нью-Йоркского университета и Квейзар Шафи (Qaisar Shafi) из Университета Делавэра развивали подобный подход.

Наше новшество заключалось в том, чтобы рассмотреть как браны, так и антибраны, которые связаны с первыми, как антивещество с веществом. Они притягивают друг

друга, как электроны свои античастицы (позитроны). Внутренняя энергия бран могла бы обеспечить положительную энергию, необходимую для начала инфляции, а их взаимное притяжение могло стать причиной завершения процесса, когда в столкновении брана и антибрана аннигилируют в гигантском взрыве. К счастью, наша Вселенная не должна была быть уничтожена, что было бы положительным результатом этого инфляционного процесса. Когда браны притягиваются и аннигилируют, эффекты распространяются на близлежащие браны.

Когда мы рассчитали силы притяжения в этой модели, выяснилось, что они слишком сильны, чтобы объяснить инфляцию. Но модель была доказательством принципа и показывала, как стабильный процесс мог прерваться внезапно и заполнить нашу Вселенную частицами. Наша гипотеза антибран также пролила свет на давний вопрос о том, почему наша Вселенная трехмерна.

Следующим усовершенствованием стал вопрос о том, что происходит, когда начинает двигаться само пространство, а не только браны в его пределах. В начале нашей работы мы принимали, что сами размер и форма многомерного пространства,

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Преобразование дополнительных измерений начинается с изменения их текущей формы. Потенциальная энергия, которая заставляет их встраиваться в их окончательную форму, может также вызвать инфляцию наблюдаемых трех измерений



в котором перемещаются браны, фиксированы. Это было серьезным упущением, потому что пространство искривляется под действием материи, но упущением понятным, потому что в 2001 г. никто не знал, как рассчитать данный многомерный изгиб, используя теорию струн.

Деформации пространства

За два года ситуация изменилась радикально. В 2003 г. Шамит Качру (Shamit Kachru), Рената Каллош (Renata Kallosh) и Андрей Линде (Andrei Linde) из Стэнфордского университета вместе с Сандип Триведи (Sandip Trivedi) из Института фундаментальных исследований в Мумбаи (Индия) разработали новый теоретический подход, названный *KKLT* по инициалам его создателей. Их система описывает обстоятельства, в которых геометрия дополнительных измерений становится очень жесткой и не слишком сильно изгибается, когда в ее пределах происходит движение. Система предсказывает огромное число возможных конфигураций для дополнительных измерений, причем каждая из них соответствует различным возможным вселенным. Набор таких возможностей назван ландшафтом теории струн. Каждая из этих вероят-

ностей может быть реализована в своей собственной области мультиверса.

В пределах *KKLT*-системы инфляция может происходить по крайней мере двумя способами. Во-первых, она может возникать из гравитационной реакции дополнительных измерений на движение браны и антибраны. Геометрия этих измерений может быть очень специфичной, напоминая осьминога с несколькими удлинениями, или «горловинами». Если брана перемещается вдоль одного из них, ее движение сквозь искривленные измерения ослабляет взаимное притяжение браны и антибраны. Это ослабление инициирует медленно развивающийся процесс, который и приводит к инфляции, что, возможно, решает главную проблему в нашем исходном предположении.

Во-вторых, инфляцию можно было бы осуществить просто изменениями в геометрии дополнительных измерений (без потребности в движении бран). Два года назад мы представили первый инфляционный сценарий этого типа на основе теории струн. Этот общий процесс называют модульной инфляцией, потому что модульные поля, которые описывают геометрию, действуют как инфляторы. Поскольку дополнительные измерения включены в их текущую конфигурацию, три обычных измерения расширяются в ускоренном темпе. В сущности, вселенная создает самое себя. Таким образом, модульная инфляция связывает размеры в тех измерениях, которые мы видим, с размерами и формой тех, которые не подвластны нашему зрению.

Струны в небе

Модели инфляции на основе теории струн, в отличие от многих других аспектов данной теории, могут быть в ближайшем будущем проверены экспериментальными наблюдениями. Космологи считали, что инфляция должна создавать гравитационные волны, своего рода рябь на ткани пространства-времени. Теория струн вмешивается в это предсказание. Существующие модели инфляции теории струн показывают, что гравита-

ционные волны настолько слабы, что они не наблюдаемы. Проблема может быть решена благодаря аппаратуре спутника «Планк», которая более чувствительна к первичным гравитационным волнам, чем существующие инструменты. И если такие волны удастся обнаружить, то все предложенные до сих пор модели инфляции теории струн будут отвергнуты.

Кроме того, некоторые модели инфляции с бранами предсказывают существование больших линейных структур, известных как космические струны, которые естественным путем возникают после аннигиляции браны и антибраны. Эти струны могут быть нескольких типов: *D1*-браны или фундаментальные струны, растянутые до огромных размеров, или комбинации двух струн. Если они существуют, астрономы могли бы обнаружить их по признакам искажения света от галактик.

Несмотря на прогресс в теории, остается много нерешенных проблем. Вопрос о том, происходила ли инфляция на самом деле, полностью не решен. Если усовершенствованные наблюдения поставят ее под сомнение, космологи должны будут обратиться к альтернативным сценариям ранней Вселенной. Теория струн создала несколько таких вариантов, в которых наша Вселенная существовала до Большого взрыва, возможно, как часть бесконечного цикла создания и разрушения (см.: Венециано Г. *Миф о начале времени* // *ВМН*, № 8, 2004). Трудность в том, чтобы точно описать переход, который отмечает момент Большого взрыва.

В целом, чтобы получить космическую инфляцию, теория струн предлагает два главных механизма: столкновение бран и реформацию дополнительных измерений пространства-времени. Впервые физики смогли получить конкретные модели космической инфляции вместо того, чтобы делать не критичные предположения *ad hoc*. Теория струн, предназначенная для объяснения явлений в мизерных масштабах, может стать законом всего неба. ■

Перевод: Л.В. Ксанфомалити



Задача кредитов
на торговлю
углеродом —
сократить выбросы
парниковых газов
при минимальных
затратах

Дэвид Виктор и Дэнни Калленворд

ЭФФЕКТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ УГЛЕРОДНОГО РЫНКА

Борьба с изменением климата без нанесения ущерба мировой экономике зависит от более сильных и эффективных сигналов рынка по регуляции содержания углекислого газа в атмосфере

В наступившем столетии деятельность человека, вероятнее всего, приведет к дальнейшему потеплению климата Земли. Несмотря на то что концентрация углекислого газа в атмосфере возрастает в основном за счет сжигания ископаемого топлива, для эффективного решения проблемы необходимо не только создание и широкое использование более чистых источников энергии, но и появление новых институтов и стратегий, позволяющих сократить выбросы парниковых газов.

Такая задача невероятно трудна. Дешевизна и доступность ископаемого топлива делают переход на экологически безопасные источники энергии мало реальным без сильной политической поддержки. К сожалению, почти два десятилетия полемике по условиям обязывающего договора, ограничивающего выбросы загрязняющих веществ, не привели к значительным результатам, однако в Европе и других регионах, где общественность наиболее сильно обеспокоена изменением климата, уже реализуются инициативы, которые показывают, как оптимально сократить использование богатых углеродом энергоресурсов планеты.

В США объем выбросов углекислого газа больше, чем в любой другой стране мира. Американские ученые и политики, анализируя достижения и неудачи европейских стран в создании функционирующих углеродных рынков, могут применить их опыт в построении своей национальной системы контроля загрязняющих атмосферу газов.

До недавнего времени почти все дебаты по вопросу о защите земного климата велись на всемирном уровне. Обычный здравый смысл говорит о том, что успешная климатическая политика зависит от подписания международных обязывающих договоров, поскольку предприятия, функционирование которых вызывает изменения климата, разбросаны по всему миру, и без всеобщей координации они просто переместились бы туда, где существуют менее жесткие правила.

Подобная глобалистская теория легла в основу Рамочной конвенции ООН об изменении климата (1992), которая объединила более 180 стран и создала вспомогательные органы по контролю над соблюдением условий договора. В 1997 г. был разработан и подписан Киотский протокол, в соответствии с которым индустриальные государства, включая США, страны ЕС, Японию и Россию, согласились взять на себя индивидуальные обязательства по уменьшению промышленных выбросов в среднем на 5% (в сравнении с уровнями 1990 г.). Однако развивающиеся страны, для которых приоритетен экономический рост, обеспечиваемый неограниченным использованием энергии, отказались признать лимиты на выбросы парниковых газов.

Механизм чистого развития

Не имея возможности непосредственно влиять на количество выбросов в развивающихся странах, государства, подписавшие Киотский протокол, выработали компромиссное решение, известное как механизм чистого развития. Данная схема предполагает международные инвестиции в проекты, сокращающие выбросы в тех регионах, которые не ввели у себя собственные ограничения. Инвесторы таким образом зарабатывают себе углеродные кредиты. Например, британская фирма, столкнувшись с жесткими и потому дорогостоящими лимитами у себя на родине, финансирует строительство ветряных турбин в Китае и получает кредиты за разницу между «базовыми» выбросами, которые произошли

бы, если бы китайские предприниматели сжигали уголь для производства определенного количества электроэнергии, и нулевыми выбросами ветряной турбины. Китайская сторона приобретает иностранные инвестиции и энергетическую инфраструктуру, а британская выполняет свои обязательства по охране окружающей среды с меньшими затратами, поскольку внедрение в уже существующее производство новых более экологичных технологий обходится дороже.

Рынок механизма чистого развития расширяется, и на долю обменов приходится теперь примерно 0,3% всех парниковых газов в мире, что составляет около \$4,4 млрд в год.

Переговоры по Киотскому протоколу быстро привели к достижению соглашения на бумаге, однако индустриальные страны, обязательства которых особенно значительны, выполняют условия неодинаково. США, Австралия и Канада уклонились от соблюдения договора, сочтя его требования либо слишком дорогостоящими, либо вызывающими политические осложнения, из-за чего его общее влияние на решение проблемы глобального потепления не реализовало своего потенциала, который и так был невелик. Многосторонние международные соглашения часто сталкиваются с подобными трудностями, поскольку ради скорейшего достижения консенсуса они отражают интересы тех сторон, которые относятся к ним с наименьшим энтузиазмом, и содержат положения, предоставляющие возможность легкого выхода для участников.

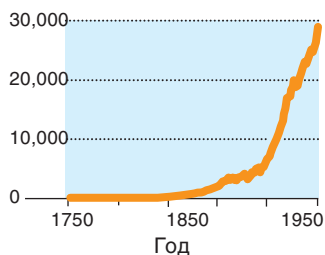
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Чтобы остановить дальнейшее потепление климата, нам необходимо уменьшить количество углекислого газа в атмосфере.
- Введение налогов на выбросы углерода эффективно, однако политические соображения дестимулируют данный процесс в США. Более вероятно создание федерального рынка ограничений и торговли, на котором эмиттеры, загрязняющие атмосферу, получат разрешения на выбросы и решат, как соблюдать установленные для них лимиты.
- Чтобы такие рынки были успешными, они должны активно регулироваться, для чего необходима дополнительная политика, влияющая на выбросы. Детальный анализ существующего углеродного рынка Европейского Союза дает об этом ценное представление.

СЛИШКОМ МНОГО УГЛЕРОДА

Ученые заявляют, что увеличение выбросов углекислого газа в результате сгорания ископаемого топлива приводит к потеплению климата Земли и что необходимы активные действия по их сокращению

ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ
УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА
В РЕЗУЛЬТАТЕ СГОРАНИЯ
ИСКОПАЕМОГО ТОПЛИВА
В миллионах тонн



Налоги на углерод для эмиттеров позволяют избежать политизированного и чреватого коррупцией процесса предоставления кредитов на выбросы и в то же время обеспечивают прозрачность расходов на соблюдение ограничений

Оценивая климатическую политику

Развитие международной системы, способной замедлить изменение климата, начинается только сейчас, почти 10 лет спустя после подписания Киотского протокола. Эффективную политику разрабатывает группа стран, наиболее активно выступающих за регулирование выбросов парниковых газов. В противовес единому глобальному подходу, предусмотренному Киотским протоколом, каждая страна выработала

свою, отличающуюся от других стратегию. Разнообразие планов отражает глубокую неуверенность отдельных стран в том, какими должны быть оптимальные меры, а также колоссальные различия в возможностях и стилях деятельности правительств.

Попытки сокращения выбросов внутри ЕС являются ключевыми, поскольку после выхода США из Киотского протокола ЕС стал крупнейшим образованием, решающим данную проблему. Европейская система имеет самые сильные институты и обменивается наибольшим объемом кредитов. Страны — члены ЕС продолжают программы повышения энергетической эффективности, охватывающие 55% общих выбросов в атмосферу (преимущественно от жилого и транспортного

го газа. Предприятия же определяют, что им выгоднее: сократить собственные выбросы, в результате чего высвободятся разрешения, которые можно продать, или приобрести дополнительные разрешения на свободном рынке. Компании и правительства могут также покупать кредиты на основе механизма чистого развития и аналогичной программы в России и других бывших странах восточного блока.

Если сокращения выбросов окажутся дорогостоящими, спрос на разрешения и цены на них возрастут. Появление доступных новых технологий, снижающих количество парниковых газов, приведет к противоположному результату. Ограничивая общее число кредитов, регулирующие органы ЕС контролируют уровни загрязнения, а рынок устанавливает цены. Пробный период для нового европейского рынка продолжался с 2005 г. до конца 2007 г.

Создание углеродного рынка связано с предоставлением новых прав собственности и зависит от политического выбора. Политики и заинтересованные предприятия обычно настаивают скорее на формировании торговых рынков, нежели на введении налогов, поскольку большинство кредитов на выбросы предоставляются бесплатно, налоги же вызывают более существенные расходы.

В прошлом несколько торговых систем продавали часть своих разрешений с аукциона, однако угледобывающие компании и владельцы работающих на угле электростанций противостояли таким попыткам. Правительства стран ЕС договорились выдавать большую часть кредитов существующим эмиттерам бесплатно; большинство предложенных в США законов, связанных с изменением климата, требуют аналогичного подхода.

Частичная раздача кредитов политически целесообразна, она помогает создать рынок в тех случаях, когда отрасли с закрепившимися интересами, например лобби угледобывающей промышленности,

сектора). В частности, они включают в себя набор плановых значений расхода горючего (вскоре он станет обязательным), договоренность о котором была достигнута с производителями автомобилей.

Оставшиеся источники парниковых газов (промышленные предприятия, в том числе электростанции) малочисленнее, крупнее, и поэтому их легче контролировать. Для таких объектов была создана программа торговли выбросами, смоделированная по образцу успешного американского проекта 1990-х гг., разработанного для сокращения выбросов двуокиси серы (главной причины кислотных дождей). Правительство бесплатно (до определенного лимита, установленного для данной страны) выдает эмиттерам кредиты, каждый из которых разрешает выброс тонны углекисло-

ТОРГОВЛЯ УГЛЕРОДОМ

В соответствии с Киотским протоколом, который вступил в силу в феврале 2005 г., большинство индустриальных государств согласились сократить в период с 2008 по 2012 г. общий объем выбросов парниковых газов в среднем на 5,2% (по сравнению с уровнями 1990 г.). Для каждой из стран-участников определена своя задача по сокращению выбросов углекислого газа.

Торговля углеродом — рыночный механизм, предназначенный для борьбы с изменением климата. С точки зрения состояния планеты, источники CO_2 гораздо менее важны, чем общий объем выбросов. Новые углеродные рынки предлагают тем, кто загрязняет окружающую среду, выбор: либо нести расходы по сокращению собственных выбросов, либо оставлять их неизменными, но оплачивать затраты по снижению выбросов парниковых газов предприятиям в развивающихся странах, что обходится дешевле. Теоретически на основе такого подхода можно при минимальных затратах уменьшить выбросы парниковых газов, приводящие к потеплению климата.

Обмен на углеродных рынках происходит двумя способами. Первый — рынок ограничений и торговли, с помощью которого ограничиваются выбросы парниковых газов, а эмиттеры,

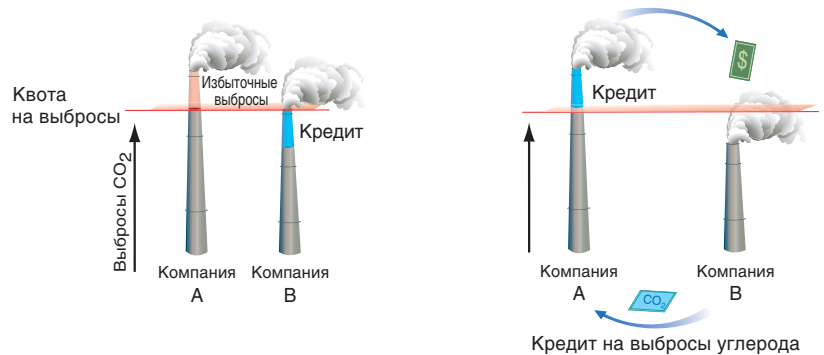
загрязняющие окружающую среду, получают кредиты, или разрешения на выброс, которыми можно торговать (рис. вверху); каждый такой кредит распространяется на метрическую тонну разрешенного выброса CO_2 . В 2005 г. Европейский Союз учредил программу торговли выбросами — обязательную для соблюдения систему ограничений и торговли для европейских компаний. Сегодня система ЕС является крупнейшим в мире углеродным рынком.

Второй метод торговли углеродом — кредиты на проекты, которые компенсируют выбросы парниковых газов (рис. внизу). Например, созданный на основе Киотского протокола механизм чистого развития позволяет индустриальным странам получать кредиты за счет финансирования предусматривающих низкий выброс углерода проектов в развивающихся странах.

Масштабы углеродной торговли в мире не очень четко определены количественно, поскольку углеродные рынки появились совсем недавно, данные о сделках еще не так легко получить, и существует несколько различных программ. Однако, по данным Всемирного банка, стоимость углерода, которым торговали на этих рынках в 2006 г., составила около \$30 млрд

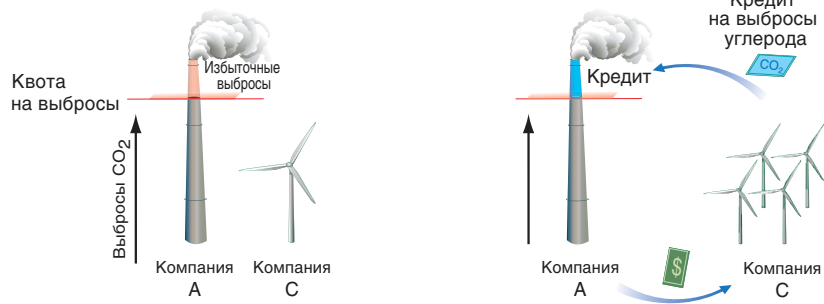
РЫНОК ОГРАНИЧЕНИЙ И ТОРГОВЛИ

Предположим, что выброс углекислого газа компании А больше установленной для нее квоты, а компании В — меньше (рис. слева). Компания А может заплатить компании В за ее неиспользованные разрешения и затем использовать их для выполнения своих обязательств (рис. справа)



КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ОБМЕН

Предположим, что компания А превысила объем разрешенных выбросов. На основе механизма чистого развития, предусмотренного Киотским протоколом, она может инвестировать средства в проект сокращения выбросов углерода, учрежденный компанией С в развивающейся стране, стоимость которого меньше, чем аналогичного проекта в развитой стране (рис. слева). Компания А получает нужные ей кредиты по меньшей цене, а компания С — необходимые инвестиции, в то время как в атмосферу попадает в общей сложности меньше CO_2 , чем если бы компания С использовала в качестве источника энергии ископаемое топливо (рис. справа)



блокировали бы процесс. Однако если раздавать все кредиты, возникает более серьезная опасность укрепления позиций углеродных «тузов» и закрепления устаревших технологий.

Учитывая подобные обстоятельства, неудивительно, что углеродный рынок ЕС переживает некоторые болезни роста. Планы предоставления разрешений, разработанные каждым из правительств, часто появлялись уже после наме-

ченного срока и распространялись не на всех эмиттеров, политики оказывали предпочтение некоторым фирмам или секторам бизнеса или наводняли рынок дешевыми и сомнительными кредитами, полученными через механизм чистого развития. Например, немецкое правительство, стремясь защитить свою угольную промышленность, выдало слишком много бесплатных кредитов электростанциям, работающим на угле, а владельцы электростан-

ций брали с потребителей плату за несуществующие расходы на борьбу с выбросами окислов углерода. Аналогичные неправомерные действия совершались в Нидерландах, Испании и Великобритании.

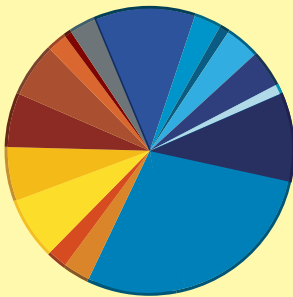
В принципе ЕС отслеживает размещение кредитов каждым правительством, однако на практике страны — члены ЕС держат в своих руках большинство политических карт и, не колеблясь, распоряжаются ими так, как считают ▶

ФИНАНСИРОВАНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» ПРОГРАММ ЗА РУБЕЖОМ

Механизм чистого развития (CDM), структура, созданная на основе Киотского протокола, позволяет компаниям индустриальных государств вкладывать средства в предусматривающие уменьшение парниковых газов проекты в развивающихся странах и получать кредиты на выбросы. Секторные диаграммы (внизу слева) описывают виды и расположение 1534 проектов в системе

CDM. Критики справедливо заявляют, что некоторые сокращения выбросов на основе данной схемы на самом деле — обман, поскольку позволяют получить \$12,7 млрд (до конца 2012 г.) за проекты, связанные с выбросом HFC-23, расходы на которые должны составлять всего около \$136 млн

Существующие программы, финансируемые на основе CDM
Перечень программ на основе CDM



Программы снижения выбросов CO2

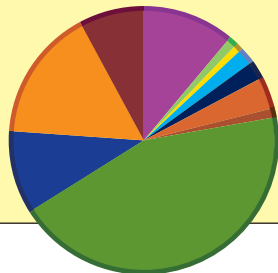
- Потери тепла 3%
- Обработка цемента 2%
- Горючее из биомассы 7%
- Гидроэнергия 6%
- Энергия ветра 6%
- Комбинированная газовая турбина 6%
- Переход на другие виды топлива 2%
- Энергоэффективность 1%
- Другое 3%

Другие программы на основе попутных газов

- Мусор 11%
- Скот 3%
- Сточные воды 1%
- Нефтяное месторождение 4%
- Угольная шахта 4%
- Азотная кислота 1%
- Адипиновая кислота 10%
- HFC-23 от производства хладагентов 28%

Метан
Закись азота

Средние ежегодные кредиты на углерод в зависимости от страны пребывания
Общий процент



Страны

- Южная Корея 8%
- Индия 16%
- Бразилия 10%
- Китай 44%
- ЮАР 1%
- Мексика 4%
- Чили 2%
- Аргентина 2%
- Катар 1%
- Малайзия 1%
- Другие 9%



Выброс парниковых газов в развитых странах (верхний рисунок) может быть компенсирован низкоуглеродным производством в развивающихся странах (нижний рисунок)

нужным. Сейчас ЕС планирует перераспределять разрешения на выброс парниковых газов каждые пять лет.

Американская программа по борьбе с кислотными дождями также предоставляла почти все кредиты бесплатно и обеспечивала стабильность своих основных правил на протяжении примерно двух десятилетий, что значительно облегчало правильное функционирование рынка.

ЕС сталкивается с трудностями в обеспечении свободного доступа эмиттеров, брокеров и продавцов к своевременной и точной информации о предложении и спросе на углеродные кредиты. В пробный период осуществления программы цены резко упали с \$40 до \$1 за тонну углекислого газа, поскольку правительства стран — членов ЕС пе-

ренасытили рынок разрешениями. На следующий период торговли (с 2008 по 2012 г.) ЕС «завинтил гайки», благодаря чему цена выросла до \$30 за тонну.

Создавая рынки во всем мире

Опыт ЕС свидетельствует о том, что торговые системы, как и все рынки, не появляются стихийно. Они нуждаются в стабильных основных институтах, обеспечивающих передачу прав собственности, наблюдение за поведением участников и обеспечение соблюдения правил. ЕС долгое время контролирует выбросы других загрязняющих веществ (например, оксиды серы и азота) из тех же самых промышленных источников. Подобным образом принудительно внедрялись в жизнь европейские административные законы. В отсутствие таких институтов кредиты на

выброс парниковых газов в Европе были бы бесполезными.

Центральная роль институтов и местных заинтересованных структур объясняет, почему в мире существует такое разнообразие систем торговли углеродом. И в самом деле, всемирный углеродный рынок создается снизу вверх, а не сверху вниз, на основе международных договоров, а значит, потребуются не одно десятилетие для образования подлинно глобальной системы.

Создав свою национальную торговую систему, благодаря масштабу торговли выбросами США может лишиться ЕС ведущей роли на формирующемся глобальном углеродном рынке. Процесс роста американского рынка будет осложняться особым характером его развития. Несколько штатов на северо-востоке и западе США, обеспокоенные бездействием федерального

правительства, принимают меры для формирования собственной системы углеродной торговли. Мы сомневаемся, что они сохранятся в неприкосновенности, когда вступит в действие федеральная программа, в том числе и потому, что производство электроэнергии (в ходе которого выделяется значительное количество CO_2) осуществляется крупными сегментами энергосистемы страны и на него трудно распространить решения отдельных штатов. Тем не менее некоторые штаты могут сохранить более жесткие правила, в результате чего отдельные структуры, входящие в общенациональную систему торговли, будут отличаться друг от друга.

Уговаривая сопротивляющихся

Наиболее серьезные препятствия для расширяющихся систем торговли выбросами создают страны с растущей экономикой, такие как Индия и Китай, активно использующие ископаемое топливо. Объемы выбросов углекислого газа в данных государствах увеличиваются примерно в три раза быстрее, чем в развитых, а в следующем десятилетии превысят совокупный объем выбросов западных стран. В настоящее время крупнейшим эмиттером является Китай. Форсировать их присоединение к полномасштабной международной системе торговли выбросами было бы неразумно: введение для них нестрогих ограничений приведет к выдаче дополнительных разрешений, которые наводнят глобальные рынки, и сведет на нет все усилия по ограничению загрязняющих атмосферу газов.

Вместо того чтобы принуждать развивающиеся страны к сокращению выбросов, на что они не согласятся, выгоднее использовать механизм чистого развития, теоретически заключающий торговлю в те области, в которых эти страны уже пошли на фактические сокращения. И поскольку ЕС имеет самый большой рынок для кредитов на выбросы, цены на основе механизма чистого развития

РЫНКИ НИОТКУДА

В процессе создания рынка для торговли углекислым газом появляются ранее не существовавшие права собственности. К сожалению, отношение к фирмам, имеющим политические связи, часто было и остается преференциальным, что обеспечивает им высокие прибыли.

Когда формируются подобные рынки, количество выпущенных углеродных кредитов должно соответствовать реальному объему выбросов углерода, оценить который может быть трудно. Размещение слишком большого количества разрешений снижает их стоимость после того как становится известно о выдаче их избыточного количества, что, по

существу, произошло в рамках программы ЕС по торговле выбросами после апреля 2006 г. (на графике).

Чтобы не сталкиваться с подобными проблемами, следует продавать разрешения на выброс с аукционов. Еще более эффективной стратегией было бы введение налогов на углерод, что позволило бы избежать политизированного и чреватого коррупцией процесса предоставления ценных прав собственности и сделало бы прозрачными расходы на соблюдение ограничений, чтобы производители энергии могли оценить, какой объем средств им следует инвестировать.

Нестабильность цен на выбросы углерода усилилась, когда европейские страны выдали слишком много разрешений на выбросы отечественным эмиттерам, загрязняющим атмосферу, и цены росли до тех пор, пока в 2006 г. продавцам не стало известно, что выдается чрезмерное количество разрешений

Повышение и снижение цен на европейские кредиты

Долларов на тонну углекислого газа



сближаются с ценами, установленными на нем.

Манипулируя рынком

На практике идея, лежащая в основе механизма чистого развития, имеет темную сторону, которая бросает тень на все углеродные рынки. Инвесторам оказалось трудно определить базовую стоимость выбросов для многих объектов — сценарий традиционного развития бизнеса, с которым сравниваются выбросы по новой схеме. Они сосредоточили внимание на установке так называемых технологий «на конце трубы», а не на более фундаментальных из-

менениях энергетических систем, благодаря которым фактически уменьшился бы выброс парниковых газов. Около трети кредитов в рамках механизма чистого развития направлены на сокращение выбросов только одного промышленного газа, фтороформа ($HFC-23$, хладон-23), который как парниковый газ примерно в 12 тыс. раз сильнее, чем CO_2 (врез на стр. 40).

Все предприятия в индустриальных странах мира установили недорогие устройства для удаления фтороформа, а ведущие фирмы поделились технологией со всеми желающими. Однако производители

ОБ АВТОРАХ

Дэвид Виктор (David G. Victor) и **Дэнни Калленворд** (Danny Cullenward) — сотрудники Программы Стэнфордского университета по энергетике и устойчивому развитию (*PESD*), которую спонсируют «Бритиш петролеум» и Исследовательский институт электроэнергии. Виктор, научный сотрудник Совета по международным отношениям и профессор права, занимает пост директора *PESD*, а Калленворд является научным сотрудником программы. Виктор и Калленворд совместно разрабатывали много тем, в частности оценку выбросов парниковых газов гидроэлектростанциями в тропических районах земного шара.

ТОРГОВЛЯ ПРОТИВ ВЫБРОСОВ

Количество парниковых газов, торговли разрешениями на которые идет на всех углеродных рынках, гораздо меньше по сравнению с ежегодными глобальными выбросами.

Приведенные ниже цифры даны в миллионах метрических тонн (эквивалент CO_2)

49,000

Общий объем выбросов парниковых газов в 2004 г.

1,597

Общий объем углеродной торговли в 2006 г.

Чтобы объяснить ситуацию вокруг более низкой цифры: если выброс автомобиля средних размеров составляет около пяти метрических тонн CO_2 в год, глобальный углеродный рынок можно считать эквивалентным ежегодному выбросу 300 млн автомобилей. (В США около 250 млн пассажирских автомобилей.)

в развивающихся странах обнаружили, что, отказавшись от установок, они зарабатывают щедрые кредиты в рамках механизма чистого развития, где цены держатся на высоких европейских уровнях и не связаны с фактической стоимостью усовершенствованного устройства для $HFC-23$. Как отмечает наш коллега из Стэнфордского университета, юрист Майкл Уара (Michael Wara), в результате такой тактики инвесторы получают до конца 2012 г. \$12,7 млрд, в то время как за технологию для удаления газа $HFC-23$ необходимо заплатить только \$136 млн.

Более эффективный подход к решению проблемы выброса $HFC-23$ и других промышленных газов предусматривает прямую оплату развитыми странами необходимого оборудования. Монреальский протокол использовал такой метод для сохранения озонового слоя.

Стратегия опоры на ситуации, в которых интересы развивающихся стран совпадают с задачей сокращения углеродных выбросов, более продуктивна, чем механизм чистого развития. Китай, например, беспокоясь о своей энергобезопасности, принял меры для повышения энергоэффективности. По мнению экс-

пертов, в результате вероятных изменений политики выбросы CO_2 могут сокращаться до конца 2020 г. на миллиард тонн в год. Тем временем подсчеты, сделанные на основе нашей исследовательской программы, свидетельствуют, что в результате быстрого продвижения Индии к расширению гражданской программы атомной энергетики ее выбросы углерода могут уменьшаться на 150 млн тонн в год. Для сравнения, усилия всего ЕС по достижению намеченных Киотским протоколом целей обеспечат уменьшение выбросов всего примерно на 200 млн тонн в год, а все проекты в рамках механизма чистого развития — на 170 млн тонн в год.

План из пяти пунктов

Учитывая масштабы задач, связанных с изменением климата, и последствия промедления, мы рекомендуем пять мер для выработки эффективной стратегии.

Во-первых, необходимо разработать обязательную налоговую политику, направленную на ограничение выбросов парниковых газов, которая позволит избежать политизированного и чреватого коррупцией процесса предоставления прав собственности и покажет долгосрочные издержки соблюдения правил.

Во-вторых, если Конгресс предпочтет систему ограничений и торговли, разумным компромиссом было бы создание так называемого клапана безопасности, устанавливающего лимит на цены кредитов и позволяющего предприятиям планировать расходы.

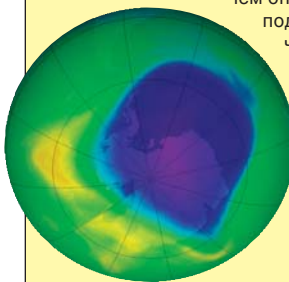
В рамках любой системы ограничений и торговли важно, чтобы все кредиты публично продавались с аукциона. С точки зрения интересов политики, необходимо предоставлять небольшую часть кредитов главным заинтересованным группам. Однако атмосфера нашей планеты — общественный ресурс, который не должен «раздаваться» пользователям.

Третье в нашем списке рекомендаций — разработка стратегии для привлечения рынков стран с расту-

ИГРАЯ В РАМКАХ СИСТЕМЫ

Появляющиеся рынки, основанные на предоставляемых правительствами правах собственности, сталкиваются с одной и той же проблемой — справедливого распределения торговой информации и злоупотребления правилами игры. Покупатели, получающие более полную информацию раньше остальных, могут приобрести собственность очень дешево, прежде чем она будет правильно оценена, и затем получить прибыль при ее подорожании. Так происходило, когда начал работать механизм чистого развития на основе Киотского протокола.

Механизм чистого развития также страдал от искусственных манипуляций, когда инвесторы обнаруживали, что им трудно установить базовый объем выбросов существующих предприятий, чтобы сравнить его с выбросами на основе запланированных проектов сокращения выброса углерода. В результате они концентрировали внимание на внедрении минимально эффективных технологий «на конце трубы», вместо того чтобы осуществлять радикальные изменения в промышленных системах. Около трети кредитов на основе механизма чистого развития связаны с проектами, предназначенными для сокращения выбросов сильного парникового газа — фтороформа, или $HFC-23$. Решить проблему могут низкотратные меры, однако компании развивающихся стран мира обнаружили, что отказ от специальных технологий позволяет им увеличить базовые затраты и копить кредиты в рамках механизма чистого развития по высоким европейским ценам, не связанным с фактическими расходами. Таким образом они получили миллиарды долларов, хотя инвестиции оценивались в сотни миллионов долларов.



Закрытие озоновой дыры путем замены хладагента CFC хладагентом HCFC привело к выделению способствующего потеплению климата побочного продукта, газа HFC-23, от которого также надо избавляться

щей экономикой. Покупателям кредитов на основе механизма чистого развития — особенно странам ЕС и Японии — необходимо лоббировать исполнительный совет и добиваться всеобъемлющих реформ. США при планировании политики в отношении изменения климата следует установить свои более жесткие правила, касающиеся таких кредитов, а дюжине крупнейших эмиттеров — созвать форум вне Киотского протокола и найти более гибкие и эффективные стратегии привлечения развивающихся стран в процесс уменьшения выбросов парниковых газов. Для такой цели потребуются комплексные программы политических реформ, которые будут разработаны с учетом ситуации в каждой конкретной стране. Реформы должны проводиться в жизнь на

СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЫБРОСА УГЛЕРОДА

1. Правительству США следует разработать обязательную для соблюдения налоговую политику по ограничению выбросов парниковых газов. Введение налогов обеспечивает ясные долгосрочные ценовые сигналы, помогающие компаниям разумно вкладывать средства в снижение выбросов углерода. Нестабильность цен, присущая системам ограничения и торговли, напротив, препятствует планированию. Создание налоговых систем уменьшает возможности для политического фаворитизма и коррупции.
2. Если США учредят систему ограничений и торговли, она должна создать предохранительный клапан, который поможет установить ценовой предел на разрешения на выброс углерода, чтобы фирмы могли достоверно оценивать затраты на соблюдение требований. Все кредиты в рамках системы ограничений и торговли должны продаваться с аукционов, чтобы избежать политических предпочтений.
3. Индустриальные страны должны найти способы привлечь страны с растущим рынком к сокращению выброса углерода, что потребует сложных комплексных программ политических реформ, соответствующих специфическим условиям каждой страны.
4. Для того чтобы реально повлиять на объем выбросов, необходимо будет сочетание основанной на рыночных факторах политики в отношении климата (например, введение налогов на углерод и разработка более эффективных торговых программ) и правил, которые ускорят переход на новые технологии.
5. Правительства должны разработать активные стратегии для изобретения и демонстрации новых крупномасштабных энергетических систем с низким выбросом углерода.

Появление в различных районах мира разных систем торговли углеродом объясняется центральной ролью институтов и местных заинтересованных кругов

основе сотрудничества с министрами финансов и промышленности, а не с чиновниками ведомств по охране окружающей среды, которые редко берут на себя ответственность.

В-четвертых, правительства должны признать, что для решения проблемы недостаточно ценовых сигналов, основанных на ситуации на рынках. Для поощрения более эффективного использования электроэнергии необходимы не только более высокие цены, но также стандарты на оборудование и мандаты. Правительствам следует поощрять использование низкоуглеродных энергоресурсов из любых источников, как возобновляемых, так и невозобновляемых.

И, наконец, правительства должны придерживаться активной стратегии, предусматривающей изобретение и применение новых технологий, таких как безопасное закачивание CO_2 под землю современными электростанциями, работающими на угле. Разработка по-

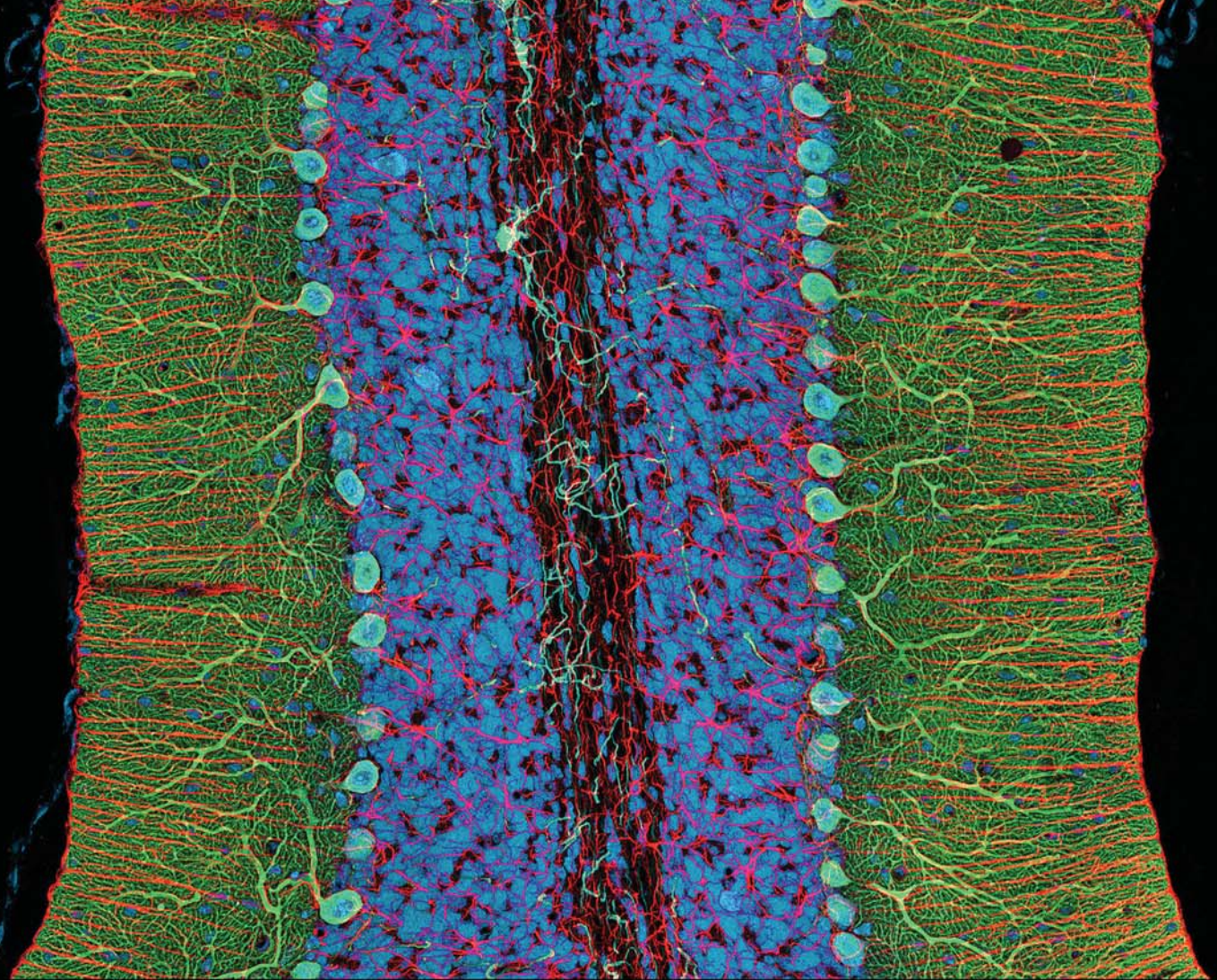
добных планов должна противостоять «парадоксу цен». Если бы сегодня европейские цены на углерод стали действовать в США, большинство предприятий автоматически не стали бы устанавливать новые технологии для производства энергии, как отмечается в работе Исследовательского института электроэнергетики. В значительной части США обычные работающие на угле электростанции обошлись бы дешевле, чем применение передовых технологий, атомной энергетики, ветряных установок или турбин, работающих на природном газе. Повышение цен на углерод до \$40 за тонну CO_2 или выше могло бы способствовать более активному переходу на новые технологии, но такая возможность кажется маловероятной в политическом плане, поскольку требует выделения специальных средств на коммерциализацию полезных технологий, а также внимательного всестороннего изучения факторов, препятствующих переменам.

Чтобы добиться успеха, миру следует обеспечить прогресс на всех пяти фронтах. Конечно, нам нужно правильно задействовать науку и технику, и все же основная опасность связана с неспособностью создавать институты и проводить политику, которая убедила бы людей в необходимости сокращать выбросы парниковых газов. ■

Перевод: Т.Н. Саранцева

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Architectures for Agreement: Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World. Edited by Joseph E. Aldy and Robert N. Stavins. Cambridge University Press, 2007.
- Is the Global Carbon Market Working? Michael Wara in *Nature*, vol. 445, pages 595-596, February 8, 2007.
- Promoting Low-Carbon Electricity Production. Jay Apt, David W. Keith and M. Granger Morgan in *Issues in Science and Technology*, vol. 23, No. 3; Spring 2007. www.issues.org/23.3/apt.html
- Climate Change Legislation Design White Papers. Committee on Energy and Commerce, October 2007. <http://energy-commerce.house.gov>
- Climate Change Research Platform. Program on Energy and Sustainable Development. <http://pesd.stanford.edu/climate>

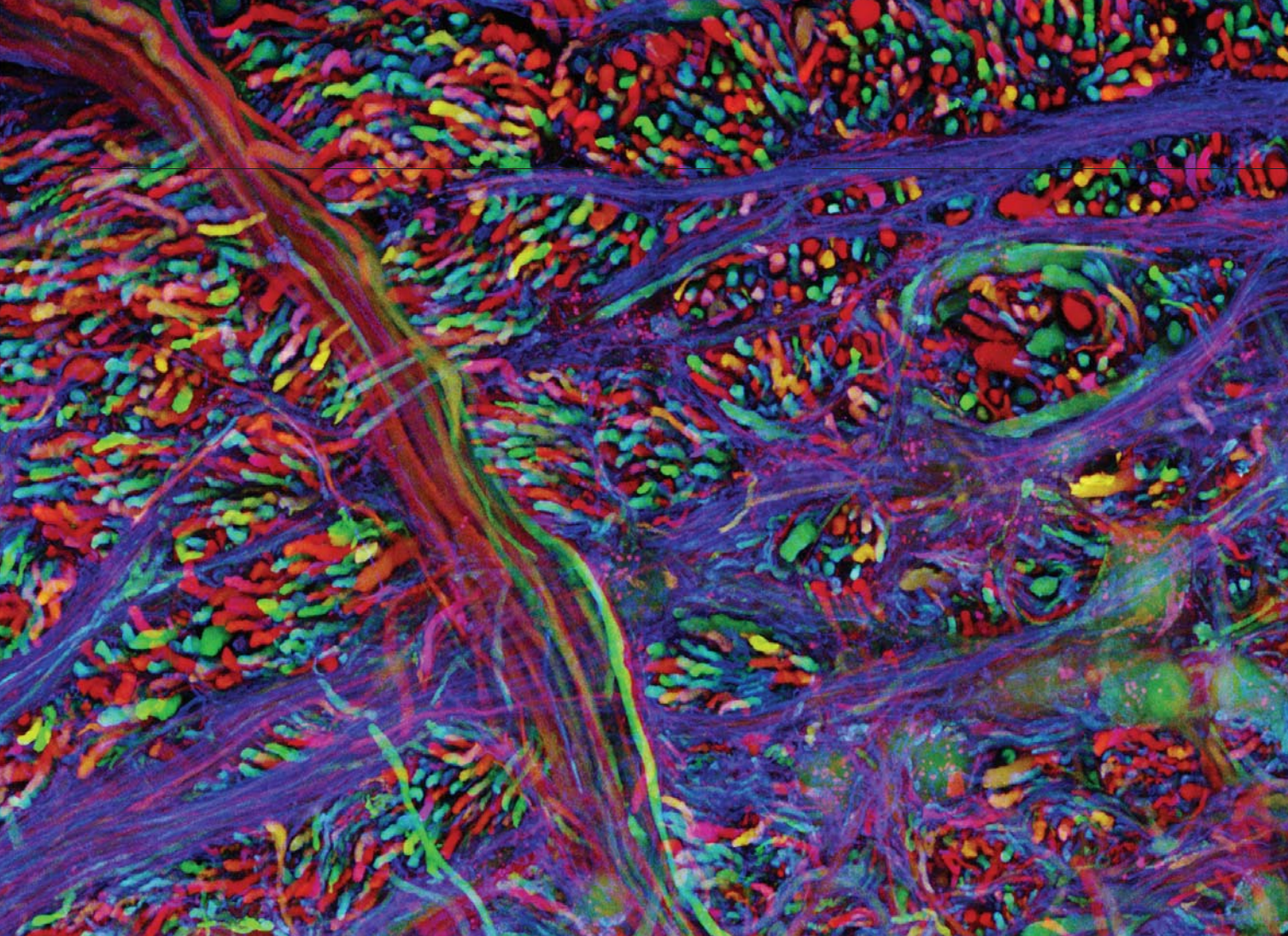


Эмили Гаррисон

РАЗНОЦВЕТНАЯ информация

Виртуозная световая микроскопия позволяет увидеть тончайшие детали строения живой материи

Яркий мозг: Томас Диринк (Thomas Deerinck) из Калифорнийского университета в Сан-Диего сфотографировал четырехсот-микронный срез мозжечка крысы (фото вверху), окрасив клетки Пуркинье в зеленый цвет, глиальные клетки — в красный, а ядра — в голубой (двухфотонная микроскопия). Джин Лайвет (Jean Livet) из Гарвардского университета заснял трехсотсорока-микронный срез ствола мозга мыши, генетически модифицированной таким образом, что каждый нейрон имеет свой цвет (фото на противоположной странице). Цветовая технология *Brainbow* позволяет разглядеть путь каждого отдельного аксона в сложнейшей нервной сети (конфокальная микроскопия)



Какие бы живописные или мрачные картины ни воспринимались нами благодаря зрению, механизм одинаков: клетки сетчатки улавливают фотоны света, а мозг рождает зрительные образы. А когда нам нужно увидеть что-нибудь очень мелкое, что отражает слишком мало фотонов, на помощь приходит микроскопия. Представленные здесь фотографии, получившие высокую оценку специалистов в 2007 г. на конкурсе *Olympus BioScapes Digital Imaging Competition* рождены виртуозным искусством биологической световой микроскопии.

Можно назвать это возрождением, можно революцией, но световая микроскопия стала совсем иной. Палитра цветов делается все богаче по мере того как ученые создают новые флуоресцентные маркеры и генетические методики окрашивания. Например, исследователи,

получившие первую премию, использовали новейшую технологию *Brainbow* (от *brain* — «мозг» и *rainbow* — «радуга»), с помощью которой каждый нейрон в мозге мыши обретает свой собственный цвет. Данный метод позволяет проследить ход отдельных аксонов через невероятно сложные сплетения нервных сетей и составить гораздо более точную схему соединений в мозге, чем удавалось ранее.

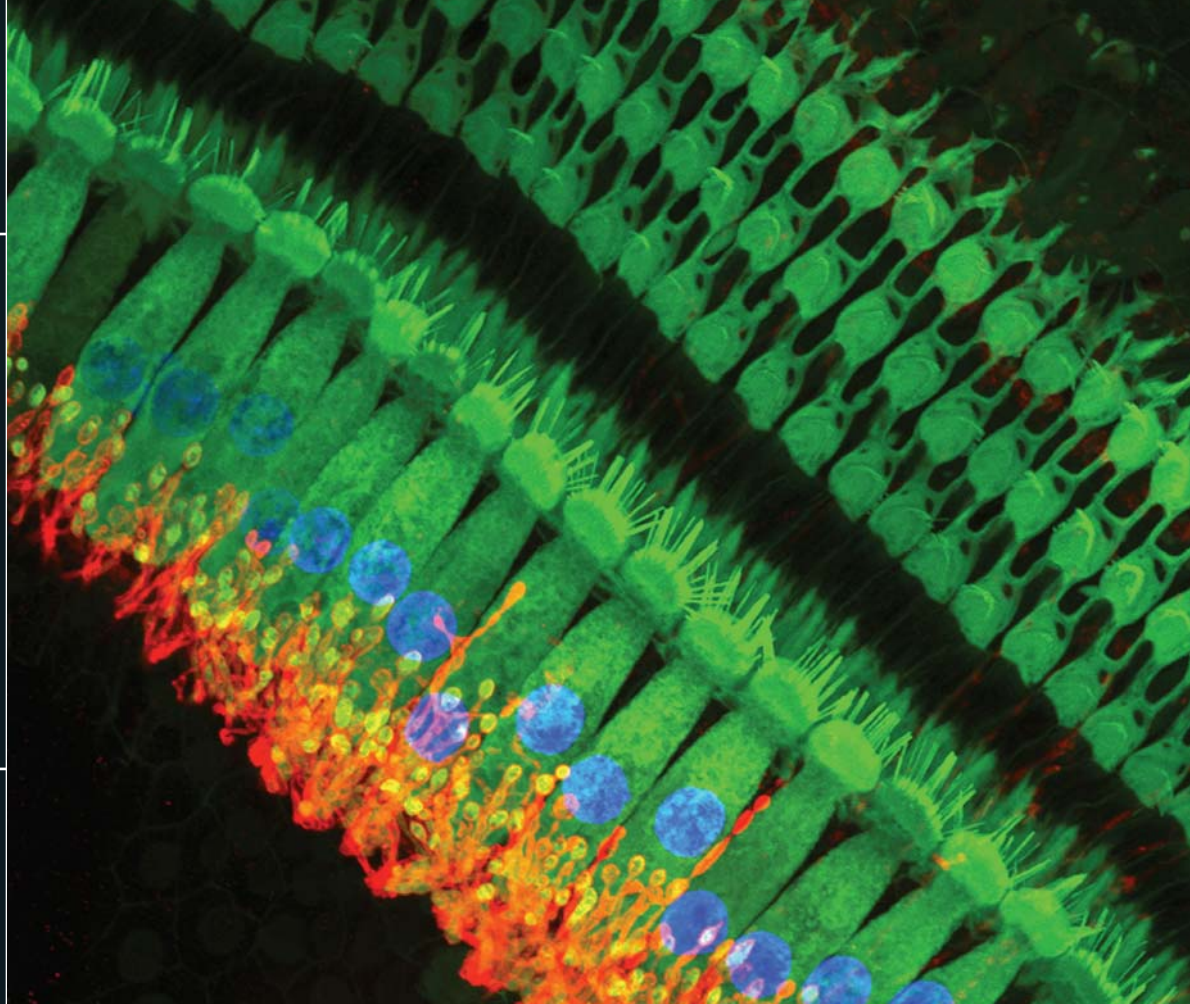
Сегодня можно пометить один белок и проследить перемещение отдельной молекулы, увидеть живую самые тонкие подробности процесса деления клеток и их дифференциации. С помощью микроскопа ученые умеют улавливать эфемерные явления, быстро создавая изображение широкими мазками света, а могут медленно миниатюрными световыми штрихами показывать нам тончайшие детали строения жизни.

С приходом новых технологий разрыв между скоростью и разрешением продолжает сокращаться.

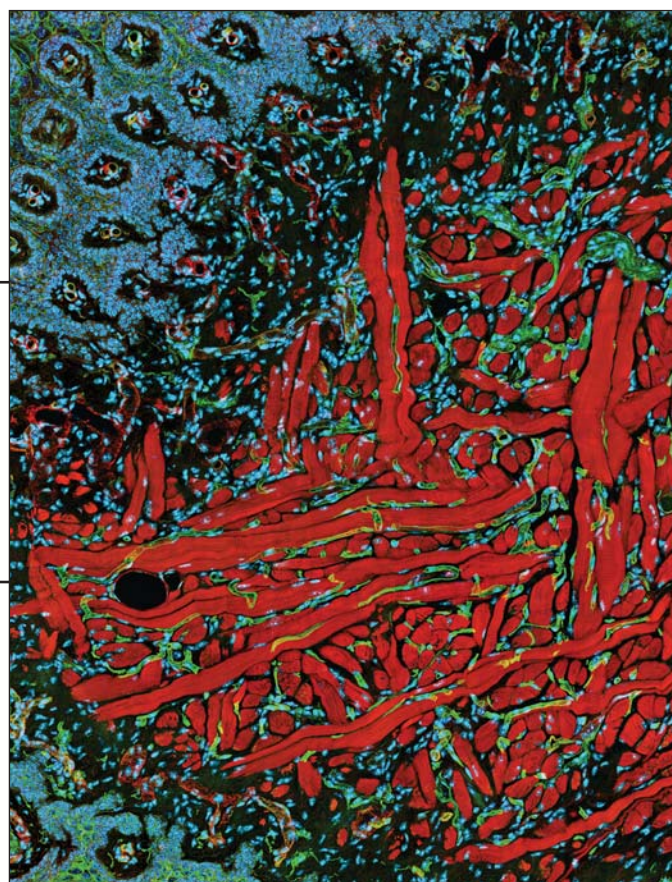
Способность видеть даже мельчайшие биологические структуры и обрабатывать огромные массивы данных с помощью различных методов дает глубокое познание всех сторон жизни для тех, кто это понимает.

ОБ АВТОРЕ

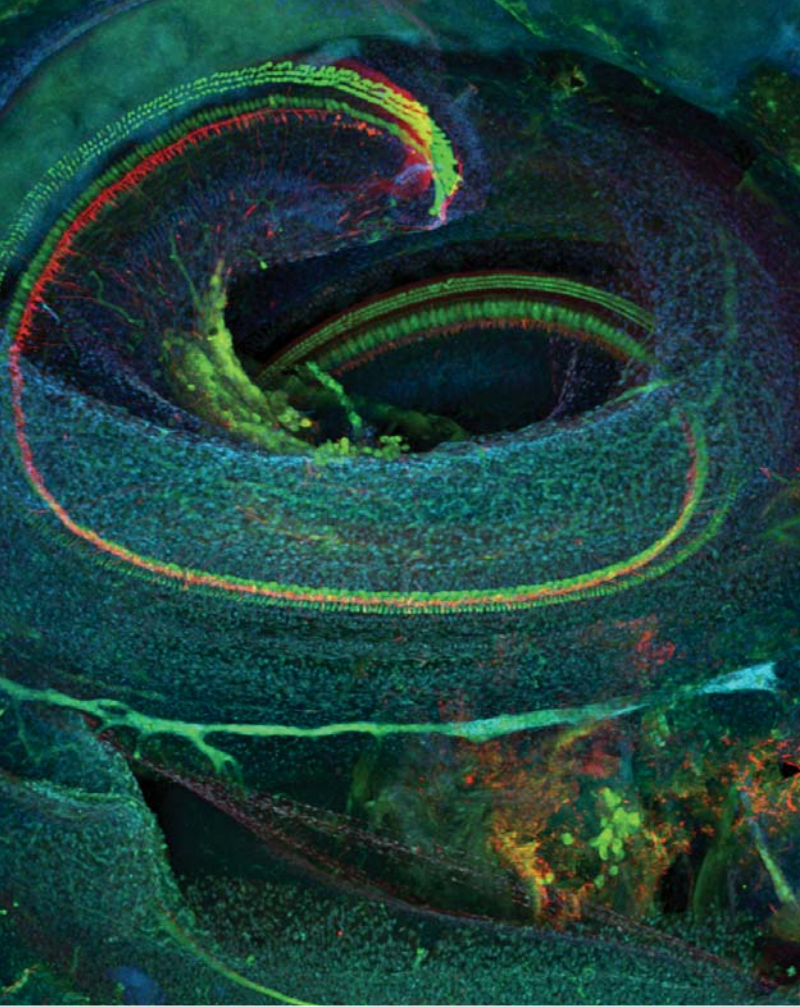
Эмили Гаррисон (Emily Harrison) — фоторедактор журнала *Scientific American*.



Мышечные клетки образуют мощную структуру, которую Томас Диринок (Thomas Deerinck) из Калифорнийского университета в Сан-Диего показывает нам на срезе поперечно-полосатой мышечной ткани языка крысы (*фото справа*) (конфокальная микроскопия). Мышечные волокна личинки дрозофилы (*крайнее фото справа*), увеличенные Херманном Аберле (Hermann Aberle) из Мюнстерского университета в Германии, расположены хаотично из-за генетической мутации (конфокальная микроскопия)



Подробнее о конкурсе
Olympus BioScapes competition
 см. на сайте www.olympusbioscapes.com

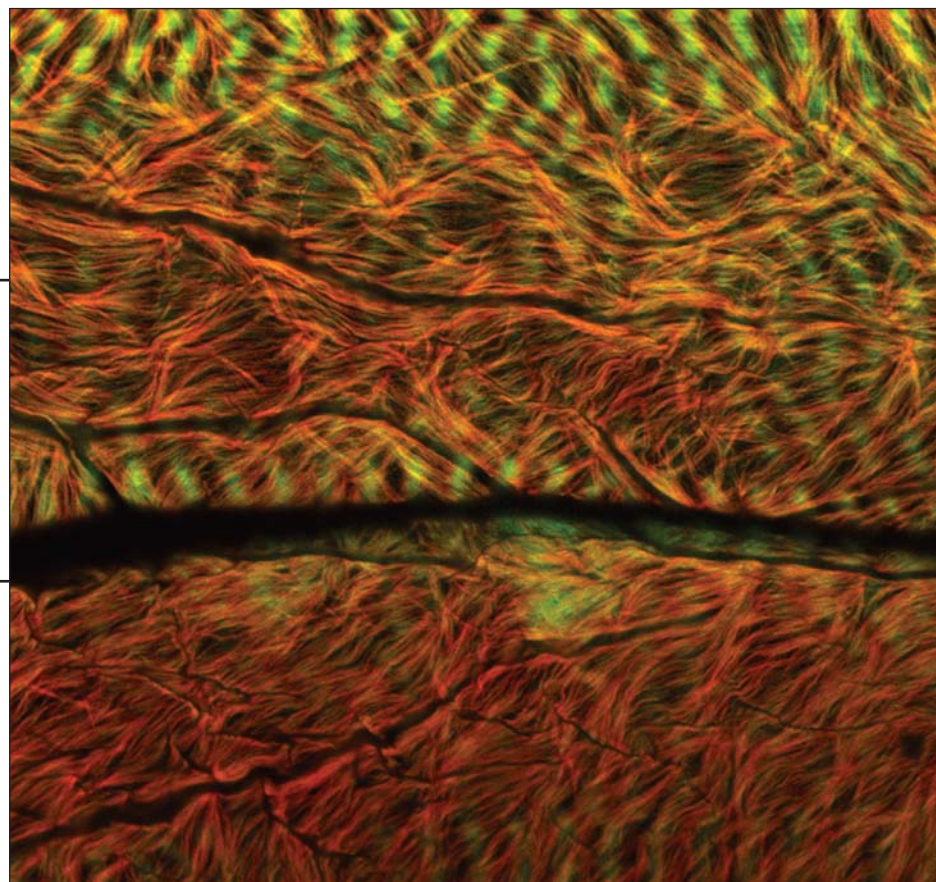
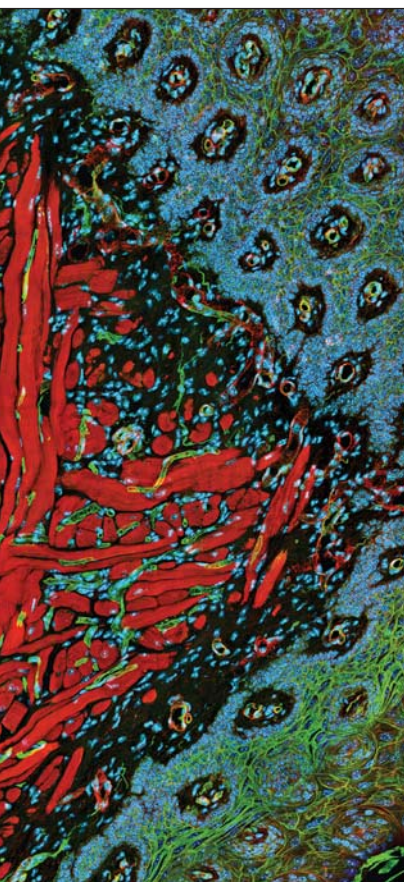


Структуры внутреннего уха увидеть не просто, поскольку они располагаются в крошечной области, до которой очень сложно добраться.

На крайней слева фотографии Соня Пьетт (Sonja Pyott) из университета Северной Каролины в Уилмингтоне демонстрирует нам невероятно четкое изображение волосковых клеток внутреннего уха крысы, которые преобразуют механическую энергию звука в электрические сигналы.

Клетки окрашены в зеленый цвет, синапсы — в красный, а ядра — в голубой (конфокальная микроскопия).

В тех же цветах выполнено изысканное изображение 642-микронного препарата внутреннего уха мыши, представленное Гленом Макдональдом (Glen MacDonald) из Вашингтонского университета (конфокальная микроскопия)

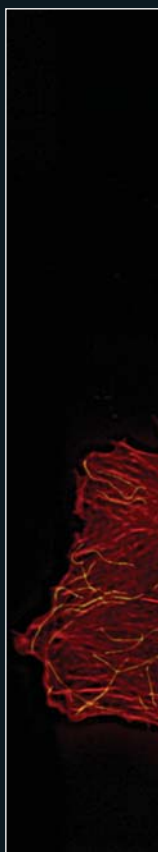
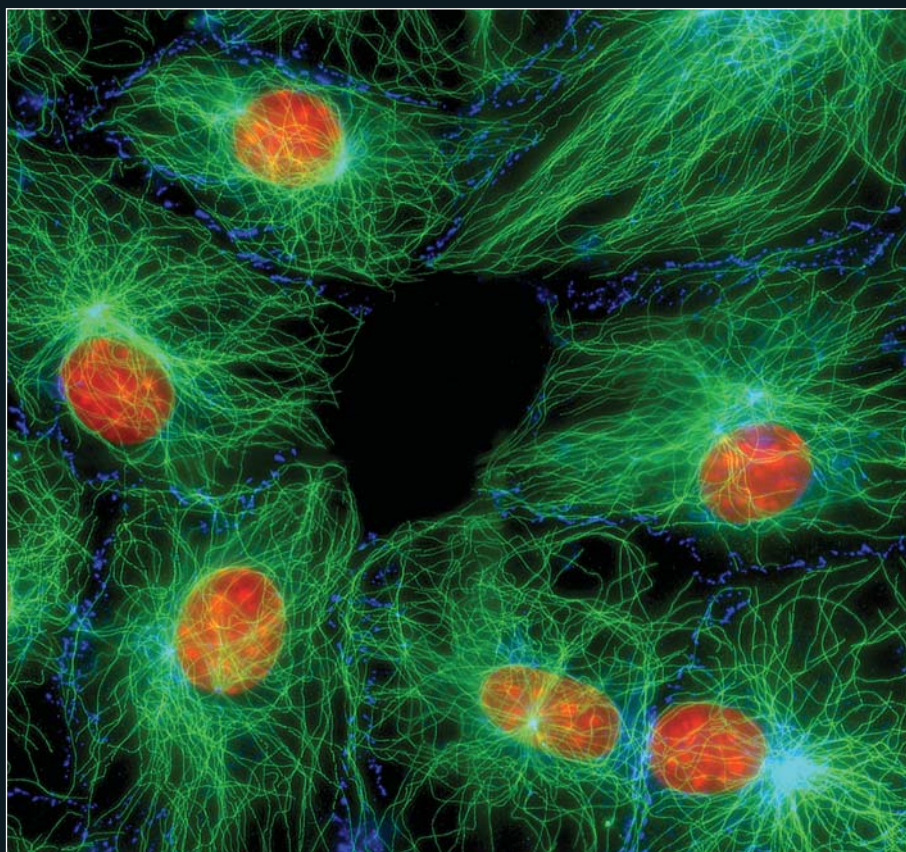


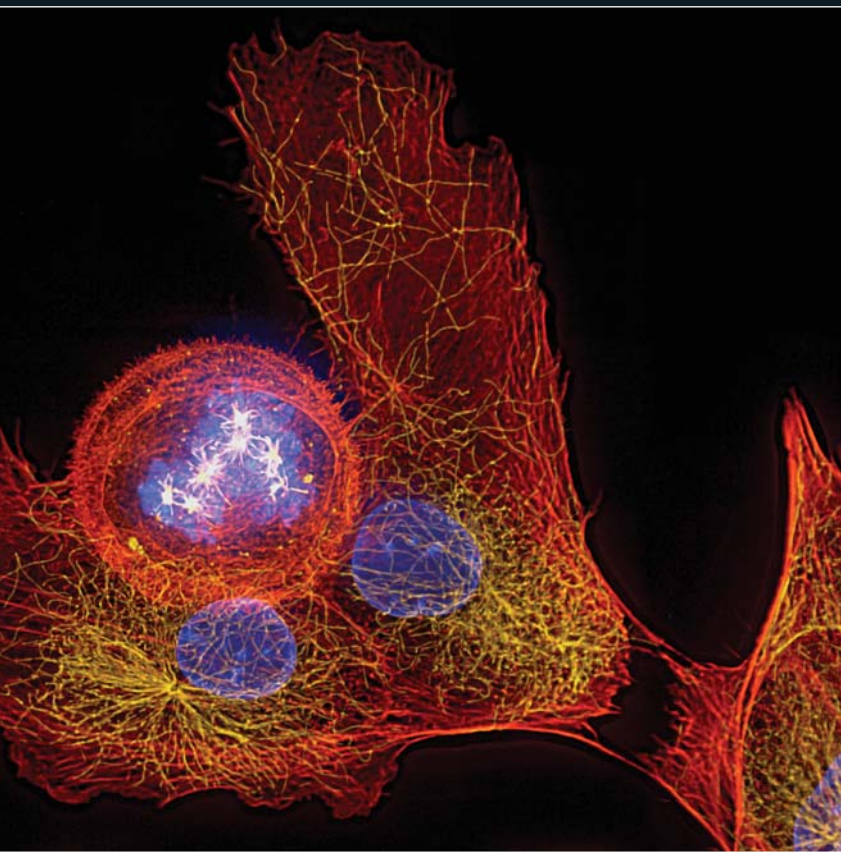
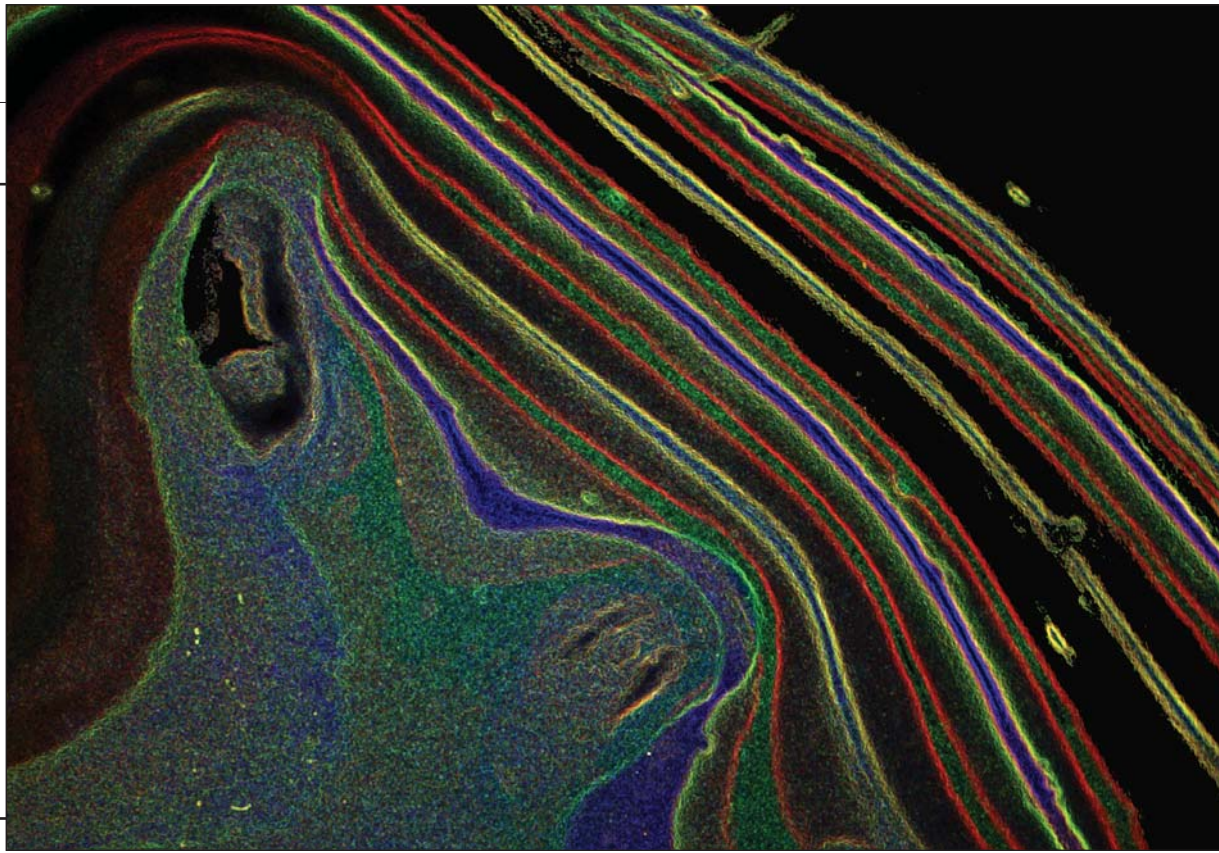
ГАЛЕРЕЯ

Плавник рыбы и кость козы: на этих двух фотографиях представлены срезы плотной ткани, образующей опорный скелет позвоночных. Шмуэль Зильберман (Shamuel Silberman) из Рамат-Гана, Израиль, увеличил кость плавника небольшой рыбы в 100 раз, получив пятнистый узор в осенних тонах (*справа*) (волоконно-оптическая подсветка). Марк Ллойд (Mark Lloyd) и Ноэль Кларк (Noel Clark) из Ракового центра Моффитт в Тампе, штат Флорида, рассмотрели кость козы при более сильном увеличении (четырёхкратном), чтобы узнать, как откладываются минеральные вещества при формировании кости (широкопольная микроскопия)



Микротрубочки в слое фибробластов на раневой поверхности при недостатке сыворотки (*справа*), сфотографированные Яном Шморанцером (Jan Schmoranzner) из Колумбийского университета, ведут себя аномально. Зеленые филаменты толщиной в 20 нм в норме должны были бы быть ориентированы по направлению к отверстию (широкопольная микроскопия). Желтые микротрубочки в поле шириной в 138 мкм, заснятые Сердаром Тулу (U. Serdar Tulu) из Университета Дьюка (Duke University) (*крайнее фото справа*), формируются вокруг окрашенных в голубой цвет хромосом в интерфазе клеточного деления (дисковая сканирующая конфокальная микроскопия)





REPRINTED FROM THE PLEASURE OF FINDING THINGS OUT, BY RICHARD P. FEYNMAN, COPYRIGHT 2005 BY BASIC BOOKS

Когда смотришь на эти фотографии, вспоминаешь историю физика Ричарда Фейнмана (Richard Feynman) *The Pleasure of Finding Things Out* («Удовольствие открывать неизведанное»). Его друг однажды заявил, что ученый не способен видеть красоту цветка так же хорошо, как художник, и более того, он превращает цветок в скучный предмет, разделяя его на части. Фейнман возразил: «Прежде всего, та красота, которую видит он, доступна другим людям, в том числе и мне, хотя, возможно, я не столь утончен в эстетическом плане, как он; однако я способен понять красоту цветка... Я могу представить себе его клетки и протекающие в них сложнейшие процессы. Хочу добавить, что дело не только в масштабе одного сантиметра: существует и красота меньших размеров, красота внутренней структуры. Интересен и тот факт, что окраска цветка возникла для привлечения насекомых-опылителей, а это означает, что насекомые видят цвет. И тут рождается вопрос — существует ли чувство прекрасного у примитивных организмов? Почему цветок выглядит эстетично? Появляется множество разнообразных вопросов, и видно, что научное знание лишь добавляет восторга, тайны и трепета при созерцании цветка». ■

Перевод: Б.В. Чернышев



ПРАВИЛЬНОЕ ПИТАНИЕ: СПРОСИТЕ У ДНК?

Лаура Хершер



Интернет-маркетологи уверяют, что при помощи генетического тестирования можно составить персональную диету для любого желающего. Имеют ли подобные заявления научную основу, или все это не более чем высокотехнологичный гороскоп?

Когда в июле 2000 г. президент США Билл Клинтон объявил об успешном завершении проекта «Геном человека» и назвал его результаты «самыми многообещающими из всех, когда-либо полученных наукой», он и не помышлял о таких последствиях этих замечательных достижений, как заполнение рынка высокотехнологичными «средствами от всех болезней». Между тем не прошло и десяти лет, как веб-сайты, рекламирующие генетические тесты и пищевые добавки, стали наперегонки превозносить новое «научное направление» — пищевую генетику, заявляя, что она



способна оптимизировать диету любого человека, основываясь на его генетических данных. Однако обещания не имеют под собой серьезной научной основы. Коммерческие интересы берут верх, и телега оказывается впереди лошади: наука еще не достигла такого уровня развития, чтобы однозначно ответить на вопрос, как те или иные гены влияют на здоровье человека или определяют развитие конкретного заболевания.

Информация, которую получает исследователь вместе с результатами секвенирования генома конкретного человека, служит лишь основой для создания тестов и способов воздействия на организм, позволяющих диагностировать, предотвращать и даже излечивать болезни. Мы стоим лишь в начале пути к созданию «персонализированной медицины», которая базируется на выявлении генетических особенностей больных и назначении им индивидуального лечения или диеты. Нам пока мало что известно о том, почему люди по-разному реагируют на те или иные продукты питания, лекарственные препараты, солнечное

излучение, физические нагрузки, аллергены и многие другие факторы. В идеале генетическое тестирование должно помочь в выборе лекарственных и других средств, оптимальных для больного, и работа по созданию таких тестов уже ведется. Важное событие произошло летом 2006 г., когда FDA одобрило генетический тест, с помощью которого можно подобрать оптимальную для каждого больного дозу гипотензивного препарата варфарина. Ведущие специалисты в области питания и генетики пытаются выяснить, как могут повлиять на здоровье человека те или иные питательные вещества, способные включать или выключать определенные гены, или

как с помощью диеты компенсировать физиологический дефицит, обусловленный изменениями в специфических генах. Сама идея зависимости состояния здоровья от характера питания не нова. Тестирование новорожденных на наличие фенилкетонурии, связанной с нарушением метаболизма определенных питательных веществ, проводится с 1963 г., а мысли о целебных и вредных свойствах пищи высказывал еще Гиппократ. С реализацией проекта «Геном человека» возможности выявления корреляции между характером питания и развитием того или иного генетически обусловленного заболевания значительно расширились. Генетическое тестирование способно помочь в выборе оптимальной диеты, но до его практического рутинного применения пока далеко.

Минимальные различия и огромные проблемы

Потенциальные возможности направления под условным названием «генетика питания» (или диетогенетика) и подводные камни на пути его развития можно проиллюстрировать на примере функционирования гена, расположенного на конце хромосомы 1, самой длинной в геноме человека. Он кодирует фермент метилентгидрофолат-редуктазу (МГФР), инициирующий расщепление гомоцистеина. По некоторым данным, при повышении уровня этой аминокислоты в организме увеличивается вероятность развития сердечно-сосудистых заболеваний и повышается частота инфарктов. Однако такая корреляция обнаруживается не всегда.

Дело в том, что нуклеотидная последовательность одного и того

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В будущем генетическое тестирование может стать основой для подбора диеты и стиля жизни, оптимальных для каждого человека.
- Пока наука не готова к тому, чтобы брать на себя такую ответственность. В то же время различные компании уже предлагают свои услуги по генетическому тестированию, с тем чтобы на основе его результатов составить соответствующие рекомендации любому желающему. При более пристальном знакомстве с материалами, размещенными в Интернете, обнаруживается, что почти все они сводятся к совету покупать дорогостоящие витамины.



Коммерческое диетогенетическое тестирование не гарантирует, что клиент получит рекомендации, существенно отличающиеся от совета правильно питаться и заниматься физическими упражнениями

же гена иногда слегка варьирует от человека к человеку, и в результате одна из версий МГФР-гена может кодировать малоактивный фермент, что приведет к переизбытку гомоцистеина. Человек, обладающий такой версией гена, может компенсировать дефект, принимая витамины группы В или употребляя богатые ими продукты, например шпинат или бобы. Впрочем, сегодня давать такие рекомендации преждевременно, никто пока не доказал, что подобные действия уменьшают риск сердечно-сосудистых заболеваний. Согласно результатам пяти крупномасштабных клинических испытаний, прием пищевых добавок, содержащих витамины группы В, действительно снижает уровень гомоцистеина, но не оказывает никакого влияния на частоту инфарктов. Это ставит под сомнение

ОБ АВТОРЕ

Лаура Хершер (Laura Hercher) — специалист по социальным вопросам, работает в рамках Образовательной программы «Генетика человека» в Колледже Сары Лоуренс. В круг ее интересов как ученого и педагога входят этические и социальные аспекты генетических исследований. Она занимается анализом последствий пренатальной диагностики и прогностического тестирования. Ее последняя работа посвящена значимости генетического тестирования для тех, у кого высок риск шизофрении и других поздно проявляющихся заболеваний, обусловленных действием многих генов.

наличие связи между содержанием в организме данной аминокислоты и развитием сердечно-сосудистых заболеваний. Более поздние испытания, о которых сообщил *Journal of the American Medical Association* в сентябре 2007 г., говорят о том, что достаточных оснований к рутинному приему витаминных добавок для снижения уровня гомоцистеина нет.

Однако такие выводы ученых не охладили пыл интернет-маркетологов, предлагающих услуги по проведению тестов на МГФР, как, впрочем, и других тестов столь же сомнительного свойства.

Рекомендации по результатам тестирования: ешьте свой шпинат

Примерно в то же время, когда Клинтон произнес пламенную речь по поводу проекта «Геном человека», небольшая британская компания *Sciona* выпустила рекламу первого генетического теста с обещанием подобрать для каждого желающего оптимальную диету. Со своими предложениями на рынок также вышли *Genelex*, *Genovs Diagnostics*, *Suracell* и др.

Материалы фирмы *Sciona* можно было заказать через Интернет, заплатив \$269. Вам отправляли анкету с вопросами, касающимися возраста, пола, веса, вредных привычек, образа жизни и т.д. Испытуемый должен был также предоставить образец своей ДНК, собрав материал с внутренней поверхности щеки. Опросный лист и образец ДНК посылались на фирму, а через три недели приходили результаты генетического анализа. В них содержалась информация о том, какой вариант МГФР-гена, а также 18 других

генов вы несете, и рекомендации по поводу диеты и образа жизни.

Желающих пройти тест оказалось более чем достаточно. По имеющимся сведениям, в период с 2003 по 2006 г. одна фирма выдала более 35 тыс. рекомендаций (конечно, не бесплатно). К этому роду деятельности проявили интерес инвесторы. В одну только компанию *Sciona*, лидера в данном секторе рынка, были вложены миллионы долларов. Считалось, что ДНК-тестирование, позволяющее оптимизировать стиль жизни, — золотое дно.

Официальные органы и Общество потребителей не были столь оптимистичны относительно будущего диетогенетики. По их настоятельному требованию компания изъяла свою продукцию из *Body Shop* в Англии и решила попытаться выйти на рынок США. Хелена Кеннеди (Helena Kennedy), глава Комиссии по генетике человека, консультирующая правительство Великобритании по вопросам развития генетики и ее возможного влияния на общество, пояснила: «Они явно преувеличивают свои возможности. Мы предупредили компанию *Sciona*, что организуем публичные слушания, посвященные ее деятельности».

Прямой маркетинг продукции *Sciona* и аналогичных фирм вызвал беспокойство и у Правительственной службы подотчетности (*Government Accountability Office*, GAO). Весной 2006 г. она провела своеобразный «следственный эксперимент». Сотрудники GAO составили фиктивные резюме потребителей и вместе с образцами ДНК разослали их четырем адресатам, которые предлагали свои услуги по диетогенетике и имели сайты в Интернете.

Всего в «эксперименте» участвовали 14 псевдопотребителей. Было отправлено 14 образцов ДНК; 12 из них взяли у девятимесячной дочери Грегори Катца (Gregory Kutz), аудитора GAO, а еще два — у 48-летнего работника научно-исследовательского отдела Конгресса. Обо всех фиктивных потребителях была дана информация как о взрослых мужчинах

ДОСТОВЕРНЫ ЛИ ДИЕТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИНТЕРНЕТ-ТЕСТЫ?

Правительственная служба подотчетности США попыталась проверить легитимность диетогенетических интернет-служб, разослав резюме фиктивных клиентов и образцы ДНК, взятые от 48-летнего мужчины и девятимесячной девочки. Рекомендации, выданные по трем тестам,

были идентичны, несмотря на разные резюме и происхождение ДНК. Службы тестирования предлагали приобрести мультивитаминные комплексы собственного производства по цене \$1200 в расчете на год, хотя аналогичные препараты можно было купить по цене \$35

Индивидуум 1



Источник ДНК
Пол: Мужской
Возраст: 48 лет



ФИКТИВНОЕ РЕЗЮМЕ

Пол: Мужской
Возраст: 32 года
Рост: 175 см
Вес: 68 кг
Образ жизни:
■ физическими упражнениями занимается очень редко
■ ранее курил
■ диеты не придерживается
■ кофе пьет в умеренных количествах
■ витамины принимает от случая к случаю

Индивидуум 2



Источник ДНК
Пол: Женский
Возраст: Младенец



ФИКТИВНОЕ РЕЗЮМЕ

Пол: Женский
Возраст: 33 года
Рост: 165 см
Вес: 79 кг
Образ жизни:
■ физическими упражнениями занимается очень редко
■ курит
■ употребляет хлеб, молочные продукты, жирную пищу
■ пьет кофе в больших количествах
■ витамины не принимает

Индивидуум 3

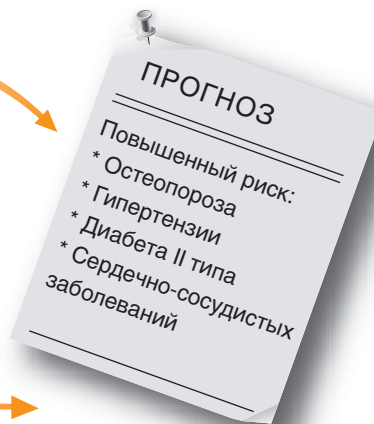


Источник ДНК
Пол: Женский
Возраст: Младенец



ФИКТИВНОЕ РЕЗЮМЕ

Пол: Мужской
Возраст: 52 года
Рост: 170 см
Вес: 63,5 кг
Образ жизни:
■ регулярно занимается физическими упражнениями
■ никогда не курил и не курит
■ пища богата белками, жареные продукты
■ кофе не пьет
■ ежедневно принимает витамины



Рекомендации

Приобретайте дорогие пищевые добавки у тех, кто проводил тестирование

\$3,28 в день
\$1,200 в год

Альтернатива

Купите недорогие аналоги в аптеке

\$0,10 в день
\$35 в год



и женщинах разного возраста, веса и образа жизни (*врез вверху*).

Результаты анализа двух образцов ДНК, взятых у дочери Катца и посланных по одному адресу, оказались взаимоисключающими: один и тот же ген был представлен в идентичных образцах в двух разных вариантах. Аудиторская служба обнаружила также серьезные недостатки в использовании полученной информации. В июле 2006 г. Катц заявил на заседании одного из комитетов

Конгресса, что диетогенетические компании в массовом порядке вводят своих клиентов в заблуждение. В заключениях, выданных мнимым участникам «следственного эксперимента», содержались данные о работе сердца, состоянии костной ткани, антиоксидантной активности, устойчивости к воспалению, резистентности к инсулину. Все эти сведения, по мнению GAO, нельзя получить, располагая только результатами генетического анализа и имея

заполненный опросный лист. Было сочтено, что рекомендации, касающиеся диеты, «с медицинской точки зрения не обоснованы и не содержат сведений, полезных для клиента».

Персонализированные предписания укладывались в широкий диапазон рекомендаций, начиная с тех, которые, по словам GAO, «можно дать любому человеку, чей организм находится под контролем ДНК», и заканчивая теми, которые основываются только на ответах ▶

ГЕНЫ — СПЕЦИАЛИСТЫ ПО ПИТАНИЮ

Одна моя приятельница, 55-летняя женщина из Нью-Джерси, не жалующаяся на здоровье, весной 2007 г. прошла тестирование в фирме *Sciona*, заплатив \$269. Мне как генетическому консультанту было интересно, насколько полезны рекомендации фирмы в вопросах питания и образа жизни. Результаты, полученные на основе ДНК-анализа и ответов моей подруги на вопросы, были оформлены в виде 94-страничного цветного буклета, озаглавленного «Ваши данные и исчерпывающая оценка состояния здоровья, основанная на анализе результатов генетического тестирования». В буклете содержались сведения разного характера: состояние костной ткани и сердечно-сосудистой системы, антиоксидантная и детоксификационная активность, подверженность воспалительным процессам, чувствительность к инсулину и т.д. Я не нашла никаких свидетельств того, что рекомендации основывались на научно обоснованной корреляции между генами и особенностями диеты. Я приведу здесь рекомендации фирмы относительно действий, направленных на поддержание в нормальном состоянии костной ткани, и дам свои комментарии.

- **Повысьте потребление кальция (430 до 1300 мг/сут.)**
- **Повысьте потребление витамина D (с 300 до 800 МЕ/сут.)**

Оставим в стороне стандартный совет, который получают все женщины в возрасте 55 лет. Консультант пренебрег важной информацией, предоставленной моей приятельницей в резюме: три-четыре раза в неделю она получает 15-минутные сеансы солнечной терапии. Этого достаточно для образования в организме необходимого количества витамина *D*, никакого дополнительного приема данного вещества ей не требуется. Далее, несмотря на то что имеются сведения о целесообразности приема кальция и витамина *D* для предотвращения остеопороза, и *FDA* разрешает их применение, врачи и клиницисты имеют на этот счет разное мнение. В 2006 г. было проведено масштабное обследование женщин, принимавших препараты кальция и витамин *D*, которое не дало четких результатов.



- **Повысьте потребление омега-3-жирных кислот (с 1,1 до 3 г/сут.)**

Исследования влияния омега-3-жирных кислот на развитие остеопороза весьма немногочисленны, а их результаты противоречивы. В 2004 г. *Rand Corporation's Southern California Evidence-Based Practice Center* проанализировала несколько отчетов и пришла к выводу, что в двух исследованиях введение в рацион больших количеств рыбы и растительной пищи, богатых этими кислотами, способствовало повышению плотности костной ткани. Два других исследования никакого эффекта не показали.



- **Сбросьте вес и повысьте физическую нагрузку (для этого занимайтесь физическими упражнениями по часу в день минимум 5 дней в неделю).**

Упражнения с гантелями действительно могут повысить плотность костной ткани. Но заниматься физическими упражнениями и сбросить вес нужно любому человеку с избыточной массой тела. Это необходимо для укрепления не только костей, но и здоровья в целом. Такой же совет вы найдете в статье любой местной газеты.



- **Не превышайте установленную для вас норму потребления кофе (не более двух чашек в день).**

Эта рекомендация частично основывается на том, что у моей приятельницы был обнаружен особый вариант клеточного рецептора витамина *D*. По крайней мере одно исследование показало, что наличие такого варианта коррелирует с повышенным риском истончения костной ткани, но касалось это пожилых женщин, которые выпивали больше трех чашек кофе в день. Моя же приятельница довольствуется одной. К тому же другие аналогичные исследования такой корреляции не выявили. А совет пить поменьше кофе даст вам любой врач, не предлагая пройти генетическое тестирование.



сперты проанализировали, какие «персонализированные» рекомендации по питанию дает одна из компаний самым разным клиентам на основании их генетических профилей: всем им советуют купить идентичные добавки стоимостью \$1200 из расчета на год. Как оказалось, эти препараты по существу представляли собой обычные поливитамины, которые можно было приобрести в супермаркете или аптеке. Годичный курс обойдется в \$35. Из всего этого GAO сделала однозначный вывод: коммерческое диетогенетическое тестирование не гарантирует, что клиент получит рекомендации, существенно отличающиеся от советов по поводу правильно питаться и заниматься физическими упражнениями.

Необходима прочная научная база

Новые тесты зачастую имеют слабую научную обоснованность, что может отрицательно сказаться на всем генетическом тестировании — области, в которой диетогенетике принадлежит лишь малая часть. Одни из таких новых тестов предлагают проверить вас на наличие в вашем организме генов болезнетворных микроорганизмов, с тем чтобы диагностировать у вас инфекционное заболевание. Другие носят прогностический характер, не выявляя ту или иную патологию, скажем, рак молочной железы или болезнь Гентингтона, а предсказывая ее развитие через десятки лет. Между тем в генетической консультации у вас прежде всего спросят о том, чем болели ваши родители и более дальние родственники (например, у женщины поинтересуются, был ли рак молочной железы у ее матери и бабушки), и только потом будут решать вопрос о генетическом тестировании. Ведь его результаты могут любого вывести из душевного равновесия, хотя, скорее всего, речь будет идти лишь о вероятности заболевания в отдаленном будущем (хуже, если вы узнаете о том, что недуг, к которому у вас есть склонность, на сегодняшний день неизлечим).

на вопросы относительно стиля жизни. Независимо от результатов ДНК-тестирования, вам посоветуют изменить свои кулинарные пристрастия, о которых вы сами же и рассказали,

бросить курить, если за вами это водится, и не попадаться в эту ловушку, если вы некурящий.

Выводы, к которым пришла GAO, касаются и пищевых добавок. Эк-

Ученые не отказываются от исследований, которые помогли бы выявить связь между генетическим статусом человека и характером питания, но на этом пути их ожидают серьезные трудности. Тесты, проводимые в клинике, основываются на использовании целевых зондов, с помощью которых можно выявить строго определенные мутации или варианты ограниченного числа генов, о которых известно, что они связаны с тем или иным заболеванием. Диетогенетическое тестирование многое не учитывает. Например, известно, что сердечно-сосудистые заболевания, рак, диабет и другие болезни, которые берутся излечить нынешние диетогенетики, ассоциированы не с одним, а со многими генами, причем одни из них идентифицированы, а другие пока нет. И что еще важнее — многое зависит от межгенных взаимодействий, о чем обычный генетический анализ ничего сказать не может.

Влияние этих взаимодействий на исход дела чрезвычайно трудно прогнозировать. Даже если будет создан мультигенный тест на оптимальную диету, необходимо знать, как следует вести себя пациенту. Будет ли радикальное изменение диеты — скажем, введение в рацион в больших количествах брокколи или богатого кальцием шпината — способствовать уменьшению риска заболевания в большей степени, чем просто увеличение количества съедаемых овощей и фруктов? Данный вопрос остается без ответа.

Многие люди все делают, как положено — правильно питаются, ведут здоровый образ жизни — и все равно болеют. Возможно, у них просто существует соответствующая генетическая предрасположенность. «Но есть и такие, у которых никакой генетической предрасположенности к конкретному заболеванию (например, раку) нет, и все-таки они заболевают», — говорит Кэролайн Либер (Caroline Lieber) из Колледжа Сары Лоуренс, руководитель образовательной программы «Генетика человека». Объявляя пациентке, что, судя по генетическому профилю, рак

ей не грозит, мы можем необоснованно обнадежить ее. «Руководствуясь ложным чувством безопасности, она не сделает лишней раз маммографию или колоноскопию. Ведь к этому нет генетических оснований!» — предупреждает Либер.

Как утверждают GAO и Центры по контролю и предотвращению заболеваний, нет никаких научных доказательств того, что генетические тесты обеспечивают «безопасность и эффективность» рекомендуемой на их основе диеты. Оба учреждения глубоко обеспокоены способами тестирования, предлагаемыми в Интернете. Неприменимость «тестирования на дому» особенно очевидна для таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера, шизофрения и многих других, чье развитие определяется множеством взаимодействующих генов. Результаты тестов может правильно интерпретировать только высококлассный специалист по генетическому консультированию.

В США на безопасность и эффективность проверено лишь небольшое число из 1 тыс. генетических тестов. По существующим законам, FDA дано право выносить суждение только по тем тестам, которые имеют статус наборов медицинских веществ для проведения лабораторных анализов с целью диагностики, лечения или предотвращения заболеваний. Большинство же генетических тестов, в том числе предлагаемых компаниями, занимающимися диетогенетикой, предназначены для применения «в домашних условиях» и не подлежат официальному регулированию. Диетогенетическое тестирование использует еще одно «прикрытие»: утверждается, что в его задачу и не входит диагностирование болезней. У GAO, однако, другое мнение. Судя по информации, размещенной на веб-сайтах различных компаний, в ней содержатся прогнозы относительно вероятности развития различных заболеваний — гипертензии, остеопороза и т.д., что можно расценивать как диагноз.

Ненадлежащее использование диетогенетики может подрывать доверие общественности к другим областям,

НЕ ТОРОПИТЕСЬ С ПОКУПКОЙ Советы будущим потребителям

Два года назад Федеральная комиссия по торговле США, контролирующая соблюдение антимонопольного законодательства, законов о защите прав потребителей и деловую активность компаний, опубликовала памятку для потребителей, озаглавленную «Генетическое тестирование на дому: доза здорового скептицизма». Она предупреждала тех, кто собирается пройти эти тесты, что FDA и CDC не считают их «адекватной заменой традиционных методов диагностики» и давала следующие советы.

- Спросите лечащего врача, нужна ли вам дополнительная информация о состоянии вашего здоровья. Если ответ будет положительным, поинтересуйтесь, какого рода тестирование он вам рекомендует. Разберитесь во всех достоинствах и недостатках теста, прежде чем платить деньги.
- Попросите своего лечащего врача или специалиста по генетическому консультированию помочь вам разобраться в результатах теста и их интерпретации.
- Обсудите результаты теста с врачом, прежде чем принимать решение по вопросам питания и связанным со здоровьем мероприятиям. Результаты генетического анализа бывают сложными. Вы ведь не хотите, чтобы касающиеся вашего здоровья решения принимались на основе неполных, неточных или трудно интерпретируемых данных?
- Позаботьтесь о конфиденциальности информации. Компании по тестированию на дому могут послать вам результаты в режиме онлайн, и они станут известны другим. Прежде чем вступать с компанией в переписку, обратитесь в соответствующие службы за разъяснением, как компания может использовать информацию о вас и делится ли она данными частного характера с кем-либо.
- В отличие от других медицинских тестов, которые проходят проверку в FDA на безопасность и эффективность, генетическое тестирование на дому находится вне поля зрения FDA, и никаких суждений относительно достоверности этих тестов она не выносит.



где применение результатов проекта «Геном человека» научно обосновано. Однако при правильной организации генетического тестирования псевдонаучная пустая руда может превратиться в чистое золото. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская



Пол Дэвис

ЧУЖИЕ среди СВОИХ

В поисках свидетельств того, что жизнь на Земле возникала не раз, ученые внимательно исследуют экологические ниши, где могли бы обитать микроорганизмы, радикально отличающиеся от тех, которые нам так хорошо знакомы



Микроорганизмы, образовавшиеся в ходе альтернативного биогенеза, могут выглядеть как обычные бактерии. При этом их метаболизм совершенно иной: возможно, они будут использовать экзотические аминокислоты или химические элементы



Вопрос происхождения жизни — один из самых сложных для науки. Каким образом, где и когда она зародилась, не знает никто. Известно лишь, что микроорганизмы распространились на Земле примерно три с половиной миллиарда лет назад. Что было раньше, остается загадкой.

До 70-х гг. прошлого века в биологическом мире господствовало мнение, что жизнь возникла по случайной случайности при стечении обстоятельств настолько маловероятных, что воспроизведение их где-либо еще в пределах обозримого пространства и времени невозможно. Автором консервативной идеи был лауреат Нобелевской премии по биологии, французский биохимик Жак Моно. В 1970 г. он написал: «Человек наконец понял, что он один в равнодушном безмолвии Вселенной и появился там совершенно случайно». Однако в последние годы произошли изменения во взглядах на происхождение жизни. В 1995 г. известный бельгийский биохимик Кристиан Де Дюв назвал феномен жизни «космическим императивом» и заявил, что «она не может не возникнуть на любой планете, сходной с Землей». Такое утверждение еще более укрепило многих астробиологов в их уверенности в том, что «жизнь в космосе бьет ключом».

Можно ли установить, какая точка зрения верна? Самый простой способ найти ответ на этот вопрос — обнаружить признаки жизни на других планетах Солнечной системы, например на Марсе. Если бы оказалось, что жизнь возникла сразу на двух планетах в пределах одной Солнечной системы, это несомненно указывало бы на справедливость гипотезы биологического детерминизма. К сожалению, экспедиция на Марс, оснащенная всем необходимым для поиска марсианских форм жизни, — дело далекого будущего. Немало времени уйдет и на то, чтобы досконально изучить найденных (если повезет!) представителей внеземной биоты.

Впрочем, гипотезу биологического детерминизма можно «проверить на

прочность» более простым путем. Никакая другая планета не похожа на Землю больше, чем сама Земля. И если однажды жизнь действительно зародилась в земных условиях, то что мешало ее появлению здесь же множество раз? Такая заманчивая возможность побудила биологов к обследованию самых экзотических с точки зрения природных условий уголков нашей планеты: пустынь, горячих подземных источников, пещер, вулканов. Скорее всего, непривычные формы жизни — если предположить, что они действительно существуют, — имеют микроскопические размеры, поэтому и применяемые тесты направлены на идентификацию экзотических микробов, возможно, живущих рядом с нами.

У исследователей нет единого мнения в вопросе: «Что такое жизнь?». Но большинство из них сходятся в том, что все живое должно обладать по крайней мере двумя признаками: способностью к метаболизму (поглощению из окружающей среды питательных веществ, извлечению из них энергии и выведению продуктов жизнедеятельности) и к самовоспроизведению. Согласно ортодоксальному взгляду на биогенез, если бы даже жизнь на Земле возникла более одного раза, то одна ее более успешная форма неизбежно вытеснила бы все остальные. Такое могло произойти, например, если одна форма быстро освоила все доступные ресурсы или «обрушила» на более слабую всю мощь своих генов. Этот довод, однако, легко отвергнуть. Бактерии и археобактерии, два разных типа микроорганизмов, про-

изошедшие от одного предка более трех миллиардов лет назад, мирно сосуществуют до сих пор. Кроме того, альтернативные формы жизни не обязательно должны конкурировать с известными организмами. «Пришельцы» могут занимать экологические ниши, непригодные для жизни иных форм, или использовать другие ресурсы.

В защиту гипотезы существования «чужих»

Допустим, что альтернативных живых форм на Земле сейчас нет. Но кто возьмется утверждать, что они не процветали в далеком прошлом, а потом по каким-то причинам вымерли? Возможно, исследователям удастся напасть на их след в уникальных в геологическом отношении породах. У альтернативных живых форм мог быть совсем другой метаболизм; следовательно, там, где они обитали, могли измениться свойства пород или образоваться отложения специфических минеральных веществ. И то, и другое невозможно было бы объяснить деятельностью известных ныне живых существ.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Как полагают многие биологи, жизнь может зарождаться всякий раз, когда складываются подходящие для этого условия. Не исключено, что на нашей планете она возникла многократно. Чтобы найти свидетельства этому, ученые занимаются поисками экзотических микроорганизмов.
- Среди наиболее вероятных мест обитания подобных организмов — такие экологически изолированные ниши, как жерла вулканов в глубоких впадинах океанической коры и вымороженные антарктические пустыни.
- Но альтернативные микроорганизмы могут находиться и среди нас. Не отличаясь внешне от привычных нам форм, они могут обладать совершенно другими биохимическими признаками.

ЛЕС ЖИЗНИ

Для классификации живых организмов ученые используют «древо жизни» (филогенетическое древо). По нему можно проследить происхождение различных представителей флоры и фауны Земли и их родственные отношения. Если жизнь на нашей планете возникала многократно, то такой способ классификации придется заменить другим. Это будет не одно древо жизни, а целый лес.

ЗЕРКАЛЬНАЯ ЖИЗНЬ

Крупные биологические молекулы могут находиться в двух пространственных конфигурациях, отличающихся друг от друга тем, что они поворачивают плоскость поляризации света в разном направлении, — вправо или влево. Соответственно их и называют право- и левовращающими. Все природные аминокислоты левовращающие, а двойная спираль ДНК — правовращающая. Но, может быть, существуют организмы, построенные на основе зеркальных молекул — левовращающей ДНК и правовращающих аминокислот?



НАШЕ ДРЕВО ЖИЗНИ

Все известные науке организмы имеют сходные биохимические признаки и используют одинаковый способ хранения генетической информации. Три основные ветви на нашем древе жизни — это бактерии, архебактерии (одноклеточные организмы, похожие на бактерии, также не имеющие ядра) и эукариоты, состоящие из клеток более сложной организации. Третья ветвь включает всех животных, все растения и грибы

Может быть, в древних микроископаемых, датированных 2,5 млрд лет назад (на рубеже архея и протерозоя), удастся обнаружить биомаркеры в виде особых органических молекул, к образованию которых не могут быть причастны известные нам представители обычной флоры и фауны.

Еще более интригующим, но и более спорным является предположение, что альтернативные формы жизни не исчезли и до сих пор находятся в окружающей среде, образуя «теньевую биосферу». На первый взгляд идея кажется абсурдной: если они находятся прямо у нас под носом (а может быть, и в носу), то почему их до сих пор не обнаружили? Большинство земных живых

существ — это микроорганизмы; сказать о них что-либо конкретное, просто рассматривая их в микроскоп, невозможно. Для того чтобы выяснить, какое место на филогенетическом древе («древе жизни») они занимают, нужно определить нуклеотидную последовательность их генома, а сегодня такую процедуру тестирования прошла лишь малая часть известных микробов.

Все детально изученные организмы наверняка имеют общее происхождение. У них сходный метаболизм, почти одинаковый генетический код — поэтому и можно определить их место на филогенетическом древе. Но все методы, которые используют биологи для иден-

тификации новых организмов, созданы с прицелом на привычные формы жизни. Если «геневики» отличаются от них, то исследователи их просто не заметят.

Живущие в изоляции

Где же искать альтернативные организмы на современной Земле? Некоторые исследователи полагают, что их местообитаниями могут служить экологически изолированные ниши, недоступные для обычных форм жизни. Недавно было сделано удивительное открытие: даже хорошо знакомые организмы способны выживать в совершенно невыносимых условиях. Обнаружены бактерии, обитающие в таких экзотиче-

ЭКЗОТИЧЕСКИЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Подавляющее большинство известных нам организмов используют для сборки белков одинаковый набор из 20 аминокислот, однако химики-синтики могут получить их гораздо больше. Возможно, альтернативные формы жизни строят свои белки из других аминокислот. Это могут быть, среди прочих, изовалин и псевдолейцин, обнаруженные в упавших на Землю метеоритах

МЫШЬЯК ВМЕСТО ФОСФОРА

Согласно одной из гипотез, у альтернативных живых организмов роль фосфора может играть мышьяк. Для нас мышьяк — это яд именно потому, что он очень хорошо имитирует все функции фосфора. Аналогично, и фосфор может быть ядовит для организмов, чья биохимия построена на мышьяке

КРЕМНИЙ ВМЕСТО УГЛЕРОДА

Самые экзотические формы жизни среди всех других могли бы использовать вместо углерода кремний. Последний тоже четырехвалентен (т.е. может присоединять четыре атома или группы), его атомы способны образовывать циклические структуры и длинные цепочки, которые служат остовом многих биологических молекул



ских местах, как жерла вулканов или ледяные пустыни Антарктиды. Есть «экстремалы», не погибающие в насыщенных солевых растворах, выработанных шахтных породах, которые содержат тяжелые металлы, в воде, использующейся в системе охлаждения атомных реакторов.

Жизнь — в том виде, какой мы ее знаем, — невозможна без воды в жидком состоянии. В пустыне Атакама на севере Чили есть настолько сухое место, что там отсутствуют какие-либо признаки жизни. Далее, несмотря на то что некоторые микроорганизмы выживают в кипящей воде (100° С при обычном атмосферном давлении), жаростойких существ, способных вынести 130° С, не обна-

ружено. Однако это не означает, что нет других форм жизни, которые выдержат еще более жесткие условия.

Возможно, ученым удастся напасть на след альтернативных форм жизни, обнаружив такие признаки биологической активности, как круговорот углерода между почвой и воздухом в экологически изолированных регионах, например в замкнутых экосистемах, расположенных в глубинах земной коры, в пустынях Антарктики, в солевых копиях, в местностях, загрязненных тяжелыми металлами и другими несоместимыми с жизнью веществами. Можно создать экстремальные условия в лаборатории, изменяя температуру и влажность до полного вы-

мирания известных живых форм, и посмотреть, остаются ли при этом какие-то признаки биологической активности. Если да, то, возможно, это и есть следы альтернативной жизни. Именно таким способом была обнаружена устойчивая к радиации бактерия *Deinococcus radiodurans*, для которой летальная доза гамма-излучения в 1 тыс. раз превышает таковую для человека. Оказалось, что *D. radiodurans* и все другие «радиофилы» генетически родственны известным формам жизни и на роль «пришельцев» не подходят. Однако данный факт не означает, что аналогичные эксперименты непригодны для поисков альтернативных форм жизни. ▶

ОХОТА НА НЕВИДИМОК. ГДЕ ИСКАТЬ «ЧУЖИХ»?

В поисках альтернативных форм жизни биологи исследуют экологически изолированные ниши, условия в которых непереносимы ни для одного из известных науке организмов. Это могут быть высокощелочные водоемы или очень соленые озера, такие как Моно-Лейк в Калифорнии (слева), сухие промерзшие пустыни в Антарктике (вверху справа) или загрязненные промышленными отходами реки, например Рио-Тинто в Испании (внизу справа), в которой содержатся тяжелые металлы.



Обнаружено несколько экосистем, по-видимому, полностью изолированных от остальной биосферы. Сообщества микроорганизмов, расположенные глубоко под землей, живут без света, кислорода и органических веществ, вырабатываемых другими организмами. Их существование поддерживается благодаря способности некоторых членов сообщества использовать для роста и воспроизведения диоксид углерода и водород, высвобождаемый в ходе химических реакций или радиационных процессов. Установлено, что все члены этих экосистем генетически тесно связаны с микроорганизмами, обитающими в поверхностных слоях почвы. Однако подобного рода поиски только начинаются, и, возможно, в земных глубинах исследователей ждет немало сюрпризов. В рамках Программы глубокого бурения дна океанов уже добыты образцы грунта с глубины до 1 км. Одна из целей программы — найти признаки жизни

ни в океанической земной коре. В образцах грунта, взятых в материковой коре на еще больших глубинах, обнаружены следы биологической активности. Следует отметить, что систематических исследований такого рода пока не проводилось, и делать какие-либо выводы рано.

Экологически интегрированные «чужие»

Рассмотрим другой вариант. Альтернативные формы жизни можно попытаться найти в самых обычных экосистемах, предположив, что неопознанные «чужие» живут среди нас. Однако если они представлены только микроформами, их будет крайне трудно отличить от представителей обычной микрофлоры, ориентируясь исключительно на внешние признаки. Морфология микроорганизмов не отличается большим разнообразием — многие из них имеют сферическую форму или форму палочек. Но у «чужих» может быть

совсем другая биохимия, что может послужить ориентиром в их поисках.

Один из отличительных признаков известных нам форм жизни — способность основных составляющих их молекул поворачивать плоскость поляризации света в одном из возможных направлений (влево или вправо). Несмотря на то, что *in vitro* молекулы могут находиться в обеих зеркальных конформациях (левовращающей и правовращающей), у известных нам живых организмов они встречаются только в одной. Так, аминокислоты (строительные блоки белков) — левовращающие, а сахара — правовращающие. Правую двойную спираль образует и молекула ДНК. Однако законы химии действуют одинаково как в «левом», так и в «правом» мире, и если предположить, что жизнь может случайно возникнуть еще раз, то ее строительные блоки будут иметь противоположную симметрию.

рию с вероятностью 50%. «Теневое сообщество» может подчиняться тем же биологическим законам, что и обычное, но состоять из зеркально симметричных молекул. Его члены не будут напрямую конкурировать с известными нам формами жизни или обмениваться с ними генами.

Идентифицировать зеркально симметричные формы жизни не составляет труда. Продукты их жизнедеятельности будут такими же с точки зрения химии, но при этом будут иметь противоположную симметрию, и расти только в среде с зеркально симметричными питательными веществами. Ричард Хувер (Richard Hoover) и Елена Пикута (Elena Picuta) из Центра космических полетов Маршалла (NASA) провели эксперимент, в котором поместили разнообразных недавно открытых «экстремалов» в среду с зеркально симметричными питательными веществами и проследили, появятся ли признаки биологической активности. Исследователи обнаружили один микроорганизм, способный расти в экзотической среде: *Anaerovirgula multivorans*, выделенный из донных осадков щелочного озера в Калифорнии. К удивлению ученых, он оказался вовсе не микробом с зеркально симметричным внутренним устройством, а микроорганизмом, обладающим удивительной способностью химически изменять аминокислоты и сахара, переводя их в «надлежащую» форму, а затем утилизирующим ее.

В мире «теневого» используют другой набор аминокислот или нуклеотидов (строительных блоков ДНК). Все известные нам живые организмы синтезируют свою ДНК из одинаковых нуклеотидов — А, Т, Г и Ц (аденина, тимина, гуанина и цитозина), а белки (за редким исключением) — из 20 одинаковых аминокислот. Генетический код во всем живом мире универсален: определенные тройки нуклеотидов (триплеты) кодируют столь же определенные аминокислоты. Последовательность кодонов в генах, составляющих ДНК, задает после-

КАНДИДАТ В «ЧУЖИЕ»?

Исследуя с помощью сканирующего электронного микроскопа осадочные породы возрастом 200 млн лет, взятые со дна глубокой океанской впадины у берегов Западной Австралии, Филиппа Юинз (Philippa Uwins) из Квинслендского университета обнаружила крошечные структуры размером от 20 до 15 нм (на фотографии — коричневые шарообразные и продолговатые образования). Они содержали ДНК и, по-видимому, размножались в лабораторных условиях. Впрочем, у многих ученых вызывает сомнение, что эти так называемые наномикробы действительно являются живыми существами



довательность аминокислот в белках. Но биохимики могут синтезировать множество аминокислот, не присутствующих в белковых молекулах обычных организмов, в лаборатории. В метеорите Мерчисона, упавшем на территорию Австралии в 1969 г., было обнаружено множество всем известных аминокислот, но также и несколько необычных, например изовалин и псевдолейцин. (Ученые не знают, как они попали в метеорит, однако уверены, что аминокислоты имеют небιологическое происхождение). Некоторые из них могли бы служить строительными блоками для альтернативных форм жизни. Для того чтобы выследить таких «чужих», необходимо идентифицировать аминокислоту, которую не использует ни один из известных организмов и которая не служит побочным продуктом их метаболизма или разложения, и найти свидетельства ее присутствия в окружающей среде.

Драгоценные крупинки информации можно собрать на «плодородной почве», где произрастают искусственные (синтетические) формы жизни. В настоящее время биохимики активно занимаются созданием со-

вершенно новых организмов, включая в белки необычные аминокислоты. Стив Беннер (Steve Benner) из Фонда прикладной молекулярной эволюции в Гейнсвилле (штат Флорида) считает весьма перспективным целый класс молекул, известных под названием альфа-метил-аминокислоты. Однако ни у одного изученного на сегодняшний день организма они не обнаружены. Как только будет выявлен новый микроорганизм, необходимо будет тут же проанализировать его белковый состав, используя, например, масс-спектрометрию, а затем выяснить, из каких аминокислот состоят данные белки. Любое серьезное отклонение свойств новичка от стандарта будет поводом для того, чтобы заподозрить в нем «чужого».

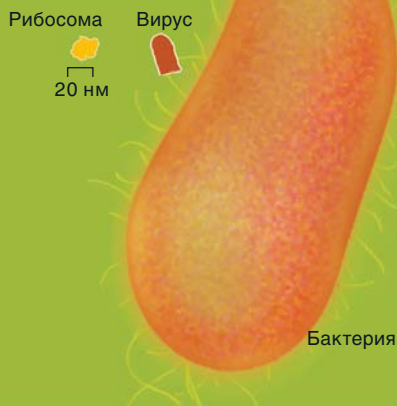
Даже если такая стратегия будет успешной, ученым еще предстоит выяснить, действительно ли они обнаружили альтернативную форму жизни, имеющую совершенно особую исходную точку, или это просто очередной неизвестный ранее представитель обычной микрофлоры, как это было с архебактериями, идентифицированными только в конце 1970-х гг. Другими словами,

ОБ АВТОРЕ

Пол Дэвис (Paul Davies) — физик-теоретик, занимается космологией и астробиологией. В настоящее время возглавляет научно-исследовательский центр *Beyond* при Университете штата Аризона, созданный для изучения «самых животрепещущих» научных вопросов. Дэвис — автор и соавтор 27 книг. Последняя из них — *Cosmic Jackpot: Why Our Universe is Just Right for Life* («Космическая рулетка: почему в нашей Вселенной возможна жизнь», 2007).

КРОШЕЧНЫЕ НЕЗНАКОМЦЫ

Самые маленькие бактерии имеют диаметр примерно 200 нм. Автономно живущие организмы, составляющие наше «древо жизни», не могут быть меньше, иначе в них не разместятся белоксинтезирующие структуры размером 20–30 нм — рибосомы. Но если альтернативные микроорганизмы обходятся без рибосом, то они могут быть и совсем крошечными, например такими как вирусы, — 20 нм в поперечнике. Вирусам рибосомы не нужны — для воспроизведения они используют аппарат инфицированной ими клетки



необходимо убедиться, что кандидат в «чужаки» — это вовсе не упущенная ветвь в древе жизни, давно отошедшая от основного ствола. Ранние формы жизни могли радикально отличаться от тех, которые появились позже. Например, есть свидетельства, что нынешний триплетный код стал результатом оптимизации эффективности кодирования под давлением естественного отбора. Это предполагает наличие рудиментарного предшественника, например дублетного кода, обеспечивающего образование меньшего числа аминокислот. Можно предположить, что некоторые примитивные организмы до сих пор используют такую систему кодирования. Они не являются чужаками в прямом смысле слова, это просто живые ископаемые. Их обнаружение также представляет большой научный интерес.

Вероятность того, что не известная ранее ветвь на «нашем» древе жизни будет ошибочно принята за отдельно стоящее «чужое» древо, уменьшится, если предположить, что биохимия альтернативных форм жизни радикально отличается от привычных нам. Астробиологи не исключают, что экзотические организмы могут использовать вместо воды другие растворители, например этан и метан. Правда, на Земле трудно найти места, где такие вещества находились бы в жидком состоянии — для этого нужны очень низкие температуры, например такие, как на поверхности Ти-

тана, самого большого спутника Сатурна. Еще одно соображение касается спектра основных химических элементов, из которых состоят органические молекулы: это углерод, водород, кислород, азот и фосфор. Может ли возникнуть жизнь, если хотя бы один из пяти элементов заменить каким-либо другим?

Фосфор — самый «проблемный» для органического мира элемент. Он относительно редок, и в условиях, характерных для раннего периода эволюции Земли, вряд ли присутствовал в достаточном количестве в легкодоступной форме — растворенном виде. Фелиса Вольф-Симон (Felisa Wolf-Simon) из Гарвардского университета предполагает, что роль фосфора в органическом мире вполне успешно может играть мышьяк; более того, в условиях первобытной Земли он даже был бы более предпочтителен. По своим возможностям формировать структурные элементы живых систем и образовывать богатые энергией соединения мышьяк не уступает фосфору. Кроме того, он мог бы участвовать в регуляции метаболизма. Выполнять данную функцию у ныне существующих живых систем он не может как раз потому, что слишком похож на фосфор. Для нас мышьяк — это яд; точно так же фосфор был бы ядом для организмов, использующих мышьяк в качестве одного из основных элементов. Возможно, организмы, предпочитающие мышьяк, до сих пор обитают в каких-нибудь экзотических нишах,

например в океанских впадинах или горячих источниках.

Еще один важный фактор — размер. Все известные организмы синтезируют белки из аминокислот, используя крупные клеточные «сборочные машины» — рибосомы. Такая структура может поместиться в клетке, только если размер последней превышает несколько сотен нанометров (миллиардной доли метра). Вирусные частицы гораздо меньше — примерно 20 нм. Но микроорганизмы несамостоятельны, для воспроизведения они используют структуры инфицированной клетки и поэтому не могут считаться альтернативной формой жизни. Однако, по мнению ряда ученых, биосфера буквально кишит клетками, слишком мелкими для того, чтобы в них могли поместиться рибосомы. В 1990 г. Роберт Фолк (Robert Folk) из Университета штата Техас в г. Остин обратил внимание на крошечные сфероидальные и эллипсоидальные образования в осадочных породах горячих источников в Витербо (Италия). Фолк предположил, что они представляют собой окаменевшие «нанобактерии», кальцифицированные останки организмов размером 30 нм. Позже Филиппа Юинз (Philippa Uwins) из Квинслендского университета обнаружила аналогичные структуры в образцах горных пород, взятых со дна глубокой океанской впадины у берегов Западной Австралии. Если находки действительно имеют биологическое происхождение, то их можно было бы считать свидетельством существования альтернативных живых систем, которые для сборки белков не нуждались в рибосомах и, следовательно, могли иметь сколь угодно малый размер.

Но, наверное, самым экзотическим местом обитания альтернативных форм жизни мог бы служить наш собственный организм. В 1988 г. Олави Кайандер (Olavi Kajander) и его коллеги из Университета Куопио в Финляндии, рассматривая клетки млекопитающих под электронным микроскопом, увидели во многих из них крошечные части-

цы размером до 50 нм — примерно в 10 раз меньше размеров самых маленьких бактерий. Спустя 10 лет Кайандер высказал гипотезу, что эти частицы — живые микроорганизмы, которые утилизируют мочевины и способствуют образованию камней в почках, абсорбируя кальций и другие минеральные вещества. Нельзя исключить, что, по крайней мере, некоторые из этих липидов-экстремалов используют совершенно другие метаболические пути и, может быть, являются как раз теми неуловимыми альтернативными формами жизни, которые так давно ищут биологи.

Что же такое жизнь?

Предположим, что, в конце концов, микроорганизм с необычными биохимическими свойствами найден. Прежде чем зачислять его в отряд «чужих», нужно выяснить, насколько радикально он отличается от обычных форм жизни. Однако если мы не знаем, что такое жизнь, сформулировать четкие критерии различий не представляется возможным. Так, некоторые астробиологи допускают, что живые формы могли использовать вместо углерода кремний. Поскольку углерод играет ключевую роль в биохимии современных организмов, трудно представить, что «углеродные» и «кремниевые» формы жизни могли произойти от одного общего предка. С другой стороны, организм, использующий традиционный набор нуклеотидов и аминокислот, но другой генетический код, нельзя однозначно считать пришельцем из дру-

Альтернативные микроорганизмы могут обитать и в нашем теле

гого мира. Различия в генетическом коде вполне могли возникнуть в ходе эволюции.

Существует и проблема противоположного свойства: несходные организмы, попадающие в одинаковые условия, могут постепенно конвергировать, изменяясь так, чтобы оптимально соответствовать

окружающей среде. Если конвергенция пойдет достаточно далеко, то их независимое происхождение полностью маскируется. Например, известно, что частота использования аминокислот, кодируемых одним и тем же нуклеотидным триплетом, у разных организмов неодинакова, и данное различие выработалось под давлением естественного отбора. Альтернативные формы жизни, изначально использовавшие какой-то определенный набор аминокислот, со временем могли эволюционировать по этому признаку в сторону сближения с привычными нам формами и утратить свою уникальность.

Проблема идентификации других форм усугубляется еще и тем, что существуют две теории биогенеза. Согласно одной из них, процесс зарождения жизни носил почти одномоментный характер, это было что-то вроде фазового перехода, хорошо известного физикам. Возможно, все произошло в то время, когда система достигла некоего уровня сложности с химической точки зрения. «Система» — это не обязательно какая-то отдельная клетка. По мнению многих биологов, примитивная жизнь возникла на основе некоего клеточного сообщества, члены которого обменивались веществами и информацией; автономия на клеточном и организменном уровнях появилась позже. Согласно второй теории биогенеза, переход от химии к биологии был долгим и неясно очерченным, а провести четкую демаркационную линию между этими мирами нельзя.

Если живой организм все-таки рассматривается как система, обладающая определенными свойствами (такими, как способность хранить и обрабатывать информацию), которые отделяют живое от неживого, тогда имеет смысл говорить об одном или более событиях, предопределяющих появление жизни.

ЕСТЬ ЛИ ЖИЗНЬ НА МАРСЕ?

Если гипотеза биологического детерминизма, предполагающая неизбежность возникновения жизни в подходящих условиях, верна, то жизнь могла зародиться в любом месте Солнечной системы. Таким местом мог быть Марс, на котором когда-то, видимо, присутствовала вода. В прошлом на Землю и Марс часто падали астероиды и кометы, которые выбивали из них куски горных пород. Эти породы, а вместе с ними и находящиеся в них микроорганизмы, попадали в открытый космос, а затем и на другие космические тела. Так мог происходить обмен материалом между планетами. И если жизнь зародилась независимо на Марсе и на Земле, то со временем марсианские и земные микроорганизмы могли оказаться на обеих планетах. Это заставляет по-новому взглянуть на гипотезу сосуществования «теневой» и обычной биосферы: любой найденный на Земле микроорганизм с альтернативными биохимическими признаками скорее всего имеет внеземное происхождение. Искать такие организмы имеет смысл там, где климатические условия сходны с марсианскими, например в ледяных пустынях Антарктики, высочайших горных вершинах или в местах с повышенным уровнем радиации.

Но если жизнь представляет собой сложно организованную, не поддающуюся четкому определению систему, то ее корни могут бесследно раствориться в столь же сложном мире химии. И в таком случае говорить о независимом происхождении каких-то форм жизни не представляется возможным — если только они не возникли, например, на планетах разных звездных систем и никогда не контактировали друг с другом.

На сегодняшний день изучена лишь малая часть многообразной микрофлоры Земли. С каждым новым открытием наши представления о том, что возможно в биологическом мире, а что нет, расширяются. Чем более экзотические места на нашей планете станут предметом нашего изучения, тем скорее мы обнаружим новые, неизвестные формы жизни. Если в ходе исследований будут найдены свидетельства существования биогенеза иной природы, значит, теория космической сущности жизни имеет право на существование и, следовательно, есть надежда, что мы не одни во Вселенной. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

Эрик Нойманн, Сьюзи Стивенс,
Ли Фейгенбаум, Иван Херман
и Тоня Хонгзермайер

Семантическая сеть в действии

Крупные компании уже активно пользуются новыми приложениями, на очереди — отдельные пользователи

Шесть лет назад Тим Бернерс-Ли (Tim Berners-Lee), Джеймс Хендлер (James Hendler) и Ора Лассила (Ora Lassila) представили в журнале *Scientific American* новую концепцию — Семантическую сеть (*Semantic Web*) — информационную сеть со множеством взаимосвязей, к которой можно легко подключиться с любого настольного или карманного компьютера и которая проста в использовании. Они описали будущее, в котором интеллектуальные программы будут через Интернет автоматически заказывать билеты на авиарейсы и бронировать места в отелях, вносить новые записи в истории болезни и давать однозначные ответы на запросы, избавляя от нас необходимости самостоятельно анализировать результаты поиска.

Тим Бернерс-Ли, Джеймс Хендлер и Ора Лассила представили также средства, позволяющие воплотить эту идею в реальность: общий язык

представления данных, понятный всем видам программных агентов, онтологии — наборы операторов для перевода информации из баз данных с различной структурой в общие термины, и правила, позволяющие программным агентам «осмысливать» информацию, описанную в этих терминах. Формат данных, онтологии и программы «осмысления» должны работать во Всемирной паутине как единое большое приложение, анализирующее все исходные данные, хранящиеся в оперативных базах данных, и всю информацию о текстах, изображениях, видеофрагментах и их взаимосвязях, имеющуюся в Сети. Семантическая сеть будет расти стихийно, но ее развитие будут поддерживать специалисты из Веб-консорциума (*World Wide Web Consortium*).

Скептики утверждают, что Семантическая сеть слишком сложна для понимания и пользоваться ею будет трудно. Вообще нет. Необходимые

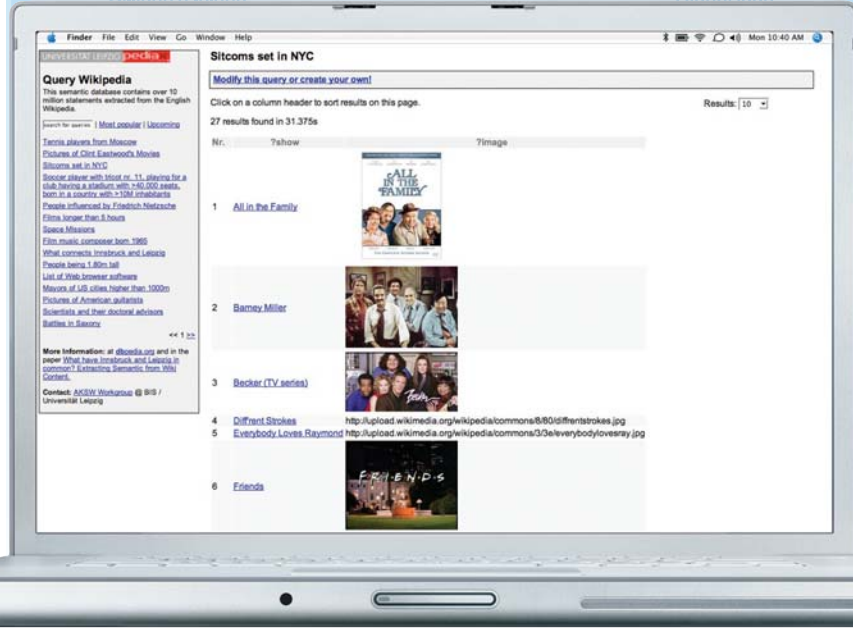
технологии уже в достаточной степени отработаны. Энергичное сообщество первых пользователей согласовало стандарты, делающие работу с Семантической сетью более удобной. Крупные компании работают над масштабными проектами, призванными существенно повысить эффективность использования информационной сети как в научных исследованиях, так и в быту. Другие компании используют Семантическую сеть для развития межкорпоративных взаимодействий и создания незаметных для пользователей систем обработки данных, обеспечивающих функционирование новых потребительских сервисов. Пользовательские приложения — всего лишь часть этой работы, подобно верхушке айсберга.

Под самой поверхностью

Семантическая сеть представляет собой не что-то отдельное от Всемирной паутины, а ее дополнение. Она начинает функционировать, когда люди, объединенные общим делом, договариваются об общих схемах представления интересующей их информации. С появлением новых групп, разрабатывающих эти таксономии, инструментарий

ОБЪЕДИНЕНИЕ ПОНЯТИЙ

Поисковые машины Всемирной паутины не могут дать однозначного ответа на вопросы «широкого профиля» вроде такого: «Какие ситкомы (телевизионные комедии) идут сегодня в Нью-Йорке?», а новая поисковая машина *Pediax* Семантической сети — может. Для этого она анализирует различные понятия (вверху, в упрощенной форме) найденные на 7 млн сетевых страниц *Wikipedia*. *Pediax*, ставшая результатом проекта *DBpedia* по извлечению информации из *Wikipedia*, дает чистый результат (внизу), сочетающий в себе текст и изображе-



интеграции работы своих партнеров, участвующих в конструировании самолетов. Компания *Chevron* разрабатывает различные способы управления электростанциями и нефтеперерабатывающими заводами, а *MITRE Corporation* использует инструментарий Семантической сети для создания гибкой системы управления в условиях быстро меняющейся боевой обстановки. Британская национальная картографическая организация *Ordnance Survey* с помощью Семантической сети оптимизирует процесс составления географических карт.

Другие компании занимаются улучшением работы своих серверных систем обслуживания клиентов. Мультимедийный портал *Vodafone Live!* для доступа к рингтонам, мобильным играм и приложениям построен с использованием форматов Семантической сети, что позволяет пользователям гораздо быстрее скачивать контент в свои мобильные телефоны. Журнал *Harper's Magazine* использовал на своем сайте онтологии Семантической сети для автоматической привязки к новостям релевантных статей. Компания *Joost* пользуется инструментами Семантической сети для составления телепрограмм с обзорами передач.

Непосредственно применять язык данных и онтологии Семантической сети начинают и отдельные пользователи. Один из примеров — проект «Друг друга» (*Friend of a Friend, FOAF*), стихийно развивающаяся децентрализованная социальная сеть. Энтузиасты создали лексику Семантической сети для описания имен людей, их возраста, местожительства, места работы и взаимоотношений для поиска друзей по общим интересам. Пользователи системы *FOAF* могут посылать сведения о себе, изображения в любом формате и беспрепятственно соединять их вместе, чего *MySpace* и *Facebook* делать не позволяют, поскольку их поля несовместимы и не поддаются переводу. Свои *FOAF*-файлы связали в общую сеть уже больше

миллиона человек, в том числе членов двух популярных блог-служб *LiveJournal* и *Typepad*.

Как показывают все эти примеры, люди готовы строить Семантическую сеть, позволяющую устанавливать связи между любыми сетевыми блоками информации, будь то документ, снимок, тэг, финансовая транзакция, результат эксперимента или абстрактная идея. Язык данных, получивший название *Resource Description Framework (RDF)*, именуется каждый блок данных и каждую взаимосвязь между ними таким образом, что компьютерные программы могут автоматически обмениваться информацией. Дополнительные возможности открывают онтологии и другие технологии, которые создают, запрашивают, классифицируют и «осмысливают» эти взаимосвязи (*врезка на стр. 65*).

Таким образом, Семантическая сеть позволяет сотрудникам организаций применять собственные метки данных, а не создавать жесткую единую межотраслевую систему меток на согласованной основе. Она понимает, что термин *X* в базе данных 1 означает то же, что термин *Y* в базе данных 2. Что еще важнее, если любой термин в базе данных 1 изменится, другие базы данных и сами процессы интеграции данных будут по-прежнему понимать новую информацию и автоматически проведут самообновление. Наконец, Семантическая сеть позволяет разворачивать «системы рассуждений» (*reasoners*) — программные блоки, способные выявлять взаимосвязи между источниками данных.

Когда-то языки *HTML* и *XML* обеспечили надежность первоначальной интернет-сети. Теперь настало время языка *RDF* и различных онтологий на его основе, и крупные производители уже создают на их основе корпоративные приложения. Компании *IBM*, *Hewlett-Packard* и *Nokia* продвигают открытую структуру Семантической сети — общий инструментальный для создания совершенных программ. Основной продукт компании *Oracle*, база данных *10g*, которой пользуются тысячи

Персонализированное лечение станет возможным только тогда, когда семантика сделает базы медицинских данных более интеллектуальными и простыми в использовании

компаний во всем мире, уже поддерживает язык *RDF*, а в ее следующей версии *11g* уже добавлены другие технологии Семантической сети. В новейших версиях таких популярных графических пакетов компании *Adobe*, как *Photoshop*, подобные технологии используются для управления различными изображениями. Программы для баз данных Семантической сети и редакторы онтологий, похожие на *HTML*-браузеры и *HTML*-редакторы и способствующие быстрому расширению Интернет, предлагают и более мелкие компании, в том числе *Aduna Software*, *Altova*, *@semantics*, *Talis*, *OpenLink Software*, *TopQuadrant* и *Software AG*. Сегодня сайты Семантической сети можно создавать с помощью всех основных языков программирования, включая *Java*, *Perl* и *C++*.

Мы продолжаем искать пути к осуществлению великой идеи программных агентов, способных автоматизировать решение практических задач в повседневной жизни. Однако наиболее выдающиеся успехи на этом поприще были достигнуты в биомедицине и здравоохранении. Исследователи в данных областях сталкиваются с колоссальными трудностями интеграции данных почти на каждом этапе своей работы. Примеры реально

функционирующих систем показывают, сколь полезной может быть Семантическая сеть.

Пример 1: Поиск лекарств

Традиционный подход к назначению лекарств негласно предполагает, что один и тот же препарат одинаково хорош для всех. У вас повышенное давление? Примите ателолол. У вас тревожное состояние? Примите валиум. Но каждый человек уникален, поэтому на разных людей лекарства действуют по-разному. Сегодня, когда достигнуто более глубокое понимание механизма действия и разработаны способы прогнозирования их влияния на протекающие в организме процессы, появилась возможность подбирать препараты и их дозировку, ориентируясь на данного больного.

Теперь основная проблема состоит в том, чтобы упорядочить множество данных: истории болезни пациентов и текущее состояние их здоровья, информацию о множестве препаратов, результатах их испытаний, опыте применения в клинике, возможных побочных эффектах, и.д. Традиционный инструментальный баз данных не способен с этим справиться, а попытки скомбинировать базы данных «вручную» обойдутся неприемлемо дорого. Чего стоит одно только ведение баз данных! Каждый раз, когда информация о научном

ОБ АВТОРАХ

Все пять авторов участвовали в различных проектах по разработке технологий Семантической сети. **Эрик Нойманн** (Eric Neumann) — исполнительный директор компании *Clinical Semantics Group Consulting*. **Сьюзи Стивенс** (Susy Stephens) была главным менеджером по продуктам в *Oracle Corporation*, а недавно стала главным исследователем в *Eli Lilly and Company*. **Ли Фейгенбаум** (Lee Feigenbaum), работавший раньше в корпорации *IBM*, является вице-президентом компании *Cambridge Semantics, Inc.* по технологии и стандартам. **Иван Херман** (Ivan Herman) возглавляет программу *Semantic Web Activity* в *Web-консорциуме*. **Тоня Хонгзермайер** (Tonya Hongsermeier) занимает пост корпоративного менеджера по управлению клиническими знаниями и поддержкой решений в компании *Partners Healthcare System*.

открытии заносится в определенную базу данных, необходимо заново интегрировать все связанные с ней источники один за другим.

Группа исследователей из Медицинского центра детской больницы в г. Цинциннати занимается поисками генетических основ заболеваний сердечно-сосудистой системы с использованием возможностей Семантической сети. Обычно в таких случаях пытаются идентифицировать гены, которые по-разному функционируют у здоровых и больных пациентов, полагая, что именно они могут быть причастны к возникновению патологии. Этот поиск нередко заканчивается тем, что в числе «подозреваемых» оказываются десятки и даже сотни тысяч генов. Для того чтобы идентифицировать те из них, которые вероятнее всего связаны с данной патологией, придется просмотреть четыре-пять баз данных для каждого гена. Согласитесь, весьма трудоемкое занятие.

Группа ученых из Цинциннати, в которую входит консультант по

Семантической сети, начала с загрузки на свою рабочую станцию баз данных, в которых содержалась необходимая информация из разных источников и в несовместимых форматах. В их число входили базы данных *Gene Ontology* (гены и генные продукты), *MeSH* (заболевания и их симптомы), *Entrez Gene* (гены) и *OMIM* (гены человека и генетические нарушения). Исследователи перевели все форматы в *RDF* и сохранили информацию в базе данных Семантической сети. Затем они использовали бесплатные программы Семантической сети *Protege* Стэнфордского университета и *Jena* компании *HP Labs* для интеграции полученных сведений.

После этого с помощью алгоритма ранжирования, напоминающего тот, что используется в поисковой системе *Google*, ученые присвоили разные приоритеты сотням генов, которые могли иметь отношение к работе сердца. Они выявили гены — кандидаты на роль «провокаторов» дилатационной кардиомиопатии

(нарушение сократимости сердечной мышцы). Затем они поручили программе оценить информацию о ранжировании и связи генов с характеристиками и симптомами данного состояния и патологий, сходных с ним. Программа идентифицировала четыре гена, локализованных в хромосомной области, причастной к дилатационной кардиомиопатии. Сегодня проводятся исследования эффектов мутации в этих генах с тем, чтобы выявить мишени для новых терапевтических средств. Аналогичным образом Семантическая сеть применяется и для исследования генетической основы других заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Исследователи из компании *Eli Lilly* применяют технологии Семантической сети для получения полной картины наиболее вероятных мишеней для лекарственных препаратов при разных заболеваниях. Они компилируют несовместимые биологические данные и составляют из них единый унифицированный файл, что существенно ускоряет поиск нового препарата. Компания *Pfizer* использует технологии Семантической сети для объединения наборов данных о взаимодействиях белков между собой.

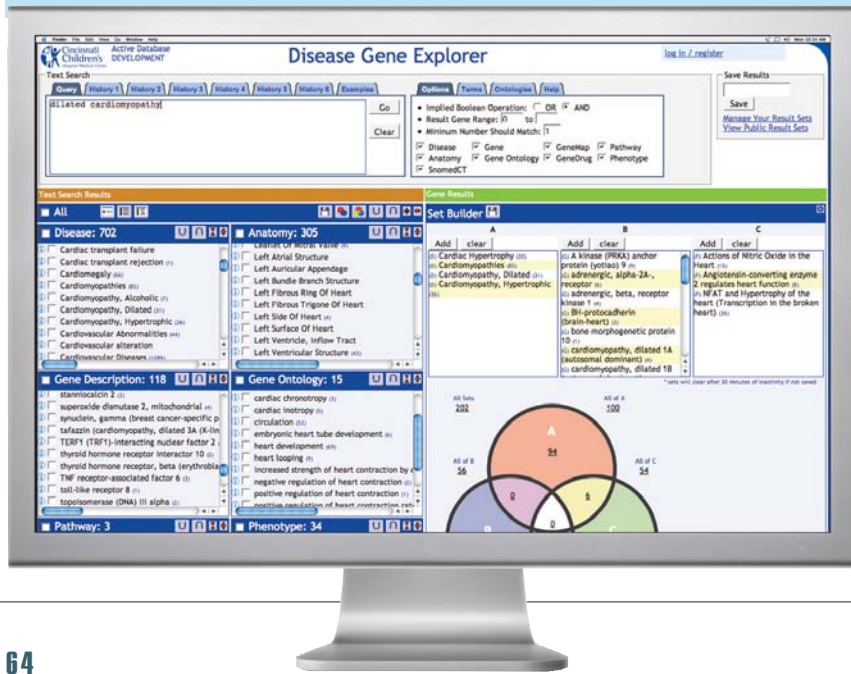
В каждом из описанных выше случаев сведение воедино огромных массивов данных из разных мест ускоряет разработку лекарственных препаратов. Подобным же образом строятся новые пользовательские сервисы. Так, британская компания *Garlik* использует программы Семантической сети для сравнения, казалось бы, не сравнимых данных, чтобы предупредить своих абонентов, что они могут стать жертвами похитителей их идентификационных сведений. *Garlik* ищет данные о пользователе по всей Всемирной паутине, интегрирует их с помощью общих лексиконов и правил и предоставляет пользователю его четкий (и порой неожиданный) сетевой портрет.

Пример 2: Здравоохранение

Система здравоохранения буквально тонет в потоках информа-

КАКИЕ ГЕНЫ ВЫЗЫВАЮТ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА?

Причастными к заболеванию сердца могут быть сотни генов. Исследователи из Медицинского центра детской больницы Цинциннати использовали инструментарий Семантической сети для поиска наиболее вероятных виновников недуга путем анализа множества сетевых баз данных и научных работ (слева на экране) с целью выявления возможных причинных связей (справа на экране). Например, они нашли подозрительные гены, находящиеся на участке хромосомы, связанном с дилатационной кардиомиопатией



ции. Медицинским научным центром Техасского университета в Хьюстоне была разработана действующая с 2004 г. программа, предназначенная для повышения эффективности выявления, анализа и реакции на проблемы общественного здоровья. Система, получившая название *SAPPHIRE* (*Situational Awareness and Preparedness for Public Health Incidences using Reasoning Engines*), объединяет широкий круг данных, получаемых как от местных органов здравоохранения, больниц, агентств по охране окружающей среды, так и из научной литературы. Это позволяет работникам здравоохранения получить наиболее полную информацию и проанализировать текущую ситуацию, например, распространения гриппа или лечения больных СПИДом.

Каждые 10 минут программа *SAPPHIRE* получает сообщения, охватывающие более 30% обращений в пункты первой помощи, расположенные по всему городу, с описанием жалоб больных, новейшими данными электронных обследований и комментариями врачей. Семантические технологии объединяют всю эту информацию, создавая целостную картину текущего положения дел в области здравоохранения. Ключевым фактором здесь является онтология, классифицирующая необъясненные заболевания, сопровождающиеся симптомами, указывающими на грипп (повышенная температура, кашель и боль в горле), и автоматически извещает Центры контроля и предупреждения заболеваний (*CDC*). Автоматическое составление отчетов программой *SAPPHIRE* не только ускорило на несколько дней их предоставление, но и избавило от рутинной работы девять медсестер, дав им возможность сосредоточиться на выполнении своих прямых обязанностей. Сегодня такие центры дают возможность местным органам здравоохранения заменить устаревшие и трудоемкие бумажные схемы подобными системами.

Гибкость технологий Семантической сети позволяет системе

ЗАСТАВИТЬ СЕМАНТИЧЕСКУЮ СЕТЬ РАБОТАТЬ

Элементами Семантической сети являются несколько форматов и языков. Они дополняют аналогичные программные технологии, лежащие в основе Интернета и опубликованные в качестве стандартных в рамках программы *Semantic Web Activity* Веб-консорциума.

ФОРМАТ RDF. Самым главным элементом является формат *Resource Description Framework (RDF)*, для определения информации в Сети. Каждому блоку данных и каждой связи между двумя блоками присваивается уникальное имя, так называемый универсальный идентификатор ресурса (*Universal Resource Identifier, URI*). (Общеизвестные веб-адреса (*Universal Resource Locators, URL*), которыми мы все пользуемся, являются частными формами *URI*.) В *RDF*-схеме два блока информации и любое указание, описывающее связь между ними, объединяются в тройку. Например, сетевая ссылка на известное животное-телегероя — дельфина по имени Флиппер, ссылка на связь «есть» и ссылка на понятие «дельфин» могут быть объединены в тройку.

< uri for Flipper > < uri for Is A > < uri for Dolphin >

Идентификаторы *URI* могут согласовываться органами стандартизации или сообществами либо присваиваться отдельными лицами. Связь «*Is A*» настолько общепользна, что Веб-консорциум опубликовал для нее стандартный *URI*. Для представления понятия «дельфин» любой пользователь может выбрать *URI* «<http://en.wikipedia.org/wiki/Dolphin>». Таким образом, люди, работающие с разными наборами информации, могут совместно пользоваться данными о дельфинах и животных-телегероях, и повсюду объединять большие базы данных.

ЯЗЫКИ ОНТОЛОГИЙ. Отдельные люди или группы могут определять термины и данные, которыми они часто пользуются, а также взаимоотношения между ними. Такой набор определений называется онтологией. Онтологии могут быть как сложными (с тысячами терминов), так и простыми. Язык *Web Ontology Language (OWL)* является одним из стандартов, которые можно использовать для такого определения онтологий, чтобы они были взаимно совместимыми и понятными для формата *RDF*.

МАШИНЫ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА. Онтологии можно считать работающими уровнем выше *RDF*, а машины логического вывода работают уровнем выше онтологий. Эти программы исследуют различные онтологии и находят новые взаимоотношения и связи между содержащимися в них терминами и данными. Например, машина логического вывода может изучать три представленные ниже *RDF*-тройки и сделать вывод, что *Flipper* есть млекопитающее. Распознавание связей между различными источниками — важный этап на пути к выявлению «смысла» информации.

< uri for Flipper > < uri for Is A > < uri for Dolphin >

< uri for Dolphin > < uri for Subclass Of > < uri for Mammal >

< uri for Flipper > < uri for Is A > < uri for Mammal >

ДРУГИЕ ТЕХНОЛОГИИ. Веб-консорциум разрабатывает машины логического вывода и многие другие технологии. В их числе — язык запросов *SPARQL*, позволяющий приложениям искать конкретную информацию в *RDF*-данных, и технология *GRDDL*, дающий возможность пользователям публиковать данные в тех форматах, которыми они пользуются, например *HTML* или *XML*, и определять способы перевода этих данных в *RDF*. Более подробные сведения можно найти в www.w3.org/2001/sw

SAPPHIRE решать и другие задачи. Когда лагеря для беженцев в Хьюстоне наводнили пострадавшие от урагана «Катрина», работники здравоохранения стали опасаться распространения заболеваний. Всего через восемь часов после открытия лагерей работники медицинского центра Техасского университета перенастроили систему *SAPPHIRE* таким образом, чтобы справиться с проблемой. Они снабдили сотрудников органов здравоохранения карманными компьютерами с вопросниками. Ответы эвакуированных загружались в систему, которая объединяла их с информацией из клиник экстренной помощи в лагерях и отчетами эпидемиологов Департамента здравоохранения, работавших на местах. Система *SAPPHIRE* позволила выявить случаи распространения желудочно-кишечных и респираторных заболеваний, а также конъюнктивита гораздо быстрее, чем это можно было сделать когда-либо ранее.

Гибкость системы *SAPPHIRE* наглядно иллюстрирует важную особенность Семантической сети: когда она настроена на решение задачи об-

щего характера, в данном случае — сбора сведений о состоянии здоровья населения, ее можно быстро приспособлять к конкретным ситуациям в данной области. И теперь *CDC* планирует развернуть общенациональную систему предупреждения о распространении заболеваний, подобную системе *SAPPHIRE*.

Успех системы *SAPPHIRE* обусловлен тем, что она способна объединять и унифицировать информацию из разных источников, открывая возможности пользоваться ею для решения конкретных задач. Это же свойство обуславливает стихийное распространение системы *FOAF*. Благодаря использованию согласованной лексики она позволяет выявлять общие интересы людей, даже не связанных одними и теми же сайтами вроде *MySpace* или *Facebook*. Энтузиасты *FOAF* сегодня разрабатывают семантические сети доверия — белые листы доверенных отправителей, — чтобы бороться с распространением спама по электронной почте.

Переход через границы

Успехи системы *SAPPHIRE* и других приложений, возможно, приведут

к дальнейшей интеграции Семантической сети в области здравоохранения. Управление по контролю над продуктами питания и лекарственными препаратами и Национальные институты здравоохранения США заявили недавно, что повышение эффективности разработки лекарственных препаратов и их поставок невозможно без свободного обмена данными, и государственные границы не должны быть здесь помехой.

Этот же процесс позволит усовершенствовать традиционные компьютерные системы поддержки клинических решений (*CDS*), используемые медицинскими работниками, — базы данных, содержащие новейшие сведения о методах терапевтического лечения. Будь то больница, медицинская сеть или страховая компания — все они были вынуждены создавать собственные системы, приспособленные к их конкретным задачам, и всем им очень трудно перестраиваться. Каждый новый шаг в области диагностики, клинических процедур или безопасности лекарственных препаратов предполагает модификацию внутренних систем, а переделки требуют гораздо больших трудозатрат, чем они могут себе позволить. Более того, поскольку такие системы часто несовместимы, создание общепромышленного взгляда или расшифровка лучших методов идут медленно и со скрипом. «Мы вкладываем средства в технологии Семантической сети потому, что традиционные подходы к интеграции данных, управлению знаниями и поддержке решений не соответствуют потребностям персонализированной медицины», — сказал Джон Глейсер (John Glaser), руководитель информационного отдела бостонской системы *Partners HealthCare System*.

Чтобы исправить положение, компания *Aqfa HealthCare* создала опытный образец *CDS*-системы, созданный на основе технологий Семантической сети. Когда происходит изменение в одной ее части, она автоматически вносит соответствующие коррективы в другие свои части или в системы других органи-

НАЧИНАЕТСЯ ЛИ ЭПИДЕМИЯ ГРИППА?

Выявление начала эпидемии занимает у работников здравоохранения больше времени, чем хотелось бы, поскольку им приходится сопоставлять отчеты из разных больниц и врачебных кабинетов, часто имеющие несовместимые форматы. Исследователи из медицинского центра Техасского университета построили на основе Семантической сети систему, которая автоматически быстро отслеживает и анализирует оперативные данные по всему Хьюстону и представляет работникам здравоохранения сведения, например, об изменении во времени числа выявленных симптомов гриппа у различных возрастных групп населения (в центре на экране), быстрый рост которого может быть признаком начала эпидемии



заций. В частности, она переводит стандартные протоколы радиологических обследований в обозначения Семантической сети и вносит их в другие базы данных общего пользования, например в клинические руководства медицинских обществ. Организации могут сохранять информацию в своих внутренних стандартных форматах, но такие пользователи, как больницы, смогут легко интегрировать новый контент в свои базы данных, существенно сократив трудозатраты.

Поскольку подобные системы создаются во всей системе здравоохранения, медицинские базы данных становятся более интеллектуальными, более удобными в использовании и менее дорогими в эксплуатации. Представьте себе склонного к тромбозам больного с характерной мутацией, которому, согласно современной медицинской литературе, должен хорошо подойти новый антикоагуляционный препарат. Однако в последующие месяцы новые исследования показали, что при неких конкретных вариантах этой мутации тот же препарат повышает свертываемость крови. Врачей этого пациента необходимо уведомить, что лечение всех больных с данной патологией следует изменить. Но как добиться эффективной передачи подобных сведений, если к сотням заболеваний миллионов пациентов причастны тысячи генов? Решение этой задачи невозможно без применения надежных семантических подходов.

И в повседневной жизни

Те же технологии Семантической сети, которые преобразуют фармакологию и здравоохранение, применяются и в более общих ситуациях. Примером может служить некоммерческая организация *Science Commons*, которая помогает исследователям открыто публиковать информацию во Всемирной паутине. Она предоставляет им инструментарий Семантической сети, позволяющий официально прилагать к своим данным копирайт и лицензионную информацию. Эта возмож-

ность позволяет исследователю, например, искать информацию о конкретном гене, но только ту, которая имеет открытую лицензию.

Попыткой интеллектуальным образом связать информацию из семи миллионов статей, которые содержит *Wikipedia*, стал проект *DBpedia*. Он позволит пользователям Интернета проводить такие виды поиска, которые раньше были невозможны, например дать команду: «Найти все фильмы продолжительностью больше трех часов, номинированные на премию *Best Picture* Киноакадемии до 1990 г.».

Разрабатываемые приложения будут увязываться с исследованиями, проводимыми в Веб-консорциуме и других местах, направленными на реализацию идеи Семантической сети. Согласование стандартов может идти медленно, и некоторые скептики опасаются, что какая-нибудь крупная компания сможет протолкнуть собственный набор фирменных протоколов и браузеров. Возможно. Но следует помнить, что в работе групп Веб-консорциума участвует множество компаний и университетов, где понимают, что если будет разработано несколько хорошо продуманных протоколов, как можно шире охватывающих Семантическую сеть, у любой из них появится больше возможностей зарабатывать деньги с их помощью.

Некоторых обозревателей тревожит, что может пострадать безопасность конфиденциальной информации пользователей, поскольку связанным между собой окажется большое количество данных из различных источников. Однако сторонники проекта говорят, что защита будет такой же, как в невзаимосвязанном мире. Если две базы данных имеют разные правила доступа к частной информации, программа Семантической сети должна будет подчиняться правилам обеих этих сетей или создать свой набор, включающий в себя оба названных. Когда *SAPPHIRE* объединяет две базы данных, содержащих сведения о пациенте, она подчиняется требованиям конфиденциальности их обе-

их или останавливается. Медсестры, выполнявшие такую работу вручную, придерживались того же подхода.

Возможно, Семантическая сеть работает менее открыто, чем Всемирная паутина. Мы не узнаем всех подробностей создания компанией *Eli Lilly* персонализированных лекарств, а просто будем их покупать. Мы не получим информации о том, как компании *Vodafone* удалось сделать скачивание рингтонов столь быстрым, мы просто оценим эту легкость. Тем не менее Семантическая сеть довольно скоро откроет новые возможности и нам. Например, она позволит пользователю, обратившемуся на сайт *eBay*, вместо обычного: «Найти выставленные на продажу подержанные автомобили *Toyota Prius*», дать расширенное задание: «Найти выставленные на продажу подержанные автомобили *Toyota Prius* красного цвета ценой не больше \$14 тыс., владельцы которых живут не дальше 100 км от моего дома, и сделать им предложение». Большие идеи редко реализуются точно по плану, но Семантическая сеть уже начала формироваться, и с ее помощью сетевая информация станет для нас более доступной, чем когда-либо ранее. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Semantic Web. Tim Berners-Lee, James Hendler and Ora Lassila in *Scientific American*, Vol. 284, No. 5, pages 34—43; May 2001.
- Книги о Семантической сети можно найти на <http://esw.w3.org/topic/SwBooks>
- Примеры использования Семантической сети компаниями и исследовательскими группами можно найти на www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases
- Руководства по RDF указаны на <http://planetrdf.com/guide>, а инструментарий создания страниц Семантической сети — на <http://esw.w3.org/topic/SemanticWebTools>
- Относящиеся к теме блоги и RSS-каналы можно найти на <http://planetrdf.com>



Хью Эверетт III (Hugh Everett III) — блестящий математик, физик-теоретик, занимался квантовой механикой и не признавал ничьих авторитетов в этой области. В то время, когда мир стоял на пороге ядерной катастрофы, он ввел в физику новую концепцию реальности, оказавшую влияние на ход мировой истории. Для любителей научной фантастики он стал национальным героем как человек, создавший квантовую теорию параллельных миров. А для своих детей он был безразличным отцом с вечной сигаретой в руке, которого они со временем стали воспринимать как некий предмет мебели. Наконец, он был алкоголиком, рано ушедшим из жизни.

По крайней мере, именно такова его история в рамках нашей Вселенной. Если теория множественности миров, разработанная Эвереттом в середине 1950-х гг., верна, его жизнь совершила много превращений в несметном количестве ветвящихся миров.

Революционные идеи Эверетта позволили преодолеть теоретический тупик в истолковании понятия измерения в квантовой механике. Несмотря на то что эти идеи и сегодня не являются общепризнанными, методы их разработки позволили предсказать понятие квантовой декогерентности — современного объяснения того факта, что вероятностный характер квантовой механики реализуется однозначно в конкретном мире нашего опыта. Работа Эверетта хорошо известна в физических и философских кругах, но об истории его открытия и остальной жизни известно немного. Архивные исследования русского историка Евгения Шиховцева, мои собственные изыскания, а также интервью с коллегами и друзьями Эверетта, знавшими его в последние годы жизни, и беседы с его сыном — рок-музыкантом раскрыли историю блестящего интеллекта, погубленного собственными страхами.

Нелепости

Все началось в один из вечеров 1954 г. «После нескольких глотков хереса», —

Питер Берн

МНОЖЕСТВЕННОСТЬ МИРОВ ХЬЮ ЭВЕРЕТТА

После того как его теория стала объектом критики, Хью Эверетт оставил мир теоретической физики, погрузившись в сверхсекретные исследования в военной области и личную жизнь, полную драматизма

как вспоминал Эверетт двадцатью годами позже. Он с однокурсником Чарльзом Мизнером (Charles Misner) и Оге Петерсеном (Aage Petersen) (помощник Нильса Бора в то время) обсуждали «нелепости в выводах квантовой механики». В тот вечер у Эверетта и родилась основная идея теории множественности миров.

Главной его целью было объяснить, что именно представляют в реальном мире уравнения квантовой механики. А сделать это он хотел исключительно с помощью математического аппарата квантовой теории, без использования дополнительных физических гипотез. Таким образом, молодой ученый поставил перед физическим сообществом того времени задачу пересмотра основополагающих идей о том, что представляет собой физическая реальность.

Преследуя свою цель, Эверетт смело взялся за хорошо известную проблему измеримости в квантовой механике, мучившую физиков с 1920-х гг. Суть вопроса заключается в противоречии между тем, как элементарные частицы (например, электроны и фотоны) взаимодействуют на квантовом, микроскопическом уровне реальности, и поведением данных частиц при измерении их характеристик в обычном макромире, на классическом уровне

реальности. В квантовом мире элементарная частица или их ансамбль могут существовать как суперпозиция нескольких возможных состояний. Например, электрон будет характеризоваться суперпозицией различных положений в пространстве, скоростей и ориентаций спина. Однако каждый раз, когда исследователь точно измеряет какую-либо из этих характеристик, он получает точный результат, соответствующий лишь одному элементу суперпозиции, а не сочетанию их всех. При этом совершенно невозможно наблюдать суперпозиции макроскопических объектов. Проблема измеримости сводится к двум вопросам: как и почему из множества альтернатив в квантовом мире суперпозиций образуется однозначный мир нашего опыта?

Для представления квантовых состояний физики используют матема-

тические объекты, называемые волновыми функциями, которые можно рассматривать как перечень всех возможных конфигураций квантовой системы. Численное значение волновой функции есть вероятность того, что в процессе наблюдения система будет находиться в одном из своих возможных состояний. Волновая функция трактует все элементы суперпозиции как в равной мере реальные, хотя и не в равной мере вероятные с нашей точки зрения.

Уравнение Шредингера описывает изменение волновой функции во времени, а предсказываемая этим уравнением эволюция является гладкой и детерминированной (т.е. лишенной случайностей). Но эта изящная математическая модель находится в кажущемся противоречии с тем, что видит человек, когда наблюдает квантовую систему. В момент проведения экспе-

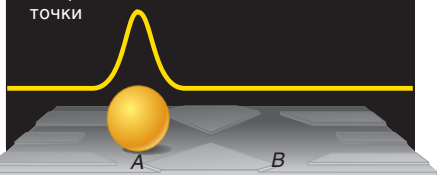
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- 50 лет назад Хью Эверетт создал новую интерпретацию квантовой механики, согласно которой квантовые эффекты порождают бесчисленное множество альтернативных вселенных, события в которых происходят по-разному.
- Несмотря на то что Эверетт вывел свою теорию из основных положений квантовой механики, она выглядела лишь фантастической гипотезой. Большинство физиков того времени отвергли ее, а Эверетт был вынужден сократить свою диссертацию, сделав ее не такой вызывающей.
- Эверетт оставил физику и начал работать в военной и промышленной областях, решая различные прикладные математические и вычислительные задачи. Он замкнулся в себе и увлекся алкоголем.

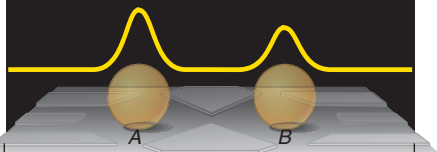
ПРОБЛЕМА

Нерешенной проблемой в квантовой механике остается полное понимание связи квантовых состояний частиц с окружающим нас классическим миром

Квантовая механика выражает состояния частиц математическими понятиями, которые называются волновыми функциями. Например, волновая функция, представляющая частицу в определенном положении *A* (как в случае с электроном, находящимся в наноскопической ловушке), имеет максимум в точке *A* и обращается в ноль везде вне этой точки



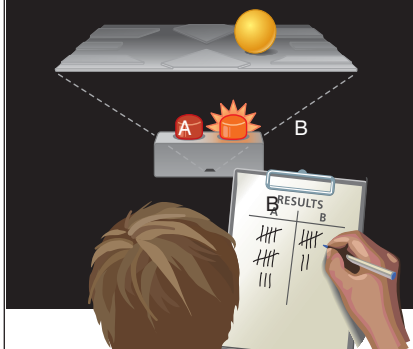
Волновые функции могут суммироваться как обычные волны, образуя суперпозиции. Такие волновые функции характеризуют частицы, которые находятся более чем в одном состоянии одновременно. Амплитуда каждого максимума такой волновой функции определяет вероятность, с которой частица будет найдена в том или ином положении



Другим представлением волновой функции может быть перечень возможных состояний частицы с указанием их амплитуд.

Положение	Амплитуда	Вероятность
<i>A</i>	0,8	64%
<i>B</i>	0,6	36%

Однако прибор, определяющий положение частицы, находящейся в такой суперпозиции, дает однозначный результат: *A* или *B*, кажущийся случайным. Прибор не может выдать информацию об одновременном сочетании обеих реализаций, и частица перестает быть суперпозицией. Следовательно, мы никогда не видим макроскопические объекты, например бейсбольные мячи, в состоянии суперпозиции



риента волновая функция, описывающая суперпозицию всех возможных состояний системы, коллапсирует в одно конкретное состояние, нарушая тем самым свою гладкую эволюцию и формируя разрыв. Таким образом, данные некоторого единичного эксперимента полностью исключают из классической реальности все остальные возможные состояния системы. Следует отметить, что вся информация о волновой функции электрона, доступная до проведения опыта, не может дать ответ на вопрос: «Какая именно конфигурация будет наблюдаться в процессе эксперимента?». С точки зрения математики, подобное нарушение гладкости волновой функции не следует из свойств уравнения Шредингера. Для полного описания системы приходится независимо постулировать наличие коллапса как дополнительного условия, которое может и нарушить исходное уравнение Шредингера.

Для решения проблемы измеримости многие из основоположников квантовой механики, в первую очередь Нильс Бор (Nils Bohr), Вернер Гейзенберг (Werner Heisenberg) и Джон фон Нейман (John von Neumann), приняли интерпретацию квантовой механики, известную под названием копенгагенской. Эта модель реальности постулирует, что при измерениях механика квантового мира сводится к классически наблюдаемым явлениям, что позволяет понять их смысл только в представлении макромра, но не наоборот.

Копенгагенская интерпретация отдает предпочтение внешнему наблюдателю, помещая его в классический мир, отличный от квантового мира наблюдаемого объекта. Несмотря на то что ученые, использующие данную интерпретацию, не могут объяс-

нить природу границы между квантовым и классическим мирами, они с большим успехом применяют квантовую механику для решения технических задач. Целые поколения физиков учили, что уравнения квантовой механики действуют только в одной части реального мира — в микромире, но теряют силу в другой его части, макроскопической.

Универсальная волновая функция

Подход Эверетта к проблеме измеримости с точки зрения объединения макроскопического и квантового миров резко противоречил копенгагенской интерпретации. Эверетт сделал наблюдателя неотъемлемой частью наблюдаемой системы, введя универсальную волновую функцию, связывающую наблюдателя (точнее, наблюдателя и измерительный прибор) и объекты наблюдения в единую квантовую систему. Он дал квантово-механическое описание макроскопического мира и считал макрообъекты также находящимися в состоянии квантовой суперпозиции. Отойдя от Бора и Гейзенберга, он сумел обойтись без добавления новых постулатов о коллапсе волновой функции.

Радикально новая идея Эверетта состояла в том, чтобы задать вопрос: «А что если процесс измерения не прерывает эволюции волновой функции? Что если уравнение Шредингера применимо всегда и ко всему — и к объектам наблюдения, и к наблюдателям? Что если ни один из элементов суперпозиции никогда не исчезает из реальности? Как будет выглядеть для нас такой мир?»

Эверетт увидел, что при таких допущениях волновая функция наблюдателя разветвляется при каж-

ОБ АВТОРЕ

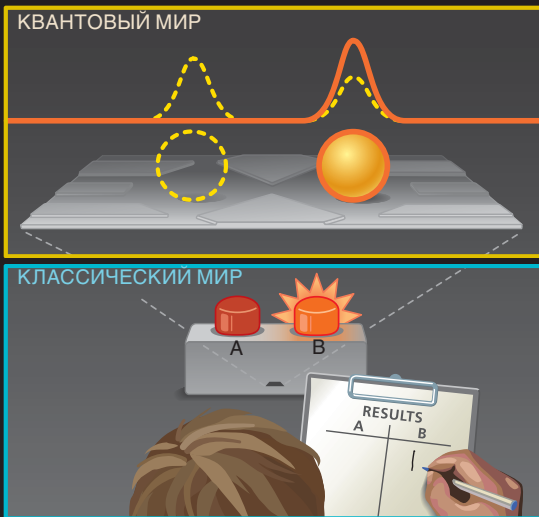
Питер Берн (Peter Byrne) (www.peterbyrne.info) — журналист-исследователь и автор статей о проблемах науки — живет в северной части Калифорнии. Сейчас он пишет полную биографию Хью Эверетта. Берн выражает благодарность Евгению Шиховцеву из Костромы, первому историку, который занялся изучением жизни Эверетта и щедро поделился собранными материалами, Американскому институту физики за финансовую поддержку, Джорджу Пью (George E. Pugh) и Кеннету Форду (Kenneth Ford) за их помощь и физикам, проверившим научную часть данной статьи.

КВАНТОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ. ДВА ОТВЕТА

Копенгагенская интерпретация и многомировая интерпретация Хью Эверетта дают два разительно отличающихся ответа на проблему измеримости. (Следует отметить, что помимо данных теорий существует и несколько других гипотез.)

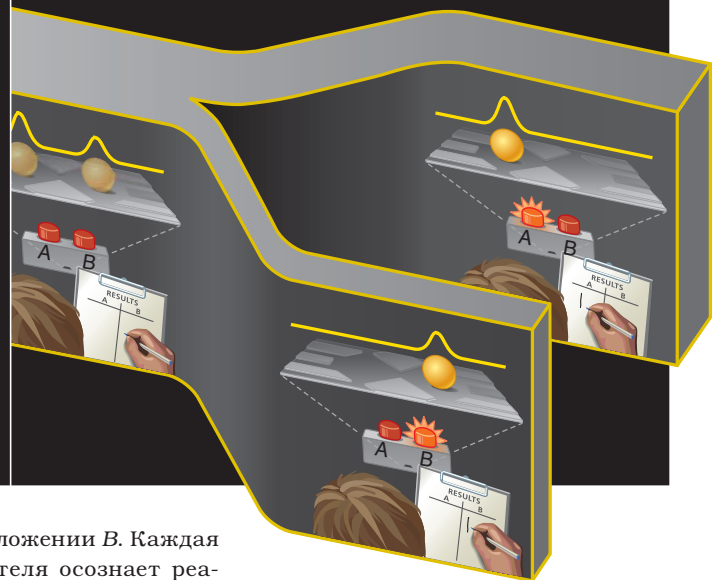
КОПЕНГАГЕНСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

По мнению Нильса Бора и его единомышленников, приборы (и наблюдатели), проводящие измерения, находятся в классическом мире, отделенном от квантового. Когда такой прибор измеряет суперпозицию некоторых состояний, квантовая волновая функция коллапсирует, сводясь случайным образом к одному из элементов суперпозиции, а все другие ее элементы исчезают. Уравнения квантовой механики не объясняют причину такого коллапса; он постулируется отдельно.



МНОГОМИРОВАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Революционность подхода Эверетта состоит в том, что он рассматривает приборы (точнее, систему приборов и наблюдателей) в процессе измерения как еще одну квантовую систему, подчиняющуюся всем уравнениям и принципам квантовой механики. В итоге он приходит к выводу, что результат измерений также является суперпозицией всех возможных исходов, а компоненты этой суперпозиции суть отдельные реализации разветвляющегося мира. В макромире мы не воспринимаем эту суперпозицию потому, что «наши копии» в каждой ветви могут знать только то, что происходит именно в данной ветви, и ни в какой другой.



дом его взаимодействия с объектом. Универсальная волновая функция будет иметь по одной ветви для каждой возможной реализации эксперимента, а у каждой из них будет своя копия наблюдателя, воспринимающего только один единственный результат измерений. Согласно фундаментальным математическим свойствам уравнения Шредингера, однажды сформировавшиеся ветви больше не влияют друг на друга. Таким образом, каждая из них приходит к своему будущему, отличному от будущего других ветвей.

Рассмотрим наблюдателя, изучающего частицу, которая является суперпозицией двух возможных состояний (например, электрон, находящийся в одном из двух положений — A или B). Согласно первой ветви, наблюдатель воспринимает электрон как находящийся в положении A. По идентичной альтернативной ветви копия этого наблюдателя воспринимает тот же самый электрон как на-

ходящийся в положении B. Каждая копия наблюдателя осознает реализацию лишь одной физической возможности из всего набора, хотя в полной реальности существуют все эти альтернативы.

Чтобы объяснить, как мы будем воспринимать такую реальность, необходимо рассматривать наблюдателя и объект наблюдения как единое целое. Однако процесс разветвления волновой функции происходит независимо от присутствия человека. В связи с этим надо признать, что волновая функция разветвляется при каждом взаимодействии двух физических систем. Современное представление о том, как разделившиеся ветви волновой функции становятся независимыми и представляются классическими реальностями, к которым мы привыкли, называется теорией квантовой декогерентности. Она стала признанной частью современной квантовой теории, хотя на се-

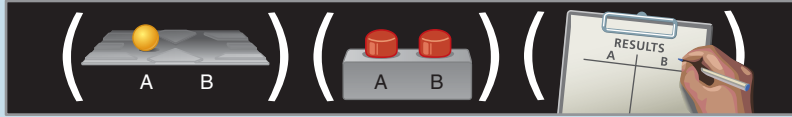
годняшний день не все соглашаются с интерпретацией Эверетта, согласно которой все ветви волновой функции представляют фактически существующие реальности.

Эверетт был не первым физиком, критиковавшим копенгагенский постулат о коллапсе волновой функции как неудовлетворительный. Но он был первопроходцем, выведшим математически непротиворечивую теорию универсальной волновой функции из уравнений квантовой механики. Важно отметить, что существование множества альтернативных миров напрямую следовало из его теории, а не постулировалось. В примечании к своей диссертации Эверетт написал: «С точки зрения теории все элементы суперпозиции (все «ветви») «реальны» и ни одна из них не более «реальна», чем остальные».

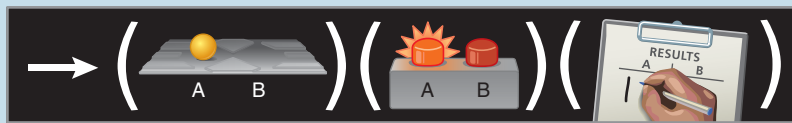
Исходный вариант его диссертации, содержащий все эти идеи, ▶

ГИПОТЕЗА О МНОЖЕСТВЕ МИРОВ

Эверетт предположил, что все существующие объекты являются квантовыми системами и подчиняются уравнению Шредингера. Он тщательно проанализировал ситуацию, в которой квантовые приборы и наблюдатели взаимодействуют с квантовыми объектами. Эверетт ввел в рассмотрение и описал строго математически так называемую «универсальную волновую функцию», включающую в себя состояния измерительного прибора, наблюдателя и объекта. Вместе эти три состояния полностью характеризуют систему как единое целое

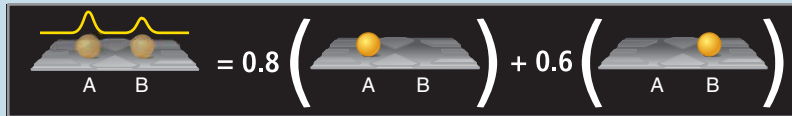


В изображенном выше состоянии частица перед измерением гарантированно находится в положении A. В этом случае (при отсутствии вносящих путаницу суперпозиций) уравнение Шредингера описывает эволюцию всей квантовой системы вплоть до конечного квантового состояния, в котором нет неопределенности. Взаимодействие между частицей и прибором включает индикатор A. Свет этого индикатора достигает наблюдателя, и тот отмечает, что индикатор мигает (внизу)



Совершенно тот же однозначный процесс происходит и в случае, когда частица в исходный момент времени гарантированно находится в состоянии B. Следует отметить, что изложение данного эксперимента сильно упрощено, но эти упрощения не влияют на выводы.

Что же происходит, когда частица перед началом измерения является суперпозицией двух состояний? В математическом отношении суперпозиция есть просто сумма



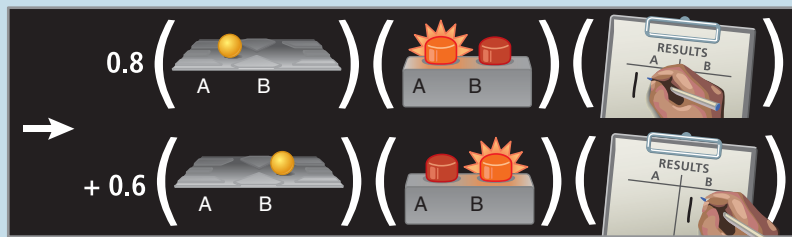
Числа в этом примере соответствуют получению результата A с вероятностью 64% ($0,64 = 0,8^2$) и получению результата B с вероятностью 36%.

Если указанная выше сумма включена в начальное общее квантовое состояние объекта, прибора и наблюдателя, результатом оказывается общее состояние, являющееся суперпозицией двух возможностей

$$(0,8 A + 0,6 B) \times \text{Прибор} \times \text{Наблюдатель} = 0,8 (A \times \text{Прибор} \times \text{Наблюдатель}) + 0,6 (B \times \text{Прибор} \times \text{Наблюдатель})$$

Благодаря линейности уравнения Шредингера при эволюции суперпозиции этих двух состояний каждый ее элемент изменяется так, как если бы он был единственным.

В итоге конечное общее состояние является суперпозицией отдельных конечных состояний для двух определенных начальных положений частицы



Линейность уравнения и так называемая ортогональность состояний влечет за собой ситуацию, в которой две части волновой функции не могут взаимодействовать между собой. Более поздний анализ, названный теорией декогерентности, объясняет эту ситуацию детальнее и глубже. Ветвь A с наблюдателем, твердо уверенным, что он видит мигание индикатора A, ведет себя так, как если бы она включала в себя всю волновую функцию. То же верно и в отношении ветви B. Этот процесс иллюстрируют рисунки, изображающие расщепление волновой функции на части с разной историей. Это расщепление не является искусственно добавленным постулатом, оно непосредственно вытекает из математики процесса.

Эверетт затем убедился, что эта математика непротиворечиво работает и в более сложных случаях, например при нескольких измерениях и нескольких наблюдателях. Остается понять только, в каком смысле в данной модели на ветвь A приходится 64% времени, а на ветвь B 36%. Работа над решением этой задачи и ее горячие обсуждения продолжаются

Грэм Коллинз (Graham P. Collins), член редколлегии журнала

был обнаружен пять лет назад в ходе архивных розысков историком науки Оливалом Фрейре мл. (Olival Freire, Jr.), работающим в Федеральном университете в г. Сальвадор (Баия) в Бразилии. Весной 1956 г. научный руководитель Эверетта в Принстонском университете Джон Арчибальд Уилер (John Archibald Wheeler) взял диссертацию своего ученика в Копенгаген, чтобы убедить Королевскую Датскую академию наук и литературы опубликовать ее. Он написал Эверетту, что имел «три продолжительные ожесточенные дискуссии» с Бором и Петерсенем. Также Уилер показал работу Эверетта еще нескольким ученым из Института теоретической физики им. Нильса Бора, в числе которых был и Александр Штерн (Alexander Stern).

Расщепления

В письме к Эверетту Уилер сообщал: «Ваш изящный формализм в определении волновой функции остается, без сомнения, незыблемым, но все мы чувствуем, что главную проблему составляют слова, которыми должны определяться понятия этого формализма». В частности, Уилера беспокоило использование Эвереттом слова «расщепление» применительно к людям и пушечным ядрам. В его письме чувствуется ощущение дискомфорта сторонников копенгагенской интерпретации по отношению к работе Эверетта. Штерн отверг теорию Эверетта как «теологическую», а Уилер не был склонен спорить с Бором. В длинном вежливом письме Штерну он объяснял и оправдывал теорию Эверетта как обобщение, а не опровержение общепринятого истолкования квантовой механики: «Полагаю, я имею право сказать, что этот прекрасный и очень способный молодой человек постепенно пришел к осознанию, что данный подход к проблеме измерений является правильным и непротиворечивым, несмотря на то что некоторые следы прежнего неоднозначного и сомнительного подхода сохранились. Поэтому во избежание дальнейшего недопонимания позвольте мне сказать, что диссертация Эверетта не подвергается сомнению существую-

ший подход к проблеме измерений, а обобщает его».

Эверетт не мог согласиться с такой трактовкой его мнения о копенгагенской интерпретации. Годом позже, отвечая на критику со стороны редактора журнала *Reviews of Modern Physics* Брайса ДеВитта (Bruce W. DeWitt), он писал:

«Копенгагенская интерпретация безнадежно неполна, так как она априори опирается на классическую физику... Кроме того, со своей концепцией «реальности» макроскопического мира и отказом в таковой миру микрокосмоса она чудовищна в философском отношении».

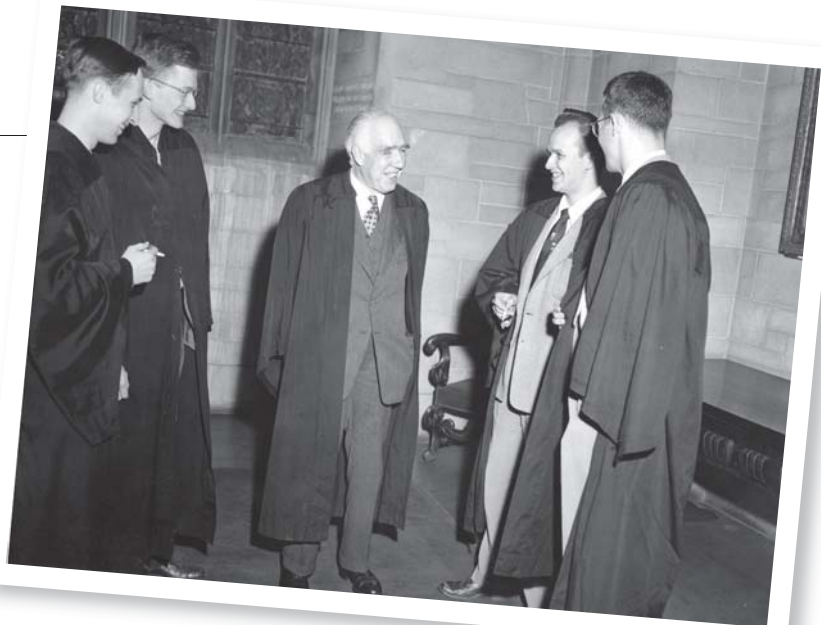
Пока Уилер был в Европе, защищая свою позицию, Эверетт чтобы избежать службы в армии, решил согласиться на исследовательскую работу в Пентагоне. Он уехал в Вашингтон и больше никогда не возвращался к теоретической физике.

Однако в течение следующего года он на расстоянии общался с Уилером, неохотно сократив свою диссертацию вчетверо. В апреле 1957 г. диссертационный совет одобрил последний вариант — без «расщеплений». Три месяца позднее журнал *Reviews of Modern Physics* опубликовал его под заголовком «Об основаниях квантовой механики». В том же номере был опубликован с положительный отзыв Уилера на работу своего аспиранта.

Будучи опубликованной, работа сразу же была забыта. Уилер постепенно начал отдаляться от всего, что было связано с теорией Эверетта, но он все еще продолжал общаться с ним и безуспешно побуждал его продолжать работу в области квантовой механики. В 2007 г. в интервью Уилер, которому тогда было 95 лет, сказал, что Эверетт «был разочарован и, видимо, очень горько, отсутствием реакции на его теорию. Я бы очень хотел продолжить общение с ним. Поставленные им вопросы очень важны».

Стратегии ядерной войны

Принстонский университет присвоил Эверетту докторскую степень через год после начала работы над пер-



ВСТРЕЧА Нильса Бора (в центре) и Эверетта (второй справа) в Принстонском университете в ноябре 1954 г., когда у Эверетта впервые возникла идея множественности миров. Бор так и не признал его теорию. Остальные присутствующие аспиранты (слева направо) — Чарльз Мизнер, Хейл Троттер и Дэвид Харрисон

вым проектом Пентагона: расчетом возможного коэффициента смертности от радиоактивных осадков в случае ядерной войны. Очень скоро Эверетт возглавил математический отдел почти неизвестной, но очень влиятельной Группы оценки систем вооружений (*Weapons Systems Evaluation Group, WSEG*) Пентагона. Эверетт консультировал высших чиновников администраций Эйзенхауэра и Кеннеди по наилучшим методам выбора целей для водородных бомб и структурирования ядерной триады — бомбардировщиков, подводных лодок и ракет наземного базирования — для оптимизации удара в ядерной войне.

В 1960 г. Эверетт участвовал в составлении аналитического отчета № 50 *WSEG*, остающегося секретным по сей день. По словам друга и коллеги Эверетта Джорджа Пью (George E. Pugh), а также данным историков, этот отчет совершенствовал и продвигал военные стратегии, которые оставались актуальными в течение десятилетий, включая концепцию гарантированного взаимного уничтожения. *WSEG* снабжала главных организаторов ядерной военной программы настолько устрашающей информацией о глобальных эффектах радиоактивных осадков, что многие пришли к убеждению в преимущественном приме-

нении ядерных сил в качестве средства сдерживания. Данное решение было принято вопреки мнению многих влиятельных лиц, продвигавших идеи превентивного нападения на Советский Союз, Китай и другие страны социалистического лагеря.

В этот же период разыгрался последний этап борьбы вокруг теории Эверетта. Весной 1959 г. Бор согласился встретиться с Эвереттом в Копенгагене. Бор не изменил своей позиции, а Эверетт не вернулся к исследованиям по квантовой механике. Однако поездка все же принесла плоды: однажды, потягивая пиво в копенгагенском отеле *Osterport*, Эверетт написал на бланке отеля важное усовершенствование другого математического приема, обобщенного метода множителей Лагранжа, получившее название «алгоритм Эверетта». Он упрощает поиски оптимальных решений сложных логистических задач, начиная от развертывания ядерных вооружений и своевременной разработки планов промышленного производства, заканчивая оптимизацией маршрутов для школьных автобусов.

А в 1964 г. Эверетт, Пью и несколько их коллег по *WSEG* основали частную оборонную компанию *Lambda Corporation*. Среди прочего она занималась разработкой математических моделей противоракетных ▶

ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ ЭВЕРЕТТА

11.11.1930 г. Родился в Вашингтоне

1943 г. Альберт Эйнштейн отвечает на письмо юного Эверетта о всеохватывающем пушечном ядре, попадающем в нескрушиваемый столб

Осень 1953 г. Поступает в аспирантуру Принстонского университета, где изучает квантовую механику под руководством Юджина Вигнера и Джона Арчибалда Уилера

Июнь 1956 г. Приступает к исследовательской работе в Группе оценки систем вооружений (WSEG) Пентагона

Ноябрь 1956 г. Женитьба на Нэнси Гор

Ноябрь 1956 г. Назначен руководителем математического отдела WSEG

Июнь 1957 г. Получает степень доктора философии

Июль 1957 г. Рождение дочери Элизабет

Весна 1959 г. В отеле *Osterport* в Копенгагене разрабатывает важное усовершенствование метода поиска оптимального решения сложных логистических задач

1959–1960 гг. Участвует в составлении отчета № 50 WSEG

Январь 1961 г. Лично составляет краткое изложение результатов анализа группой WSEG вариантов развития ядерной войны для министра обороны США Роберта Макнамары, посетившего WSEG

Апрель 1963 г. Рождение сына Марка

1964 г. Эверетт и другие его коллеги по WSEG создают компанию *Lambda* — подрядчик Пентагона

1973 г. Оставляет компанию *Lambda* и основывает компанию *DBS* по обработке информации

19.07.1982 г. Умер в постели от сердечного приступа

систем и компьютерных игр, имитирующих ядерные войны. По словам Пью, военные еще много лет пользовались этими программами. Эверетт с энтузиазмом разрабатывал приложения теоремы Байеса, математического метода корреляции вероятностей будущих событий с опытом прошлого. В 1971 г. он построил прототип байесовской машины — компьютерной программы, изучающей опыт прошлого и упрощающей принятие решений, выводя вероятные развития событий почти так же, как это делает человеческий мозг.

В 1973 г. Эверетт оставил *Lambda Corporation* и вместе со своим коллегой Дональдом Рейслером (Donald Reisler) основал компанию *DBS* по об-

работке информации. Несмотря на то что фирма принимала заказы от военных ведомств, основная ее специализация заключалась в анализе социально-экономических эффектов позитивных правительственных программ. Рейслер вспоминает, что когда они впервые встретились, Эверетт застенчиво спросил, читал ли он его статью 1957 г. «Я на минуту задумался, а потом воскликнул: «Боже мой, вы — тот самый Эверетт, тот сумасшедший, что написал эту безумную статью! Я прочел ее аспирантом, похихикал и отбросил». Вскоре они стали близкими друзьями, но договорились никогда больше не упоминать о множественности миров.

Обед с тремя «Мартини»

Несмотря на все успехи, Эверетт переживал тогда не самый лучший период в своей жизни. За ним закрепилась репутация сильно пьющего человека, а друзья говорили, что это пристрастие со временем усугубилось. По словам Рейслера, его партнер за обедом выпивал по три «Мартини», затем спал в офисе, по непонятным причинам умудряясь сохранять продуктивность в работе.

Однако гедонизм Эверетта не выражался в легком, веселом отношении к жизни. «Он не был приятным человеком, — говорит Рейслер. — Он привнес в изучение вещей холодную жесткую логику. Понятие гражданских прав не имело для него значения».

Бывший коллега Эверетта по WSEG Джон Барри (John Y. Barry) сомневается и в его порядочности. В середине 1970-х гг. Барри убедил своих работодателей из компании *J.P. Morgan* нанять Эверетта для разработки байесовского метода прогнозирования событий на фондовых биржах. Высказывалось мнение, что Эверетт справился с поставленной задачей, но отказался передать результаты своей работы нанимавшей его компании. По словам Барри он был блестящим новатором, но ненадежным человеком.

Эверетт считался эгоистом. «Хью любил поддерживать некий крайний солипсизм, — говорит бывший работник компании *DBS* Илейн Цзян

(Elaine Tsiang). — «Хотя он старался отделить свою теорию множества миров от любых теорий разума и сознания, мы все, несомненно, были обязаны своим существованием миру, который он создал сам».

И он не хотел замечать своих детей, Элизабет и Марка.

Пока Эверетт продвигал свою предпринимательскую карьеру, мир физики начал внимательно присматриваться к его отвергнутой некогда теории. ДеВитт изменил свое мнение на противоположное и стал самым рьяным ее сторонником. В 1967 г. он опубликовал статью, в которой ввел уравнение Уилера-ДеВитта — универсальную волновую функцию, удовлетворяющую квантовой теории гравитации. ДеВитт отметил, что именно Эверетт продемонстрировал необходимость такого подхода. Позже, редактируя вместе со своим аспирантом Нилом Грэмом сборник статей *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics* («Многомировая интерпретация квантовой механики»), ДеВитт принял решение включить в него и полный вариант диссертации Эверетта. Словосочетание «множество миров» прочно закрепилось не только в научном мире, но и среди любителей фантастики.

Однако не все были согласны с тем, что от копенгагенской интерпретации нужно отказаться. Физик Дэвид Мермин (N. David Mermin) из Корнеллского университета настаивал на том, что в интерпретации Эверетта волновая функция является частью объективно реального мира, а он видит в ней лишь математический инструмент. «Волновая функция — это творение человека, — говорит Мермин. — Ее назначение — дать нам возможность осмысливать результаты наших макроскопических наблюдений. Моя точка зрения прямо противоположна многомировой интерпретации. Квантовая механика — это средство, позволяющее нам делать наши наблюдения понятными, а говорить, что мы находимся внутри квантовой механики и что квантовая механика должна быть

применима к нашему восприятию, — нелогично».

Однако многие физики считают, что теорию Эверетта следует воспринимать всерьез.

«Когда в конце 1970-х гг. я услышал об интерпретации Эверетта, я подумал, что это бред сумасшедшего, — говорит физик-теоретик Стивен Шенкер из Стэнфордского университета. — Сегодня большинство известных мне людей, занимающихся теорией струн и квантовой космологией, мыслят в русле данной интерпретации. А в связи с недавними успехами в области квантовых вычислений эти вопросы перестают быть чисто академическими».

Один из пионеров теории декогерентности Войцех Зюрек (Wojciech Zurek) Национальной лаборатории в Лос-Аламосе отмечает: «Достижение Эверетта состоит в утверждении, что квантовая теория должна быть универсальной, что не должно быть разделения Вселенной на нечто априори классическое и нечто априори квантовое. Он дал нам возможность использовать квантовую теорию для описания измерений в целом».

Специалист по теории струн Хуан Малдасена (Juan Maldacena) из Института передовых исследований в Принстоне так выражает свою позицию: «Когда я думаю о теории Эверетта с точки зрения квантовой механики, она представляется мне настолько разумной, что я готов поверить в нее. В повседневной жизни я в нее не верю».

В 1977 г. ДеВитт и Уилер пригласили Эверетта выступить с докладом о своей интерпретации в Техасском университете в Остине. Надо сказать, что Эверетт терпеть не мог публичных выступлений, на докладе был в мятом черном костюме и все время курил. Присутствовал там и Дэвид Дойч (David Deutsch), основатель теории квантовых вычислений (толчком к созданию которой и послужила теория Эверетта), работающий в данный момент в Оксфордском университете. «Он опередил свое время, — говорил Дойч, подводя итог выступлению Эверетта. — Своей

позицией он демонстрировал непонимание людей, отрицающих объективную реальность: ведь отречение от первоначальной цели науки — объяснения природы мира — нанесло огромный вред развитию физики и философии. Мы безнадежно увязли в формализме и воспринимали ход вещей как прогресс, который ничего не объясняет, а вакуум был заполнен мистикой, верой и всяким вздором. Заслуга Эверетта в том, что он противостоял всему этому».

После поездки в Техас Уилер попытался привлечь Эверетта в Институт теоретической физики в Санта-Барбаре, но в итоге из этого так ничего и не вышло.

Всеобщность восприятия

Эверетт скончался 19 июля 1982 г. в своей постели. Ему был всего 51 год. Безжизненное тело отца обнаружил девятнадцатилетний Марк и, почувствовав холод мертвого тела, понял, что никогда раньше не прикасался к своему отцу. «Я не знал, как отнестись к тому, что мой отец умер, — сказал он мне. — Мы были совершенно чужими друг для друга».

Вскоре Марк, переехав в Лос-Анджелес, стал преуспевающим автором песен и лидером популярной рок-группы «Угри». Многие из его песен отражают грусть, которую он испытал в своем детстве, живя с подавленным, пьющим и эмоционально отчужденным человеком. И только спустя годы сын узнал о достижениях своего отца в карьере и науке.

Первую из многих попыток покончить с собой сестра Марка Элизабет предприняла в июне 1982 г. Брат успел вовремя доставить в больницу, а вернувшись вечером домой, рассказал об этом отцу. Тот лишь «поднял глаза от газеты и сказал: “Я не знал, что ей так тоскливо”». В 1996 г. она приняла смертельную дозу снотворного. В своем предсмертной записке она написала, что хочет встретиться с отцом в другом мире.

В песне 2005 г. *Things the Grandchildren Should Know* («Что должны знать внуки») Марк писал: «Я никогда по-настоящему не мог понять, что должно было нравиться

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ ТЕОРИИ ЭВЕРЕТТА

Зима 1954–1955 гг. Эверетт начинает писать диссертацию по квантовой механике

Январь 1956 г. Эверетт представляет законченную диссертацию «Теория универсальной волновой функции»

Весна 1956 г. Уилер везет диссертацию в Копенгаген, чтобы обсудить ее с Нильсом Бором и другими ведущими физиками. Те относятся к ней отрицательно

Август 1956 г. – март 1957 г. Уилер и Эверетт переписывают диссертацию, сильно сокращая ее

Апрель 1957 г. Диссертационный совет принимает сокращенную диссертацию «Об основаниях квантовой механики»

Май 1957 г.: Брайс ДеВитт (редактор журнала *Review of Modern Physics*) в письме Уилеру настаивает, что «реальный мир не разветвляется».

Июль 1957 г. *Review of Modern Physics* публикует сокращенную диссертацию Эверетта и хвалебную оценку ее Уилером

Весна 1959 г. Эверетт встречается в Копенгагене с Бором, но оба остаются на прежних позициях

Март 1970 г. Дитер Цех публикует важную статью о декогерентности, отдавая должное работе Эверетта

Сентябрь 1970 г. ДеВитт публикует в журнале *Physics Today* обзорную статью в поддержку теории Эверетта

1973 г. ДеВитт и Нил Грэм издают сборник, в котором публикуют оба варианта диссертации Эверетта и другие статьи

Декабрь 1976 г. Теорию Эверетта популяризирует научно-фантастический журнал *Analog*

Июль 1985 г. Дэвид Дойч предлагает квантовый компьютер, позволяющий использовать параллелизм Эверетта

Июль 2007 г. Пятидесятилетняя годовщина статьи Эверетта в журнале *Review of Modern Physics* отмечена конференцией в Оксфордском университете и на обложке журнала *Nature*

ему, замкнувшемуся в собственном мире». Его эгоистичный отец должен был понимать неразрешимость этой дилеммы. В первоначальном варианте своей диссертации Эверетт написал: «Раз мы признаем, что любая физическая теория есть лишь модель воспринимаемого нами мира, мы должны отказаться от надежды найти нечто похожее на истинную теорию <...> просто потому, что никогда не сможем достичь всеобщности восприятия». ■

Перевод: И.Е. Сацевич



Виктор Садовничий

ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ: выбор пути

В современных условиях университетские выпускники должны уметь ставить задачи, управлять процессами и просчитывать последствия принятых решений

Причины успеха

Один из руководителей компании *Microsoft* как-то поделился своими наблюдениями: «Если есть простая задача, мы можем решить ее в Америке, если сложная, мы решим ее в Индии, а если есть неразрешимая задача, то решить ее можно только в России». Причина того, что наши выпускники так высоко ценятся на мировом рынке труда, — фундаментальность образования. К сожалению, сегодня наблюдается тенденция исключить фунда-

ментальные знания из университетского образования или признать их роль в процессе обучения. Однако без них невозможна подготовка специалистов, которые будут не бездумными исполнителями, а творческими работниками, способными осуществить инновационное развитие соответствующих областей экономики. Человек, получивший глубокое фундаментальное образование, способен комплексно, системно оценить все последствия тех или иных управленческих решений и обеспечить условия для устойчивого развития общества. Кроме того, фундаментальное образование — основа для последующего обучения на протяжении всей жизни, что имеет чрезвычайно большое значение в современном обществе, в условиях быстрой смены технологий.

Научные кадры

Будущее человечества создается уже сегодня, и определяется оно уровнем фундаментальной науки и образования.

Однако в последнее время появилась тенденция рассматривать науку сквозь призму краткосрочной экономической целесообразности, быстрой финансовой отдачи. Перенос рыночных механизмов в сферу науки и образования чреват невосполнимыми стратегическими потерями, которые в перспективе могут оказаться более ощутимыми, чем сегодняшняя выгода. Результаты фундаментальных исследований, как правило, многократно превышают результаты прикладных работ как по итоговой экономической эффективности, так и по социальной значимости.

Одна из острейших проблем современной российской науки — ослабление фундаментальных направлений научных исследований. Из-за хронического недофинансирования к началу 2000-х гг. оказалась подорванной вся система подготовки и воспроизводства научных кадров. Неизбежным результатом стал тяжелый кадровый кризис, который выразился в сокращении

числа исследователей, быстром старении и изменении их качественно-количественного состава, а также в разрушении преемственности в науке.

Сегодня около 33 тыс. человек работают за границей по контрактам, т.е. большинство из них основную часть времени (или постоянно) находятся за рубежом и лишь формально числятся в списках российских институтов. Основные причины оттока лучших ученых за рубеж — крайне низкая материальная оценка их труда в нашей стране и отсутствие здесь современных условий для работы.

Отличительная черта нашего образования — его фундаментальность

Научное сотрудничество — улица с двусторонним движением. Хотелось бы, чтобы по этой улице был и встречный поток. Хорошо, что сейчас стали создаваться условия для возврата уехавших в 1990-е гг. наших специалистов.

За истекшее десятилетие процесс интеллектуальной миграции из России претерпел некоторые изменения. Среди студенческой молодежи нет массовой тяги к отъезду за рубеж. Наблюдения за 2002 г. показали, что лишь около 5% выпускников намерены сразу после окончания вуза уехать за границу, из них половина — для того чтобы продолжить там обучение; молодые же ученые теперь больше заинтересованы работать в России.

Реформы: какими мы их видим сегодня

В 1990-х гг. система образования подверглась реформированию, был провозглашен курс на уменьшение в школе доли фундаментальных дисциплин: математики, химии, физики. Сейчас предложен Единый государственный экзамен (ЕГЭ) — тестирование, которое учитывается при поступлении в вуз. Высшее образование также подверглось изменениям, главным образом в связи с Болонским процессом и двухуровневой системой. Возникла реальная угроза

дефундаментализации образования и приватизации высшей школы.

В стране более 3 тыс. образовательных учреждений, относящих себя к высшим учебным заведениям. Они разделены по множеству критериев, есть государственные и коммерческие, федеральные, региональные и муниципальные вузы, университеты, академии и высшие школы, учебные заведения, организованные на базе академических научно-исследовательских институтов, инновационные, а также имеющие право на специалитет, магистратуру и аспирантуру или ограни-

ченные только бакалавриатом или только магистратурой. Есть вузы, принимающие абитуриентов только на основе ЕГЭ, а есть те, которые при приеме лишь частично учитывают результаты ЕГЭ, проводя дополнительные экзамены или собеседования. Можно найти и учебные заведения, которые зачислят абитуриентов просто на основании их заявлений. Существуют внушительные сектора высшего образования, в частности, медицинское и военное, которые не воспринимают двухуровневую систему, и т.д. Все они выдают дипломы единого государственного образца. Это значит, что государство признает все эти высшие учебные заведения равнокачественными по подготовке студентов.

Важное место в высшем образовании занимают активная поддержка и развитие элитного высшего образования, т.е. подготовка наиболее талантливой молодежи по ключевым направлениям научно-технологической революции и гума-

ОБ АВТОРЕ

Виктор Антонович Садовничий — ректор МГУ, академик, доктор физико-математических наук, президент Российского союза ректоров.

БОЛОНСКИЙ ПРОЦЕСС

Болонский процесс – это процесс сближения и унификации систем образования стран Европы с целью создания единого европейского пространства высшего образования. Его начало можно отнести еще к середине 1970-х гг., когда Советом министров ЕС была принята Резолюция о первой программе сотрудничества в сфере образования. Официальная дата начала процесса — 19 июня 1999 г., когда в г. Болонья на специальной конференции министры образования 29 европейских государств приняли декларацию «Зона европейского высшего образования», или

Болонскую декларацию. Болонский процесс открыт для присоединения других стран. В дальнейшем межправительственные встречи проходили в Праге (2001), Берлине (2003), Бергене (2005), Лондоне (2007). В настоящее время Болонский процесс объединяет 45 стран. Предполагается, что основные его цели должны быть достигнуты к 2010 г. Россия присоединилась к Болонскому процессу в сентябре 2003 г. на берлинской встрече министров образования европейских стран. В реализацию основных направлений Болонского процесса вовлечены многие вузы России.

нитарного знания. Уровень такой подготовки при этом должен быть не равным, а существенно выше мирового.

Талантливых молодых людей надо искать еще в школе. Незаменимую роль в этом играет сеть школ-интернатов при ведущих университетах, где учатся способные ребята со всей России. Например, школа-интернат им. Колмогорова при МГУ дает основательную подготовку по математике, физике и химии. Среди ее выпускников уже 1200 кандидатов и 300 докторов наук. Сейчас Московский университет с помощью Правительства Москвы строит для этой школы новое здание рядом с Фундаментальной библиотекой — Интеллектуальным центром МГУ.

Первыми кандидатами на создание элитных высших учебных заведений могут стать те вузы, которые уже прошли отбор в число инновационных. Это значит, что у них есть передовые образовательные программы и технологии, от которых можно отталкиваться, формируя элитное высшее образование. Особая потребность в развитии такого образования связана с развитием в нашей стране, в частности, работ в области нанотехнологий.

В течение ближайших 10 лет мировой рынок нанотехнологий достигнет \$1 трлн. Долю России в этой

сумме эксперты оценивают в 1—2%, т.е. порядка \$10—20 млрд.

Сегодня все ведущие страны находятся примерно на одинаковом уровне открывающейся области и достигнутых здесь прикладных результатов, но ни одна из уже известных задач нанонауки не может быть решена силами одного отдельно взятого государства. Нужна глубокая международная кооперация, которая предполагает как соревнование научных школ в генерировании теоретических идей, так и конкуренцию в борьбе за будущие секторы рынка нанопродукции. Поэтому уже сегодня перед страной стоит грандиозная задача — практически с нуля создать совершенно новую наукоемкую отрасль.

Осенью 2007 г. в Белгороде под председательством Президента России В.В. Путина прошло заседание Совета по реализации приоритетных национальных проектов, государство подтвердило курс на дальнейшее усиление поддержки системы образования, на сохранение его приоритетного значения в общей стратегии развития страны.

Фундаментализацию надо начинать со школьной скамьи, с уроков математики, поскольку нужно учить логике мышления, а не механическому запоминанию

Школьное дело

Первой по актуальности и важнейшей по значимости для высшего образования России является проблема углубления его научного содержания.

Фундаментализацию надо начинать со школьной скамьи, с уроков математики, нужно учить логике мышления, а не механическому запоминанию. Однако в то время как образование во всем мире активно математизируется, у нас во многих технических вузах уровень математической подготовки неуклонно падает. В большинстве гуманитарных вузов этот предмет вообще отсутствует даже в минимальном объеме, а руководители российского школьного образования начинают поговаривать об исключении математики из ЕГЭ по той причине, что 20—25% выпускников школ получают по ней двойки.

Сегодня уже идет речь и об уменьшении количества часов, отводимых на химию, физику, биологию. Так мы дойдем до того, что вообще исключим из школьных программ эти предметы, сведя все обучение к четырем действиям арифметики.

К актуальным проблемам высшего образования относится и проблема его упорядочения. Сегодня, по усредненным экспертным оценкам, высшее образование в той или иной форме получают около 7 млн человек. На 10 тыс. населения России приходится примерно 500 студентов. Это один из самых высоких показателей в мире. Социологи говорят, что около 76% из них удовлетворены своим образованием. Более 80% выражают недовольство своим материальным положением. Ситуация объяснима, если знать, что, например, в 2006 г. 56% выпускников учились на коммерческой основе, во многих случаях их учеба



была тяжелым бременем для семейного бюджета.

Одна из проблем высшего образования, обостряющаяся с каждым днем и годом, — преподавательские кадры. Наверное, ни у кого нет сомнений в том, что педагогический корпус высшей школы должен быть высококвалифицированным, состоять в своей основной части из докторов и кандидатов наук, профессоров и доцентов. По данным ВАК, в стране ежегодно защищается около 30 тыс. кандидатских и 5 тыс. докторских диссертаций. Резко возросло количество работ по общественным и экономическим наукам. Например, доля диссертаций по экономическим наукам за 10 лет увеличилась в 2 раза и в 2005 г. составила 20%. При этом диссертации стали защищать не только люди, профессионально занимающиеся наукой — преподаватели и научные работники, сегодня наличие ученой степени и звания становится престижным для успешной карьеры. Не случайно, что качество многих диссертаций совсем не удовлетворительное. Так, например,

в 2006 г. ВАК не утвердил 1 тыс. уже защищенных работ.

По данным Общественной палаты, научные исследования и разработки проводятся лишь в 37% учебных заведений, при этом вновь созданные частные вузы практически не занимаются исследованиями. За последние десять лет доля преподавателей вузов, принимающих участие в выполнении исследований и разработок, сократилась с 38% до 16%. Уровень затрат на науку в расчете на одного исследователя в отечественных вузах примерно соответствует показателям Словакии и Румынии. Такая ситуация не позволяет создать необходимые условия для проведения научных исследований и обеспечить воспроизводство научных школ.

Еще одна актуальная проблема, которую необходимо решать, — проблема стандартов высшего образования. В советское время существовали единые и обязательные для всех вузов и по всем специальностям учебные планы, программы и набор учебников по каждому предмету, имевших гриф Минвуза

Университетский медицинский центр на новой территории МГУ на Воробьевых горах

страны. Такая система стандартов обеспечивала возможность постоянного текущего контроля качества высшего образования.

Сейчас это невозможно, да и не нужно. Во-первых, у определенной части административного, образовательного и бизнес-общества нет единого мнения о содержании самого понятия «стандарт высшего образования». Во-вторых, одни полагают, что формирование стандартов — это прерогатива исключительно высшей школы, другие — что это право принадлежит работодателям. Правда, есть еще и те, кто считает, что нужно просто позаимствовать соответствующие стандарты у Запада и считать проблему решенной.

В настоящее время разрабатываются стандарты третьего поколения, где главными действующими силами стали высшая школа и работодатели. Российский Союз ▶

ЭТАПЫ КРИЗИСА В НАУКЕ

Первый этап кризиса — «кадровый обвал» (1990—1994 гг.). За эти пять лет численность персонала, занятого исследованиями и разработками, сократилась в общей сложности на 850 тыс. человек. Сферы бурно развивающегося бизнеса (банки, страховые компании, другие частные предприятия) и политики, госаппарат и т.д. остро нуждались в дипломированных специалистах, а их целевая подготовка еще только разворачивалась. Основным источником оказались наиболее активные кадры быстро нищающей науки.

Второй этап (1995—1998 гг.) — «умеренное сокращение», когда зна-

чительная часть ученых, оставшихся в науке, попыталась адаптироваться к новым условиям жизни. Численность персонала в сфере науки и научного обслуживания сократилась на 206 тыс. человек, т. е. в четыре раза меньше, чем на первом этапе (1990—1994 гг.). Однако значительно возросли масштабы скрытой формы «внутренней» миграции кадров — вторичная занятость работающих в отрасли науки и научного обслуживания. Не только переход в другие сферы, а часто и совместительство, занимающее основную часть рабочего времени, неизбежно приводят к снижению квалификации ученого или ее утрате.

ректоров, Высшая школа, Московский университет полагают, что в основе образовательных стандартов должны лежать академические параметры и критерии. Что касается участия работодателей, то это могут быть конкретные дополнения к академическим стандартам. Например, в каких-то направлениях высшего образования

следует увеличить долю иностранного языка, включить изучение новейших компьютерных программ и продуктов, добавить элементы экономического и финансового всеобуча и т.д. Однако следует исключить ситуацию, при которой стандарты будут отданы целиком на откуп работодателям. Представьте, если каждый работодатель станет навязывать вузам собственные квалификационные требования?

Высшие учебные заведения должны давать специалистам базовое

образование и адаптировать их к конкретному рабочему месту, знакомить со спецификой того или иного предприятия. Для получения необходимой специализации существует масса возможностей в системе дополнительного образования. На данный момент подготовку специалистов на заказ могут позволить себе только крупные компании, нуждающиеся в постоянном притоке новых кадров, и этот спрос вполне может быть удовлетворен через систему корпоративных университетов.

Несколько лет тому назад в некоторых странах внутри крупных компаний стали создаваться образовательные структуры для повышения квалификации работников, куда приглашали университетских преподавателей. У нас в МГУ стали создаваться новые факультеты (корпоративные университеты), которые встроены в университетскую систему и дают образование самого высокого уровня — уровня Московского университета, и при этом финансируются коммерческими структурами.

В 2006 г. на VIII съезде Российского Союза ректоров было подписано Соглашение о стратегическом партнерстве с Российским союзом промышленников и предпринимателей, с объединениями «Деловая

Первый учебный корпус на новой территории МГУ на Воробьевых горах



Россия» и «Опора России», а также с Торгово-промышленной палатой.

Частью проблемы образовательных стандартов, имеющей и огромное самостоятельное значение, стала проблема учебной литературы. Можно только приветствовать тот факт, что за ее решение для средней школы взялась РАН в лице Комиссии по научному содержанию образовательных стандартов и экспертизе учебников. Московский университет активно поддерживает предложение РАН провести всероссийский конкурс учебников по каждой области науки, отобрать 2—3 лучших учебника, включить их в федеральный список и рекомендовать школам, т.к. только по русскому языку их больше 70; не меньше учебных пособий по всемирной истории и истории России.

С вузовскими учебниками положение намного сложнее. Издание учебной литературы для высшей школы в стране никак и никем не регламентируется. Практически каждый университет, академия, каждое учреждение, именующее себя высшей школой или высшим колледжем, само решает, что издавать, подбирает авторов, т.е. «варится в собственном соку». Нередки случаи, когда учебник по высшей математике пишет обычный инженер, учебник по истории — публицист. Но если в естественнонаучном цикле все-таки есть определенные рамки, выходить за которые нельзя, то в учебниках по общественным и гуманитарным предметам порой царит невообразимый хаос.

Вчера и сегодня

Советская система высшего образования в свое время была одной из лучших в мире, но она не соответствует реалиям нынешней России. Стране нужна современная система, при формировании которой следует избежать некоторых опасностей. К их числу относится усиленно внедряемая в государственное, общественное и профессиональное сознание идея о том, что высшее образование России будет лучшим, если его преобразовать по

СТАНДАРТЫ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ



Московский университет — активный и инициативный участник работы над стандартами высшего образования; в определенных его секторах университет стал первопроходцем, иницируя в высшей школе новейшие направления подготовки специалистов. Так, 15 лет тому назад, когда появился факультет фундаментальной медицины, были предложены и первые варианты соответствующих этому сегменту высшего образования стандартов, которых до того не существовало. В течение нескольких последних лет в МГУ организовано четыре высших школы (факультета) экономического

профиля наряду с существующими экономическим факультетом и факультетом государственного управления. Это альтернативные формы организации университетского экономического и управленческого образования, и какая или какие из них окажутся наиболее жизнеспособными — покажет время. Московский университет достиг сегодня такого уровня устойчивости в своем развитии, что может позволить себе самостоятельные широкие эксперименты, фьючерсные (рисковые) программы, масштабную межфакультетскую, межвузовскую и международную кооперацию

образу и подобию западной — европейской или американской — высшей школы.

Россия присоединилась к Болонскому процессу, однако это вовсе не предполагает, что наша высшая школа должна полностью копировать все западные образцы. Мы должны брать только лучшее. К тому же многие ведущие вузы Европы не участвуют в этом процессе. Не кидаются безоглядно в эту систему, например, Китай и Индия — наши важнейшие партнеры в сфере образования.

Не менее иллюзорно представление о Болонском процессе как об автоматическом катализаторе студенческой и профессорской мобильности. И до его подпи-

сания, и спустя четыре года после того как Россия присоединилась к нему, студенты и профессора пока уезжают в одном направлении — в Европу и США. В 2006 г. только в Англии училось более 2,5 тыс. российских студентов, сколько англичан училось в России — неизвестно, в Московском университете их было всего 32.

Укрепление научных школ, приток молодых ученых, равно как и возврат уехавших — это и есть та линия, которой мы должны придерживаться. Только на этом пути можно стать страной, которая занимает достойное место в мире, которая живет не за счет экспорта сырья, а за счет создания наукоемкой продукции. ■

НАУКА О науке

Для оценки прошлого, настоящего и будущего важны точные показатели. О развитии наукометрии, одного из направлений изучения науки, корреспондент «В мире науки» беседовал с заместителем руководителя Института статистических исследований и экономики знаний Государственного университета – Высшей школы экономики, директором Международного научно-образовательного Форсайт-центра, кандидатом физико-математических наук **Александром Васильевичем Соколовым**, и кандидатом педагогических наук, старшим научным сотрудником Форсайт-центра **Натальей Анатольевной Слащевой**

Немного истории

Наука как объект исследования, законы ее развития и функционирования, вопросы научной политики давно интересуют специалистов. С течением времени образовалось отдельное направление исследований — науковедение, одним из основоположников которого считается Дж. Бернал. Значительную роль в развитии науковедения сыграл Д. Прайс, которого называют «отцом наукометрии». Физик по специальности, он использовал для изучения науки количественные методы. Серьезный вклад в создание методологии и инструментария наукометрического (библиометрического) анализа внес Ю. Гарфилд, основавший в 1958 г. Институт научной информации (*Institute for Scientific Information, ISI*).

В большинстве работ наука рассматривается как процесс, который можно измерить в количественном выражении. Так выделилось отдельное направление в науковедении — наукометрия, т.е. измерение науки количественными методами. В настоящее время исследования в данной области проводят многие организации и информационные центры во всем мире. Лица, ответственные за научную политику в Европе и США, также уделяют большое внимание наукометриче-

ским (библиометрическим) показателям, которые главным образом представляют различные аспекты научной деятельности в количественном выражении.

В сентябре 1993 г. в Берлине в рамках Международной конференции по библиометрии/наукометрии было основано Международное общество по наукометрии и инфометрии. Конференция организуется один раз в два года, в ее программу входит вручение медали им. Д. Прайса. Первым обладателем ее в 1984 г. стал Ю. Гарфилд. Из наших соотечественников в 1987 г. этой награды был удостоен доктор технических наук, профессор, академик Российской академии естественных наук Василий Васильевич Налимов. Медаль — за выдающиеся достижения в данной области исследований.

Если говорить о российских исследованиях в сфере наукометрии, то нельзя также не упомянуть о семинарах Института истории естествознания и техники РАН под руководством Р.С. Микулинского, о работах Г.М. Доброва в Центре исследований научно-технического потенциала и истории науки НАН Украины им. Г.М. Доброва, о таких ученых, как С.Д. Хайтун, В.А. Маркусова, С.Г. Кара-Мурза, Л.М. Гохберг, Г.С. Сагиева, И.В. Мар-

шакова-Шайкевич, а также об организациях, в которых проводятся наукометрические исследования — Библиотека по естественным наукам РАН, Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН, Всероссийский институт научной и технической информации РАН, Государственный университет — Высшая школа экономики и др.

Как изучают науку

Рассмотрим инструментарий, который используется в наукометрических (библиометрических) исследованиях. Ранее это были печатные библиографические указатели или первоисточники (как правило, периодические издания). Сегодня источниками информации могут быть различные электронные носители (базы данных на *CD-ROM, DVD* и доступные через Интернет). В зависимости от видов и способов представления данных в них, можно получать различную наукометрическую информацию.

Цитат-анализ — одно из направлений в наукометрии, которое тесно связано с именем Ю. Гарфилда, выдвинувшего идею об особом информационном языке — языке библиографических ссылок. Цитат-анализ позволяет выявлять тенденции развития и состояния науки, изучать межличностные отношения — ин-

формационные связи между учеными. История возникновения современных цитатных указателей восходит к «Парижской библиографии», изданной в 1771—1772 гг. Она представляет собой библиографию рецензий из двух журналов на книги, изданные в Париже в 1770 г., другими словами, упорядоченный массив материалов по рецензируемым книгам. В 1873 г. в США появился «Указатель ссылок Федерального законодательства» Шепарда — списки публикаций, содержащих ссылки на определенные судебные прецеденты. В силу ряда причин существующие указатели цитирования не всегда полно отражают публикации ученых определенных стран. В этой связи в некоторых странах проводятся работы по формированию национальных индексов научного цитирования. Так, в 1989 г. в Китае была создана национальная база данных (*Chinese Science Citation Database*), насчитывающая более 1000 наименований изданий на китайском языке, Европейская Комиссия также приняла решение о создании альтернативной базы данных по европейским научным публикациям, где были бы полнее представлены издания на немецком, французском, итальянском, испанском и других европейских языках. Япония и Тайвань осуществляют аналогичные проекты. В России в 2005 г. при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации началось формирование Российского индекса научного цитирования.

Сфера применения наукометрических методов достаточно широка. Так, во многих странах они используются для формирования научно-технической политики, а также для принятия решений о финансировании отдельных научных коллективов и исследовательских программ.

Предвидеть будущее

Новая и быстро развивающаяся сфера применения библиометрических методов — прогнозирование научно-технологического развития. В частности, подобные исследова-

ния ведутся в рамках национальных программ Форсайта (от английского *foresight* — предвидение или взгляд в будущее). Например, в последнем (восьмом) японском научно-технологическом Форсайте, результаты которого были опубликованы в 2005 г., на основе библиометрических методов были выделены 133 быстро развивающихся направления исследований. Для каждого из них был проведен детальный анализ, охватывающий тенденции развития, социальное цитирование, контент-анализ, выявление ведущих научных школ, тренды взаимосвязей между отдельными направлениями, формирование новых направлений исследований на стыке научных дисциплин и т.д. Результаты анализа использовались при подготовке экспертных опросов и разработке прогноза научно-тех-

Анализ показал снижение публикационной активности ученых России за последние 8 лет (в среднем на 1,31% в год), а также уменьшение удельного веса российских публикаций в мире (в среднем на 2,92% в год). На основе классификации областей *Web of Science* более детально были исследованы количественные данные публикационной активности российских специалистов с учетом тематической направленности

нологического развития Японии до 2030 г. Наукометрические исследования проводились также при формировании перечня ключевых технологий во Франции, подготовке прогнозов в Корею, Германию и ряде других стран.

В настоящее время Минобрнауки России курирует работы по формированию долгосрочного прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2025 г. В рамках этого проекта ведется разработка макроэкономических и научно-технологических сценариев, отраслевых прогнозов и собственно прогноза развития науки и технологий на основе экспертного опроса по методу Дельфи. В итоге появляется возможность

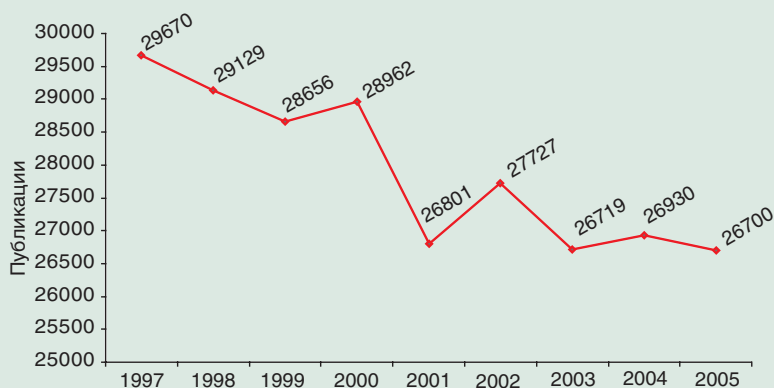
получить объективную оценку перспективных направлений научно-технологического развития, составить целостную картину развития науки и технологий, выявить ключевые научные результаты, инновационные товары и услуги, способные оказать наиболее значительное воздействие на мировую и российскую экономику и общество в средне- и долгосрочной перспективе.

Наукометрические исследования использовались как один из основных компонентов при подготовке Дельфи-опросов. При этом среди основных целей применения данных методов были формирование доказательной базы для прогноза, выявление скрытых трендов и междисциплинарных тенденций, а также подбор экспертов и организаций для привлечения к опросам, достижение более высокого уровня

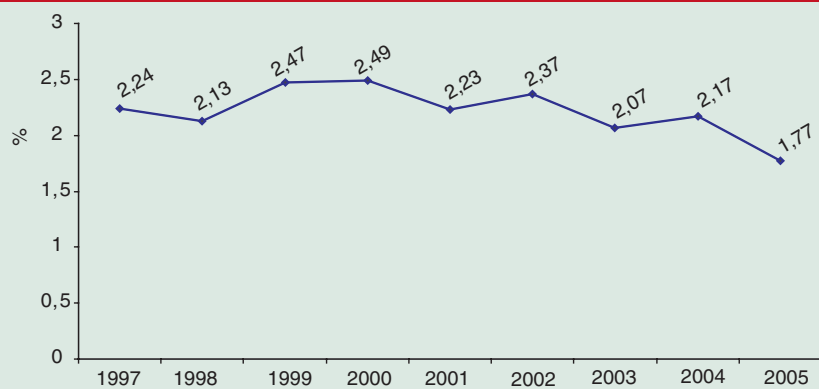
объективности, верификация качества полученных результатов.

Анализ библиометрической информации проводился за период 1997—2005 гг. с помощью реферативной базы данных *Web of Science*, *Thomson Corporation* (<http://isiknowledge.com>) и охватывал публикационную активность ученых России (см. рис. на с. 84), международные сопоставления, тенденции развития отдельных актуальных направлений научных исследований. Наряду с традиционной библиографической информацией и рефератом публикации, данный ресурс содержит проиндексированную пристатейную библиографию, что значительно расширяет поисковый потенциал базы данных и предо- ▶

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПУБЛИКАЦИЙ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ ЗА ПЕРИОД 1997-2005 ГГ. КОЛИЧЕСТВО ПУБЛИКАЦИЙ



УДЕЛЬНЫЙ ВЕС РАБОТ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ В МИРОВОМ МАССИВЕ ПУБЛИКАЦИЙ ЗА ПЕРИОД 1997-2005 ГГ.



ставляет возможность проведения аналитических исследований состояния науки (или отдельных научных направлений). В настоящий момент в рамках *Web of Science* представлено более 200 тематических категорий в области естественных, гуманитарных и общественных наук, которые отражают содержание более 9000 журналов, представленных в базе данных. В России к данному ресурсу организован доступ в рамках библиотечных консорциумов РФФИ и НЭИКОН, членами которых библиотеки РАН и вузов России.

Анализ показал снижение публикационной активности ученых России за последние 8 лет (в среднем на 1,31% в год), а также уменьшение удельного веса российских публикаций в мире (в среднем на 2,92% в год). На основе классификации областей *Web of Science* более детально были исследованы количественные

данные публикационной активности российских специалистов с учетом тематической направленности. Несмотря на уменьшение количества и доли публикаций российских ученых в мировом масштабе по таким тематическим направлениям, как «Сохранение биоразнообразия», «Информационные системы», «Телекоммуникации», «Биоматериалы», «Нанотехнологии», по ряду медицинских и смежных направлений («Хирургия», «Иммунология», «Онкология», «Фармакология» и др.) наблюдается рост числа опубликованных работ.

Наряду с анализом данных, отражающих внутренние тенденции российской науки, было проведено сопоставление с другими странами. Лидирующие позиции в 2005 г. по количеству публикаций по-прежнему занимали США, хотя удельный вес страны в общем числе пуб-

ликаций возрос незначительно. За исследуемый период позиции Китая улучшились: каждая двадцатая публикация в 2005 г. принадлежала ученым этой страны. Более чем в 2,5 раза увеличилась доля публикаций из Южной Кореи. Относительно небольшой рост количества опубликованных работ отмечен во Франции, Японии и Германии, а для Великобритании наблюдается обратная тенденция.

В рамках ресурса *Essential Science Indicators* на платформе *Web of Knowledge* (<http://isiknowledge.com>), который содержит уникальные статистические данные по основным научным направлениям в мире за последний десятилетний период плюс текущий год, был проведен сопоставительный анализ цитируемости работ российских и зарубежных исследователей, а также соответствующих рейтингов ученых, стран, научных направлений за последние 11 лет. *Essential Science Indicators* содержит данные по 22 тематическим направлениям для отдельных стран и мира в целом. На основе оценки доли публикаций, отвечающих или превосходящих среднемировой уровень цитирования, были рассчитаны тенденции роста высокоцитируемых публикаций (*рис. на стр. 85*). Несмотря на уменьшение количества работ российских ученых за анализируемый период времени, доля высокоцитируемых российских публикаций увеличилась.

Конечная цель

Сегодня отбор быстроразвивающихся научных направлений при разработке прогноза становится актуальной темой. Он проводился на основе анализа опубликованных в течение последних двух лет высокоцитируемых работ по 22 тематическим направлениям. При этом особое внимание уделялось т.н. «горячим» публикациям, которые очень быстро после издания получают отклик со стороны мирового научного сообщества и имеют высокий индекс цитируемости, а также анализу «актуальных науч-

ных направлений» (*research fronts*), которые представляют собой ядро (*core papers*) высокоцитируемых работ, связанных посредством социализации, т.е. мерой связи работ служит следующий показатель: сколько раз пара публикаций была процитирована более поздними работами. В итоге были получены описания быстроразвивающихся направлений науки в виде наборов соответствующих ключевых слов и словосочетаний. Эти данные эксперты использовали для формулирования важнейших перспективных научных задач, решение которых наиболее важно в ближайшие 10–15 лет.

Одним из главных этапов, предваряющих экспертный опрос по методу Дельфи, можно назвать выбор экспертов — как для участия в экспертных панелях (300–400 экспертов высокого уровня), так и для участия в самом опросе (3500–4000 человек). В мировой и отечественной практике применяются различные способы и критерии отбора экспертов, основанные на данных об их научной и практической деятельности. При этом учитывались следующие наукометрические показатели:

1. Наличие публикаций, представленных в мировых рейтингах по показателю цитируемости в рамках ресурса *Essential Science Indicators*.

2. Индекс цитируемости в период с 2000 по 2006 гг.

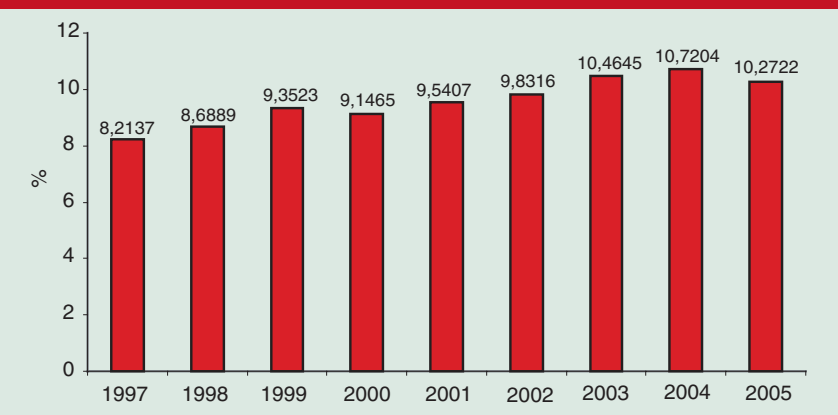
Анализировалась информация как об отдельных ученых, так и о научных коллективах, что позволяет определить наиболее квалифицированную часть научного сообщества и получить более надежные и обоснованные экспертные суждения о перспективах развития отдельных тематических направлений науки и технологий.

Безусловно, это только краткое введение в наукометрию. Данные, которые можно получать с помощью наукометрических методов, могут использоваться как научным сообществом, так и органами управления и бизнесом. Они дают возможность анализировать структуру

ВЫСОКОЦИТИРУЕМЫЕ ПУБЛИКАЦИИ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ ЗА ПЕРИОД 1997-2005 ГГ. НА 01.05.2007 Г. ПО ДАННЫМ ESI



УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ВЫСОКОЦИТИРУЕМЫХ ПУБЛИКАЦИЙ РФ ЗА ПЕРИОД 1997-2005 ГГ. НА 01.05.2007 Г. ПО ДАННЫМ ESI



науки в комплексе с другими данными, отражающими научную деятельность, предоставляют возможность описать текущее состояние и будущие векторы развития мировой

науки, оценить результативность работы ученых и, в конечном счете, формировать более эффективную научную политику. ■

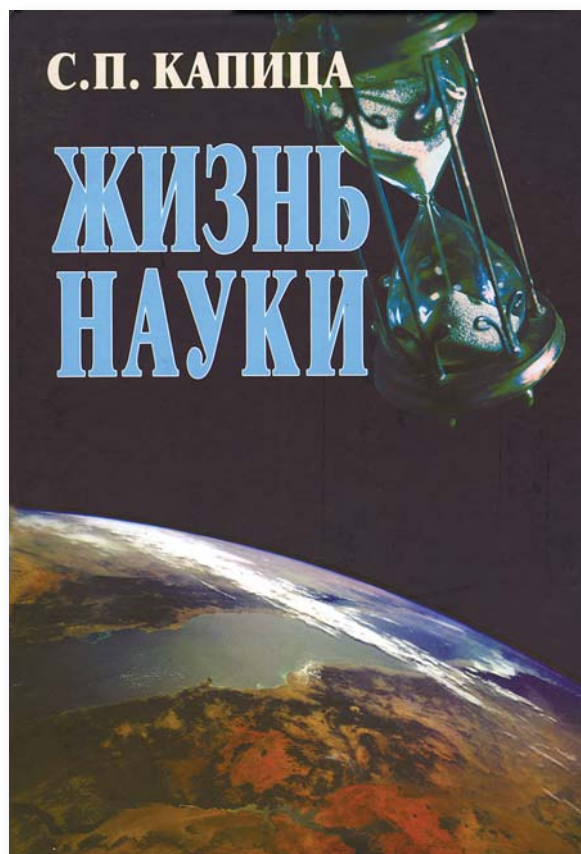
Беседовал Дмитрий Мисюров

БИБЛИОГРАФИЯ

- Bernal J.D. *The Social Function of Science*. Lnd, 1939.
- Price D.J. de Solla. *A General Theory of Bibliometric and Other Cumulative Advantage Processes* // *Journal of the American Society for Information Science*. 1976. V. 27. P. 292–306.
- Garfield E. *Citation Indexes for Science. A New Dimension in Documentation through Association of Ideas* // *Science*. 1955. V. 122. P. 108.
- Thomson Scientific. *Information to Change Your World*. Haymarket Network, 2006.
- Слащева Н.А. Публикации ученых как объект наукометрических исследований // *Роль книгоиздания в развитии международных научных и культурных*

контактов: Материалы международной научной конференции, Москва, 21–23 сентября 2005 г. М.: Наука, 2005.

- Налимов В.В., Мульченко З.М. *Наукометрия*. М.: Москва, 1969.
- Слащева Н.А., Мохначева Ю.В. *Электронная информация в наукометрических исследованиях* // *Научно-техническая информация*. Сер. 1. Организация и методика информационной работы. 2003. № 5. С. 21–27.
- Кукушкина С.Н. *Метод Дельфи в Форсайт-проектах* // *Форсайт*. 2007. № 1.
- Грановский Ю.В. *Можно ли измерять науку?* // *Науковедение*. 2000. № 1.
- Маршакова И.В. *Система цитирования научной литературы как средство слежения за развитием науки*. М.: Наука, 1988.



Жизнь науки

Антология предисловий к представленным в книге работам начинается с эпохи Возрождения и охватывает не только Новое время. Классики мировой науки создают широкую ретроспективу истории всей человеческой культуры. Несмотря на то что рамки книги ограничены естественными науками, в большинстве предисловий автор обращается к проблемам, имеющим общечеловеческую ценность. Именно эта сторона остается актуальной и по сей день, а содержание трудов давно уже «вошло в плоть и кровь нашей материальной и духовной культуры». Вместе с тем, обращаясь к читателю в начале монографии или мемуаров, ученый объясняет цель, значение и метод своей работы. Приведенные в книге предисловия интересны как образцы художественного стиля своей эпохи, в которых отразились и неповторимая личность авторов, и то время, когда они были созданы.

Известно, что интерес к прошлому возрастает в переходные периоды, когда многих волнует выбор пути дальнейшего движения. Поэтому дополненное издание книги, впервые опубликованной в 1973 г., представляется весьма актуальным.

Капица С.П. Жизнь науки. М.: ИД Тончу, 2008.

Дау, Кентавр и другие

Имя крупнейшего российско-го физика, академика И.М. Халатникова не нуждается в представлении. Автор работал вместе с Л.Д. Ландау в Институте физических проблем, созданном в свое время П.Л. Капицей. По целому ряду работ, составивших эпоху в истории теоретической физики, Исаак Маркович стал соавтором Льва Давыдовича, с которым они вместе несколько лет работали в рамках Атомного проекта.

После смерти ученого Халатников основал институт теоретической физики, сохранив тем самым научную школу Ландау и способствуя развитию теоретической физики не только в России, но и в мире.

Его книга по сути является кратким очерком истории российской физики, изложенной одним из ее основателей. Халатников пишет не только о науке, но и о своей жизни, и о стране в целом. Становление и расцвет института им. Л.Д. Ландау совпали с «периодом застоя». Рассказывая о создании и деятельности института, автор помогает понять, как в тех условиях могла развиваться наука, для которой как воздух необходима полная духовная свобода. Однако И.М. Халатников ярко показывает, что и в той системе всегда были возможности и условия для творческого созидательного процесса.



Халатников И.М.
Дау, Кентавр и другие. М.: Физматлит, 2007.

ОЧЕВИДНОЕ



НЕВЕРОЯТНОЕ

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

А. Пушкин

ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ

НА КАНАЛЕ «РОССИЯ» ПО СУББОТАМ В 11:50 ПРОГРАММА С.П. КАПИЦЫ



СМОТРИТЕ НА КАНАЛЕ NATIONAL GEOGRAPHIC В МАРТЕ

По воскресеньям, **со 2 марта, в 23:00** смотрите премьерный показ фильма **«ЗАГАДКИ БИБЛИИ»**.
Группа ученых и специалистов в области религии совместными усилиями решили изучить библейские предания, связанные с убийствами, чудесами и тайнами.

По четвергам, **с 6 марта, в 23:00** в новом сериале **«ТАЛАНТЛИВЫЕ ЖИВОТНЫЕ»** вы сможете познакомиться с тремя видами животных, которые в процессе эволюции стали одними из самых умных созданий в мире. Откуда собаки знают, когда вернуться домой хозяева? Правда ли, что голуби быстрее гепардов? Может ли свинья вырасти до размеров Годзиллы? На эти и другие вопросы стараются дать ответ создали фильма.

По воскресеньям, **с 16 марта, в 21:00** зрители смогут увидеть 5-серийный фильм **«ОБЕЗЬЯНЫ В ГОРОДЕ»** о жизни животных. Среди зеленых аллей богатого жилого района в Южной Африке разгорается война между двумя бандами. Уже проведена линия фронта и оскалены зубы. Но виновники этого жестокого столкновения не люди, а их родственники-приматы – обезьяны-верветки.

Канал распространяется по системам кабельного, IP-телевидения и спутниковой платформы НТВ-Плюс.

будущее прикладной математики



Академик В.П. Дымников

Анализируя множество публикаций ученых по актуальным проблемам, можно убедиться, насколько условна грань, разделяющая современную фундаментальную и прикладную науку. Решение глобальных вопросов, как правило, предполагает проведение масштабных исследований. Поэтому бу-

дущее прикладной науки и ее взаимосвязь с фундаментальными знаниями волнует ученых не только в России, но и за рубежом.

Перспективам развития прикладной математики была посвящена работа Школы молодых исследователей, студентов и аспирантов, проходившая в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Проведенные исторические параллели позволили по-новому оценить научную деятельность в контексте наблюдаемых тенденций по коммерциализации технологий.

Доклад директора Института вычислительной математики РАН академика В.П. Дымникова о моделировании климата и его изменений сопровождался ретроспективой работ Э. Лоренца, В. Бьеркнеса и Дж. Смагоринского, Л.Ф. Ричардсона и К.Г. Россби, Дж. фон Ньюмана и Дж. Г. Чарни. Среди работ российских ученых были особо выделены созданные еще в 1940 г. приложения к метеорологии уравнений механики бароклинной жидкости И.А. Кибеля, исследования динамики крупномасштабных атмосферных процессов Г.И. Марчука, оценки точности предвычисления адвективных изменений полей при численном прогнозе погоды, предложенные А.М. Обуховым, и методы численно-

го расчета уравнений гидродинамики, разработанные в конце 1950-х гг. С.К. Годуновым. Но существенное влияние на развитие и становление их творческой индивидуальности, несомненно, оказала опубликованная в конце XIX в. работа А.М. Ляпунова, в которой была изложена общая постановка задачи устойчивости движения.

На конференции были рассмотрены основные принципы и проблемы прогнозирования социально-экономики, вопросы управления термоядерным синтезом, перспективность методов дистанционного зондирования земной поверхности, новые подходы в решении задач математической экономики и применимость нелинейной динамики для экономического моделирования. Использование прикладной математики в авионавтике и экономике, биологии и сейсморазведке, для анализа и прогноза сложных проблем применительно к проблематике устойчивого развития мирового сообщества и глобального моделирования процессов развития государства представило всю палитру красок и богатство инструментария научной дисциплины, в развитии которой предстоит сыграть важную роль будущим естествоиспытателям — молодым ученым.

неделя нанотехнологий в Москве

Специализированная выставка нанотехнологий и наноматериалов NTMEH проходит в российской столице уже в четвертый раз. Форум открылся заседанием, на котором рассматривались проблемы разработки и внедрения наноструктурированных покрытий при изготовлении деталей газотурбинных двигателей, в частности, методы обеспечения эксплуатационных свойств материалов лопаток газовых и паровых тур-

бин с помощью ионно-имплантационного и вакуумно-плазменного модифицирования поверхности. При рассмотрении вопросов, связанных с новыми образовательными методиками, особое внимание было уделено крупным межвузовским инновационным программам Правительства Москвы.

На круглом столе, посвященном настоящему и будущему нанoeлектроники, прозвучали сообщения

о нанoeлектронных устройствах молекулярного уровня и низковольтных автоэлектронных эмиттерах на основе углеродных нанотрубок.

В совместном докладе директора ФТИАН академика А.А. Орликовского, заместителя директора В.Ф. Лукичева и с.н.с. В.В. Вьюркова были представлены результаты анализа квантовых методов моделирования нанотранзисторов

и предложены конкретные способы улучшения их характеристик.

На форуме также состоялась презентационная сессия молодежных инновационных нанотехнологических проектов, в том числе по созданию нанобиоэкоцентра, производству нанокристаллических высокоемких конденсаторных порошков тантала, нанокompозитных кремнеземосодержащих полимерных материалов и новых высокоэффективных лекарственных систем на основе наноразмерных макромолекулярных носителей.

Постоянное внимание к проблеме освоения новых нанотехнологий и создания наноматериалов, увеличение экспозиционных площадей и, соответственно, преобразование NTMEX в Нанофорум «Всероссийская неделя нанотехнологий и наноматериалов в Москве», поддерживаемый Правительством РФ, будет способствовать более активному привлечению региональных властей, научных центров и вузов к взаимовыгодному нанотехнологическому сотрудничеству.



Академик А.А. Орликовский

фундаментальные науки — медицине

Научная конференция «Фундаментальные науки — медицине» — своеобразный отчет о работе российских научных организаций по Программе Президиума РАН, предназначенной для внедрения результатов фундаментальных исследований в области естественных и точных наук в отечественное, в частности академическое здравоохранение. Пленарное заседание открыл координатор Программы академик А.И. Григорьев, рассказавший о своем учителе — недавно ушедшем из жизни академике О.Г. Газенко. Олег Георгиевич Газенко два десятка лет руководил Институтом медико-биологических проблем РАН, 30 лет возглавлял Физиологическое общество им. И.П. Павлова, а с момента основания Программы в 2002 г. являлся бессменным председателем Научного совета, определявшим приоритеты развития и организационные формы реализации проектов.

Помимо тематического регионального обзора разработок Дальневосточного, Сибирского и Уральского отделений РАН, большая часть докладов была посвящена конкретным результатам, достигнутым в различных отраслях медицинской науки и в системе здравоохранения. Запоминающийся

доклад академика Ю.В. Гуляева о пассивных методах и приборах для медицинской диагностики позволил слушателям окунуться в творческую атмосферу лабораторий РАН и проследить весь жизненный цикл наукоемкой продукции — от авторской идеи до практической реализации и сервисной поддержки.

Немало интересных выступлений прозвучало на секционных заседаниях. Например, в ходе работ в рамках Программы были получены новые рассасывающиеся матричные материалы на основе природных полисахаридов, предназначенные для культивирования клеток кожи человека и их трансплантации на раневую поверхность. Благодаря исследованию основ технологии изготовления продукции из высокопрочной коррозионно-стойкой немагнитной стали будут созданы уникальные хирургические инструменты для клинической травматологии и ортопедии.

В результате конкурсного отбора в 2007 г. из 310 заявок в Программу было включено всего 137. Большая часть проектов по причине ограниченного финансирования в бюджет не попала. Поэтому одним из перспективных направлений раз-

вития Программы представляется создание механизмов для поиска внебюджетных источников финансирования фундаментальных разработок и привлечения капиталовложений от отечественных и зарубежных инвесторов.

Разворот подготовил
Леонид Раткин



Академик Ю.В. Гуляев



VIII Всероссийская выставка научно-технического творчества молодёжи НТТМ-2008

25 – 28 июня 2008 г., Москва, ВВЦ, павильон № 57



Организаторы:

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Правительство Москвы,
Всероссийский выставочный центр,
Совет ректоров вузов Москвы и Московской области



При поддержке:

Торгово-промышленной палаты Российской Федерации



НТТМ-2008 – это:

Праздник молодёжной науки, демонстрация уникальных возможностей начинающих специалистов в построении общества, основанного на знаниях;



Итоги смотров, конкурсов и выставок научно-технического творчества и научно-исследовательской деятельности молодых специалистов, аспирантов, студентов, школьников, учащихся центров дополнительного образования;



Результаты поиска перспективных решений, воплощение новых идей в области науки, техники и технологий.



Победители конкурса номинируются на:

- ♦ премию для поддержки талантливой молодежи
- ♦ присуждение грантов по программе «У.М.Н.И.К.»
- ♦ вручение медалей «За успехи в научно-техническом творчестве молодежи»

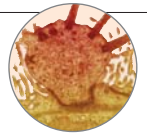


Участники выставки – представители интеллектуальной молодёжи из регионов России и стран СНГ в возрасте от 12 до 27 лет.



www.nttm-expo.ru
www.vvcentre.ru

ПОЧЕМУ МЫ ТАК ДОЛГО ПОМНИМ ЗАПАХИ, если обонятельные нейроны живут всего 60 дней?



Отвечает Дональд Уилсон (Donald A. Wilson), профессор зоологии из Оклахомского университета и автор книги *Learning to Smell* («Научиться нюхать», 2006)

Мы распознаем старые запахи, поскольку общий паттерн активности в обонятельной системе остается относительно постоянным.

Обонятельные сенсорные нейроны, располагающиеся в носовой полости под слоем слизи и передающие данные в мозг по своим аксонам (длинным выростам, несущим информацию от клеточного тела), относятся к постоянно расширяющейся группе разновидностей нейронов, которые гибнут и замещаются на новые на протяжении всей жизни человека. К счастью, они гибнут не одновременно, а на каждый конкретный запах реагируют тысячи сенсорных обонятельных нейронов.

В 2004 г. Нобелевская премия по физиологии и медицине была присуждена Линде Бак (Linda B. Buck) и Ричарду Экселу (Richard Axel). В своих исследованиях они показали, что существует огромное семейство генов, кодирующих белки, которые называются обонятельны-

ми рецепторами. Ученые заметили, что в каждом отдельном нейроне обычно экспрессируется лишь один из этих генов. Таким образом, сигналы от каждого нейрона несут информацию о запахах, активирующих один конкретный рецепторный белок в данной клетке. Когда гибнет обонятельный сенсорный нейрон, экспрессирующий определенный ген рецептора, созревает новый, в котором активен тот же самый ген, и аксоны нового нейрона подключаются к той же самой группе нейронов обонятельной луковицы, что и его предшественник. Данное явление обеспечивает чрезвычайную стабильность системы, несмотря на постоянную замену ее элементов.

В то же время одиночный рецепторный белок связывает (или узнает) много разных запахов. Таким образом, у нас нет нейронов, отвечающих избирательно на запах кофе, ванили или бордо, а большинство отдельных клеток реагируют (посредством своих рецепторов)

на субмолекулярные особенности летучих химических веществ, испаряющихся из этих объектов. Например, рецепторный нейрон может реагировать на углеводородную цепочку определенной длины или на конкретную функциональную группу — спиртовую, альдегидную или какую-либо другую.

Следовательно, каждый конкретный сенсорный нейрон будет отвечать на множество разных запахов, если у них всех будет такая общая особенность. Затем мозг (прежде всего, обонятельная луковица и обонятельная кора) воспринимает комбинацию сенсорных нейронов, активированных одновременно, и интерпретирует этот паттерн. Такую интерпретацию в мозге мы и чувствуем как запах. Поскольку в формировании паттерна участвует так много каналов, отсутствие небольшого их количества не может существенно повлиять на общее ощущение запаха или на его восприятие в мозге. ■

Почему перелетные птицы летят V-образным клином?

Объясняет Брюс Батт (Bruce Batt), главный биолог «Дакс Анлимитед» — группы, занимающейся охраной заболоченных территорий и базирующейся в Мемфисе, штат Теннесси

Существуют два доказанных и взаимодополняющих объяснения того, почему птицы летят клином. (Перелетные птицы часто выстраиваются и в виде буквы V, и в виде буквы J; исследования показывают, что J-образный порядок встречается даже чаще, чем правильный V-образный клин.) Одно объяснение данного явления состоит в том, что птицы, следу-

ющие позади, оказываются в выигрыше от поддерживающего их потока воздуха, создаваемого передними птицами. Согласно другому, такое построение обеспечивает птицам должный интервал, направление полета и коммуникацию в группе.

Относительная важность каждого из факторов несомненно меняется — она зависит, например, от сезона

или цели данного полета. Вероятно, во время полетов на короткие расстояния за кормом экономия энергии значительно менее важна, чем точная ориентация и предотвращение столкновений в воздухе. С другой стороны, во время миграций на большие расстояния каждому члену стаи очень выгодно найти оптимальное положение, позволяющее сохранять энергию. ■

любители астрономии встречаются здесь

X Всероссийский фестиваль
любителей астрономии
и телескопостроения

25—27 апреля 2008 г.

Подмосковье

АстроФест

семинары

ШКОЛЫ

общение

лекции

общение

ЗНАКОМСТВА

семинары

ВЫСТАВКИ

КОНКУРСЫ

ДОКЛАДЫ

встречи

лекции

наблюдения

мастер-классы

ЗНАКОМСТВА

наблюдения

конкурсы

ВЫСТАВКИ

встречи

мастер-классы

семинары

информационная
поддержка

в мире науки

МЕХАНИКА
МОДЕЛИ

Популярная
Механика

НОВОСТИ
КОСМОНАВТИКИ

ВСЕЛЕННАЯ
пространство • время

НАУКА И ЖИЗНЬ

организатор

АСТРОФЕСТ

www.astrofest.ru

(495) 254-30-61, 544-71-57

партнеры



ТЕЛЕСКОПЫ
РОССИИ
www.ras.ru/telescopes



при поддержке

АСТРОНИКА

22-25 апреля 2008 г.
Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»
павильон Форум



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:
Правительства
Российской Федерации
Правительства
Москвы



Форум проводится под патронажем
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

IX Международный форум

**ВЫСОКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**
HIGH
TECHNOLOGY OF
**XXI
ВЕКА**

ПРОГРАММА:

- IX Международная выставка «ВТ XXI - 2008»
- Международная конференция
- Конкурсная программа
- Презентации
- Бизнес-клуб

Специализированные выставочные салоны:

- Hi-Tech Наука
- Hi-Tech Медицина
- Hi-Tech Мегалополис
- Наукоград
- Технопарк

Специализированные выставки:

- «Энергия–2008»: инновационная высокотехнологичная продукция в области энергетики и энергосбережения
 - «Нанотехнологии – 2008»: достижения в сфере прикладных нанотехнологий
 - «Неогеография XXI – 2008»: системы спутниковой навигации и дистанционного зондирования, геосервисы и другие новейшие географические технологии
- Организуется при участии Портала "Исследования и разработки - R&D.CNews"

ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОДРОБНОЙ ИНФОРМАЦИИ, ПОЖАЛУЙСТА, ОБРАЩАЙТЕСЬ:

ООО «ЭКСПО-ЭКОС»

Тел.: (495) 332-35-95, 331-05-01, 331-23-33; Факс: (495) 331-05-11, 331-09-00;
E-mail: vt21@vt21.ru; arena@vt21.ru;
http://www.vt21.ru; www.expoecos.com



www.VT21.ru



Читайте в следующем выпуске журнала

ПРИУЧИТЬ ЭНЕРГИЮ СОЛНЦА

Технологии для перевода США на использование солнечной энергии уже существуют. В статье предложена грандиозная программа, реализация которой позволит к 2050 г. за счет солнечной энергии обеспечить 69% электроэнергии и 35% всей энергии в США (в том числе для транспорта)

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ГОЛОС КАК МУЗЫКАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Новые исследования раскрыли удивительно сложные закономерности работы элементов голосового аппарата и их взаимодействия

БЛУЖДАЮЩИЕ ГОРЯЧИЕ ТОЧКИ

Геофизикам необходимо разобраться в причинах смещения горячих точек и выработать новую систему ориентирования

НАНОУСТРОЙСТВА С АВТОПОДЗАВОДОМ

Трудно даже представить все области, где могут найти применение наногенераторы

КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ»

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые Вы хотите получить, а также Ваш полный почтовый адрес.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
 - по адресу 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22, редакция журнала «В мире науки»;
 - по электронной почте m_biruykova@sciam.ru;
 - по факсу 925-03-72.

Подписку можно оформить со следующего номера.

Уважаемые подписчики! Доставка журнала осуществляется по почте заказным письмом.

БЛАНК ЗАКАЗА ПРЕДЫДУЩИХ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА													
Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):												Ф.И.О. _____	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Индекс _____
2006 г.													Область _____
2005 г.													Город _____
2004 г.													Улица _____
2003 г.													Дом _____ Корп. _____ Кв. _____
Цена за один номер журнала 80 руб. 00 коп.												Телефон _____	
												E-mail: _____	

БЛАНК ПОДПИСКИ	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу 840 руб. 00 коп. ■ Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу 1680 руб. 00 коп. <p>Цена за один номер журнала по подписке в 2008 г. 100 руб. 00 коп. (без учета стоимости доставки)</p>	Ф.И.О. _____ Индекс _____ Область _____ Город _____ Улица _____ Дом _____ Корп. _____ Кв. _____ Телефон _____ Дата рождения ____/____/19____

ЗАО «В мире науки» Расчетный счет 40702810100120000141 в ОАО «ВТБ» г. Москва БИК 044525187 Корреспондентский счет 30101810700000000187 ИНН 7709536556; КПП 770901001	ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО: <ul style="list-style-type: none"> ■ по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970; «Почта России», подписной индекс 16575 ■ на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 69970 ■ Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу: ул. Радио, дом 22, комн. 409, тел./факс (495) 105-03-72 ■ В ООО «Редакция УРСС» по адресу: проспект 60-летия Октября, д. 9, оф. 203, тел./факс (495) 135-42-16. ■ В книжных магазинах научного центра «ФИЗМАТКНИГА» (тел. 409-93-28): г. Долгопрудный, новый корпус МФТИ; г. Зеленоград, МИЭТ, 4-й корпус ■ В интернет-магазинах: www.ozon.ru, www.setbook.ru, www.urss.ru 	
_____ Фамилия, И.О., адрес плательщика		
Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Плательщик		
_____ Фамилия, И.О., адрес плательщика		
Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Плательщик		

