

ежемесячный научно-информационный журнал

В МИРЕ НАУКИ

В мире науки

scientific american

тема номера:

№6 2005

КАК ЛЮДИ ИЗМЕНИЛИ КЛИМАТ ПЛАНЕТЫ

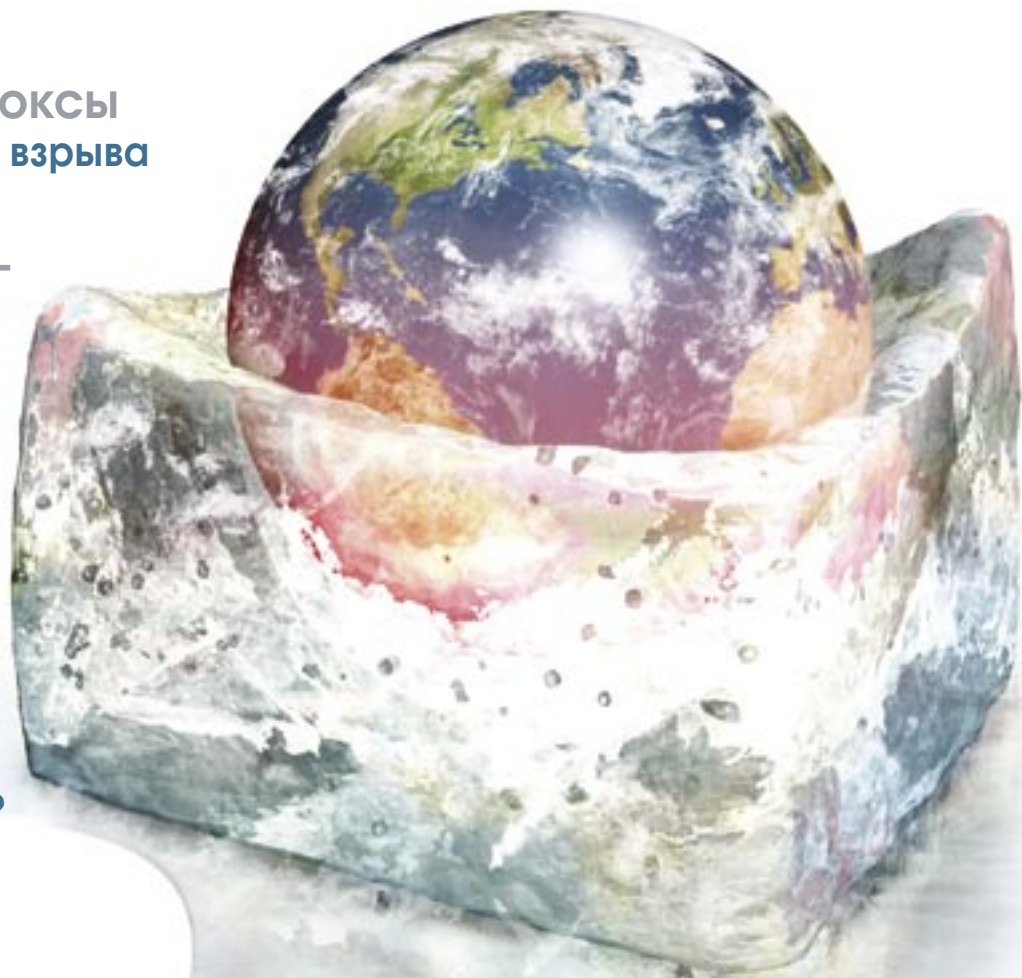
Парадоксы
Большого взрыва

Изобретатель-
фантазер

Третья
цивилизация

Последние
дикие лошади

Можно ли
победить волчанку?



ISSN 0208-0621



9 770208 062001 >

№6 2005

www.sciam.ru

содержание

ИЮНЬ 2005

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 20** **КОСМОЛОГИЯ**
ПАРАДОКСЫ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА
Чарльз Линевивер и Тамара Дэвис
Астрономы не всегда правильно понимают расширение Вселенной.
- 30** **КЛИМАТОЛОГИЯ**
КОГДА ЛЮДИ ВПЕРВЫЕ НАЧАЛИ ВЛИЯТЬ НА КЛИМАТ ЗЕМЛИ?
Уильям Раддиман
Возможно, глобальное потепление началось благодаря нашим предкам-земледельцам за тысячи лет до промышленной революции.
- 38** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ВИРТУАЛЬНАЯ АТАКА БИОТЕРРОРИСТОВ
Крис Баррет, Стивен Юбанк, Джеймс Смит
Моделирование распространения инфекции поможет ученым предотвратить эпидемию, вызванную действиями террористов.
- 46** **ИННОВАЦИИ**
АВТОМОБИЛИ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ
Стивен Эшли
Автомобильные компании предлагают увеличить инвестиции в фундаментальные исследования и в разработку систем снабжения водородом.
- 54** **ИММУНОЛОГИЯ**
МОЖНО ЛИ ПОБЕДИТЬ ВОЛЧАНКУ?
Монсеф Зуали
Генетические факторы – не единственная причина заболевания, определенную роль в его развитии играют внешние воздействия.
- 64** **БИОГРАФИЯ**
ИЗОБРЕТАТЕЛЬ-ФАНТАЗЕР
Бернард Карлсон
Николе Тесле, автору современных электротехнических систем, часто не удавалось довести свои фантастические идеи до практической реализации.
- 72** **ЗООЛОГИЯ**
ПОСЛЕДНИЕ ДИКИЕ ЛОШАДИ
Патрисия Мёльман
Дикие зебры, ослы и лошади находятся на грани вымирания.



Учредитель и издатель: ЗАО «В мире науки»

Главный редактор: С.П. Капица

Заместитель главного редактора: В.Э. Катаева

Зав. отделами:
Фундаментальных исследований А.Ю. Мостинская
естественных наук В.Д. Ардаматская

Редакторы: Ю.Г. Юшкявичюте,
А.А. Приходько

Спецкорреспондент: Д.В. Костикова

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

Секретарь редакции: Р.Л. Черемисов

Научные консультанты:
 профессор А.С. Заседателей,
 профессор А.В. Засов,
 профессор М.В. Контопов,
 академик В.С. Степин

Над номером работали:
 Е.М. Амелин, Е.В. Базанов, А.В. Банкрашков,
 В.Е. Барский, М.В. Бахвалова, Н.Я. Вергелис,
 Г.М. Длусский, М. Инешина, Ф.С. Капица,
 В.Ю.Кассин, Д.В. Кислов, Ю.В. Кислова, Т.М. Колядич,
 Д.А. Мисюров, И.П. Потемкин, И.П. Прошкина,
 Е. Рябова, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников,
 В.И. Сидорова, В.Г. Сурдин, К.Р. Тиванова,
 П.П. Худoley, Т.В. Черний, Н.Н. Шафрановская

Корректурa: Ю.Д. Староверова

Генеральный директор
 ЗАО «В мире науки»: С.А. Бадиков

Главный бухгалтер: Т.М. Братчикова

Помощник бухгалтера: С.М. Амелина

Отдел распространения:
 С.М. Николаев, Л.В. Старшинова

Старший менеджер
 по связям с общественностью: А.А. Рогова

Курьер: А.В. Пфейфер

Адрес редакции:
 105005 Москва, ул. Радио, д. 22, к. 09
 Телефон: (095) 727-35-30, тел./факс (095) 105-03-72
 e-mail: edit@sciam.ru; www.sciam.ru

Препресс: Up-studio

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.
 В верстке использованы шрифты AvanteGuardGothic
 и Garamond (© ParaType Inc.)

Отпечатано: ОАО «АСТ-Московский
 полиграфический дом»
 748-6733 Заказ №611

© В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2004
 Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.
 Свидетельство ПИ №ФС77-19285 от 30.12.2004

Тираж: 25 000 экземпляров
 Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors: Mark Alpert, Steven Ashley,
 Graham P. Collins, Steve Mirsky,
 George Musser, Christine Soares

News Editor: Philip M. Yam

Contributing editors: Mark Fichetti,
 Marguerite Holloway, Philip E. Ross,
 Michael Shermer, Sarah Simpson, Carol Ezzell Webb

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: John Sargent

President and chief executive officer:
 Gretchen G. Teichgraber

Vice President and managing director,
 international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

3 **ОТ РЕДАКЦИИ**
ВОЗЛЮБИ БЛИЖНЕГО

4 **50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

6 **СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

- Пищевые вакцины
- Целительная улыбка
- Один в поле не воин
- Уникальный радиотелескоп
- Новости о Тутанхамоне
- Шевели мозгами!
- Как наказать браконьера
- Живой радиоприемник

16 **ПРОФИЛЬ**
ВЕКА СМЕНЯЮТСЯ, А ЧУВСТВА
ОСТАЮТСЯ

Милена Бахвалова

*Валентин Лаврентьевич Янин внес большой вклад
 в изучение истории нашей страны и изменил
 представление о средневековой Руси.*

80 **КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ**

82 **ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ**
ТРЕТЬЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ

*Директор Института философии Российской
 академии наук академик Вячеслав Семенович Степин
 делится своими мыслями о будущем развитии
 цивилизации.*

90 **ЛАБОРАТОРИЯ**
УНИКАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ
МИКРОЧИПОВ

Олег Чаплин

Новый метод анализа биологических материалов.

92 **ЗНАНИЕ-СИЛА**
ТИШЬ ДА ГЛУШЬ

Марк Фишетти

Шумоподавляющие наушники сэкономят ваши уши.

ОБЗОРЫ:

94 **СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ**

*Почему рыбий жир защищает от сердечно-
 сосудистых заболеваний?
 Вреден ли алкоголь для сердца молодого человека?
 Как ученые обнаруживают элементы с временем
 жизни в доли миллисекунд?*

ВОЗЛЮБИ БЛИЖНЕГО



На затопленных развалинах: пострадавший от цунами индонезийский остров Банда-Ачех патрулируется малайзийской полицией.

Выжившие после декабрьского цунами аборигены Андаманских островов атаковали из луков вертолет, доставивший им продовольствие и воду. К счастью, опасения, что стихия закончила с вымирающими племенами островитян, не подтвердились.

В первые недели после катастрофы, когда количество погибших увеличилось до 225 тыс., хорошей новостью стало отсутствие плохих. В сообщениях с места трагедии захлеб рассказывалось о ребенке, спасшемся на надувном матрасе, и о беременной женщине, найденной в открытом море. Но на каждого спасенного приходились тысячи без вести пропавших. Армия калек и бездомных пополнилась тысячами пострадавших на огромной территории от Индонезии до Африки. Весь мир соперничал людям, оказавшимся в беде.

Страны, разоренные чудовищной волной, срочно нуждаются в чрезвычайной помощи. Однако такая помощь не заменит своевременного развития инфраструктуры. Наиболее очевидный пример – отсутствие на островах Индийского океана системы предупреждения цунами, которая успешно действует в Ти-

хоокеанском регионе. Но это упущение еще можно объяснить: в Индийском океане цунами случаются очень редко (см. «Всеразрушающая волна», в этом номере). Вместе с тем подводные датчики стоят до четверти миллиона долларов за штуку, да и их обслуживание обходится недешево. У Индии, Шри-Ланки и других пострадавших от стихии стран есть и более насущные проблемы. (В январе Индия запоздало объявила о намерении потратить \$29 млн. на установку подводных датчиков.)

Неподготовленность пострадавших стран к цунами не так страшна, как их беспомощность перед ежедневными проблемами. Ежегодно миллионы людей умирают от малярии и СПИДа – гораздо больше, чем унесла разбушевавшаяся стихия. Нехватка чистой воды в отдельных регионах Африки способствует распространению болезней и приводит к возникновению конфликтов. Кризис в бедных странах настолько затянулся, что воспринимается мировой общественностью как нечто само собой разумеющееся.

США и другим индустриально развитым странам следовало бы постоянно принимать участие в решении гуманитарных проблем, а не

только в случае трагедий. В 2000 г. в рамках программы «*Millennium Development Goals*» («Итоги тысячелетия») Генеральная ассамблея ООН рекомендовала развитым державам выделять 0,7% национального дохода в помощь развивающимся странам. Лишь немногие государства (США не вошли в их число) поддержали инициативу. Более того, страны, принявшие участие в устранении последствий цунами, скорее всего спишут расходы именно на помощь развивающимся странам. В середине января была разработана программа *Millennium*, в которой рекомендуемый размер дотаций снижен до 0,5%. Но поскольку сегодня на эти цели выделяются вдвое меньше средств, многие расценивают новую рекомендацию как нереальную.

Отстальные государства нуждаются в постоянном участии сильных держав, а не в разовых запоздалых акциях. СМИ без труда пробуждают в нас сострадание и щедрость, крича о последствиях цунами и других бедствий. Но мы должны ежедневно помогать миллиардам тех, о чьем существовании, быть может, и не задумываемся, тем, для кого хорошая новость – отсутствие плохих новостей. ■

■ Некролог Эйнштейну ■ Искусственная жизнь ■ Мертвый свет

ИЮНЬ 1955

НЕКРОЛОГ ЭЙНШТЕЙНУ. Нильс Бор: «Сегодня мы скорбим по Альберту Эйнштейну, величайшему в истории цивилизации ученому, всецело посвятившему себя служению науке и идеалам гуманизма. Человечество обязано ему избавлением от ограниченности мировоззрения, связанной с примитивными понятиями абсолютного пространства и времени». Изидор Айзек Раби: «Его настоящей любовью была теория поля, которой он посвятил более 50 лет жизни. В значительной степени это ключ к пониманию его научной индивидуальности. Теория относительности была построена на основе физических наблюдений эквивалентности инерционной и гравитационной массы, но руководящими принципами ее создания были эстетическое и философское стремление Эйнштейна к простоте и симметрии».

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛСД. С 1949 г. в бостонской психиатрической больнице мы изучали воздействие ЛСД на здоровых добровольцев и пациентов-психотиков. Искусственно вызванный лизергиновой кислотой психоз предоставляет новые возможности для изучения как природы душевных болезней, так и путей их лечения. Можно наблюдать различные степени устойчивости организма. Но наиболее важным, однако, является понимание влияния ЛСД на эмоции и чувства человека, страдающего умственным заболеванием. Мы можем изучать психическую реакцию в течении 6–12 часов и шаг за шагом следовать за эмоциональным распадом.

ИЮНЬ 1905

ЛЕТАЮЩАЯ МАШИНА. Сильный ветер иногда опрокидывает даже птиц, поэтому почти каждая неудачная попытка построить летающую машину связана с недостатком равновесия. Руководствуясь такими соображениями, г-н Куртис Джиллеспи из Нью-Йорка спроектировал летательный аппарат с семью алюминиевыми пропеллерами



Предполагаемый полет самолета Джиллеспи, 1905 г.

и несущей поверхностью, которую, похоже, невозможно опрокинуть.

МАССОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Девять месяцев от проектирования автомобильного завода до выпуска тысячной машины – беспрецедентный рекорд в промышленности. Автор первой малолитражки для среднего класса м-р Р.Е. Олдс направил свои изобретательские способности на производство популярного мощного туристского автомобиля. Его автомобильная компания *Reo Motor Car Company* с 15 декабря 1904 г. выпустила приблизительно 1 тыс. машин. Помимо вышеупомянутого туристского авто стоимостью \$1250 завод выпускает одноцилиндровые малолитражки за \$650.

ИСКУССТВЕННЫЙ ПАРТЕНОГЕНЕЗ. После кропотливых и длительных исследований профессору Жаку Лёбу из Калифорнийского университета удалось добиться развития яйцеклеток морского ежа без оплодотворения, с использованием искусственных средств. Воздействие тщательно подготовленных химических веществ в полной мере заменило естественное оплодотворение. Доктор Лёб считает, что главная задача ученого-биолога – научиться управлять жизненными процессами. Таким образом, достигнута желанная цель – появление животных, обладающих наследственными чертами только одного родителя.

ИЮНЬ 1855

ПРИЗРАЧНЫЙ СВЕТ. В кливлендской газете опубликован отчет об экспериментах с новым светом, результаты которых засвидетельствовал редактор издания. Свет излучала машина, созданная ясновидящим доктором Тейлором. Так как, по его словам, она была создана под руководством духов, то именно их следует считать изобретателями. Таким образом, законодательство следует изменить, чтобы на заседаниях суда по вопросам патентования могли присутствовать привидения. ■

ВАКЦИНА на закуску

Отсутствие достаточного количества морозильных камер в странах третьего мира до сих пор служит серьезной помехой для вакцинации населения: при высоких температурах вакцины теряют свои свойства. Необычное решение проблемы было найдено еще 200 лет назад и состояло в использовании детей-сирот в качестве перевозчиков вакцины (см. текст врезки). «Это была совершенно фантастическая идея», – замечает Чарлз Арнцен (Charles Arntzen), основатель Института биопланирования при Аризонском университете, – однако сегодня никто не решится ее воплотить». Зато ученый возлагает большие надежды на различные злаки и овощи.

Идея создания «пищевых вакцин» пришла Арнцену в голову в 1990-х гг. Он создал генетически модифицированный сорт картофеля, способный вырабатывать вакцину против вируса гепатита В, который ежегодно уносит жизни миллиона человек. В феврале прошлого года Арнцен сообщил, что у 60% добровольцев, какое-то время употреблявших в пищу сырой

картофель, в организме появились антитела к вирусу гепатита В.

Однако и сам ученый, и его коллеги вынуждены были отказаться от идеи применения «пищевых вакцин» как таковых. Потребители опасались, что «лечебные» фрукты и овощи не всегда будут в продаже, а врачи были озабочены проблемой дозировки. Так, томаты и бананы далеко не всегда одинаковы по размеру, поэтому и содержание вакцины в них будет разным.

Учитывая вышесказанное, Хилари Копровски (Hilary Koprowski) из Университета Томаса Джефферсона, изобретатель живой вакцины против полиомиелита, пришел к выводу о нецелесообразности массовой вакцинации населения столь необычным способом. «Вакцину лучше готовить в форме капсул, содержащих высушенный экстракт», – говорит он.

С ним согласны и другие исследователи. Используя экстракты, идет ли речь о картофеле, салате, кукурузе или даже табачных листьях, из которых удалены никотин и другие алкалоиды, гораздо проще подобрать дозировку. «Картофель можно заморозить и высушить, поместить



Все клубни картофеля имеют разный размер, поэтому точная дозировка «пищевых вакцин», образующихся в генетически модифицированных растениях, невозможна.

порошок в желатиновые капсулы и получить дозированный препарат», – говорит Арнцен. Кроме того, вакцина в форме пилюль дешевле, чем та, которая используется сейчас. По оценкам Института биопланирования, на площади в 80 гектар можно вырастить столько растений, что их хватит на иммунизацию против вируса полиомиелита всех детей в мире. При этом одна доза будет стоить всего \$0,05, в то время как при традиционных методах ее цена составляет \$0,30. Испытания нового метода будут проведены в ближайшие 4–5 лет.

Преимущество вакцины в форме пилюли в том, что ее не нужно хранить при низкой температуре. Но этого пока недостаточно, чтобы решить проблему всеобщей иммунизации. К тому же многие страны испытывают трудности с доставкой даже самых простых препаратов, не говоря уж о вакцине. Арнцен опасается также протеста со стороны противников генетически измененных продуктов. «Однако будет очень трудно запретить использование модифицированных растений, если мы с документами в руках докажем, что смогли с их помощью снизить смертность среди детей».

Луис Мигель Ариса

LYNDA RICHARDSON/Corbis

«СИРОТСКАЯ» ВАКЦИНА

Оригинальный способ транспортировки вакцины на большие расстояния в отсутствие морозильной камеры был придуман еще 200 лет назад. Незадолго до этого английский врач Эдвард Женнер (Edward Jenner) сделал первую прививку против натуральной оспы ребенку, введя ему содержимое оспенного пузырька с руки больной женщины. В 1803 г. военный врач Франсиско Ксавьер де Бальмис (Francisco Xavier de Balmis) отправился в необычную экспедицию, организованную по приказу короля Испании Карлоса IV. Ее целью была доставка вакцины в Новый Свет, где от оспы умирали сотни испанских колонистов.

Чтобы сохранить препарат, Бальмис по очереди иммунизировал 22 ребенка-сироты, которых взял с собой. Сначала он сделал прививку одному из них, 10 дней спустя, когда вскрылись пузырьки, ввел их содержимое другому и т.д. до прибытия в Пуэрто-Рико, Мексику и Венесуэлу, где обучил этой процедуре местных врачей.

Аналогичные экспедиции Бальмис совершил в Азию, набрав новых детей и пристроив их затем в приемные семьи вакцинированных. В 1806 г. врач вернулся в Испанию, а один из его ассистентов, Хосе Сальвани, отправился в Колумбию, Перу и Чили. «За 4–5 лет, прошедших после первой экспедиции Бальмиса, было вакцинировано от 100 тыс. до 500 тыс. человек, – заявляет Гульермо Олаге (Guillermo Olague), занимающийся историей науки в Университете Гранады. – Это стало началом конца эпидемии».

СМЕХ УЛУЧШАЕТ КРОВОТОК

Американские специалисты установили, что смех снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний.

Майкл Миллер из Медицинского центра Мэрилендского университета в Балтиморе, США, вместе с коллегами наблюдал за состоянием сосудов добровольцев, находившихся как в состоянии эмоционального

стресса, так и получавших положительные эмоции.

В исследовании, как сообщает *New Scientist*, приняли участие 20 человек, которым до и после эксперимента с помощью ультразвука проводились измерения кровотока и диаметра плечевой артерии. Сначала был предложен просмотр фрагментов комедий. Оказалось, что у всех, за исключением одного, добровольцев в течение 30–45 минут после показа артерия пребывала в расслабленном состоянии, кровь текла свободнее, чем обычно.

Обратный эффект наблюдался после демонстрации кровавых сцен из фильма «Спасти рядового Райана»: у 14 из 20 сосуды сжимались, и кровоток замедлялся. В среднем, эмоци-



ональный стресс снижал его на 35%, а смех увеличивал на 22%.

Полученные результаты подтверждают предположение, согласно которому смех компенсирует негативное воздействие эмоционального стресса, губительного для эндотелия (слоя клеток, выстилающих внутреннюю поверхность кровеносных сосудов), снижая тем самым риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний.

Марина Инешина

МОТИВАЦИЯ УЧЕНЫХ ИЗМЕНИЛАСЬ

Если в начале 1990-х гг. при решении российских ученых о выезде на постоянное местожительство, на стажировку или работу за рубеж определяющими были материальные стимулы, в настоящее время ключевыми факторами становятся сугубо научные ценности и стремление вести исследования на современном оборудовании мирового уровня. Изменение мотивации обусловлено ростом национального финансирования важнейших научных программ и направлений, а также использованием различных источников дополнительных доходов. Таковы выводы исследования «Воспроизводство научной элиты в России: роль зарубежных фондов» (на примере Фонда им. А. Гумбольдта), презентация которого состоялась в Московском представительстве Фонда Карнеги.

Работа подготовлена Российским независимым институтом социальных и национальных проблем. В исследовании подчеркивается, что несмотря на общее снижение роли западных фондов в прямом финансировании науки в России, они пока еще играют заметную роль в механизме воспроизводства отечественной научной элиты. С одной стороны, фонды стимулируют профессиональный рост и интеграцию ученых в международное научное сообщество. С другой стороны, привязка к зарубежному финансированию влияет как на тематику исследований, так и на научный статус ученых – многие превращаются в высококвалифицированных ассистентов своих зарубежных партнеров и работодателей.

Дмитрий Мисюров

СОБЫТИЯ В ИЮНЕ

08.06 2005 г.

VI Биогеохимические чтения памяти В.В. Ковальского.
Москва

20–23.06 2005 г.

Совместный Международный конгресс Физиологического общества (Великобритания) и Федерации европейских физиологических обществ.
Великобритания,
г. Бристоль

26–29.06 2005 г.

VII Европейский конгресс нейроофтальмологов – EUNOS-2005.
Москва

28–29.06 2005 г.

XVI Международная конференция «Применение новых технологий в образовании».
г. Троицк,
Московская обл.

ШУМИХА ВОКРУГ ШТРИХ-КОДОВ

Можно ли при составлении штрих-кода организма полагаться всего на один ген?

Задолго до конца XX века систематика оказалась на перепутье. Средств на экспедиции не хватало, интерес научного мира падал, хотя некоторые биологи продолжали соревноваться между собой в том, кто быстрее обнаружит какой-нибудь новый вид. «Во времена длительных путешествий в тропики у меня не раз возникало чувство беспомощности перед лицом многообразия природы», – рассказывает биолог-эволюционист Пол Хеберт (Paul D.N. Hebert), руководитель канадского проекта по изучению молекуляр-

Невидимые глазу различия: Генетические штрих-коды и экологические данные свидетельствуют о том, что обитающая в тропических лесах Коста-Рики популяция бабочек *Astraptes fulgerator* представлена не одним, а 10 разными видами. Под силу ли было разграничить их с помощью одного лишь штрих-кодирования? В этом мнения ученых расходятся.



ных основ биологического разнообразия. И вот в 2003 г. он предложил совершенно новую систему «идентификации личности»: исследуемый вид предлагалось распознавать всего по одному сегменту его митохондриальной ДНК. Так называемые ДНК-штрих-коды сразу привлекли внимание общественности. Казалось, наступают времена, когда можно будет проводить тестирование ДНК прямо в полевых условиях с помощью устройства типа «трикодер», известного по фильму «Звездный путь». Однако многие таксономисты выступили против столь прямого, по их мнению, пути. Им казалось, что он подрывает основы намеренно сложного детального метода, который обеспечивает необходимую точность идентификации.

Схема Хеберта базируется на анализе гена цитохром *c*-оксидазы *I* (*COI*), митохондриальной ДНК-последовательности, предположительно уникальной для каждого таксона. В прошлом году ученый продемонстрировал возможности своего метода, показав, что популяции некоторых птиц и бабочек, считавшиеся ранее однородными, в действительности состоят из нескольких независимых видов. В феврале 2005 г. в Лондоне была созвана первая конференция по штрих-кодам, на которой было заявлено о намерении создать в течение ближайших пяти лет штрих-коды для всех птиц и рыб, а также идентифицировать все цветковые растения Коста-Рики. На будущее у биологов и вовсе грандиозные планы: найти ген-маркер для каждого организма и составить

ОДИН ГЕН – ЭТО МАЛО

Даже если в будущем штрих-код сможет стать подходящим инструментом для систематиков, есть сомнения, что с его помощью процесс пойдет быстрее. Штрих-кодирование гена *COI* в случае растений не подходит, поскольку их митохондрии эволюционируют слишком медленно. «Не целесообразнее ли использовать для составления штрих-кода не один ген, а целую группу?» – задается вопросом Майкл Донохью (Michael J. Donoghue) из Йельского университета. Другими словами, оперировать набором последовательностей и использовать для отграничения вида более широкий спектр данных. Донохью ссылается на проблему «генное дерево/вид», состоящую в том, что эволюционная история индивидуальных генов не зависит от истории вида. «Если вы ограничитесь только одним геном, то вероятность получить неверный ответ будет гораздо выше».

каталог всех живых существ (на сегодня описана лишь треть из них).

Однако энтомолог Квентин Уилер (Quentin D. Wheeler) из Музея естественной истории в Лондоне предупреждает, что «штрих-кодирование можно использовать как во благо, так и во вред». Стандартизованный маркер – это прекрасно, но при условии, что если то, что он дает, соответствует формальным описаниям и классификациям. По мнению противников штрих-кодирования, главный его недостаток состоит в чрезмерном упрощении. «В природе слишком все запутанно», – отмечает энтомолог Дэниел Рубинофф (Daniel Rubinoff) из Гавайского университета. Для идентификации видов используется многофакторная система, потому что никто не знает, от чего зависит видообразование. Научный подход в систематике заключается в учете сотен признаков, а использование только одного признака, каким является штрих-код, «возвращает нас к дремучим временам», – считает Рубинофф.

Еще одно тонкое место в штрих-кодировании – это его точность. По заверениям Хеберта, погреш-

ность метода составляет 2%, что вполне приемлемо для животных. «Однако самая большая проблема заключается в четкой идентификации близкородственных видов», – говорит биолог Феликс Сперлинг (Felix Sperling) из Университета Альберты. И совсем не очевидно, что разрешения *COI*-метода в этой ситуации будет достаточно. Особенно трудно разграничивать недавно разошедшиеся таксоны или новые виды, появившиеся в результате гибридизации, поскольку

нуклеотидные последовательности генов-маркеров могут измениться недостаточно для выявления различий между ними.

Хеберт возражает, что новая система не является заменой старой. Ее задача – собрать вместе все данные о живых организмах, а систематизировать их позже. Но противники такого подхода опасаются, что это приведет к распылению и без того скудных средств, и «настоящим» таксономистам достанутся крохи.

Специалисты отмечают также, что система штрих-кодирования не может быть встроена в главную таксономическую систему – Древо Жизни, отражающее все возможные филогенетические связи между организмами. В лучшем случае это будет некая параллельная структура. И все же Хеберт уверен, что рано или поздно «таксономия вольется в цифровой информационный поток».

Сара Бирдзли

УНИКАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Первого мая начала работу новая астрономическая обсерватория РАН – радиоинтерферометрический комплекс «Квазар-КВО». Директор Института прикладной астрономии РАН член-корреспондент РАН А.М. Финкельштейн рассказал, что комплекс включает в себя три обсерватории, расположенные на территории России. Одна из них, с 32-метровым телескопом, была смонтирована на Карельском перешейке в поселке Светлое к полувековому юбилею отечественной радиоастрономии. Вторая была построена на Северном Кавказе в станции Зеленчукская. Третья, обосновавшаяся недалеко от селения Бадары в Бурятии, замкнула гигантский треугольник размером 4,5 тыс. на 2,5 тыс. км. Три центра наблюдений, объединенные каналами связи в единую систему, составили глобальный радиотелескоп с площадью зеркала 12 млн. км², обладающий уникальным пространственным и временным разрешением. Центр приема и обработки данных дислоцируется в городе на Неве.

Система «Квазар» позволит точно вычислять координаты любо-

го объекта на поверхности Земли и в космосе, что даст возможность России самостоятельно определять местоположение кораблей, самолетов, подводных лодок, космических аппаратов в любых чрезвычайных ситуациях. Кроме того, «Квазар» обеспечит высокоточную поддержку глобальных систем передачи данных. С началом эксплуатации первых двух телескопов системы точность определения параметров вращения Земли возросла на 20%.

С помощью «Квазара» обеспечивается формирование уникального банка данных в области астрономии, геодинамики, геофизики, астрофизики, космологии. Оперативная информация гарантирует решение прикладных задач в геодезии, сейсмологии, метрологии, космической навигации, позволяет систематизировать специальные данные в интересах национальной безопасности страны.

Использование телескопа также открывает возможность участия российских ученых в престижных международных наблюдательных программах НАСА и ЕС.

Федор Сергеев

ВИРУС ПРОТИВ МЕТАСТАЗОВ

По утверждению доктора Савио Ву (Savio L.C. Woo), исследователя из Синайской медицинской школы Нью-Йорка, некоторые вирусы способны особым образом определять и убивать злокачественные клетки. В частности, после введения тетравалентного онколитического везикулярного вируса стоматита (VSV) в печеночную артерию крысам, больным раком прямой кишки с множественными метастазами в печени, животные прожили 24 дня – почти в два раза дольше, чем их собратья из контрольной группы. При этом наблюдалось существенное уменьшение опухоли при отсутствии побочных эффектов и повреждений паренхимы печени.

Используя молекулярную инженерию, ученые планируют изменить вирус таким образом, чтобы получить эффективный и безопасный агент для лечения не только рака толстого кишечника, но и других видов злокачественных образований, метастазирующих в печени, при которых прогноз, как правило, неутешителен.

Юлия Кислова

По сообщению

International Journal of Cancer

ФИБРОБЛАСТЫ РАЗГЛАЖИВАЮТ **Морщины**



Инъекции гелей для разглаживания морщин делают давно. В настоящее время хирурги используют инертные гидрогели преимущественно на основе поперечно-сшитых полимеров. Но большие объемы некоторых препаратов, например 150–500 мл, могут вызвать осложне-

ния – образование рубцов, гелевых гранул и т.д., что требует хирургического вмешательства. Чтобы избежать возможных негативных последствий, некоторые исследователи попробовали заменить искусственные имплантаты фибробластами – человеческими клетками соеди-

нительной ткани. Для этого у пациента брали кожу из заушной области, получали из нее культуру ткани фибробластов и вводили в область морщин. Морщины разглаживались, но незначительно.

Московские исследователи из Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова, Института полиомиелита и вирусных энцефалитов им. М.П. Чумакова, ГУ Научно-клинического центра оториноларингологии МЗ РФ, Института биологии развития им. Н.К. Кольцова и Российского научного центра хирургии РАМН объединили оба метода и предложили вводить под кожу гель с фибробластами.

Испытания нового российского нерассасывающегося полиакриламидного гидрогеля проводились на крысах. Инъекции животным делали под наркозом в область ло-

патов. После процедуры под кожей прощупывались эластичные мягкие подвижные образования. Крысуны после инъекции вели себя как обычно. Оказалось, что космогель практически не рассасывается даже через 6 недель и не вызывает воспаления. Организм только «одевает» гель в капсулу из коллагеновых волокон. Если же вместе с гелем крысам вводили человеческие фибробласты, то гель прорастал тяжами соединительной ткани, которые дополнительно фиксировали имплантат. Исследователи предполагают, что фибробласты человека, выделяя ростовые факторы, дали толчок развитию собственной крысиной ткани, поэтому имплантация гидрогелей, содержащих фибробласты, может улучшить результаты контурной пластики.

Татьяна Черный

Создание НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОСМОСЕ

Российские ученые открывают новые возможности использования технологии самораспространяющегося высоко-температурного синтеза (СВС).

Активную работу в данном направлении ведут специалисты Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН). Научный руководитель

института академик А.Г. Мержанов возглавляет проект, который предполагает использование российского сегмента Международной космической станции – МКС. Планируется также изучение механизмов образования структур высокопористых тугоплавких теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью для работы в космическом вакууме (в диапазоне температур от 0 до 3000 К). Планируется исследовать механизм горения и структурообразования в СВС-системах в условиях микрогравитации. Специалисты ИСМАНа и ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королева надеются получить в условиях микрогравитации изделия больших раз-

меров и малой плотности из керамических и металлокерамических материалов, которые могут быть использованы для создания космических платформ.

Российские ученые совместно с исследователями Евросоюза собираются осуществить проект *Impress* по созданию и совершенствованию интерметаллических материалов. Специфические сплавы найдут применение в производстве авиатурбин, катализаторов, электродов и т.д. В междисциплинарных исследованиях примут участие около 50 групп ученых из стран Евросоюза – работа будет вестись на Земле и в космосе.

Дмитрий Мисюров

насекомые и цветы

Сотрудники биологического факультета МГУ при поддержке РФФИ несколько сезонов наблюдали за насекомыми, опыляющими широко распространенные в России растения семейства сложноцветных: тысячелистник, ромашку, нивяник, мать-и-мачеху, одуванчик, лопух, васильки и др.

Венчик цветка у сложноцветных имеет форму трубочки, и доступность нектара определяется длиной хоботка насекомых. В то же время тычинки выступают из венчика и доступны как для длиннохоботных, так и для короткохоботных насекомых. В ряду растений с разной длиной венчика по мере увеличения этой длины уменьшается доля посещающих цветки короткохоботных мух и одиночных пчел и увеличивается доля длиннохоботных шмелей, так что когда длина трубки менее 10 мм, на растениях преобладают мухи и одиночные пчелы, а на цветках с более длинной трубкой – шмели. Оказалось, что растения, более привлекательные для мух и одиночных пчел, имеют желтую или белую, а для шмелей – голу-



Шмель *Bombus agrorum* на бодяке болотном.

бую, синюю или пурпурную окраску соцветий.

Окраска соцветий, по мнению исследователей, соответствует особенностям зрения насекомых и сигнализирует им как о строении цветка, так и о доступности нектара.

Исследования показали, что видовой состав насекомых, опыляющих растения, зависит от длины и диаметра венчика, а так же формы и окраски соцветий. Таким образом, растения приспосабливаются к особенностям переносчиков пыльцы.

Татьяна Черний

будущее РОБОТОТЕХНИКИ

Современные технологии направлены на создание андроида нового поколения с высоким уровнем мобильности, что позволит ему копировать движения людей, лучше взаимодействовать с окружающей средой и уверенно действовать в незнакомой обстановке, используя многочисленные сенсоры. Японская компания *Honda Motors* представила в декабре 2004 г. усовершенствованный вариант человекообразного робота «Асимо», который умеет бегать со скоростью 3 км/ч и совершать сложные маневры, огибая встречающиеся на пути препятствия. Представленная модель считается на данный момент наиболее совершенной.

По словам Кима Чен Хвана, южнокорейскими учеными разработана программа, которая, имитируя способность живых организмов испытывать страсть, чувствовать, размышлять и желать, может привести машины к воспроизводству.

«У роботов появится собственная личность, эмоции, и, как предупреждает фильм «Я, робот», они могут стать опасными для человечества. Но комплексный профессиональный подход к программированию искусственных объектов поможет современным ученым не допустить подобного развития событий», – уверен ученый.

Роман Черемисов

Журнал «В мире науки» благодарит за помощь в подготовке раздела www.informnauka.ru и www.nanonews.net.ru.



Муха-журчалка *Syrphus ribesii* на одуванчике.

Тутанхамон скончался от перелома ноги?

Фараон не был убит, считает глава египетского Управления раскопками и древностями Захи Хавас.



Тутанхамон умер в 1352 г. до н.э. в юном возрасте. Десять лет он правил страной, унаследовав власть от Аменхотепа IV, Эхнатона. Долгие годы была популярна версия о насильственной смерти юного правителя. Основанием для такого предположения послужил осколок кости, обнаруженный в черепе фараона при рентгеновском исследовании мумии в 1968 г.

В ноябре прошлого года министр культуры Египта Фарук Хосни одобрил план временного изъятия тела Тутанхамона из Каирского музея для более тщательного изучения. Как со-

общает *BBC News*, в процессе сканирования выяснилось, что незадолго до смерти у фараона была сломана бедренная кость и что осколок в черепе, судя по его проникновению в перевязочный материал, никак не мог появиться в результате удара.

По мнению Хаваса, причиной смерти стало заражение раны, полученной при переломе. Впрочем, не все исследователи согласны с этим выводом. Они считают, что сломанная бедренная кость – результат деятельности археологов. А вот утверждение, что о насильственной смерти фараона можно забыть окончательно, поддерживают полностью. «Даже если мы и не знаем точно причины смерти Тутанхамона, уверены, что произошло это естественным путем. Дело об убийстве можно считать закрытым», – утверждает Хавас.

Павел Худолей

ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА НЕ ОСТАНОВИТЬ

Даже если человечество перестанет сжигать ископаемое топливо, потепления климата не остановить. Из-за накопившихся в атмосфере вредных веществ температура в ближайшие сто лет будет продолжать расти, а уровень океанов подниматься.

Ученым давно известно, что океаны реагируют на изменения климата с определенной задержкой, так как нагреваются медленнее твердой земной поверхности. До сих пор оставалось неясным, как эта задержка скажется на дальнейшем потеплении нашей планеты.

Джеральд Мил и его коллеги из национального центра атмосферных исследований в Боулдере,

штат Колорадо (США), разработали компьютерную модель на основе важнейших климатических компонентов. «Заморозив» Землю до уровня 2000 г. и сохранив на нынешнем уровне концентрацию парниковых газов в атмосфере, исследователи обнаружили, что даже при таком благоприятном сценарии развития событий к 2100 г. температура поднимется еще на 0,5°C, а уровень Мирового океана поднимется на 10 см. В модели не было учтено таяние ледников, что может изменить показатель в два-три раза. Но даже незначительное (на 10–30 см) повышение среднего уровня океанов грозит штормами и волнениями.

Том Вигли, основываясь на более простой модели, пришел к тем же результатам. Но он зафиксировал количество вредных веществ, а не их концентрацию. Прогнозируемое им в ближайшее 100 лет потепление сильнее – 2–6°, и уровень моря поднимется на 25 см, через 400 лет он может достичь метра.

Несмотря на расхождения в цифрах, исследователи сходятся в одном: даже при самом благоприятном развитии событий, мир может оказаться на волоске от температуры, признанной Европейским союзом опасной для обитателей Земли.

Татьяна Черний
Источник:
news@nature.com

национальная ТЕЛЕВИЗИОННАЯ ПРЕМИЯ «победа»



20 мая 2005 г. в Большом концертном зале «Академический» РАН прошла первая торжественная церемония награждения лауреатов Национальной телевизионной премии «Победа», которая вручается за лучшие достижения в области инновационных технологий и оборонно-промышленного комплекса.

Цель учреждения премии – освещение главных достижений российских ученых, инженерно-технического персонала, предприятий ОПК и отраслей промышленности в разработке и производстве наукоемкой высокотехнологичной продукции и конкурентоспособных новейших отечественных образцов вооружения.

Организаторами награждения стали Первый канал, телекомпания «Останкино» и авторская документальная публицистическая программа «Ударная сила» совместно с Федеральными агентствами по промышленности, атомной энергии, науке и инновациям, Федеральным космическим агентством и Российской академией наук при поддержке Правительства РФ.

Никита Вергелис

В номинации «АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ВООРУЖЕНИЕ»:

Федосов Евгений Александрович,

генеральный директор ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ГосНИИАС).

В номинации «СУДОСТРОЕНИЕ»:

Ковалев Сергей Никитич,

главный конструктор ЦКБ «Рубин».

В номинации «РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА»:

Толмачев Виктор Григорьевич,

генеральный директор ФГУП «ГПО «Воткинский завод».

В номинации «РАКЕТНО-Артиллерийские системы и комплексы»:

Мамалыга Олег Иванович,

главный конструктор ФГУП «КБМ».

В номинации «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА»:

Ашурбейли Игорь Рауфович,

генеральный директор ОАО «НПО «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина.

В номинации «Крылатые ракеты»:

Селезнев Игорь Сергеевич,

генеральный конструктор МКБ «Радуга».

В номинации «Боеприпасы и спецхимия»:

Милехин Юрий Михайлович,

генеральный директор Федерального центра двойных технологий «Союз».

В номинации «Лучший инвестиционный проект в сфере ОПК»:

Чемезов Сергей Викторович,

генеральный директор ФГУП «Рособоронэкспорт».

В номинации «Лучший инновационный проект в сфере ОПК»:

Фортов Владимир Евгеньевич,

академик-секретарь отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН.

В номинации «Легенда оборонно-промышленного комплекса»:

Савин Анатолий Иванович,

генеральный конструктор «Концерн ПВО «Алмаз-Антей».

В рамках церемонии состоялся праздничный концерт популярных исполнителей отечественной эстрады.

тигрица ольга УБИТА БРАКОНЬЕРАМИ

Убит амурский тигр, который первым в России был снабжен радиошейником.

С января 2005 г. в Приморье перестали фиксироваться радиосигналы тигрицы Ольги. Вероятнее всего, она была убита браконьерами, а ее ошейник выведен из строя.

«Браконьерство до сих пор является первой и основной проблемой сокращения численности многих редких видов, в том числе амурского тигра и дальневосточного леопарда, – считает координатор программы по сохранению биоразнообразия Дальневосточного отделения WWF России Павел Фоменко. – Но борьба с этим социальным злом

в России стала практически невозможна из-за многочисленных и разрушительных административных реформ в структурах, ответственных за сохранение редких видов животных и растений. В России наконец-то должен появиться дееспособный орган, ответственный как за объекты охоты, так и за охрану видов, занесенных в Красную книгу».

Ольга была первым животным, отловленным в ходе совместного российско-американского научно-исследовательского природоохранного проекта, осуществляемого в Приморском крае Обществом сохранения диких животных США (WCS) и Сихотэ-Алинским государственным заповедником. Тигрица была поймана в 1992 г., и с тех пор в течение 13 лет за ее жизнью и перемещениями велось пристальное наблюдение. Сколько амурских тигров осталось в российской тайге, мы



узнаем в конце весны, когда будут подведены итоги прошедшего зимой 2004/2005 года учета амурского тигра.

Павел Худoley

форум программистов

Недавно в Ганновере (Германия) прошла крупнейшая в мире выставка информационных технологий *CeBIT-2005*, представившая новейшее программное обеспечение и технологические новинки. В экспозиции приняли участие более 6270 компаний из 69 стран, причем порядка 1500 фирм из стран Юго-Восточной Азии.

Наша продукция была представлена на объединенном стенде России, Украины и Белоруссии, организованном Некоммерческим партнерством РУССОФТ и ассоциацией «ИТ Украина». На нем продемонстрировали свои достижения 83 компании, производящие программную продукцию. В рамках выставки прошел 3-й германо-российский ИТ форум и День компаний-программистов СНГ.

Сергей Федоров

ПОБЕДИТЕЛЕЙ КОНКУРСОВ ПРОФИНАНСИРУЕТ ГОСУДАРСТВО

Федеральное агентство науке и инновациям продолжает проводить конкурсы в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002–2006 гг.

Для реализации проектов предусматривается бюджетное и внебюджетное финансирование. В частности, в апреле были проведены конкурсы по следующим темам: «Энергетика и энергосбережение», «Индустрия наносистем и материалы», «Безопасность и противодействие терроризму», «Развитие инфраструктуры», «Живые системы».

Всего выявлены десятки победителей конкурсов, многие проекты предусматривают только бюджетное финансирование, их реализация, как правило, рассчитана на 2005–2006 гг.

Дмитрий Мисюров

Милена Бахвалова

века сменяются, А ЧУВСТВА ОСТАЮТСЯ

«Мы попадаем в мир, которого нет в летописях. Мир посадников, купцов, учеников и влюбленных – обычных людей, живших много веков назад. Казалось бы, сама память о том или ином человеке стерлась за прошедшие века, и вот мы узнаем не только его имя, но и его заботы, тревоги. Радость такого «общения» словами передать сложно», – так всемирно известный археолог Валентин Янин описывает чудо берестяных грамот. Новгородская экспедиция, которой он руководит уже 43 года, полностью изменила представление о средневековой Руси.



Академик В. Л. Янин в своем кабинете

Монетка на удачу

Валентин Лаврентьевич Янин родился в 1929 г. в Вятке (ныне Киров), где его отец работал санитарным врачом. Родители прожили в этом городе всего полгода, после чего вернулись в Орехово-Зуево, откуда была родом его мать, школьная учительница. Детство – это Орехово-Зуевский уезд, где жила бабушка будущего археолога и где он проводил каникулы. А еще Москва, куда был переведен его отец в 1938 г.

Своей любовью к истории и последующим выбором профессии Валентин Лаврентьевич обязан матери. В начале войны она купила ему нумизматическую коллекцию из античных, западно-европейских и русских монет. К окончанию школы коллекция значительно разрослась, и когда медалист Валентин Янин проходил собеседование на истфак МГУ, он думал, что именно монеты станут предметом его научного интереса.

Впрочем, какое-то время так оно и было. Свою дипломную работу молодой историк посвятил денежному обращению в Древней Руси. А три года спустя, в 1954 г., была защищена кандидатская диссертация «Денежно-весовые системы домонгольской Руси». В том же году Янин был зачислен на кафедру археологии исторического факультета МГУ, на которой работает до сих пор, а с 1978 г. стал ее бессменным заведующим. В дальнейшем его научная работа выросла в монографию «Денежно-весовые системы русского Средневековья. Домонгольский период», которая и по сей день, 50 лет спустя, остается единственным исследованием, представляющим полную картину монетного обращения в Восточной Европе в IX–XI вв.

архив В. Л. Янина

Новгородец по второму рождению

Не менее значительный вклад внес В. Янин в изучение древнерусских печатей. Его колоссальный трехтомный труд «Актовые печати Древней Руси X–XV веков» стал самой полной работой, существующей на данный момент по этой тематике.

Для широкой общественности имя академика В. Янина прочно ассоциируется с Новгородской экспедицией и обнаружением берестяных грамот. Хотя сам Господин Великий Новгород возник в жизни студента-историка почти случайно.

В 1947 г., окончив первый курс, В. Янин отправился на практику в Новгородскую экспедицию, которую тогда возглавлял Артемий Владимирович Арциховский. «Конечно, мы, студенты, были увлечены его лекциями и его энтузиазмом, – вспоминает учителя Янин. – Он очень верил, что мы найдем в Новгороде берестяные грамоты. Его страсть к археологии передалась и мне». Именно в той самой первой экспедиции и произошло то, что годы спустя академик В. Янин назовет своим вторым рождением. «Когда берешь в руки вещь, которой пользовались века назад, возникает ощущение, что время исчезает», – вспоминает свои впечатления ученый.

Первая берестяная грамота была найдена только в 1951 г. Надежды исследователи не теряли. А. Арциховский постоянно цитировал житие Сергия Радонежского: «...Не токмо хартии, но и книгу писаху на бересте...», – так что историки знали, что славяне использовали бересту для письма. Но больших надежд на эти находки не возлагалось. Ведь чернила, которыми, как считалось, писали на бересте, за прошедшие века исчезли без следа. Так что когда оказалось, что буквы на бересте выдавливались и они прекрасно читаются, – вот это было самой большой сенсацией.

Берестяная страница истории

За последующие годы единичные берестяные грамоты находили по всей территории Древней Руси: в Москве, в Рязани, в Пскове и в Старой Руссе. Но лишь в Новгороде их число уже приближается к тысяче (953).

Тому есть две причины. Первая – это уникальная почва Новгорода.

Русская нация – это сплав восточных, западных славян и угро-финского населения.

Тяжелая и глинистая, она не пропускает воздух и не дает микробам и бактериям разрушать органику. Берестяные грамоты, пролежавшие под землей тысячу лет, попадают в руки археологов почти в неизменном виде, лишь потемневшими. Деревянные настилы, которыми покрывали мостовые города, накладывали друг на друга, так что теперь в некоторых местах культурный слой достигает десяти метров. Втоптанном в грязь берестяным грамотам не был страшен пожар, погубивший большинство деревянных памятников Древней Руси.

Кроме того, Новгород был столицей огромной и мощной республики, простиравшейся от верховий Волги и до Белого моря.

«Если в Киевской Руси бояре не часто навещали в столицу, потому что в Киеве они лишь вассалы князя, а у себя во владениях – господа, то в Новгороде ситуация была противоположной. Здесь князь был чиновником на жаловании, а элитой были бояре», – рассказывает исследователь. Участие в политической жизни республики требовало постоянного присутствия в городе. Поэтому жившие в столице бояре управляли своими владениями, находившимися иногда за тысячами верст, давая поверенным письменные указания.

«Говорящие» находки

Каждая находка открывала ученым новые подробности древней русской истории. Успехи новгородской археологии 1950-х гг. увлекают В. Янина, и он с головой уходит в изучение социально-экономической истории Новгорода. В 1962 г. выходит в свет его монография «Новгородские посадники», которая позже была защищена как доктор-

ская диссертация. В этой работе ученый впервые раскрывает принцип формирования посадничества на основе представительства от боярских семей из различных концов города.

«Обычно только дворяне знают подробно свою генеалогию, но ▶

СПРАВКА :

Валентин Лаврентьевич Янин – советник Президиума РАН, доктор исторических наук, профессор, заведующий кафедрой археологии МГУ, руководитель Новгородской археологической экспедиции, почетный гражданин Новгорода с 1983 года.

Автор более 700 научных и научно-популярных книг и статей.

Лауреат Государственной премии РФ (1970, 1996), премии им. Ломоносова (1966), Ленинской премии (1984), Демидовской премии (1993), премии «Триумф» (2002).

Награжден Большой Золотой медалью РАН им. М.В. Ломоносова (2000), золотой медалью РАН им. С.М. Соловьева.

Имеет правительственные награды: орден Дружбы народов (1975), орден Трудового Красного Знамени (1980), медаль «Ветеран труда» (1984), орден Ленина (1990).



и там встречаются неточности, – с жаром объясняет академик. – А простые люди знают своих предков обычно до четвертого колена, то есть прадедов. И то все больше по отчеству своих дедушек и бабушек. А что они были за люди, этого мы уже не помним. Вот так жил человек, чувствовал, были у него свои проблемы и радости, а через сто лет на всей земле не осталось о нем памяти. А здесь, в Новгороде, мы слышим голоса людей, живших и тысячу лет назад. Они снова оживают для нас».

В этом Янин-историк видит самое значительное открытие Новгородской экспедиции. Ведь раньше археологи имели дело лишь с безмолвными вещами; по предметам быта и орудиям труда они могли воссоздавать технологию производства определенной эпохи. Сейчас археологи по именам знают людей, живших в том или ином доме, их отношения с соседями, знают, как шли дела в их владениях.

Без всякого сомнения, Янин-человек каждый раз с внутренним тре-

петом прикасается к новой бересте, словно встречаясь с древним новгородцем. Уже почти тысяча грамот побывала в его руках – деловая переписка, судебные разбирательства, любовные письма, но привыкнуть, воспринимать находки как часть рутинной работы так и не получилось.

«Как можно остаться равнодушным к этому письму?» – спрашивает академик и зачитывает грамоту, написанную молодой женщиной во второй половине XI в. «Я посылала к тебе трижды. Что за зло ты против меня имеешь, что в эту неделю ты ко мне не приходил? А я к тебе относилась как к брату! Неужели я тебя задела тем, что посылала к тебе? А тебе, я вижу, не любо. Если бы тебе было любо, то ты бы вырвался изпод людских глаз и примчался... Буде даже я тебя по своему неразумению задела, если ты начнешь надо мной насмеяться, то судит тебя Бог и моя слабость».

Почти тысяча лет прошло, а люди преодолевают все те же страхи и мучает все та же боль. «Нисколько человек

не изменился. Меняется обстановка, быт, а человеческие чувства остались те же. Психологически человек был уже полностью сформирован куда раньше XI века», – подводит итог В.Янин.

Синтезированный подход

Специалист по нумизматике, сфрагистике, генеалогии и эпиграфике, В. Янин много времени посвятил проблемам комплексного изучения источников. «Синтез источников в едином исследовании – главное средство развития исторической науки сегодня», – эту истину академик вот уже 30 лет внушает своим ученикам. Впрочем, приобщением вышеназванных вспомогательных научных дисциплин в Новгородской экспедиции не ограничиваются. Точную хронологию событий археологи устанавливают с помощью методов дендрохронологии – определении дат по годичным кольцам деревьев. Толщина этих колец, в свою очередь, зависит от уровня солнечной активности в тот или иной год. Параллельно с «копателями» на раскопках работают и лингвисты. Именно в этом тесном сотрудничестве и удалось сделать ряд важнейших исторических открытий.

Так, крупнейший российский лингвист академик РАН Андрей Анатольевич Зализняк, анализируя язык берестяных грамот, доказал, что в XI–XV вв. существовал древненовгородский диалект, отличный от центральных и восточных русских говоров. Анализируя факты лингвистики, археологии и антропологии, В. Янин доказал западное, балтийское происхождение новгородских славян. «Древний Новгород населяли два племени западных славян и местное угрофинское племя, – говорит академик. – Так что возникшая позже русская нация представляет собой сплав восточных, западных славян и угрофиннов, проживавших на территории Древней Руси».

Сезон 2005 г. обещает быть удачным

Раскопки в Новгороде – это головная боль местных властей. Основные работы ведутся в исторической части города, внутри валов, где прагматичные хозяева могли бы построить новые элитные дома и центры. Так что помимо прочего археологам приходится преодолевать не только толщу времен, но и сопротивление местных чиновников. Большинство из них люди пришлые, не исконные новгородцы, поэтому, может, и не болит у них душа за сохранность памятников истории.

Правда, сейчас ситуация вроде стала улучшаться. В прошлый сезон Новгород посетил Владимир Путин, причем приехал он не к губернатору области Михаилу Прусаку, а непосредственно к В. Янину на раскоп. Очень хотелось президенту самому найти берестяную грамоту. Но не повезло: непрерывные прошлогодние дожди превратили знаменитый Троицкий раскоп в такое болото, что президент даже спускаться туда не решился. И не только президент: за все лето 2004 г. было найдено лишь три грамоты, хотя в иные годы находили и девяносто с лишним. Зато сразу после его визита на счет новгородской экспедиции были переведены деньги, которые было решено потратить на сооружение передвижного навеса. «Так что с этого года работа археологов не будет зависеть от капризов природы», – надеется В. Янин.

Ученый рассчитывает, что и местная администрация станет относиться к работе археологов с большим уважением. Ведь то, что делают каждый год участники Новгородской экспедиции, трудно переоценить.

Археология по Интернету

Снискавший огромный авторитет среди ученого мира, В. Янин стал членом-корреспондентом АН СССР в 37 лет, в 1990 г. он избран действительным членом РАН, а с 1991 г.

В. Янин входит в Президиум РАН. Его вклад оценен многочисленными государственными и научными премиями и правительственными наградами. В. Янин, – единственный из представителей гуманитарной науки, был удостоен Большой Золотой медали РАН им. Ломоносова.

Однако выдающийся ученый немало сделал и для популяризации новгородской археологии. Его научно-популярная книга «Я послал

в круг твоих интересов. А распределение по кафедрам происходит только на третьем курсе. «Так что к нам приходят, уже сделав осознанный выбор, – говорит профессор В. Янин. – Это энтузиасты. Они понимают, что зарплата музейного работника (а большинство археологов работают при музеях) – это гроши. Но жить без экспедиций они не могут».

Сухая статистика подтверждает слова ученого: случайных людей

Уже примерно через год любой желающий сам сможет прочитать все найденные когда-либо берестяные грамоты.

тебе бересту» выдержала три издания – в 1965, 1975 и 1998 г. – и была переведена на венгерский и японский языки.

А сейчас, когда источником знаний становятся не книги, а Всемирная сеть, В. Янин вместе с группой археологов и лингвистов готовит новый проект – «Берестяные грамоты в Интернете». Подготовительные работы идут полным ходом, и уже примерно через год любой желающий сам сможет прочитать все найденные когда-либо берестяные грамоты.

Кузница энтузиастов

Экономические перипетии современной России археологии коснулись мало. Заведующий кафедрой археологии В. Янин говорит, что меньше желающих стать археологами не стало. Отчасти в этом «вина» А. Арциховского: когда-то он предложил, чтобы все студенты истфака, независимо от вуза – МГУ или провинциального пединститута, после первого курса проходили археологическую практику, а именно ездили в экспедиции. Обычно одной такой поездки, трех недель на раскопках, достаточно, чтобы понять, насколько археология входит

на его кафедре нет. На 2004 год кафедра археологии МГУ выпустила 716 человек. Из них 321 – то есть почти каждый второй – стали кандидатами наук, а 101 – защитили докторские диссертации. В ближайшее время эта цифра увеличится: несколько докторских диссертаций уже почти готовы к защите.

Сам же В. Янин планирует очередную экспедицию. Основная рабочая сила – школьники и студенты – приедут на раскопки в июне. Сами ученые соберутся в Новгороде чуть раньше. Если будет готов навес и погода не подведет, наступающий сезон может преподнести очередные сюрпризы: новые открытия или встречи со старыми героями уже найденных ранее грамот. Такое в практике В. Янина уже встречалось. «Знаете, это ни с чем не сравнимое ощущение, когда спустя лет тридцать у тебя в руках оказывается продолжение уже известной тебе переписки. Ты снова встречаешься с уже старыми «приятелями!» – говорит ученый.

По подсчетам специалистов, в новгородской земле дожидаются своего часа еще 20 тысяч берестяных грамот. Так что скучной жизни академику не видать. ■

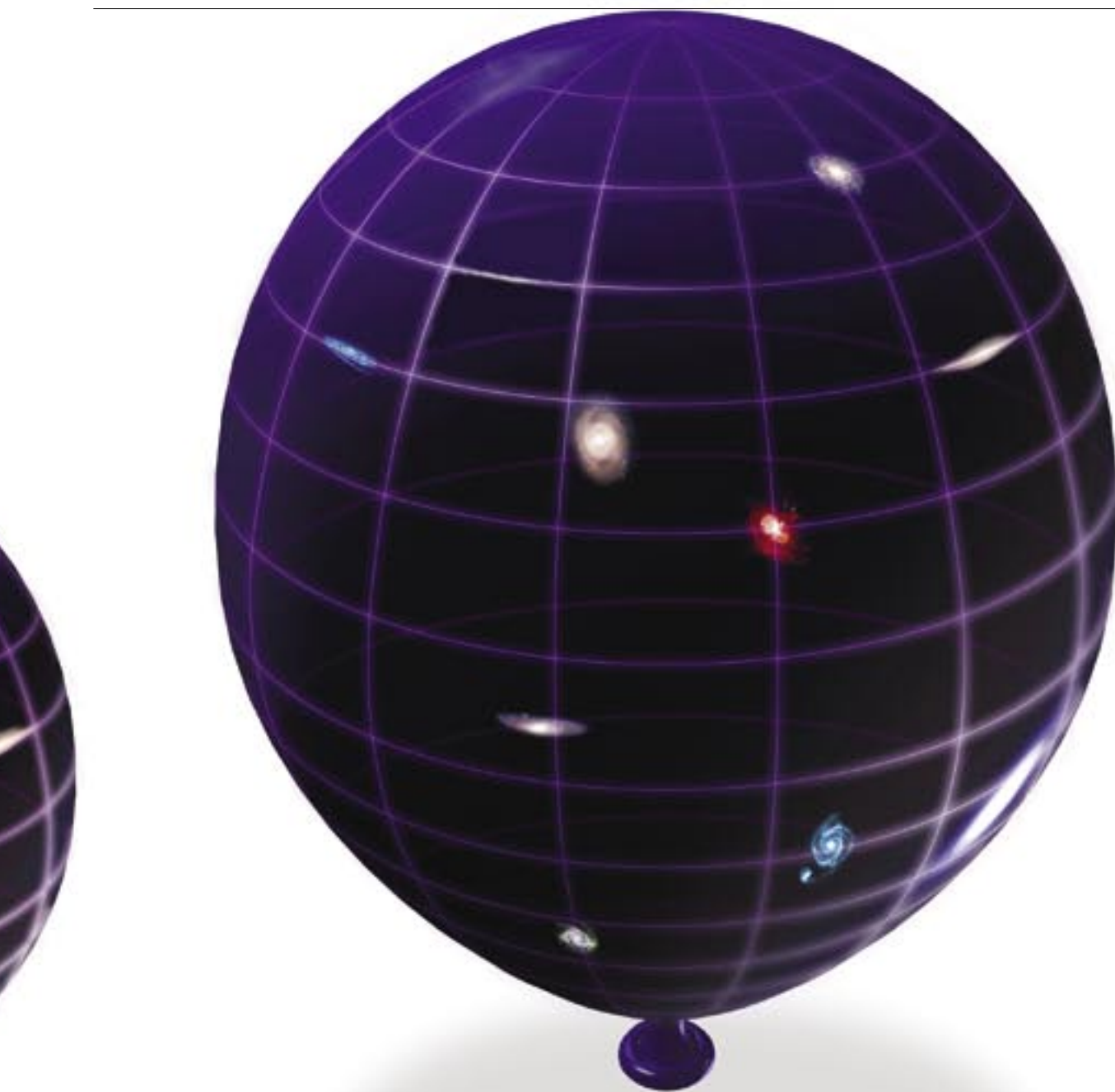
Чарльз Линевивер
и Тамара Дэвис

парадоксы

БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

Даже астрономы не всегда
правильно понимают расширение
Вселенной.





Раздувающийся воздушный шар – старая, но хорошая аналогия расширения Вселенной. Галактики, расположенные на поверхности шара, неподвижны, но поскольку Вселенная расширяется, расстояние между ними возрастает, а размеры самих галактик не увеличиваются.

В июле 1965 г. ученые объявили об открытии явных признаков расширения Вселенной из более горячего и плотного исходного состояния. Они нашли остывающее послесвечение Большого взрыва – реликтовое излучение. С этого момента расширение и охлаждение Вселенной легло в основу космологии. Космологическое расширение позволяет понять, как формировались простые структуры и как они постепенно развивались в сложные.

Спустя 75 лет после открытия расширения Вселенной многие ученые не могут проникнуть в его истинный смысл. Джеймс Пиблз (James Peebles), космолог из Принстонского университета, изучающий реликтовое излучение, писал в 1993 г.: «Мне кажется, что даже специалисты не знают, каково значение и возможности модели горячего Большого взрыва».

Известные физики, авторы учебников по астрономии и популяризаторы науки порою дают неверную или искаженную трактовку расширения Вселенной, которое легло в основу модели Большого взрыва. Что же мы имеем в виду, когда говорим, что Вселенная расширяется? Несомненно, сбивает с толку то обстоятельство, что теперь говорят об ускорении расширения, и это ставит нас в тупик.

Что такое расширение?

Когда расширяется что-нибудь привычное, например, влажное пятно или Римская империя, то они становятся больше, их границы раздвигаются, и они начинают занимать больший объем в пространстве. Но Вселенная, похоже, не имеет физических ограничений, и ей некуда двигаться.

Расширение нашей Вселенной очень похоже на надувание воздушного шара. Расстояния до далеких галактик увеличиваются. Обычно астрономы говорят, что галактики удаляются или убегают от нас, но не перемещаются в пространстве, как осколки «бомбы Большого взрыва». В действительности расширяется пространство между нами и галактиками, хаотически движущимися внутри практически неподвижных скоплений. Реликтовое излучение заполняет Вселенную и служит системой отсчета, подобной резиновой поверхности воздушного шара, по отношению к которой движение и может быть измерено.

Находясь вне шара, мы видим, что расширение его искривленной двухмерной поверхности возможно только потому, что она находится в трехмерном пространстве. В третьем измерении располагается центр шара, а его поверхность расширяется в окружающий его объем. Исходя из этого, можно было бы заключить, что расширение на-

шего трехмерного мира требует наличия у пространства четвертого измерения. Но согласно общей теории относительности Эйнштейна, пространство динамично: оно может расширяться, сжиматься и изгибаться.

Дорожная пробка

Вселенная самодостаточна. Не требуются ни центр, чтобы расширяться от него, ни свободное пространство с внешней стороны (где бы она ни находилась), чтобы туда расширяться. Правда, некоторые новейшие теории, такие как теория струн, постулируют наличие дополнительных измерений, но при расширении нашей трехмерной Вселенной они не требуются.

В нашей Вселенной, как и на поверхности воздушного шара, каждый объект отдаляется от всех остальных. Таким образом, Большой взрыв не был взрывом в пространстве, а скорее это был взрыв самого пространства, который не произошел в определенном месте и затем не расширялся в окружающую пустоту. Это произошло всюду одновременно.

Если представить, что мы прокручиваем киноленту в обратном порядке, то увидим, как все области Вселенной сжимаются, а галактики сближаются, пока не столкнутся все вместе в Большом взрыве, как автомобили в дорожной пробке. Но сопоставление тут не полное. Если бы речь шла о происшествии, то вы могли бы объехать затор, услышав сообщения о нем по радио. Но Большой взрыв был катастрофой, которую невозможно избежать. Это похоже на то, как если бы поверхность Земли и все дороги на ней смялись, но автомобили оставались бы прежнего размера. В конце концов машины столкнулись бы, и никакое сообщение по радио не помогло бы предотвратить это.

Так же и Большой взрыв: он произошел повсеместно, в отличие от взрыва бомбы, который происходит

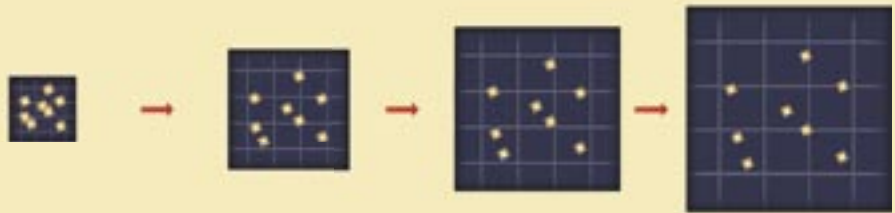
ОБЗОР: КОСМИЧЕСКОЕ НЕДОРАЗУМЕНИЕ

- Расширение Вселенной – одна из фундаментальных концепций современной науки – до сих пор получает различное толкование.
- Не следует воспринимать термин «Большой взрыв» буквально. Он не был бомбой, взорвавшейся в центре Вселенной. Это был взрыв самого пространства, который произошел повсеместно, подобно тому, как расширяется поверхность надуваемого воздушного шара.
- Понимание различия между расширением пространства и расширением в пространстве крайне важно для того, чтобы понять, каков размер Вселенной, скорость разбегания галактик, а также возможности астрономических наблюдений и природы ускорения расширения, которое, вероятно, испытывает Вселенная.
- Модель Большого взрыва описывает лишь то, что случилось после него.

НЕВЕРНО: Вселенная родилась тогда, когда вещество, подобно бомбе, взорвалось в определенном месте. Давление было высоким в центре и низким в окружающей пустоте, что и вызвало разлет вещества.



ВЕРНО: Это был взрыв самого пространства, который привел вещество в движение. Наше пространство и время возникло в Большом взрыве и начало расширяться. Нигде не было центра, т.к. условия всюду были одинаковыми, никакого перепада давления, характерного для обычного взрыва, не было.



в определенной точке, а осколки разлетаются во все стороны.

Теория Большого взрыва не дает нам информации о размере Вселенной и даже о том, конечна она или бесконечна. Теория относительности описывает, как расширяется каждая область пространства, но ничего не говорится о размере или форме. Иногда космологи заявляют, что Вселенная когда-то была не больше грейпфрута, но они имеют в виду лишь ту ее часть, которую мы сейчас можем наблюдать.

У обитателей туманности Андромеды или других галактик свои наблюдаемые вселенные. Наблюдатели, находящиеся в Андромеде, могут видеть галактики, которые недоступны нам, просто из-за того, что они немного ближе к ним; зато они не могут созерцать те, которые рассматриваем мы. Их наблюдаемая Вселенная тоже была размером с грейпфрут. Можно вообразить, что ранняя Вселенная была похожа на кучу этих фруктов, безгранично простирающаяся во всех направлениях. Значит, представление

о том, что Большой взрыв был «маленьким», ошибочно. Пространство Вселенной безгранично. И как его ни сжимай, оно таковым и останется.

Быстрее света

Ошибочные представления бывают связаны с количественным описанием расширения. Скорость, с которой увеличиваются расстояния между галактиками, подчиняется простой закономерности, выявленной американским астрономом Эдвином Хабблом (Edwin Hubble) в 1929 г.: скорость удаления галактики v прямо пропорциональна его расстоянию от нас d , или $v = Hd$. Коэффициент пропорциональности H называется постоянной Хаббла и определяет скорость расширения пространства как вокруг нас, так и вокруг любого наблюдателя во Вселенной.

Некоторых сбивает с толку то, что не все галактики подчиняются закону Хаббла. Ближайшая к нам крупная галактика (Андромеда) вообще движется к нам, а не от нас. Такие

исключения бывают, поскольку закон Хаббла описывает лишь среднее поведение галактик. Но каждая из них может иметь и небольшое собственное движение, поскольку галактики гравитационно воздействуют друг на друга, как, например, наша Галактика и Андромеда. Отдаленные галактики также имеют небольшие ▶

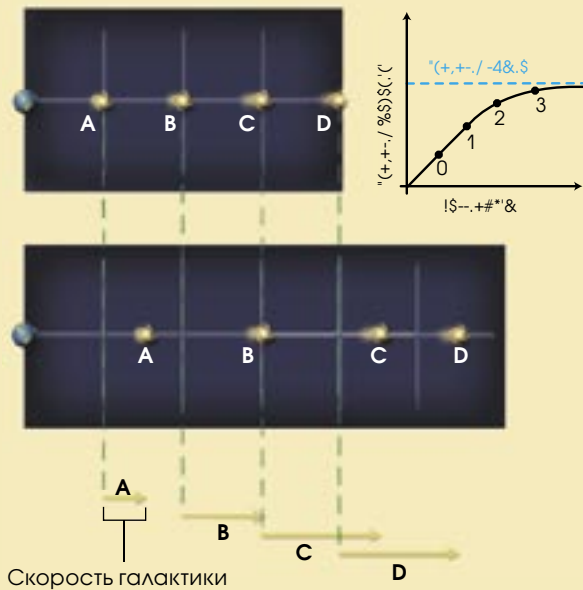
ОБ АВТОРАХ:

Чарльз Линевиер (Charles H. Lineweaver) и **Тамара Дэвис** (Tamara M. Davis) – астрономы из австралийской обсерватории Маунт-Стромло. В начале 1990-х гг. в Калифорнийском университете в Беркли Линевиер входил в группу ученых, открывших с помощью спутника COBE флуктуации реликтового излучения. Он защитил диссертацию не только по астрофизике, но и по истории и английской литературе. Дэвис работает над созданием космической обсерватории *Supernova/Acceleration Probe* (Исследователь сверхновых звезд и ускорения).

МОГУТ ЛИ ГАЛАКТИКИ УДАЛЯТЬСЯ СО СКОРОСТЬЮ ВЫШЕ СКОРОСТИ СВЕТА?

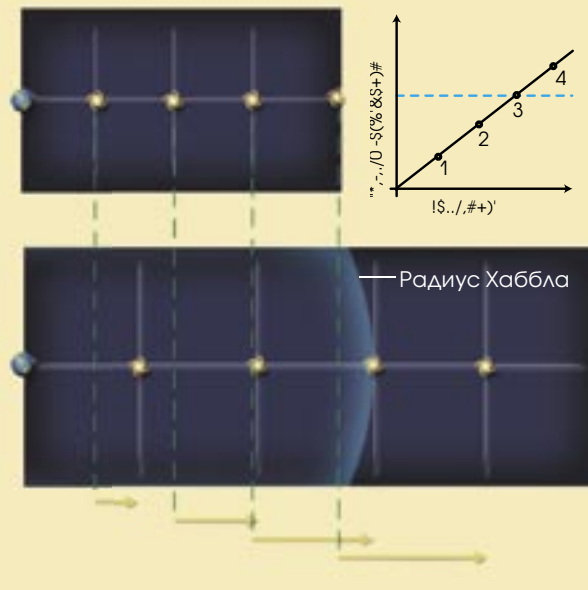
НЕВЕРНО: Частная теория относительности Эйнштейна запрещает это.

Рассмотрим область пространства, содержащую несколько галактик. Из-за ее расширения галактики удаляются от нас. Чем дальше галактика, тем больше ее скорость (красные стрелки). Если скорость света – предел, то скорость удаления должна в итоге стать постоянной.



ВЕРНО: Разумеется, могут. Частная теория относительности не рассматривает скорость удаления.

Скорость удаления бесконечно возрастает с расстоянием. Дальше некоторого расстояния, называемого хаббловским, она превышает скорость света. Это не является нарушением теории относительности, поскольку удаление вызвано не движением в пространстве, а расширением самого пространства.



хаотические скорости, но при большом расстоянии от нас (при большом значении d) эти случайные скорости ничтожно малы на фоне больших скоростей удаления (v). Поэтому для далеких галактик закон Хаббла выполняется с высокой точностью.

Согласно закону Хаббла, Вселенная расширяется не с постоянной скоростью. Некоторые галактики удаляются от нас со скоростью 1 тыс. км/с, другие, находящиеся вдвое дальше, со скоростью 2 тыс. км/с, и т.д. Таким образом, закон Хаббла указывает, что, начиная с некоторого расстояния, называемого хаббловским, галактики удаляются со сверхсветовой скоростью. Для измеренного значения постоянной Хаббла это расстояние составляет около 14 млрд. световых лет.

Но разве частная теория относительности Эйнштейна не утверждает, что никакой объект не может

иметь скорость выше скорости света? Такой вопрос ставил в тупик многие поколения студентов. А ответ состоит в том, что частная теория относительности применима лишь к «нормальным» скоростям – к движению в пространстве. В законе Хаббла речь идет о скорости удаления, вызванного расширением самого пространства, а не движением в пространстве. Этот эффект общей теории относительности не подчиняется частной теории относительности. Наличие скорости удаления выше скорости света никак не нарушает частную теорию относительности. По-прежнему верно, что ничто не может догнать луч света.

Растяжение фотонов

Первые наблюдения, показывающие, что Вселенная расширяется, были сделаны между 1910 и 1930 г. В лаборатории атомы испускают и

поглощают свет всегда на определенных длинах волн. То же наблюдается и в спектрах далеких галактик, но со смещением в длинноволновую область. Астрономы говорят, что излучение галактики испытывает красное смещение. Объяснение простое: при расширении пространства световая волна растягивается и поэтому ослабевает. Если в течение того времени, пока световая волна дошла до нас, Вселенная расширилась вдвое, то и длина волны удвоилась, а ее энергия ослабла в два раза.

Процесс можно описать в терминах температуры. Испускаемые телом фотоны имеют распределение по энергии, которое в целом характеризуют температурой, указывающей, насколько тело горячее. Когда фотоны движутся в расширяющемся пространстве, они теряют энергию и их температура снижается. Таким образом, Вселенная при расшире-

нии охлаждается, как сжатый воздух, вырывающийся из баллона аквалангиста. К примеру, реликтовое излучение сейчас имеет температуру около 3 К, тогда как оно родилось при температуре около 3000 К. Но с того времени Вселенная увеличилась в размере в 1000 раз, а температура фотонов понизилась во столько же раз. Наблюдая газ в далеких галактиках, астрономы прямо измеряют температуру этого излучения в далеком прошлом. Измерения подтверждают, что Вселенная со временем охлаждается.

В связи между красным смещением и скоростью также существуют некоторые противоречия. Красное смещение, вызванное расширением, часто путают с более знакомым красным смещением, вызванным эффектом Доплера, который обычно делает звуковые волны более длинными, если источник звука удаляется. То же верно и для световых волн, которые становятся более длинными, если источник света удаляется в пространстве.

Доплеровское красное смещение и космологическое красное смещение – вещи абсолютно разные и описываются различными формулами. Первая вытекает из частной теории относительности, которая не принимает во внимание расширение пространства, а вторая следует из общей теории относительности. Эти две формулы почти одинаковы для близлежащих галактик, но различаются для отдаленных.

Согласно формуле Доплера, если скорость объекта в пространстве приближается к скорости света, то его красное смещение стремится к бесконечности, а длина волны становится слишком большой и поэтому недоступной для наблюдения. Если бы это было верно для галактик, то самые отдаленные видимые объекты на небе удалялись бы со скоростью, заметно меньшей скорости света. Но космологическая формула для красного смещения приводит к другому выводу. В рамках стандартной ▶

Каждый раз, когда *Scientific American* публикует статью по космологии, многие читатели пишут нам, что, по их мнению, галактики на самом деле не удаляются от нас и что расширение пространства – иллюзия. Они полагают, что красное смещение в спектрах галактик вызвано чем-то вроде «утомления» от долгой поездки. Некий неизвестный процесс вынуждает свет, распространяясь сквозь пространство, терять энергию и поэтому краснеть.

Данной гипотезе уже более полувека, и на первый взгляд она выглядит разумной. Но она совершенно не согласуется с наблюдениями. Например, когда звезда взрывается как сверхновая, она вспыхивает, а затем тускнеет. Весь процесс длится примерно две недели у сверхновых того типа, который астрономы используют для определения расстояний до галактик. За этот период времени сверхновая излучает поток фотонов. Гипотеза усталости света говорит, что за время пути фотоны потеряют энергию, но наблюдатель все равно получит поток фотонов длительностью в две недели.

Однако в расширяющемся пространстве не только сами фотоны растягиваются (и поэтому теряют энергию), но и их поток также растягивается. Поэтому требуется более двух недель, чтобы все фотоны добрались до Земли. Наблюдения подтверждают такой эффект. Вспышка сверхновой в галактике с красным смещением 0,5 наблюдается три недели, а в галактике с красным смещением 1 – месяц.

Гипотеза усталости света противоречит также наблюдениям спектра реликтового излучения и измерениям поверхностной яркости далеких галактик. Пришло время отправить на покой «утомленный свет» (Чарльз Линевивер и Тамара Дэвис).



Сверхновые звезды, как эта в скоплении галактик в Деве, помогают измерять космическое расширение. Их наблюдаемые свойства исключают альтернативные космологические теории, в которых пространство не расширяется.

космологической модели галактики с красным смещением около 1,5 (т.е. принимаемая длина волны их излучения на 50% больше лабораторного значения) удаляются со скоростью света. Астрономы уже обнаружили около 1000 галактик с красным смещением больше 1,5. А значит, нам известно около 1000 объектов, удаляющихся быстрее скорости света. Реликтовое излучение приходит с еще большего расстояния и имеет красное смещение около 1000. Когда горячая плазма молодой Вселенной испускала принимаемое нами сегодня излучение, она удалялась от нас почти в 50 раз быстрее скорости света.

Бег на месте

Трудно поверить, что мы можем видеть галактики, движущиеся быстрее скорости света, однако это возможно из-за изменения скорости расширения. Вообразите луч света, идущий

к нам с расстояния большего, чем расстояние Хаббла (14 млрд. световых лет). Он движется к нам со скоростью света относительно своего местоположения, но само оно удаляется от нас быстрее скорости света. Хотя свет устремляется к нам с максимальной возможной скоростью, он не может угнаться за расширением пространства. Это напоминает ребенка, пытающегося бежать в обратную сторону по эскалатору. Фотоны на хаббловском расстоянии перемещаются с максимальной скоростью, чтобы оставаться на прежнем месте.

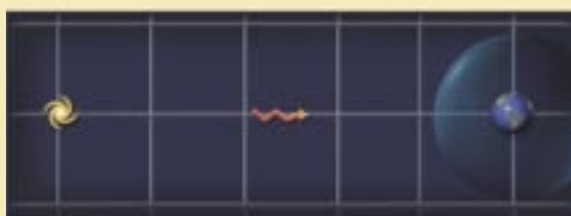
Можно подумать, что свет из областей, удаленных дальше расстояния Хаббла, никогда не сможет прийти до нас и мы его никогда не увидим. Но расстояние Хаббла не остается неизменным, поскольку постоянная Хаббла, от которой оно зависит, меняется со временем. Эта величина пропорциональна скорости разбега- ния двух галактик, деленной на рас-

стояние между ними. (Для вычисления можно использовать любые две галактики.) В моделях Вселенной, согласующихся с астрономическими наблюдениями, знаменатель увеличивается быстрее числителя, поэтому постоянная Хаббла уменьшается. Следовательно, расстояние Хаббла растет. А раз так, свет, который первоначально не достигал нас, может со временем оказаться в пределах хаббловского расстояния. Тогда фотоны окажутся в области, удаляющейся медленнее скорости света, после чего они смогут добраться до нас.

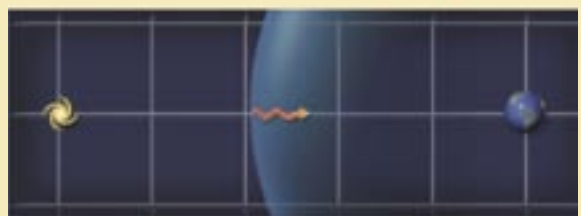
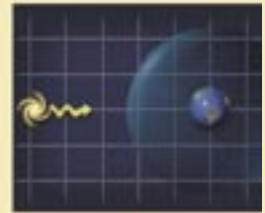
Однако галактика, пославшая свет, может продолжать удаляться со сверхсветовой скоростью. Таким образом, мы можем наблюдать свет от галактик, которые, как и прежде, всегда будут удаляться быстрее скорости света. Одним словом, хаббловское расстояние не фиксировано и не указывает нам границы наблюдаемой Вселенной.

МОЖНО ЛИ УВИДЕТЬ ГАЛАКТИКИ, УДАЛЯЮЩИЕСЯ БЫСТРЕЕ СВЕТА?

НЕВЕРНО: Конечно нет. Свет от таких галактик улетает вместе с ними. Пусть галактика находится за пределом хаббловского расстояния (сфера), т.е. удаляется от нас быстрее скорости света. Она испускает фотон (помечено желтым цветом). Пока фотон летит сквозь пространство, само оно расширяется. Расстояние до Земли увеличивается быстрее, чем движется фотон. Он никогда не достигнет нас.

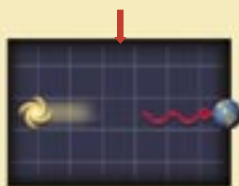
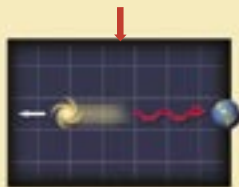


ВЕРНО: Конечно можно, поскольку скорость расширения изменяется со временем. Сначала фотон действительно сносится расширением. Однако хаббловское расстояние не постоянно: оно увеличивается, и в конце концов фотон может попасть в сферу Хаббла. Как только это случится, фотон будет двигаться быстрее, чем удаляется Земля, и он сможет достичь нас.



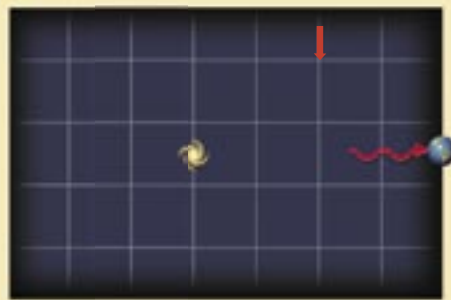
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ КОСМИЧЕСКОЕ КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ – ЭТО ДОПЛЕРОВСКОЕ СМЕЩЕНИЕ?

НЕВЕРНО: Да, потому что удаляющиеся галактики движутся в пространстве. В эффекте Доплера световые волны растягиваются (становясь более красными), когда их источник удаляется от наблюдателя. Длина волны света не меняется во время его путешествия сквозь пространство. Наблюдатель принимает свет, измеряет его красное смещение и вычисляет скорость галактики.



ВЕРНО: Нет, красное смещение не имеет никакого отношения к эффекту Доплера.

Галактика почти неподвижна в пространстве, поэтому испускает свет одинаковой длины волны во всех направлениях. За время пути длина волны становится больше, поскольку пространство расширяется. Поэтому свет постепенно краснеет. Наблюдатель принимает свет, измеряет его красное смещение и вычисляет скорость галактики. Космическое красное смещение отличается от доплеровского смещения, что подтверждают наблюдения.



А что в действительности отмечает границу наблюдаемого пространства? Здесь тоже происходит некая путаница. Если бы пространство не расширялось, то самый отдаленный объект мы могли бы наблюдать теперь на расстоянии около 14 млрд. световых лет от нас, т.е. на расстоянии, которое свет преодолел за 14 млрд. лет, прошедших с момента Большого взрыва. Но поскольку Вселенная расширяется, пространство, пересеченное фотоном, расширилось за время его пути. Поэтому текущее расстояние до самого удаленного из наблюдаемых объектов примерно втрое больше – около 46 млрд. световых лет.

Раньше космологи думали, что мы живем в замедляющейся Вселенной и поэтому можем наблюдать все больше и больше галактик. Однако в ускоряющейся Вселенной мы отгорожены границей, вне которой никогда не увидим происходящие события – это космический гори-

зонт событий. Если свет от галактик, удаляющихся быстрее скорости света, достигнет нас, значит, расстояние Хаббла увеличится. Но в ускоряющейся Вселенной его увеличение запрещено. Удаленное событие может послать луч света в нашем направлении, но этот свет навсегда останется за пределом расстояния Хаббла из-за ускорения расширения.

Как видим, ускоряющаяся Вселенная напоминает черную дыру, тоже имеющую горизонт событий, извне которого мы не получаем сигналов. Нынешнее расстояние до нашего космического горизонта событий (16 млрд. световых лет) целиком лежит в пределах нашей наблюдаемой области. Свет, испущенный галактиками, находящимися сейчас дальше космического горизонта событий, никогда не сможет достигнуть нас, т.к. расстояние, которое сейчас соответствует 16 млрд. световых лет, будет расширяться слишком быстро. Мы сможем

увидеть события, происходившие в галактиках прежде, чем они пересекли горизонт, но о последующих событиях мы не узнаем никогда.

Во Вселенной расширяется все?

Люди часто думают, что если пространство расширяется, то и все в нем тоже расширяется. Но это неверно. Расширение как таковое (т.е. по инерции, без ускорения или замедления) не производит никакой силы. Длина волны фотона увеличивается вместе с ростом Вселенной, поскольку в отличие от атомов и планет фотоны не связаны объектами, размеры которых определяются равновесием сил. Изменяющаяся скорость расширения действительно вносит новую силу в равновесие, но и она не может заставить объекты расширяться или сжиматься.

Например, если бы гравитация стала сильнее, ваш спинной мозг сжался бы, пока электроны ▶

в позвоночнике не достигли бы нового положения равновесия, чуть ближе друг к другу. Ваш рост немного уменьшился бы, но сжатие на этом прекратилось бы. Точно так же, если бы мы жили во Вселенной с преобладанием сил тяготения, как еще несколько лет назад считало большинство космологов, то расширение замедлялось бы, а на все тела действовало бы слабое сжатие, заставляющее их достигать меньшего равновесного размера. Но, достигнув его, они бы больше не сжимались.

Фактически же расширение ускоряется, что вызвано слабой силой, «раздувающей» все тела. Поэтому связанные объекты имеют размеры немного больше, чем были бы в неускоряющейся Вселенной, поскольку равновесие сил достигается у них при немного большем размере. На по-

верхности Земли ускорение, направленное наружу, от центра планеты, составляет мизерную долю (10^{-30}) нормального гравитационного ускорения к центру. Если это ускорение неизменно, то оно не заставит Землю расширяться. Просто планета принимает чуть больший размер, чем он был бы без силы отталкивания.

Но все изменится, если ускорение не постоянно, как полагают некоторые космологи. Если отталкивание увеличивается, то это может в конце концов вызвать разрушение всех структур и привести к «Большому разрыву», который произошел бы не из-за расширения или ускорения как такового, а потому что ускорение ускорялось бы.

По мере того как новые точные измерения помогают космологам лучше понять расширение и ускорение,

они могут задаться еще более фундаментальными вопросами о самых ранних мгновениях и наибольших масштабах Вселенной. Чем было вызвано расширение? Многие космологи считают, что в этом виноват процесс, называемый «инфляцией» (раздуванием), особый тип ускоряющегося расширения. Но возможно, это лишь частичный ответ: чтобы она началась, похоже, Вселенная уже должна была расширяться. А что относительно наибольших масштабов за пределом наших наблюдений? Расширяются ли разные части Вселенной по-разному, так, что наша Вселенная – это всего лишь скромный инфляционный пузырь в гигантской сверхвселенной? Никто не знает. Но мы надеемся, что со временем мы сможем прийти к пониманию процесса расширения Вселенной. ■

НАСКОЛЬКО ВЕЛИКА НАБЛЮДАЕМАЯ ВСЕЛЕННАЯ?

НЕВЕРНО: Вселенной 14 млрд. лет, поэтому наблюдаемая ее часть должна иметь радиус 14 млрд. световых лет.

Рассмотрим самую далекую из наблюдаемых галактик – ту, чьи фотоны, испущенные сразу после Большого взрыва, только теперь достигли нас. Световой год – это расстояние, проходимое фотоном за год. Значит, фотон преодолел 14 млрд. световых лет.



14 млрд. световых лет

ВЕРНО: Поскольку пространство расширяется, наблюдаемая область имеет радиус больше, чем 14 млрд. световых лет.

Пока фотон путешествует, пространство, которое он пересекает, расширяется. К моменту, когда он достигает нас, расстояние до испустившей его галактики становится больше, чем просто вычисленное по времени полета, – приблизительно втрое больше.

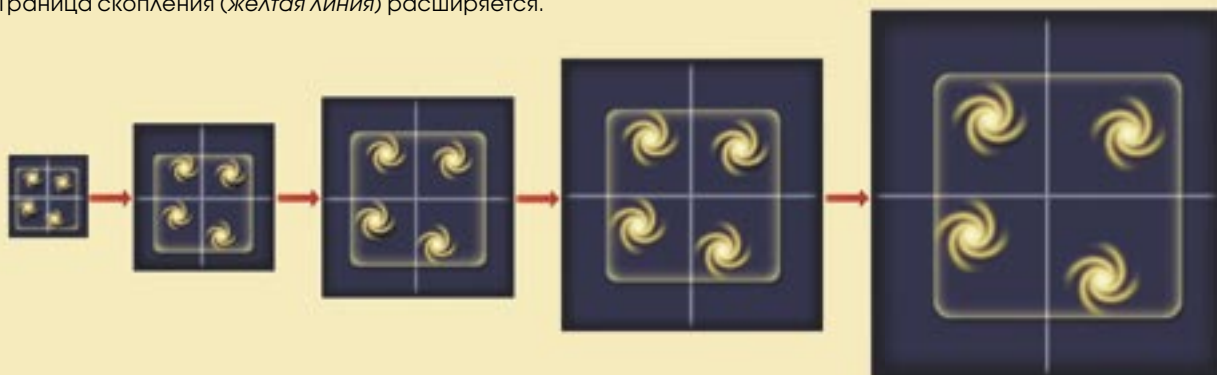


46 млрд. световых лет

А ОБЪЕКТЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ ТОЖЕ РАСШИРЯЮТСЯ?

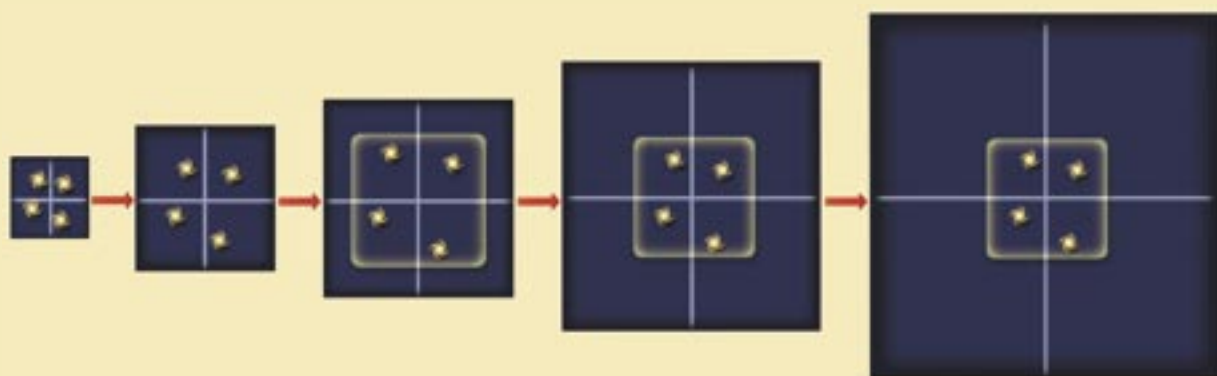
НЕВЕРНО: Да. Расширение заставляет Вселенную и все находящееся в ней увеличиваться.

В качестве объекта рассмотрим скопление галактик. Раз Вселенная становится больше, то и скопление – также. Граница скопления (желтая линия) расширяется.



ВЕРНО: Нет. Вселенная расширяется, но связанные объекты в ней не делают этого.

Соседние галактики сначала удаляются, но в конечном счете их взаимное притяжение пересиливает расширение. Формируется скопление такого размера, которое соответствует его равновесному состоянию.



ЗАМЕЧАНИЯ К СТАТЬЕ «ПАРАДОКСЫ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА»

Профессор Засов Анатолий Владимирович, физ. ф-т МГУ:

Все недоразумения, с которыми спорят авторы статьи, связаны с тем, что для наглядности чаще всего рассматривают расширение ограниченного объема Вселенной в жесткой системе отсчета (причем расширение достаточно маленькой области, чтобы не учитывать разность хода времени на Земле и на далеких галактиках в земной системе отсчета). Отсюда представление и о взрыве, и о доплеровском смещении, и распространенная путаница со скоростями движения. Авторы же пишут, и пишут правильно, как все выглядит в неинерциальной (сопутствующей) системе координат, в которой обычно работают космологи, хотя в статье прямо не говорится об этом (в принципе, все расстояния и скорости зависят от выбора системы отсчета, и здесь всегда есть

некий произвол). Единственно, что написано нечетко, так это то, что не определено, что же в расширяющейся Вселенной понимается под расстоянием. Сначала у авторов это скорость света, умноженная на время распространения, а далее говорится, что необходимо еще учесть расширения, которое удалило галактику еще больше, пока свет был в пути. Таким образом, расстояние уже понимается как скорость света, умноженная на время распространения, которое он потратил бы, если бы галактика перестала удаляться и излучила свет сейчас. В действительности все сложнее. Расстояние – величина модельно зависимая и непосредственно из наблюдений не получаемая, поэтому космологи без него прекрасно обходятся, заменяя красным смещением. Но может быть, более строгий подход здесь и неуместен.

An aerial photograph of a mountainous region with terraced rice fields. The fields are arranged in a complex, winding pattern across the slopes, showing various shades of green and brown. The background consists of dark, forested hills. The overall scene is a mix of natural landscape and human agricultural activity.

Уильям Раддман

КОГДА ЛЮДИ ВПЕРВЫЕ НАЧАЛИ ВЛИЯТЬ НА КЛИМАТ ЗЕМЛИ?

Возможно, глобальное потепление началось за тысячи лет до промышленной революции.

Принято считать, что деятельность человека начала оказывать существенное влияние на климат Земли в начале прошлого столетия. Заводы и электростанции, работающие на ископаемом топливе, стали выбрасывать в воздух двуокись углерода (CO₂) и другие парниковые газы. Позднее к ним добавились выхлопы автотранспорта. Согласно данной теории, ответственность за накопление парниковых газов в атмосфере и сопутствующее этому глобальное потепление лежит на совести людей индустриальной эры. Но сейчас появилась гипотеза о том, что еще наши древние предки много тысячелетий назад неосознанно изменяли климат Земли, занимаясь земледелием, сопровождавшимся выбросами упомянутых газов в атмосферу.

Согласно новым данным, примерно 8 тыс. лет назад концентрация углекислого газа в атмосфере, вопреки естественной природной тенденции, начала повышаться. Приблизительно через 3 тыс. лет аналогичные изменения произошли и с концентрацией другого парникового газа – метана (CH₄). Если бы этого не произошло, температура в Европе и Северной Америке была бы на 3–4°C ниже, что существенно затруднило бы развитие сельского хозяйства. Более того, в некоторых регионах на северо-востоке Канады несколько тысяч лет тому назад появился бы незначительный ледниковый покров и начался бы своего рода ледниковый период. Однако в последние тысячелетия климат Земли оставался относительно теплым и стабильным.

Дело в том, что примерно 8 тыс. лет назад климатическая тенденция изменилась и перестала подчиняться регулярным циклам, господствовавшим в прошлом. Деятельность человека, связанная с земледелием, прежде всего уничтожение лесов для освобождения

плодородных земель и ирригация, должны были привести к увеличению содержания двуокиси углерода и метана в атмосфере. Это объясняет и изменение тенденций, и увеличение концентрации парниковых газов до начала индустриальной эры. Научно-технический прогресс лишь ускорил их накопление в атмосфере.

Современные представления

Новая гипотеза родилась в результате десятилетий упорной работы по изучению долгосрочного изменения климата. В середине XX в. ученые выяснили, что на протяжении миллионов лет самое сильное влияние на климат Земли оказывали периодические изменения ее орбиты. Вследствие орбитальных циклов длительностью 100 тыс., 41 тыс. и 22 тыс. лет поток солнечного излучения, достигающий в определенном сезон различных частей земного шара, изменяется более чем на 10%. За последние 3 млн. лет регулярные колебания количества солнечного света, падающего на поверхность планеты, вызвали серию ледниковых периодов (когда значительная часть континентов Северного полушария была покрыта льдом), перемежавшихся короткими теплыми межледниковыми интервалами.

За миллионы лет эволюции гоминоид, постепенно превратившихся в *Homo sapiens*, сменилось

множество климатических циклов. В конце последнего ледникового периода ледяной покров, в течение 100 тыс. лет сковывавший север Европы и Северной Америки, начал уменьшаться и 6 тыс. лет назад исчез. Вскоре наши предки построили города, изобрели письменность и основали религии. Многие ученые считают, что развитие цивилизации приходится в основном на теплый промежуток между ледниковыми периодами. Но, на мой взгляд, это не полная картина.

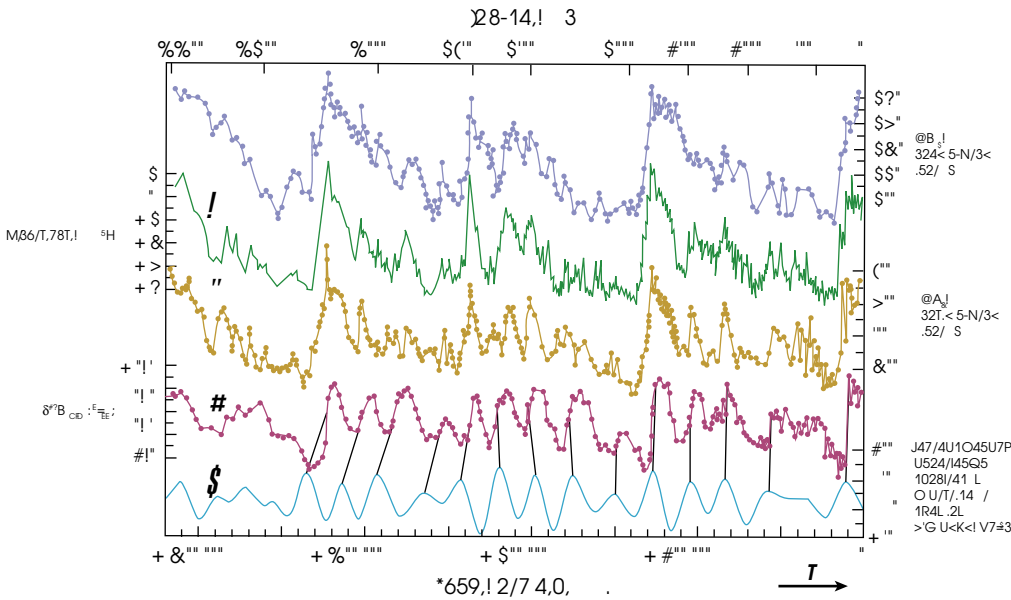
В последние годы в ходе изучения кернов льда из Антарктики и Гренландии были получены чрезвычайно ценные сведения о древнем климате Земли, в том числе и об изменениях атмосферной концентрации парниковых газов. В керне льда, извлеченном в 1990-х гг. на станции «Восток» из антарктического панциря трехкилометровой глубины, сохранились пузыри доисторического воздуха. По ним удалось определить состав атмосферы в те времена, когда ледяной покров только начал образовываться. Результаты анализа подтверждают, что на протяжении последних 400 тыс. лет концентрации CO₂ и метана в атмосфере падали и поднимались по определенному закону.

Изменения концентраций парниковых газов происходили в те же периоды, когда изменялись интенсивность солнечного излучения и размер ледникового покрова. Например, колебания ▶

ОБЗОР: РАННЕЕ ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

- Новая гипотеза противоречит распространенному мнению о том, что парниковые газы, поступление которых в атмосферу обусловлено деятельностью человека, начали изменять климат Земли лишь в последние 200 лет.
- Обнаружены свидетельства того, что деятельность наших предков, которые вырубали леса и орошали поля, способствовала накоплению в атмосфере парниковых газов уже несколько тысячелетий назад.
- Люди поддерживали на планете значительно более теплый климат, чем естественный, и, возможно, предотвратили новый ледниковый период.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 420 ТЫС. ЛЕТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА КЕРНОВ ЛЬДА СО СТАНЦИИ «ВОСТОК»:



Впервые гипотезу о том, что циклические изменения эксцентриситета орбиты Земли (ее эллиптичность), наклона оси ее вращения и ее прецессии могут вызывать существенные изменения климата на планете выдвинул в 20-х гг. прошлого века сербский астрофизик Милутин Миланкович (Milutin Milankovitch).

a – углекислый газ;
 b – изотопная температура атмосферы;
 c – метан;
 d – изменение атмосферной концентрации кислорода-18, отражающее температуру и согласующееся с интенсивностью солнечного излучения ($Вт/м^2$) в середине июня (e), рассчитанным для 65° с.ш.

концентрации метана совпадают с орбитальным циклом длительностью 22 тыс. лет, который называется прецессией. Поскольку ось вращения Земли медленно описывает конус, Северное полушарие оказывается то ближе к Солнцу, то дальше от него. Когда прецессионное движение подводит северные континенты ближе к светилу, содержание метана в атмосфере возрастает.

В конце лета болотная растительность расцветает, затем отмирает, разлагается и высвобождает углерод в форме метана, который иногда называют болотным газом. В наиболее теплое летнее время выделение метана усиливается по двум причинам. Во-первых, в южных частях Азии жара «притягивает» влажный воздух с Индийского океана, вызывая сильные тропические муссоны, способствующие затоплению регионов, которые иначе остались бы сухими. Во-вторых, в северных частях Азии и в Европе болота замерзают значительно позже. В результате на заболоченных территориях вырастает и разлагается больше растительности, а следовательно, вырабатывается больше

метана. Когда Северное полушарие отворачивается от Солнца, эмиссия метана уменьшается и через 11 тыс. лет достигает нижнего предела.

Неожиданный поворот

При тщательном изучении данных, полученных при анализе льда со станции «Восток» (см. график *вверху*), я обнаружил странную вещь. В прежние межледниковые периоды атмосферная концентрация метана, как правило, достигала почти 700 миллиардных долей (700 ppb), когда из-за прецессии солнечное излучение достигало максимума. То же самое произошло и 11 тыс. лет назад, в начале текущего межледникового периода. Затем, в полном соответствии с прежними циклами, концентрация метана уменьшалась на 100 ppb, поскольку интенсивность солнечного излучения в летний период пошла на убыль. Если бы и дальше все продолжалось, как прежде, концентрация упала бы приблизительно до 450 ppb при минимальном солнечном излучении. Но вместо этого, примерно 5 тыс. лет назад, тенденция корен-

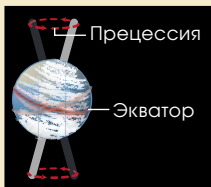
ным образом изменилась, и как раз перед началом индустриальной эры концентрация снова выросла почти до 700 ppb. Короче говоря, атмосферная концентрация метана увеличилась, хотя должна была уменьшиться, и в конечном итоге оказалась на 250 ppb выше таковой в эквивалентных точках прежних циклов.

С концентрацией углекислого газа в последние несколько тысячелетий также произошли неожиданные изменения. Хотя колебания содержания CO_2 в атмосфере обусловлены сложной комбинацией всех трех орбитальных циклов, во время предыдущих межледниковых периодов тенденции были на удивление схожи. Концентрация достигала максимума в 275–300 миллионных долей (ppm) в начале каждого теплого периода, когда ледяной покров еще даже не успевал полностью сойти. На протяжении следующих 15 тыс. лет содержание CO_2 в атмосфере постепенно уменьшалось до средней величины 245 ppm. В текущем межледниковом периоде ожидаемый пик наблюдался примерно

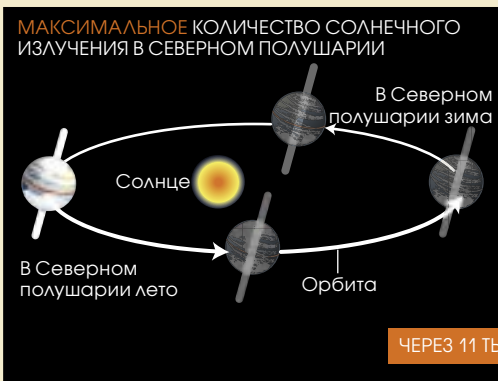
Источник: Petit, J.R. Climate and atmospheric history of the past 420000 years from Vostok ice core. Nature, vol. 399, 429–36, 1999

ВЛИЯНИЕ ОРБИТАЛЬНЫХ ЦИКЛОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ

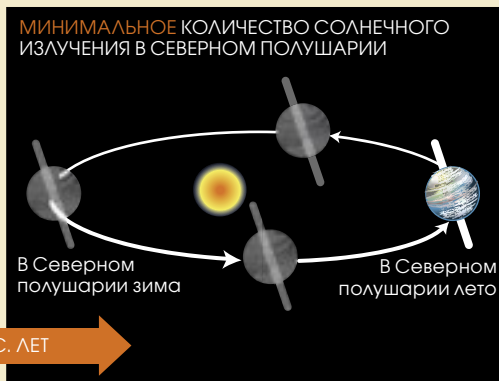
Естественные изменения орбиты Земли, например, обусловленные прецессией (см. рис.), обуславливают перераспределение солнечного света, достигающего поверхности планеты. На протяжении последнего миллиона лет эти изменения вызывали колебания атмосферных концентраций



Прецессия (медленное движение оси вращения Земли по круговому конусу) обуславливает один из трех орбитальных циклов, влияющих на изменение количества солнечного света в Северном полушарии. Воображаемый конец земной оси описывает круги, совершая один оборот за 22 тыс. лет.

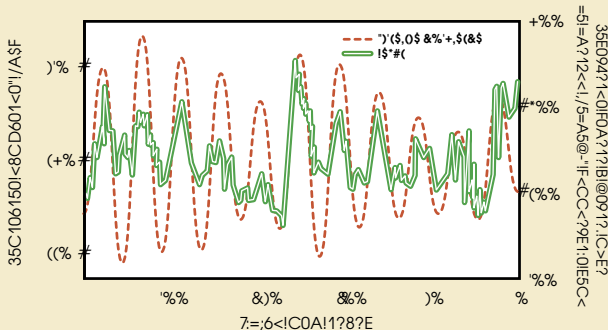


Через каждые 22 тыс. лет лето в Северном полушарии бывает наиболее теплым (когда Земля ближе всего подходит к Солнцу), т.к. интенсивность солнечного освещения достигает максимума.

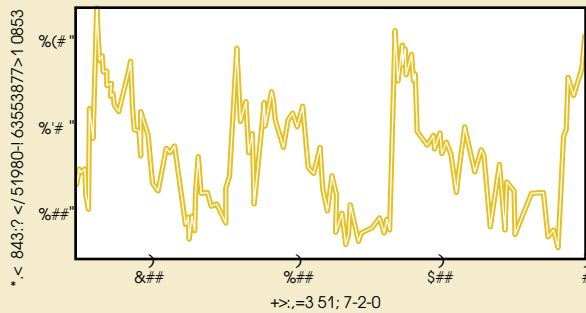


Через 11 тыс. лет, когда земная ось занимает противоположную позицию, летняя температура достигает нижнего предела. В этот период Северное полушарие «отворачивается» от Солнца и получает летом наименьшее количество солнечного света.

ЧЕРЕЗ 11 ТЫС. ЛЕТ



На протяжении последних 250 тыс. лет концентрация метана в атмосфере падала и увеличивалась в соответствии с изменением интенсивности солнечного освещения в Северном полушарии, обусловленным прецессией. При наиболее высоких температурах существенно увеличилось количество метана, образующегося в болотах, его основных природных источниках.



Колебания атмосферной концентрации CO₂, происходившие в последние 350 тыс. лет, были обусловлены изменениями угла наклона оси вращения Земли и формы ее орбиты. Протяженность двух последних циклов составляет 41 тыс. и 100 тыс. лет соответственно.

10,5 тыс. лет назад, а потом, как и предполагалось, пошло уменьшение содержания CO₂ в атмосфере, которое должно было продолжаться до наших дней. Но 8 тыс. лет назад тенденция изменилась. К началу индустриальной эры концентрация повысилась до 285 ppm, что примерно на 40 ppm выше, чем в прежних циклах.

Чем можно было бы объяснить столь неожиданные изменения естественных тенденций? По мне-

нию других исследователей, различными природными факторами. Увеличение количества метана в атмосфере связывалось с расширением заболоченных территорий в северных регионах, а повышение концентрации углекислого газа – с естественным оскудением растительного покрова континентов и изменениями в химии океана. Но, на мой взгляд, такие объяснения обречены на неудачу по одной простой причине. Во время

четырех предыдущих межледниковых периодов основные факторы, предположительно влияющие на атмосферные концентрации парниковых газов, были примерно такими же, как в последние тысячелетия. Северные льды растаяли, освободившуюся землю снова заняли леса, талые воды способствовали подъему уровня океана до высшей точки межледниковья, количество попадающего на поверхность Земли солнечного света ▶

благодаря прецессии увеличилось, а затем начало уменьшаться.

Почему же во время четырех предыдущих межледниковых периодов концентрации парниковых газов все же падали, а в текущем – начали повышаться? Я пришел к выводу, что в последние тысячелетия появились какие-то новые факторы, чуждые естественным тенденциям.

Роль человека

Наиболее вероятным новым фактором, влияющим на климат в текущем межледниковом периоде, является сельское хозяйство, зародившееся примерно 11 тыс. лет назад на плодородных землях восточного Средиземноморья. Затем оно появилось в северном Китае, а несколько тысяч лет спустя – в Америке. На протяжении последующих тысячелетий оно распространялось по всему земному шару, все более совершенствуясь. Примерно 2 тыс. лет назад уже возделывались все сель-

скохозяйственные культуры, употребляемые сегодня в пищу.

Некоторые виды сельскохозяйственной деятельности способствуют выработке метана. На искусственно затопляемых рисовых полях метан образуется так же, как в болотах, т.е. при разложении растительности в стоячей воде.

Примерно 5 тыс. лет назад на юге Китая люди начали затоплять низменности около рек, чтобы выращивать влаголюбивый рис. Вполне логично, что с распространением ирригации большие площади земли, особенно в поймах рек, оказались затопленными. Согласно историческим данным, 3 тыс. лет назад новая методика выращивания риса распространилась на юг, в Индокитай и на запад, к долине реки Ганг в Индии, вызвав дальнейшее увеличение эмиссии метана. Примерно 2 тыс. лет назад жители Юго-Восточной Азии начали строить террасы на склонах холмов и выращивать

там рис. Это объясняет резкое изменение естественной тенденции и увеличение содержания метана в атмосфере.

Возможно, в будущем исследователи произведут количественную оценку искусственно орошаемых земель и метана, попавшего в атмосферу за 5 тыс. лет. Однако получить необходимые данные сложно, т.к. на месте древних ирригационных систем построены новые. Поэтому моя гипотеза базируется лишь на том, что «метановая» тенденция изменилась на противоположную как раз в то время, когда люди начали затоплять земли для выращивания риса.

В случае с углекислым газом изменение тенденции можно объяснить уничтожением лесов. В Европе и Китае на тех территориях, большая часть которых была занята лесными массивами, примерно 8 тыс. лет назад люди начали вырубать деревья, чтобы освободить землю для выращивания зерновых культур. Сначала

PETRIE MUSEUM OF EGYPTIAN ARCHAEOLOGY, UNIVERSITY COLLEGE LONDON (click to close and carbonized wheat); JONATHAN BLAIR Corbis (rice)

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА И ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Наши предки начали заниматься земледелием 11 тыс. лет назад – примерно в то время, когда атмосферные концентрации метана и углекислого газа достигли максимума в текущем межледниковом периоде. Если бы все было как в прошлом, непосредственно перед началом индустриальной эры концентрации парниковых газов снижались бы. Однако они устойчиво повышаются. Это объясняется активным развитием земледелия, а именно уничтожением лесов и ирригацией полей для выращивания риса.

11 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД. Древние люди в Месопотамии и Китае впервые начали заниматься земледелием.



Серп эпохи палеолита

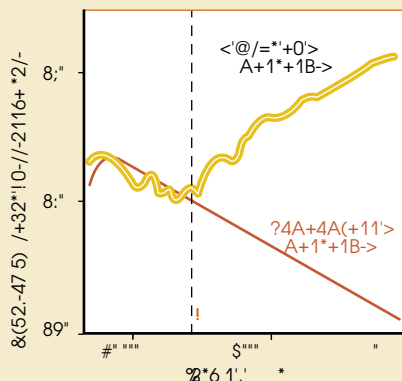


Древние зерна пшеницы

8 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД. В конце каменного века европейцы начали вырубать леса, освобождая земли под посевы пшеницы, ячменя, гороха и других привезенных в Европу культур.

10 000 ЛЕТ НАЗАД

8000 ЛЕТ НАЗАД



8 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД. Атмосферная концентрация углекислого газа, падавшая на протяжении 2,5 тыс. лет, неожиданно стала возрастать.

7,5 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД. Люди научились выращивать рис.



они пользовались каменными топорами, позже – бронзовыми и железными. Сжигались ли срубленные деревья или просто оставались гнить, содержащийся в них углерод окислялся и попадал в атмосферу в виде углекислого газа.

Свидетельство масштабного уничтожения лесов было найдено в поземельной переписи Англии, произведенной по приказанию Вильгельма Завоевателя. В «Книге судного дня» сообщается, что в 1086 г. было сведено 90% лесных массивов в низменных сельскохозяйственных регионах. Согласно результатам переписи, в Англии в то время проживало 1,5 млн. человек, следовательно, средняя плотность населения составляла 10 человек на 1 км². Этого оказалось вполне достаточно для уничтожения лесов. Поскольку цивилизации в долинах крупных рек Китая и Индии достигли гораздо большей плотности населения за несколько тысячелетий до

Вильгельма Завоевателя, ученые пришли к выводу, что в азиатских регионах лес был практически полностью уничтожен еще 2–3 тыс. лет назад. Итак, Европа и Южная Азия были практически лишены лесного покрова еще задолго до начала индустриальной эры.

Предотвращен ли ледниковый период?

Если к XVIII в. деятельность человека привела к столь значительным изменениям атмосферных концентраций парниковых газов (250 ppb по метану и 40 ppb по углекислому газу), ее влияние на климат Земли должно быть очень ощутимым. Исходя из данных, полученных в различных климатических моделях, в результате этих изменений глобальная температура повысилась почти на 0,8°С как раз перед началом индустриальной эры. В прошлом же столетии глобальная температура поднялась на 0,6°С. Напрашивается вывод,

что сельскохозяйственная деятельность древних людей повлияла на климат Земли почти также, как стремительная индустриализация.

Почему же столь сильное потепление так долго оставалось незамеченным? Основная причина проста: оно было замаскировано естественными климатическими изменениями, шедшими в противоположном направлении. В соответствии с орбитальными циклами Земли вплоть до XIX в. летняя температура, особенно в высоких северных широтах, постепенно понижалась. Если бы естественное уменьшение атмосферной концентрации парниковых газов не было нарушено, на планете было бы значительно холоднее, чем сейчас. Вместе со Стивеном Ваврусом (Stephen J. Vavrus) и Джоном Куцбахом (John E. Kutzbach) из Висконсинсеого университета в Мадисоне мы попытались предсказать с помощью специальной климатической модели, какой ▶

JULIA WATERLOW/Eye Ubiquitous/Corbis (irrigation); THE IMAGE BANK (deforestation); VINCE STREANO/Corbis (wheat field); DAVID GREEDY/Getty Images (rice terraces); SCIENCE LIBRARY/SSPL (combustion engine); Lucy Reading/Alamy (paddy)

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА И ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ



5 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД. В южном Китае люди начали затоплять поймы рек, чтобы выращивать рис.



2 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД. В Европе, Индии, Юго-Восточной Азии и Китае люди вырубали огромные лесные массивы, чтобы выращивать зерновые культуры, например пшеницу.



200 ЛЕТ НАЗАД. Сжигание ископаемого топлива и уничтожение лесов привели к беспрецедентному увеличению объемов выбросов парниковых газов.



Двигатель Отто

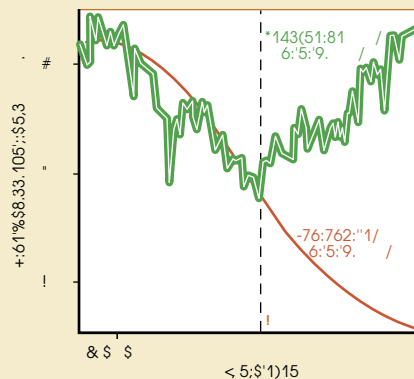
6000 ЛЕТ НАЗАД

4000 ЛЕТ НАЗАД

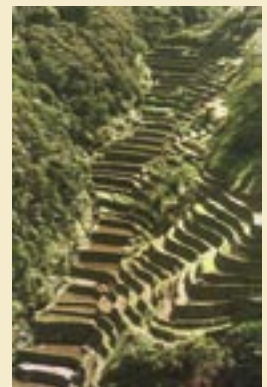
2000 ЛЕТ НАЗАД

НАСТОЯЩЕЕ

5 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД. Атмосферная концентрация метана, уменьшавшаяся на протяжении 6 тыс. лет, неожиданно начала расти.



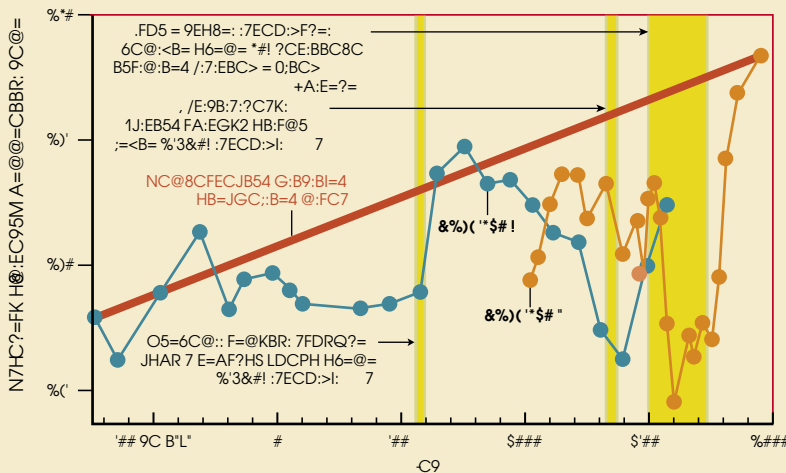
2 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД. Жители Юго-Восточной Азии переходят к террасному способу выращивания риса на горных склонах.



Примерно 8 тыс. лет назад содержание углекислого газа в атмосфере начало увеличиваться. Впрочем, на протяжении последних десятилетий концентрация CO₂ уменьшалась. Обычно ученые приписывают снижение уровня CO₂ (и сопутствующее понижение глобальной температуры) естественному изменению солнечной или вулканической активности. Эти факторы считаются главными, когда речь идет об изменениях климата в масштабе десятилетий или столетий, но они не могут объяснить всего. Однако должна быть какая-то причина снижения уровня CO₂. Поскольку я пришел к выводу, что наши предки, вырубая леса под сельхозугодья, вызвали медленное повышение содержания CO₂ в атмосфере еще несколько тысячелетий назад, то напрашивался закономерный вопрос: не были ли непродолжительные понижения уровня CO₂ следствием приостановки вырубки лесов?

По всей вероятности, основной причиной стали болезни, вызывавшие пандемии и массовую смертность. Две серьезные вспышки бубонной чумы, произошедшие примерно в 540 г. и 1350 г., совпали с резкими падениями атмосферной концентрации CO₂ (см. график). Впервые чума появилась в Римской империи, вызвав наиболее страшную пандемию – чуму при императоре Юстиниане в 540–542 гг. Печально известная «Черная смерть» обрушилась на Европу в 1347–1352 гг. и еще более ста лет напоминала о себе менее сильными вспышками. Каждая из эпидемий сокращала население Европы на 25–40%. Еще более тяжелое положение сложилось в Северной и Южной Америке после 1492 г., когда вместе с европейцами на эти континенты попали оспа и масса других инфекционных заболеваний. От них погибло приблизительно 50 млн. человек, т.е. почти 90% населения Америки. Американская трагедия совпала с наибольшим с 1550 по 1800 г. снижением уровня CO₂.

Историки отмечают, что из-за пандемий, обусловивших столь массовую смертность, в то время было великое множество буквально опустевших деревень и ферм. По подсчетам ученых, лес повторно занимает вырубленную территорию через 50 лет. Оценка скорости его регенерации наряду с данными о численности населения и площадях, обрабатываемых каждым фермером, показывает, что возобновившиеся леса связывали достаточно углерода, чтобы уменьшить атмосферную концентрацию CO₂ до известных нам величин. С каждой пандемией глобальный климат становился холоднее. Но потом оставшееся население снова начинало сжигать и вырубать леса.



Наиболее сильные за последние 2 тыс. лет уменьшения атмосферной концентрации углекислого газа (определенные с помощью двух кернов Антарктического льда) произошли примерно в те периоды, когда вспышки заболеваний уносили миллионы человеческих жизней.

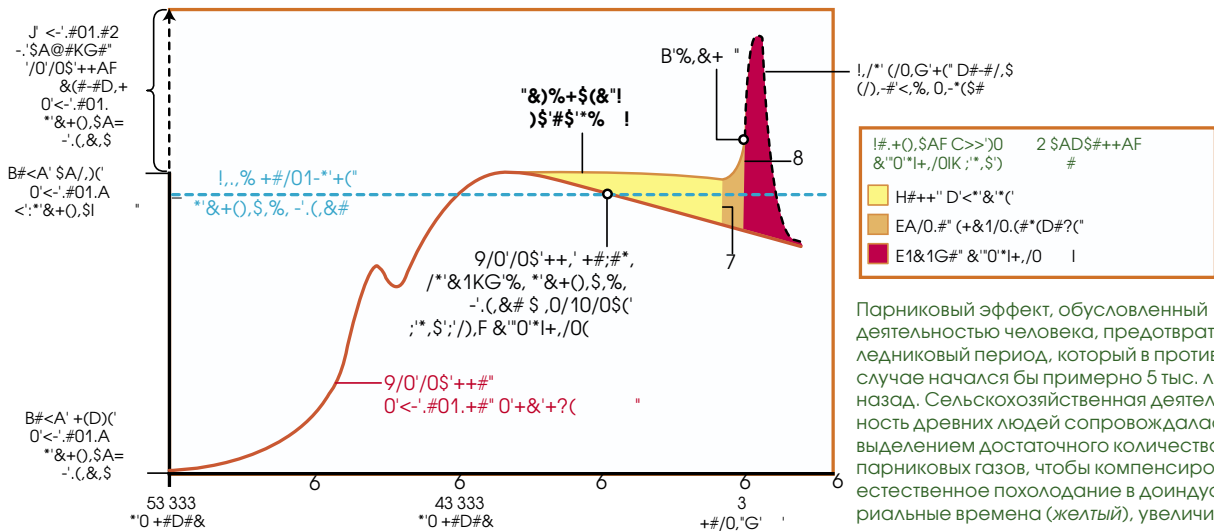
была бы температура сегодня, если бы деятельность человека не сопровождалась выбросами парниковых газов. Модель позволяет определять усредненное состояние климата Земли (включая температуру и осадки) при различных начальных условиях.

В эксперименте мы уменьшили атмосферные концентрации парниковых газов до тех величин, которых они достигли бы сегодня естественным образом. Моделирование показало, что температура на нашей планете была бы почти на 2°С ниже, чем сейчас. Т.е. современные температуры на Земле приближались бы к типичным температурам ледниковых периодов. Для сравнения, самая низкая глобальная средняя температура последнего ледникового периода (20 тыс. лет назад) была всего на 5–6°С ниже, чем в наше время.

Изначально я предполагал, что если бы произошло естественное похолодание, новый ледниковый покров начал бы образовываться на Дальнем Севере. По мнению других ученых, некоторые регионы на северо-востоке Канады сегодня были бы покрыты льдом, если бы мир был всего лишь на 1,5–2°С холоднее. Примерно такую же величину похолодания показал и наш экспе-

ОБ АВТОРЕ:

Уильям Раддиман (William F. Ruddiman) – геолог, заслуженный профессор экологических наук Университета штата Вирджиния. Раддиман начал изучать изменения климата по морским отложениям в Колумбийском университете, где защитил докторскую диссертацию в 1969 г. Потом он работал старшим научным сотрудником в Океанографической службе США в Мэриленде, а позднее – старшим научным сотрудником в службе мониторинга Земли в штате Колумбия.



Парниковый эффект, обусловленный деятельностью человека, предотвратил ледниковый период, который в противном случае начался бы примерно 5 тыс. лет назад. Сельскохозяйственная деятельность древних людей сопровождалась выделением достаточного количества парниковых газов, чтобы компенсировать естественное похолодание в доиндустриальные времена (желтый), увеличив температуру на планете в среднем почти на 0,8°С. Раннее потепление (а) сопоставимо с потеплением на 0,6°С (b), произошедшим в прошлом веке, во времена быстрой индустриализации (оранжевый). Когда запасы ископаемого топлива истощатся, а повышение глобальной температуры, обусловленное парниковыми газами, достигнет пика, климат начнет охлаждаться. В конце концов начнется следующий ледниковый период, запоздавший на несколько тысяч лет.

римент. В другом математическом эксперименте мы обнаружили, что при таких условиях в двух частях северо-восточной Канады снег сохранялся бы до конца лета: на острове Баффинова Земля, расположенном к востоку от материка, и несколько южнее, на полуострове Лабрадор, снег, из года в год сохраняющийся в течение лета, со временем скапливался бы, спрессовывался и в конечном итоге превратился бы в лед. Полученные результаты говорят о том, что несколько тысячелетий назад на северо-востоке Канады начался бы новый ледниковый период.

Наши выводы коренным образом отличаются от традиционного мнения, что человеческая цивилизация бурно развивалась в течение теплого периода, который нам предоставила природа. Насколько я понимаю, естественные тенденции вели к охлаждению климата Земли, а вот наши предки своей сельскохозяйственной деятельностью поддерживали его теплым.

Что дальше?

Каким будет глобальный климат в ближайшем будущем? В 1980-х гг. ученые говорили о приближении ледникового периода. Основываясь

на новых доказательствах того, что орбитальные изменения влияют на увеличение и уменьшение ледового покрова, некоторые исследователи высказывали предположение, что новый ледниковый период может наступить через несколько сотен, самое большое – через несколько тысяч лет.

Позже, когда обнаружилось, что атмосферные концентрации парниковых газов быстро увеличиваются, заговорили о глобальном потеплении. Полученные данные убедили большинство ученых, что в относительно недалеком будущем (в ближайшие пару столетий) климат на Земле станет теплее, и глобального похолодания не будет. Диаметральное изменение взглядов, обусловленное лучшим пониманием климатической системы, привело к тому, что общественность перестала доверять прогнозам как о глобальном потеплении, так и о приближении ледникового периода.

Согласно полученным мной результатам, оба сценария не реалистичны. Прогнозы о надвигающемся ледниковом периоде были не верны. Образование новых ледников должно было начаться несколько тысячелетий назад, однако этого

не произошло, потому что спровоцированное человеком глобальное потепление в действительности началось намного раньше, чем считалось прежде, т.е. задолго до индустриальной эры.

Тенденция к быстрому потеплению, наблюдавшаяся в прошлом веке, по всей вероятности, сохранится еще на протяжении, как минимум, двухсот лет, пока не оскудеют запасы экономически выгодного ископаемого топлива. Когда же это произойдет, климат Земли постепенно начнет становиться холоднее по мере того, как океан будет медленно поглощать избыток углекислого газа, попавшего в атмосферу в результате человеческой деятельности. Станет ли глобальный климат достаточно холодным, чтобы спровоцировать запоздалый ледниковый период, или останется достаточно теплым, чтобы избежать этого бедствия, сейчас предсказать невозможно. ■

LUCY READING-IKKANDA

Крис Баррет,
Стивен Юбанк,
Джеймс Смит

Создание модели распространения инфекции по городу поможет предотвратить реальную эпидемию, которая может быть спровоцирована террористами.

Виртуальная атака БИОТЕРРОРИСТОВ



Моделируя социальные сети, можно проследить пути распространения инфекции по всему городу.

Инфицированный житель города

Предположим, что в крупном городе террористы применили бактериологическое оружие и власти должны принять срочные меры по предотвращению эпидемии. Проводить ли массовую вакцинацию населения? А может быть, лучше ввести карантин? Или назначить всем подряд антибиотики? А вот другая ситуация. Допустим, что единственный способ подавить распространение по всему земному шару смертельно опасного штамма вируса гриппа, появившегося в Азии, заключается в отправке туда всех запасов противовирусных препаратов. Если такая стратегия окажется верной, то пандемию гриппа удастся предотвратить, а если нет, то страны-доноры не смогут защитить собственное население от инфекции.

Власти должны сделать выбор, от которого зависит не только жизнь миллионов людей, но и экономическое и социальное благополучие страны. Однако у человечества нет никакого исторического опыта, который подсказал бы, как вести себя в подобных ситуациях. Чтобы выбрать оптимальную линию поведения, нужно смоделировать различные сценарии развития событий в условиях, максимально приближенных к реальным. Для этого наша группа создала в Лос-Аламосской национальной научной лаборатории эпидемиологическую модель *EpiSims*, самую детальную из всех ранее существовавших. Она учитывает любые личные контакты между жителями, позволяет оценить вероятное число зараженных, а также проследить пути распространения

инфекции. Патоген может передаваться по системам жизнеобеспечения города (водопроводным сетям, канализации, транспортным путям), в местах скопления народа (на предприятиях, в медицинских учреждениях, магазинах) и т.д. Моделируя развитие ситуации, можно выработать план действий, который позволил бы предотвратить распространение инфекции и в то же время не парализовал жизнь города.

Виртуальная эпидемиология

Задолго до того, как была установлена микробиологическая природа различных заболеваний, лондонский врач Джон Сноу предположил, что холера, унесшая в Англии за 20 лет десятки тысяч жизней, распространяется через систему водоснабжения. Он решил проверить ▶



свою гипотезу во время очередной вспышки заболевания в Сохо (районе Лондона) летом 1854 г. Для этого Сноу отметил на карте города дома, где проживали 500 жертв эпидемии, умершие за последние 10 дней, и выяснил, где они брали воду для питья. Выяснилось, что все они пользовались водокачкой на Брод-стрит. Врач настоял на том, чтобы

В результате эпидемиологические модели основываются на оценке так называемого репродуктивного числа данного недуга – вероятного количества людей, инфицированных одним заболеванием или подхвативших микроб или вирус в одном очаге заражения. Часто этот параметр оценивается ретроспективно, исходя из опыта эпи-

только для немногочисленных (от 100 до 1000 человек) выборок. Это были реальные группы людей, например, постоянные пациенты, посетители и обслуживающий персонал какой-нибудь лечебницы. Собиралась детальная информация о членах группы и их контактах в течение нескольких дней или недель. Учет даже такого числа взаимодействий – трудная техническая задача.

Мы же поставили своей целью создание подробной эпидемиологической модели для миллионных популяций. Для этого мы воспользовались модельной системой *TRANSIMS*, разработанной ранее в Лос-Аламосской лаборатории для оценки последствий реорганизации транспортной инфраструктуры города. Система послужила для нас источником ценной информации о перемещениях больших групп горожан, что стало основой для моделирования контактов миллионов людей.

Система *TRANSIMS* разрабатывалась для конкретного населенного пункта – города Портленд в шт. Орегон. Виртуальная версия Портленда включает подробные карты города, представленные в цифровом виде, с указанием трамвайных путей, автомобильных дорог, пешеходных переходов, светофоров и т.д., а также учитывает интенсивность движения на улицах и время, необходимое для перемещения из одной точки города в другую. Анализируя официальные данные, мы выделили на карте 180 тыс. узловых точек и составили подлинную картину повседневной жизни 1,6 млн. виртуальных жителей Портленда.

Включение данной информации в созданную нами компьютерную модель *EpiSims* позволяет создать адекватную картину физических контактов между людьми в больших населенных пунктах. С помощью *EpiSims* мы можем имитировать заражение виртуальным вирусом, моделировать его распространение и проверять эффективность

Любая реалистичная модель должна учитывать вероятность передачи патогена от одного человека другому.

она была закрыта, благодаря чему общее число жертв не превысило 616 человек.

Отслеживание контактов заболевших по-прежнему остается одним из основных инструментов эпидемиологии. Однако большинство математических моделей учитывает лишь контакты в больших группах людей в целом. На то есть несколько причин. Во-первых, специалисты, разрабатывающие модели, часто не располагают детальной информацией о путях распространения инфекции. Во-вторых, у них нет реалистичных схем социальных связей в популяциях. В-третьих, отсутствуют вычислительные и методологические инструменты для построения моделей, учитывающих динамичность человеческих сообществ.

демей, имевших место в прошлом, хотя состояние здоровья людей, социальное и материальное положение с тех пор существенно изменились. Однако подобные детали очень важны. Вероятность того, что человек после контакта с инфицированным заболеет, зависит от его иммунологического статуса, продолжительности и характера общения, а также свойств самого патогена. Реалистичные модели должны учитывать возможность передачи инфекции от одного человека к другому, что предполагает моделирование не только особенностей заболевания и состояния здоровья каждого индивидуума, но и деталей взаимодействий между любыми двумя людьми в группе.

До сих пор эпидемиологические модели такого уровня строились

ОБЗОР: ВИРТУАЛЬНОЕ СООБЩЕСТВО

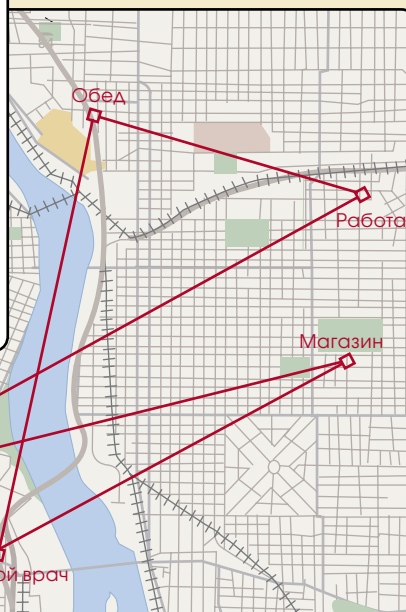
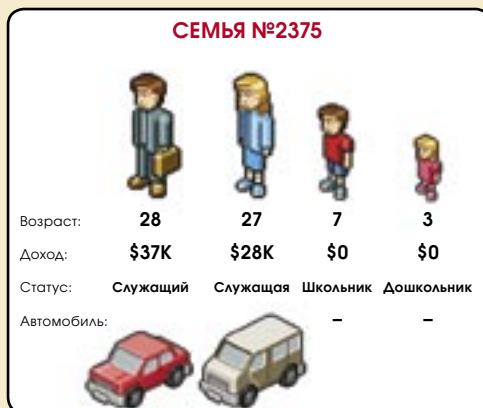
- Имитация эпидемиологической ситуации позволяет проверить эффективность различных мероприятий в борьбе со вспышками инфекционных заболеваний.
- Моделирование путей перемещения жителей города дает динамическую картину социальной сети – аналогичную цепь контактов использует возбудитель инфекции, распространяясь в популяции.
- Зная пути передачи инфекции, власти могут воздействовать на социальные сети с помощью таких мер, как закрытие учебных заведений, введение карантина или изоляция и лечение отдельных членов социума.

В качестве основы при построении *EpiSims* мы использовали модельную систему, созданную ранее для г. Портленд. Однако нам нужны были подробные данные обо всех 1,6 млн. жителях города и их повседневной деятельности, а сбор подобных сведений – за-

дача трудновыполнимая и сомнительная с этической точки зрения. Поэтому мы создали виртуальное сообщество в соответствии с реальными статистическими показателями и официальными данными о перемещениях людей.

ВИРТУАЛЬНЫЕ СЕМЬИ

Бюро переписи населения предоставило нам демографические данные (возраст, состав семьи, доход) в целом по городу, а также более подробные сведения по нескольким кварталам, составляющие 5% от всего объема информации. Используя эти показатели, мы создали виртуальные семьи со статистически корректным демографическим и географическим распределением.



ПОВСЕДНЕВНЫЕ ЗАНЯТИЯ

С №2375

8 часов утра Уезжает из дома	4 часа 45 минут дня Уезжает от врача
8 часов 40 минут утра Приезжает на работу	5 часов 30 минут дня Едет в магазин
2 часа дня Обедает	6 часов 40 минут вечера Уезжает из магазина
3 часа 20 минут дня Едет к зубному врачу	7 часов 20 минут вечера Приезжает домой

ПОВСЕДНЕВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Службы планирования города регулярно проводят детальное исследование повседневной деятельности жителей для небольших (до нескольких тысяч человек) выборок. Регистрируется перемещение каждого члена семьи в течение одного или нескольких дней и время их пребывания в каждом месте. Экстраполировав данные для респондентов на весь виртуальный социум, мы можем получить вполне реалистичную картину повседневной жизни каждого члена виртуальной семьи.

ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Чтобы получить динамическую картину популяции, нужно отметить те места в городе, которые посещает каждый член семьи. Исходя из данных о землепользовании (расположении зданий, парковок, зон отдыха и т.д.), было выделено 180 тыс. узловых точек в городе. Для каждого члена семьи указывалось местоположение учреждения, где он работает или учится, а также другие наиболее посещаемые им места с учетом времени пребывания в них.

различных противоэпидемических мероприятий. Но даже сама модель дает совершенно неожиданную информацию о социальных сетях в популяциях, которая очень важна с точки зрения эпидемиологии.

Социальные сети

Для того чтобы понять, что такое социальная сеть и как ее можно использовать в эпидемиологии, рассмотрим повседневную деятельность и физические контакты гипотетического жителя города, условной женщины по имени Анна. За завтраком она встречается со всеми

членами семьи, а по пути на работу – с пассажирами в общественном транспорте. В зависимости от того, кем Анна работает, она может иметь контакты разной продолжительности и разного характера с дюжиной сослуживцев, партнеров или клиентов. Затем она обедает, а после работы заходит в магазин, где тоже сталкивается с определенным количеством людей.

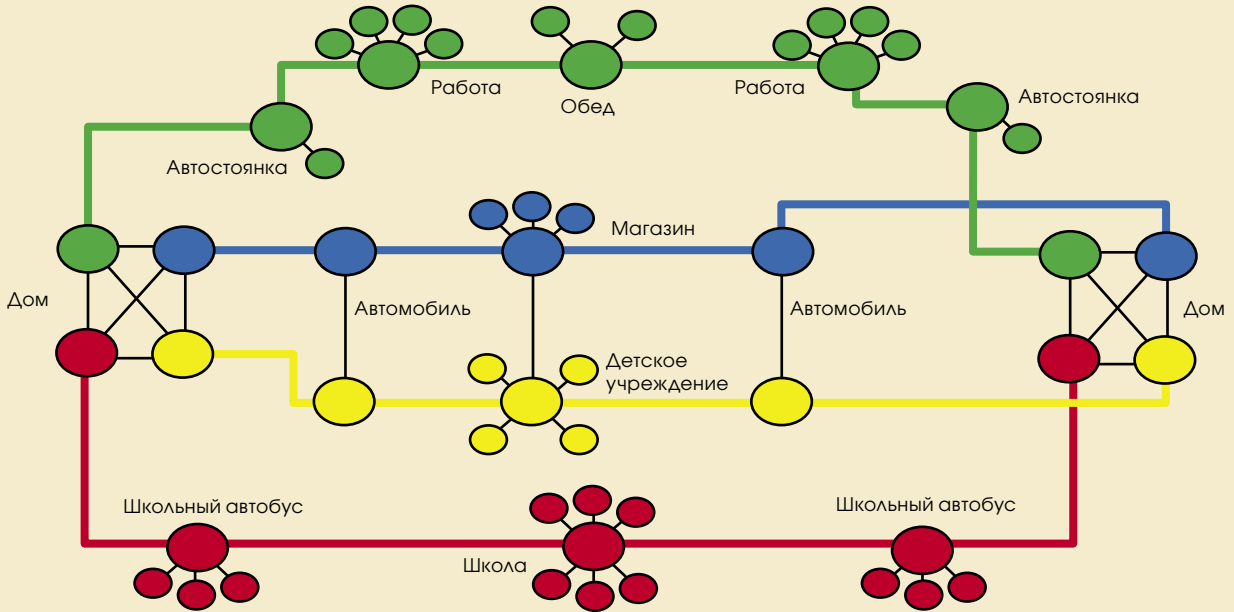
Повседневную деятельность Анны можно представить в виде сети: в центре находится сама героиня, а от нее идут линии ко всем людям, с которыми она встречалась.

Те, с кем наша дама контактировала на протяжении дня, в свою очередь, сталкиваются с другими жителями города. Эти «контакты контактов» тоже представлены линиями, соединяющими каждого, с кем общалась Анна (например, ее коллегу Боба), со всеми, с кем встречались они. Те, кто не имел дела непосредственно с Анной, например, партнеры Боба, будут находиться от Анны в двух шагах. Существует популярное утверждение, что два любых жителя Земли отделены друг от друга всего шестью шагами. Значит, если «сплести» социальную сеть, которая охватит ▶

ПОСТРОЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ

КОНТАКТЫ ЧЛЕНОВ СЕМЬИ

Построение социальной сети для двух взрослых и двоих детей начинается с установления их повседневных контактов. На диаграмме показано, где бывает каждый член семьи и с каким числом людей встречается, но нет информации, как контактируют между собой или с другими людьми те, с кем общались члены семьи.

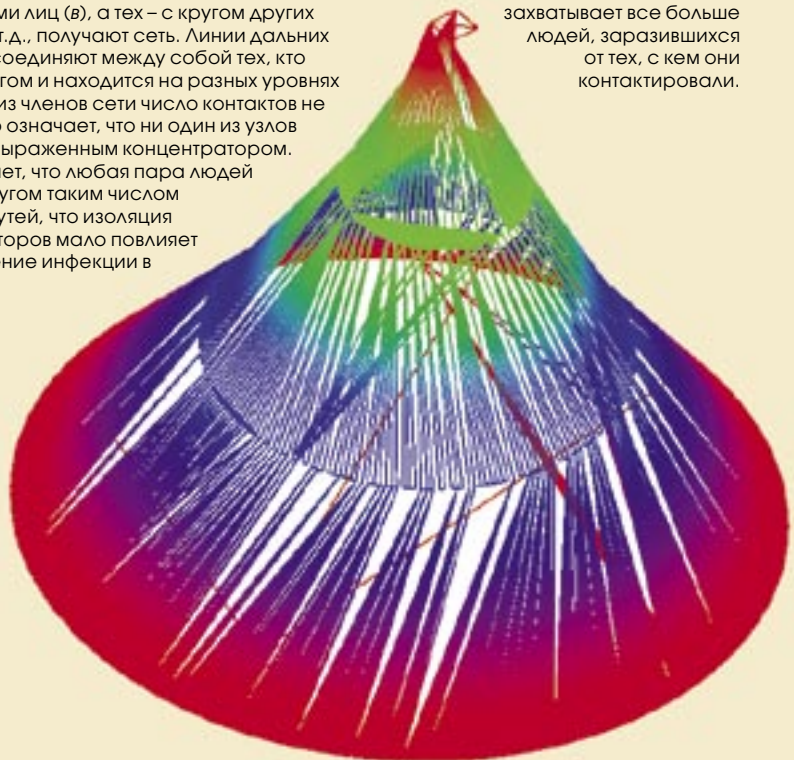


ЛОКАЛЬНАЯ СОЦИАЛЬНАЯ СЕТЬ

Чтобы построить локальную сеть, вначале соединяют линиями всех членов семьи (а), а затем каждого из них – с теми, с кем они непосредственно контактировали (б). Соединяя последних с кругом общавшихся с ними лиц (в), а тех – с кругом других персонажей (г) и т.д., получают сеть. Линии дальних взаимодействий соединяют между собой тех, кто знаком друг с другом и находится на разных уровнях сети. Ни у одного из членов сети число контактов не превышает 15, это означает, что ни один из узлов не является ярко выраженным концентратором. Рисунок показывает, что любая пара людей связана друг с другом таким числом альтернативных путей, что изоляция только концентраторов мало повлияет на распространение инфекции в этой популяции.

РАСШИРЯЮЩИЙСЯ ГРАФ

С каждым шагом сеть, вначале совсем небольшая, становится все шире, т.е. захватывает все больше людей, заразившихся от тех, с кем они контактировали.



весь мир, каждый человек окажется не дальше, чем в шести шагах от любого другого. Мы часто говорим, что мир тесен – данный феномен проявляется во многих сетях, например тех, которые были построены для актеров, когда-либо игравших с Кевином Бейконом, или для ученых, писавших совместные статьи с Полом Эрдешем, известным венгерским математиком, специалистом по теории сетей.

Любые сети (в частности, Интернет, сеть научных статей, связанных цитированием, взаимодействие между белками в живой клетке и т.д.) имеют так называемые выделенные узлы (концентраторы), которые соединены необычайно большим числом связей с остальными участками. Кратчайший путь, связывающий два любых узла, обычно проходит через один из концентраторов. Сети подобного типа называют безмасштабными. Вероятность того, что некоторый узел в них связан с k другими узлами, описывается степенной функцией $(1/k^n)$, где $n \approx 2$) (см. «Безмасштабные сети», «В мире науки», №8, 2003 г.).

Удаление из сети даже небольшого числа ключевых концентраторов приводит к ее серьезному повреждению. Данное свойство можно использовать в эпидемиологии, если экстраполировать безмасштабные сети на процесс распространения инфекции, а затем изолировать наиболее активные точки, являющиеся концентраторами. Однако проведенный нами анализ социальных сетей показал, что разрушить их труднее, чем те, что описывают физическую инфраструктуру.

Сеть, охватывающая виртуальный Портленд, была построена на основе интенсивности людских потоков, перемещающихся между определенными узловыми участками. Она проявляла все признаки безмасштабной структуры, т.е. имела выделенные узлы-концентраторы: школы, крупные торговые центры, промышленные предприятия

и т.д. В этих точках было бы целесообразно устанавливать датчики, реагирующие на биологические агенты.

Социальные сети тоже имеют концентраторы – это люди с повышенным числом контактов (например, учителя или продавцы). Однако в таких сетях оказалось много «корот-

ких маршрутов», которые минуют их. Поэтому, воздействуя только на концентраторы, не удастся предотвратить распространение инфекции.

Близкие к реальности социальные сети обладают еще одним важным свойством: каждый их член, за исключением самых мрачных затворников, служит маленьким узлом. Рассмотрим контакты небольшой группы, состоящей, например, из четырех студентов. Каждый из них связан с членами самой компании и еще целым рядом людей, которые, в свою очередь, ежедневно сталкиваются с другими. Графически такая социальная сеть представляет собой конус, расширяющийся с каждым новым шагом. Отсюда следует, что процесс распространения инфекции носит экспоненциальный характер: число инфицированных на каждом этапе много больше, чем на предыдущем.

Значит, одна из самых главных задач в борьбе с распространением болезни – немедленное принятие мер. Моделирование вспышки инфекции с помощью *EpiSims* позволяет нам проверить правильность такой гипотезы.

Моделирование эпидемии оспы

Одним из первых заболеваний, вспышку которого мы решили смоделировать в ходе работ над созда-

нием *EpiSims* в 2000 г., была оспа. Правительство опасалось, что биотеррористы используют именно этот вирус, а рекомендации к действиям были весьма противоречивыми. Нужно ли проводить массовую вакцинацию населения или достаточно привить только тех, кто контактировал с больными? Имеет ли смысл

Наши исследования показывают, что разрушить социальные сети труднее, чем те, что описывают инфраструктуру.

вводить карантин? Достаточно ли имеющегося персонала для осуществления всех этих мер?

Чтобы ответить на эти вопросы, мы смоделировали поведение вируса оспы, рассеянного в нашем виртуальном городе. Сама болезнь была искоренена на Земле в 1970-х гг., и сегодня опыт борьбы с ней практически утрачен. Однако ученым известны пути ее распространения, длительность инкубационного периода ▶

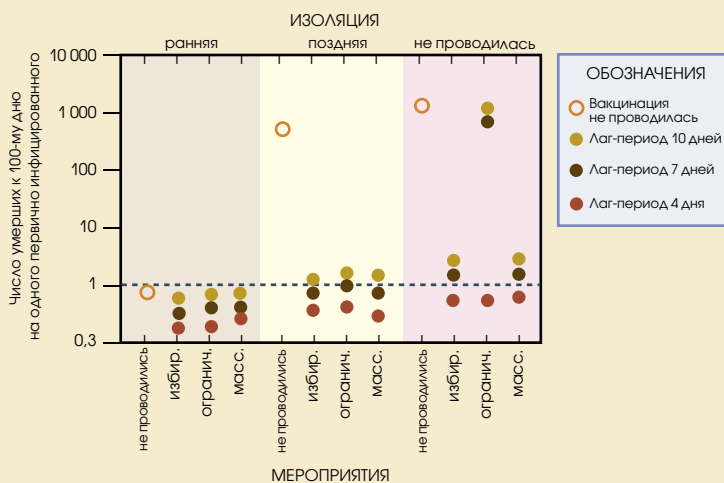
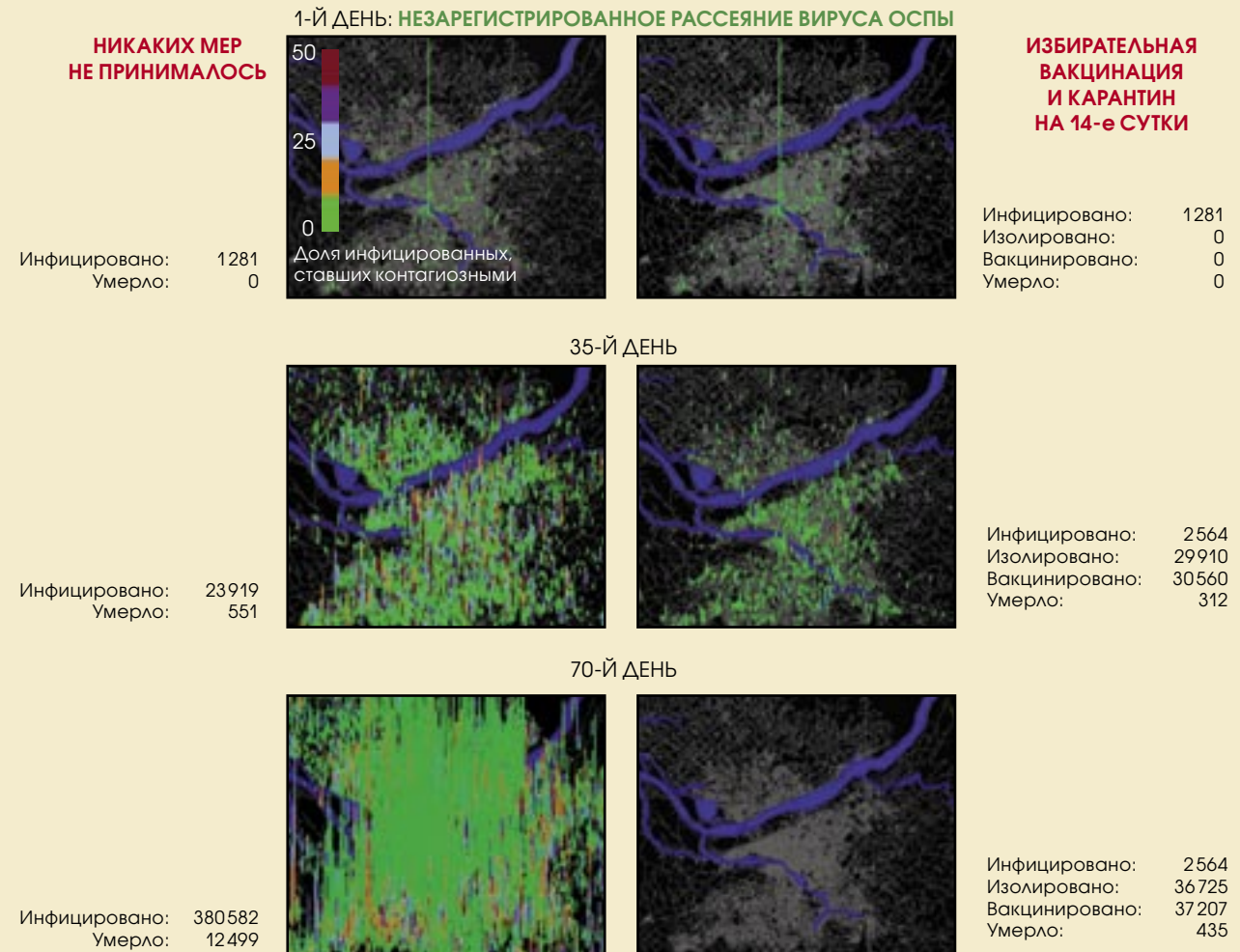
ОБ АВТОРАХ:

Крис Барретт (Chris L. Barrett), **Стивен Юбанк** (Stephen G. Eubank) и **Джеймс Смит** (James P. Smith) в течение пяти лет работали над созданием модельной системы *EpiSims* в Лос-Аламосской национальной научной лаборатории. **Барретт** специализируется в области биоинформатики и возглавляет лабораторию компьютерного моделирования в Вирджинском институте биоинформатики в Блэксберге. **Юбанк**, физик по образованию, работает заместителем Барретта, а во время исследований в Лос-Аламосе возглавлял группу ученых, занимавшихся созданием *EpiSims*. **Смит**, тоже физик, продолжает работы в рамках проекта *TRANSIMS* в отделе компьютерных наук Лос-Аламосской национальной научной лаборатории.

ИМИТАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРЕДНАМЕРЕННОГО РАССЕЯНИЯ ВИРУСА ОСПЫ

Здесь представлены результаты компьютерного *EpiSims*-моделирования эпидемии оспы при двух различных сценариях развития событий. Вертикальные линии на рисунках указывают число инфицированных в данном месте, а цвет – процент контактированных (заразных). В обоих случаях предполагается, что вирус был рассеян в университетском городке в центре Портленда, однако известно об этом стало лишь

на 10-й день, когда у инфицированных появились первые симптомы заболевания. Рисунки (слева) отражают ситуацию, когда никаких противоэпидемических мер не принималось. Изображения справа показывают развитие событий после проведения вакцинации или введения карантина. Результаты нескольких таких имитаций (внизу) показывают, что немедленная изоляция людей дает наибольший эффект.



РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ

Имитация предусматривала, что люди оставались дома, следуя рекомендациям специалистов либо вследствие заболевания. Изоляция подпадала под категории «Ранняя», «Поздняя» или «Не проводилась». В первом случае речь шла о людях, еще не ставших контактированными, во втором – о тех, кто попал в карантин спустя 24 часа после заражения, в третьем – о больных, которые не были изолированы вплоть до летального исхода. Очевидно, что поздняя изоляция менее эффективна, чем ранняя, при которой эпидемия не возникла вовсе, даже если никаких других мер не принималось. «Другие меры» включали: 1) избирательную вакцинацию и карантин с привлечением всего имеющегося в наличии персонала (избир.); 2) избирательную вакцинацию и карантин с привлечением половины персонала (огранич.); 3) массовую вакцинацию (масс.). Имитировались ситуации, когда мероприятия проводились на 4-й, 7-й и 10-й день после появления симптомов заболевания.

(примерно 10 дней до появления лихорадки), время появления сыпи (на 4-й день болезни) и этап, когда инфицированный представляет опасность для окружающих от начала появления симптомов до полного выздоровления. Без необходимого лечения 30% больных погибают, остальные выздоравливают и приобретают стойкий иммунитет.

Развитие заболевания может предотвратить превентивная вакцинация или же проведенная в течение четырех дней после контакта. В своей модели мы предположили, что все медицинские работники и люди, достоверно контактировавшие с больными, уже вакцинированы и, таким образом, приобрели иммунитет. Учитывалась и хронология контактов. Если Анна подхватила вирус только что, она не могла заразить своего коллегу по работе Боба неделю назад. Но если она уже заболела и передала вирус Бобу, а тот, в свою очередь, заразил члена своей семьи Кэт, то инфекция не может пройти путь от Анны до Кэт за время, меньшее, чем удвоенный инкубационный период.

Далее мы «рассеяли» вирус в нескольких узловых точках по всему городу, в том числе в одном из университетских общежитий. 1,2 тыс. человек, инфицированных за очень короткое время, ничего не подозревали о постигшей их беде и вели обычный образ жизни: посещали работу или учебные заведения, пользовались общественным транспортом и т.д.

Следующим нашим шагом было моделирование действий властей. Они могли привить все население города или провести избирательную вакцинацию. Мы предусмотрели возможность изоляции инфицированных, посмотрели, что произойдет, если не предпринимать вообще никаких мер, и сравнили потери при различных сценариях развития событий.

Действие каждой модели отслеживалось в течение 100 дней.

Полученные результаты подтвердили наше предположение: чем быстрее будут предприняты меры, тем меньше будет жертв, т.е. определяющим фактором станет время. Прежде всего следует немедленно изолировать лиц с первыми признаками недомогания. Не менее существенно и то, насколько быстро способны среагировать медицинские службы. Все остальное, в частности, детали выбранной стратегии, имеет меньшее значение.

Как показывает моделирование вспышки оспы, массовая вакцинация населения в данном случае нецелесообразна. Гораздо более эффективна избирательная вакцинация при условии ранней регистрации эпидемии. Важно также и введение карантина.

Чтобы оценить стоимость и результативность различных мероприятий, мы смоделировали преднамеренное распространение палочек легочной формы чумы в Чикаго. Оказалось, что отслеживание контактов инфицированных, прекращение занятий в учебных заведениях, введение в городе закрытого режима сопряжено с миллиардными убытками и дает мало преимуществ по сравнению с таким относительно недорогим мероприятием, как массовый прием антибиотиков.

Недавно мы использовали наш метод для моделирования нависшей над человечеством угрозы эпидемии птичьего гриппа. Исследования проводились в рамках программы MIDAS (от англ. *Models of Infectious Disease Agent Study*), разработанной Национальным институтом медицинских наук.

Угроза пандемии гриппа

За последние несколько лет в странах Азии в популяциях птиц не раз возникала эпидемия гриппа, возбудителем которой служил чрезвычайно вирулентный штамм вируса. Инфекция передалась лю-

дям и поразила более 40 жителей Японии, Таиланда и Вьетнама, 30 из них скончались. Многие полагают, что глобальное распространение штамма *H5N1* вируса птичьего гриппа – лишь дело времени. Жертвами вируса-убийцы могут стать десятки миллионов людей.

Участники программы MIDAS намерены изучить возможность сдерживания распространения зловредного штамма или его полного искоренения, пока он циркулирует лишь в относительно немногочисленной популяции. Чтобы имитировать условия, в которых может произойти распространение заболевания среди людей, мы создали модель гипотетического сообщества, состоящего из 500 тыс. жителей небольших городов и окружающих деревень в Юго-Восточной Азии. При этом мы использовали данные об особенностях вирусов гриппа, вызывавших пандемии в прошлом, а также все известные на сегодня данные о штамме *H5N1*.

Мы знаем, например, что он чувствителен к противовирусным препаратам, выводящим из строя один из ключевых вирусных ферментов – нейраминидазу, поэтому планируется использовать ингибиторы нейраминидазы как терапевтическое и профилактическое средство. (Созданная недавно вакцина против вируса *H5N1* пока не получила официального разрешения к применению, поэтому вакцинацию населения в качестве превентивной меры мы не рассматриваем.)

Полученные нами предварительные результаты можно найти на сайте www.sciam.com. Однако эпидемиология – не единственная область применения *EpiSims*. Мы уже приступили к моделированию других процессов и систем, в том числе телекоммуникационных и транспортных сетей, каналов водоснабжения и энергообеспечения, распространения загрязнения окружающей среды и т.д. ■



Hydrogen

Сегодня дорожные
испытания проходят
целые колонны
автомобилей
DaimlerChrysler F-Cell,
работающих на
топливных элементах.

Стивен Эшли

автомобили

НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Несмотря на то что появилось множество опытных образцов автомобилей на топливных элементах, эти экологически чистые автомобили, работающие на водороде, еще не скоро поступят на рынок.

Розарио Беррета (Rosario Berretta) возглавлял команду, которая готовила колонну из 60 новейших автомобилей *F-Cell* компании *DaimlerChrysler*, работающих на топливных элементах (ТЭ-автомобилей), к испытаниям во всех регионах мира. Автомобилестроители оценили эти передовые с точки зрения экологии и экономичности транспортные средства в различных дорожных условиях. А превосходная приемистость машин *F-Cell* – одно из преимуществ электромобилей.

Несмотря на высокотехнологичную силовую установку, *F-Cell* ведет себя и слушается водителя почти так, как *Toyota Corolla*, *Ford Focus* или любой другой небольшой автомобиль. Он не похож на концепт-кар. Единственный намек на его необычность – жужжание вентилятора, которое инженеры компании планируют приглушить.

Созданием предельно экологичного автомобиля занимается не только *DaimlerChrysler*. В последние десятилетия автомобильная промышленность мира преодолела первый рубеж, создав парки достойных ТЭ-автомобилей. На автомагистралях скоро появятся 20 *Honda FCX* и 30 *Ford FCV*, а в 2006 г. компания *General Motors* планирует провести испытания в Нью-Йорке и его пригородах 13 ТЭ-автомобилей. По

улицам 10 европейских городов уже курсируют 30 ТЭ-автобусов *DaimlerChrysler*, и еще три скоро выйдут на улицы Пекина и Перта.

Почти половина всех автомобилестроительных компаний мира, в том числе *Toyota*, *Nissan*, *Renault*, *Volkswagen*, *Mitsubishi* и *Hundai*, проводят испытания ТЭ-автомобилей. Уже появились компании, разрабатывающие и поставляющие комплектующие, необходимые для создания таких машин.

В связи с ужесточающимися экологическими требованиями к выхлопам транспортных средств, прогнозами грядущего дефицита нефти и угрозой глобального потепления автомобилестроители и правительства вложили десятки миллиардов долларов в создание чистых и высокоэкономичных силовых агрегатов, которые могли бы заменить двигатель внутреннего сгорания (см. «Колесница перемен», «В мире науки», № 2, 2003 г.). Однако скептики сомневаются в том, что промышленность заинтересована в создании истинно «зеленого» автомобиля. Руководители компаний пока не видят альтернативы автомобилю на водородных топливных элементах, поскольку гибридный автомобиль с двигателем внутреннего сгорания и электрохимическими батареями не поможет избавиться ни от ▶

сжигания топлива на основе нефти, ни от выбросов углекислого газа.

Камни преткновения

Двух часов езды по автостраде достаточно для того, чтобы обнаружить самое заметное отличие ТЭ-автомобиля *F-Cell* от транспортного средства с двигателем внутреннего сгорания. Менее чем через полтора часа у вас кончится топливо. Ни *F-Cell*,

Прежде чем владельцы гибридных автомобилей *Toyota Prius* и *Honda Accord* смогут сменить их на что-либо более экологичное, автомобилестроители должны будут решить, как существенно увеличить запас водорода и ресурс силовых установок, как уменьшить стоимость батарей топливных элементов и как повысить мощность до значений, требуемых для вне-

За последние 10 лет на создание автомобилей, работающих на топливных элементах, были потрачены миллиарды долларов.

ни какой-либо другой ТЭ-автомобиль на водородном топливе не способны без дозаправки преодолеть 480 км – минимальный пробег, на который рассчитывают автовладельцы. А станций, где можно было бы заправиться водородом, пока еще очень мало. Поэтому, несмотря на оптимистические заявления автомобилестроителей, остаются нерешенными технические проблемы, которые могут задержать внедрение ТЭ-автомобилей на годы, если не на десятилетия.

дорожников. Наконец, для широкого внедрения ТЭ-автомобилей в эксплуатацию нужно будет заменить существующую международную сеть АЗС инфраструктурой заправки водородом.

До начала массового производства может пройти еще лет 25, однако работы над ТЭ-автомобилями продолжаются, а почти все представители компаний предлагают правительству увеличить инвестиции в фундаментальные исследования и в системы снабжения водородом.

ОБЗОР: ЭКОЛОГИЧНЫЕ АВТОМОБИЛИ

- Автомобильная промышленность провела испытания автомобилей на топливных элементах – через 10 лет после того, как их первые прототипы вышли на дороги. За это время автомобилестроители и правительства потратили на исследования и разработки миллиарды долларов, но для того, чтобы начался их коммерческий выпуск, необходимо гораздо больше затрат.
- Несмотря на повышение требований по ограничению выбросов в атмосферу, предполагаемую нехватку нефти и угрозу глобального потепления, начало массового выпуска автомобилей на топливных элементах ожидается не раньше середины следующего десятилетия.
- Для того чтобы автомобили на топливных элементах приблизились к уровню экономической рентабельности, потребуются увеличить емкости их систем хранения водорода, долговечность топливных элементов, их мощность и снизить стоимость. Кроме того, нужно будет построить систему производства и распределения водорода.

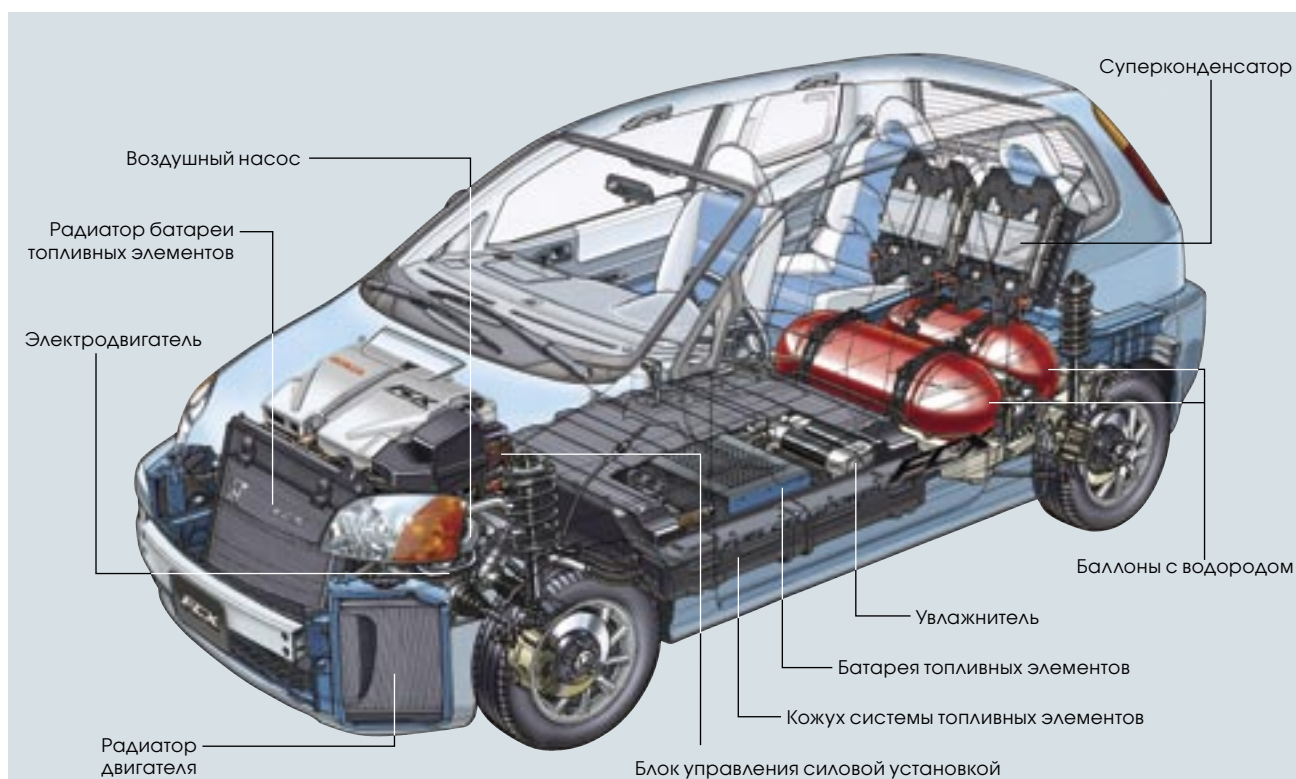
Батареи топливных элементов

ТЭ-автомобиль, будь то легковушка, автобус или грузовик, – электромобили, питаемые системой, которая действует подобно аккумуляторной батарее. Однако в отличие от последней топливные элементы не запасают энергию, а вырабатывают ее с помощью электрохимического процесса и могут работать до тех пор, пока к ним поступают водород и кислород (см. врез на стр. 50).

Сердце топливного элемента – тонкая протонообменная мембрана (ПОМ) из полимеров на основе фторзамещенных углеводородов, которая играет роль как электролита (для переноса заряда), так и барьера, предотвращающего смешивание водорода с кислородом. В результате отрыва электронов от атомов водорода на центрах катализа на поверхности мембраны вырабатывается электроэнергия, необходимая для питания двигателей. Носители заряда (ионы водорода, или протоны) проходят через мембрану и рекомбинируют с кислородом и электроном с образованием молекулы воды, единственного продукта, выбрасываемого в атмосферу. Батареи собираются из отдельных топливных элементов.

Инженеры выбрали топливные элементы на основе ПОМ потому, что они преобразуют в электроэнергию до 55% химической энергии водорода, тогда как КПД двигателя внутреннего сгорания составляет лишь 30%. Другими преимуществами топливных элементов стали низкая рабочая температура (80°C), довольно высокая безопасность, бесшумность работы и простота управления.

Вероятно, к 2015 г. будет создан коммерческий ТЭ-автомобиль. Это зависит от усовершенствования технологии производства мембран, на которые приходится до 35% стоимости батарей топливных элементов. Исследователи считают, что необходимо уменьшить просачивание



Honda FCX выпуска 2005 г. – пример технологии автомобилей на топливных элементах. Компактный четырехместный автомобиль имеет максимальную скорость 149 км/ч и может проехать без дозаправки 320 км. Эквивалентная топливная экономичность составляет 62 мили на галлон (~3,79 л на 100 км) в городских условиях и 51 миль на галлон (~4,61 л на 100 км) на автостраде. Батарею

топливных элементов для этой машины компания *Honda* сконструировала, задавшись целью удешевить производство. В ней использованы мембраны из углеводородного полимера, обладающие повышенной долговечностью. Суперконденсатор позволяет увеличивать мощность при обгонах и при движении на подъем. В нем запасается энергия, генерируемая при рекуперативном торможении.

топлива (водорода) через мембрану, улучшая ее химическую и механическую стабильность, необходимую для увеличения срока службы элементов, а также снизить нежелательные побочные реакции и повысить стойкость к загрязнению примесями из топлива или продуктами нежелательных побочных реакций, например окисью углерода (CO).

Большое оживление в среде исследователей топливных элементов вызвало сообщение о «прорыве» в области технологии мембран. Небольшая компания *PolyFuel* из штата Калифорния объявила, что она создала мембрану из углеводородных полимеров, которая имеет более высокие характеристики, чем современные аналоги на основе перфторполимеров, и дешевле их.

«Она напоминает кусок целлофана, в который заворачивают бутерброды», – пояснил глава компании Джеймс Балком (James Balcom) и назвал ряд причин, по которым такая пленка превосходит мембраны на основе перфторполимеров, в том числе из материала *Nafion* компании *DuPont*. В частности, она может работать при более высоких температурах, чем существующие мембраны (до 95°С), что позволяет уменьшить радиаторы, необходимые для отвода тепла. По утверждению компании *PolyFuel*, ее продукт служит дольше других на 50%, позволяет получить мощность на 10–15% больше и может работать при более низком уровне влажности. И если фторуглеродные мембраны стоят около \$300 за м², то материал компании *PolyFuel* обой-

дется вдвое дешевле (см. врез на стр. 50). Несмотря на то что ряд исследователей по-прежнему скептически относятся к углеводородным мембранам, компания *Honda* в своем новом ТЭ-автомобиле *FCX* применила именно их.

Все дело в катализаторе

На тонкий слой платинового катализатора на обеих сторонах мембраны приходится 40% стоимости батареи топливных элементов. Он подготавливает атомы водорода (топлива) и кислорода (из воздуха) к участию в реакции окисления, способствуя расщеплению молекул, ионизации и высвобождению или связыванию протонов и электронов. На топливной стороне мембраны молекула водорода (состоящая ▶

из двух атомов) должна связаться с двумя соседними центрами катализатора, высвободив этим два положительных иона водорода (протона) и позволив им перемещаться поперек мембраны. На воздушной стороне мембраны происходит сложная реакция, в процессе которой ионы водорода и электроны связываются с кислородом, образуя молекулы воды. Этот процесс необходимо тщательно контролировать, так как он может привести к образованию перекиси водорода, которая разрушает компоненты топливного элемента.

Платина дорога, и инженеры ищут возможность заменить ее.

Специалисты стремятся не только повысить активность катализатора, но и найти способы, позволяющие создать стабильную структуру, которая не разрушалась бы со временем и помогала избегать побочных реакций, ведущих к загрязнению мембраны. Исследователи из *GM Corporation* создали мембраны с нанотекстурированными поверхностями, что существенно увеличивает площадь поверхности катализатора. Ведутся и работы по созданию катализаторов на основе менее дорогих металлов, например кобальта и хрома, и их использования в форме тонкодисперсных частиц, внедренных в пористую композитную структуру.

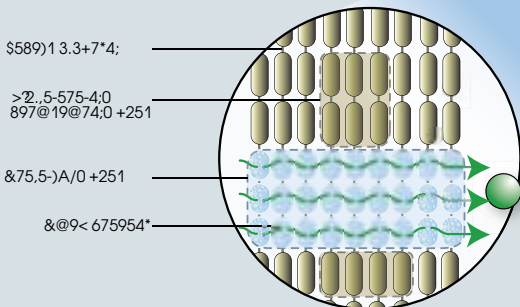
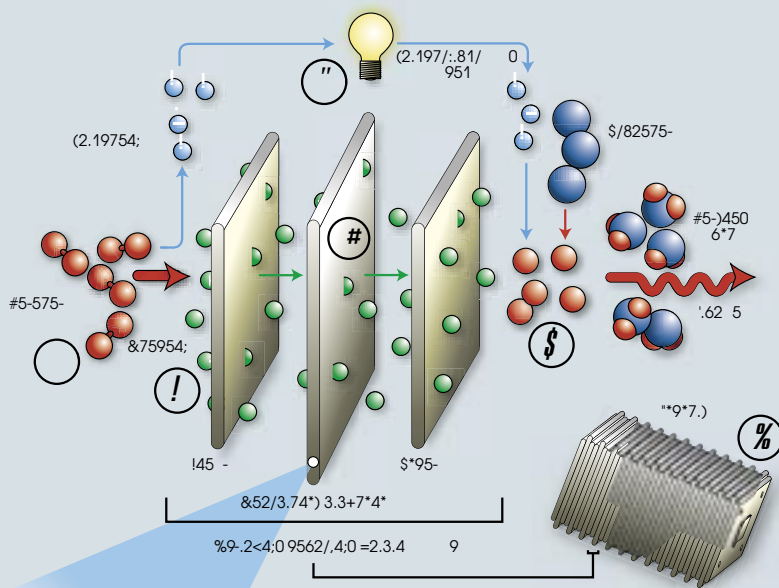
Запас топлива на борту

Как же разместить в автомобиле такое количество водорода, чтобы величина пробега без заправки удовлетворяла пользователей? Чтобы машина, не нуждаясь в горючем, прошла 400 км, в баке должно быть 5–7 кг водорода, но современные ТЭ-автомобили способны принять лишь 2,5–3,5 кг. «Пока не ясно, как удвоить это количество, не выходя за приемлемый объем», – считает Деннис Кэмпбелл, главный управляющий компании *Ballard Power Systems*, крупнейшего изготовителя батарей топливных элементов.

Обычно водород хранят в баллонах в виде газа под очень высоким

ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Топливный элемент действует подобно пополняемой батарее: он вырабатывает электроэнергию, когда в него подаются водород и кислород. Топливный элемент с протонообменной мембраной (ПОМ) состоит из двух тонких пористых электродов, разделенных твердым электролитом в форме тонкой полимерной мембраны (см. рисунок справа). Одна из сторон каждого электрода покрыта слоем катализатора на основе платины. Когда атомы водорода поступают в элемент (1), катализатор на аноде расщепляет их на электроны и протоны (2). Электроны поступают во внешнюю цепь, образуя электрический ток для питания двигателя (3), а протоны проходят через мембрану (4) к катоду. Катализатор на катоде рекомбинирует их с электронами, поступающими из внешней цепи и с кислородом воздуха, в результате чего образуется вода (в форме пара) и выделяется тепло (5). Для получения более высокого напряжения большее число топливных элементов объединяют в батарею (6).



По утверждению компании *PolyFuel*, углеводородные мембраны долговечнее современных, основанных на перфторполимерах, дешевле их и позволяют получать больше энергии. Концепция компании предусматривает использование блоков полимера для улучшения прохождения протонов и увеличения выработки энергии. Проводящие материалы связываются с блоками высокопрочного полимера. Поскольку взаимное сродство этих двух видов материалов низко, в процессе изготовления мембран они сами разделяются на различные функциональные блоки, что упрощает производство.

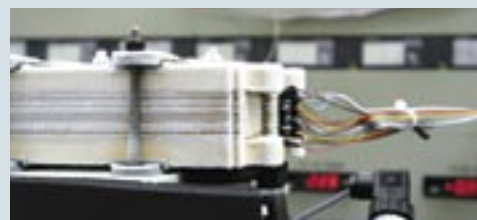
давлением. Многие группы инженеров работают над увеличением рабочего давления современных комбинированных баллонов, составляющего 35 МПа. Испытания системы хранения сжиженного водорода при температурах ниже 253°С указали на ряд существенных недостатков. В частности, на поддержание низких температур, при которых водород остается в жидком состоянии, необходимо затрачивать около трети содержащейся в нем энергии. При этом, несмотря на использование занимающей большой объем теплоизоляции, при испарении ежедневно теряется около 5% общего количества первоначально загруженного водорода.

Исследуется и ряд других технологий хранения водорода, но об успехе пока говорить рано.

Вероятно, самой перспективной технологией хранения можно считать металлгидридную, основанную на удержании водорода в связанном состоянии на поверхностях металлов и из сплавов. В такой системе газообразный водород подается под давлением в резервуар, где посредством экзотермической (т.е. с выделением тепла) реакции химически связывается с кристаллической решеткой металла. Образующееся соединение называется гидридом металла. Для выделения водорода и такого соединения используется паразитное тепло, выделяющееся при работе батареи топливных элементов. В январе 2005 г. *General Motors* и Национальные лаборатории г. Сандиа приступили к разработке металлгидридных систем хранения водорода на основе гидрида натрия и алюминия.

Поскольку металлгидридные системы хранения довольно тяжелы (их масса составляет около 300 кг), исследователи из Дельфтского технологического университета в Нидерландах разработали систему хранения водорода в водяном льду в форме гид-

Обеспечение стойкости батарей топливных элементов к отрицательным температурам давно было одной из главных целей разработчиков топливных элементов. Когда батарея замерзает, имеющаяся в ней вода превращается в лед, кристаллы которого могут повредить мембрану и закупорить трубопроводы. В 2004 г. инженеры компании *Honda* показали, что их новейшая энергетическая установка, которой оснащены автомобили *FCX* (фото справа), может многократно запускаться при температуре -20°С. Подобные результаты в лабораторных условиях получили компании *DaimlerChrysler* и *General Motors* (фото внизу). Фокус состоит, похоже, в том, чтобы поддерживать всю воду внутри системы в парообразном состоянии.



рата водорода. Однако получать гидраты водорода очень трудно: для этого требуются низкие температуры и очень высокое давление (порядка 250 МПа). Однако дельфтской группе удалось найти химическое соединение тетрагидрофуран, которое стабилизирует гидраты газов при давлении всего

(Ben Knight) сказал, что новые морозостойкие батареи для *FCX* будут многократно проверяться при температуре - 20°С. Компании *DaimlerChrysler* и *General Motors* также сообщили об успешных лабораторных испытаниях батарей, работающих в сложных погодных условиях (см. врезку вверху).

Пока не решена проблема хранения водорода.

около 10,2 МПа. Теоретически для хранения примерно 6 кг водорода потребуется около 120 л воды.

Испытания батарей на морозе

В начале 2004 г. инженеры компании *Honda* показали, что их топливные элементы способны выдерживать зимние условия, что стало важным техническим достижением сообщества исследователей топливных элементов.

Вице-президент компании *American Honda* по НИОКР Бен Найт

Кроме того, новые ТЭ-автомобили *Honda FCX* 2005 г. выпуска имеют и ряд других технических новшеств, отличающих их от модели, выпущенной двумя годами раньше. В частности, в этом компактном 4-местном хэтчбеке применен «суперконденсатор» – устройство, аккумулирующее энергию и служащее для кратковременной подачи дополнительной мощности при обгонах и движении на подъем. Большинство других автомобилестроительных компаний используют для этой цели аккумуляторные батареи. ▶

Инфраструктура

Компания *Plug Power* из г. Латам (шт. Нью-Йорк) выпускает стационарные энергетические установки на основе топливных элементов, предназначенные для использования в качестве резервных источников энергоснабжения.

Сотрудники *Plug Power* уже отметили открытие станции заправки водородом, которую компания разработала совместно с инженерами компании *Honda*. В состав этой станции, получившей название *Home Energy Station II*, входит мини-атюрный химический завод – установка для получения водорода из поступающего по трубопроводу природного газа с использованием процесса парового реформинга. «Она вдвое меньше предыдущей, – считает главный управляющий *Plug Power* Роджер Сайлант (Roger Saillant). – Кроме заправки автомобилей эта установка питает водородом батарею топливных элементов, которая вырабатывает электроэнергию для нужд здания штаб-квартиры, которое и отоп-

ливается частично ее «тепловыми отходами».

Как только один из ТЭ-автомобилей *FCX* подъехал к заправочному терминалу (металлическому ящику размерами с шикарную кухонную плиту), установленному на автостоянке компании *Plug Power*, служащий заземлил автомобиль, подключив к нему провод. Заправка продолжалась пять-шесть минут. Найт сообщил, что вырабатываемого установкой количества водорода достаточно для заправки одного ТЭ-автомобиля в день.

Создание инфраструктуры, необходимой для массовой заправки автомобилей водородом, связано с определенными трудностями. «Это классический пример дилеммы яйца и курицы, – сказал Найт. – С одной стороны, поскольку возможности заправки таких транспортных средств ограничены, они не будут востребованы населением. С другой стороны, пока на дорогах нет множества ТЭ-автомобилей, никто не станет вкладывать большие деньги в развитие заправочной ин-

фраструктуры. Как же нам создать спрос?» (См. «Экономичность водородного топлива», «В мире науки», № 8, 2004 г.)

Согласно исследованиям, проведенным компанией *General Motors*, создание 11 700 заправочных станций, необходимых для того, чтобы в крупных городских зонах расстояние до ближайшей заправочной станции не превышало 3,2 км, а на основных автомагистралях США – не более 40 км, потребуются от \$10 до \$15 млрд. Этого хватит для обслуживания примерно миллиона ТЭ-автомобилей. «\$12 млрд. – мелочь по сравнению с суммой в \$85 млрд., которую потратили операторы кабельных сетей на их развертывание», – считает Кэмпбелл из компании *Ballard Power Systems*.

Заправочная станция в Латаме и несколько десятков других, разбросанных от Европы до Калифорнии и Японии, олицетворяют собой первые робкие шаги на пути создания водородной инфраструктуры. Кэмпбелл предполагает, что скоро во всем мире будет около 70 станций заправки водородом, а программа «Калифорнийская водородная автострада» предполагает строительство 200 таких станций.

По оценкам комитета Национальной академии наук США, для перехода на «водородную экономику» потребуется несколько десятилетий, поскольку нерешенными остаются такие проблемы, как производство, хранение и распределение достаточного количества водорода при допустимом уровне затрат и без выделения парниковых газов, нагревающих атмосферу Земли. К сожалению, при получении водорода из метана образуется двуокись углерода – важнейший парниковый газ. Если в источниках электроэнергии для получения водорода путем электролиза воды (расщепления ее на водород и кислород с помощью электрического тока) сжигается

СТАНЦИИ ЗАПРАВКИ ВОДОРОДОМ



Станции для заправки ТЭ-автомобилей водородом еще очень редки: сегодня во всем мире их всего около 70 – по два десятка в США и Европе, столько же в Японии. На верхнем снимке показана заправка ТЭ-автомобиля *Ford Focus* сжатым водородом. Занимает она обычно около 5 мин. Перед началом заправки к автомобилю должен быть прикреплен заземляющий провод, чтобы обезопасить процесс.

Компания *American Honda* у своей штаб-квартиры в Торрансе (шт. Калифорния) построила станцию техобслуживания (фото внизу), где вода расщепляется на водород и кислород с помощью электроэнергии, получаемой от солнечной батареи. Это самый экологически чистый способ получения водорода.

Новый концепт-кар на топливных элементах – *Sequel* компании *General Motors* (фото справа) – вмещает в свое низкое шасси-скейтборд толщиной 280 мм (фото внизу слева) 7 кг водорода, что позволяет ему проехать без заправки 480 км – минимум межзаправочного пробега, который считают приемлемым автомобилисты. В этом же шасси размещены и почти все силовые агрегаты и системы управления внедорожника. *Sequel* – яркая иллюстрация того, какие возможности компоновки автомобиля открывает конструкторам силовая установка на топливных элементах. Поскольку механические компоненты заменены их электронными эквивалентами, внутренний объем кузова можно компоновать гораздо свободнее (фото справа внизу). «Посмотрите, сколько освобождается места, – говорит директор компании *General Motors* по передовым конструкциям Роберт Бонафас (Robert Bonafase). – Мы даже смогли встроить в переднюю панель перчаточный ящик небывалой вместительности».



ископаемое топливо, то образуется двуокись углерода. Кроме того, часто происходит утечка водорода из автомобилей и установок по его получению в атмосферу, где он может инициировать ряд химических реакций, в результате которых также образуются парниковые газы. Наконец, при сжигании ископаемого топлива для получения данного вещества затрачивается больше энергии, чем содержится в получаемом водороде.

Исследователи из Национальной технико-экологической лаборатории в штате Айдахо и компании *Cerametec* в Солт-Лейк-Сити разработали метод электролиза воды и получения чистого водорода при гораздо меньших затратах энергии, чем в случае использования других методов. Группа занимается процессом получения водорода посредством высокотемпературного электролиза. Метод основан на пропускании электрического тока через воду, нагретую до температуры около 1000°С. Когда молекулы воды расщепляются, водород керамическими ситами отделяется от кислорода. В результате содержание

энергии в получаемом водороде составляет примерно половину той, которая была затрачена на осуществление процесса. Это значительно больше, чем при использовании других методов.

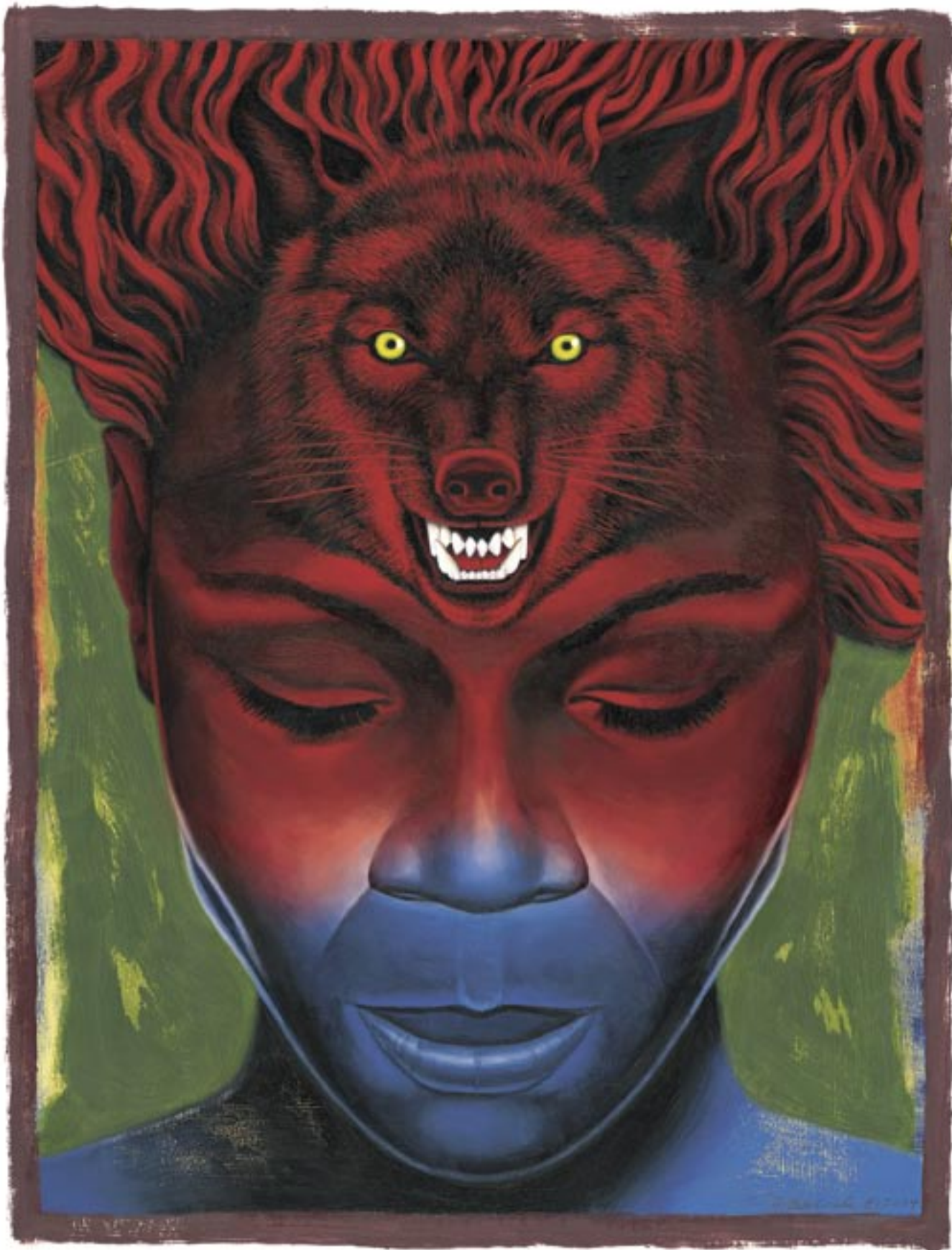
Сторонники использования водорода настаивают, что доводы, касающиеся отсутствия инфраструктуры, оказались несостоятельными. «Промышленность США производит от 50 до 60 млн. т водорода

Байрон Маккормик (Byron McCormick), исполнительный директор компании *General Motors*, считает, что инвестиции в создание водородной инфраструктуры в XXI в. сравнимы с финансовыми вложениями в строительство железных дорог в XIX в. или в строительство в XX в. автострад, соединяющих между собой различные штаты. «Проблемы финансирования станут серьезнее техноло-

Инфраструктура распределения водорода – классический пример дилеммы яйца и курицы.

в год, так что говорить об отсутствии опыта не приходится», – отмечает Кэмпбелл. Однако автомобилестроители смотрят на дело иначе. «Проблемы, возникающие при разработке ТЭ-автомобилей, на 50–60% обусловлены примесями в водороде, который мы покупаем у производителей», – возражает вице-президент *DaimlerChrysler* Херберт Колер (Herbert Kohler).

гических», – предсказывает он. Вопрос о том, когда появятся коммерческие ТЭ-автомобили, которые должны составить транспортную основу ожидаемой водородной экономики (через 10–50 лет), зависит от решения множества технических задач и преодоления рыночных препятствий. ■



Лицо больного красной волчанкой, покрываясь багровой сыпью, приобретает зловещие черты – отсюда и название болезни.

Монсеф Зуали

МОЖНО ЛИ ПОБЕДИТЬ ВОЛЧАНКУ?

Тайна этого аутоиммунного заболевания скрыта очень глубоко. Но не разгадав ее, мы не сможем найти способы эффективного лечения.

Пожилая пациентка настаивает на госпитализации: ее мучают боли в суставах, постоянное чувство усталости и возникающая время от времени острая боль при дыхании. Она не может находиться на солнце, т.к. на коже тут же появляется болезненная сыпь.

Девушка 20 лет, сделав самый обычный анализ мочи, узнает о необычайно высоком содержании в ней белка. Обследования показывают, что в почках идет воспалительный процесс.

Все эти столь непохожие симптомы оказываются проявлением одного и того же заболевания – красной волчанки, которой страдают 1,4 млн. жителей США. У одних больных поражается только кожа (кожная, или дискоидная красная волчанка), у других страдают также внутренние органы (почки, сердце, легкие, кровеносные сосуды, головной мозг) и суставы (системная красная волчанка).

Ученым давно известно, что волчанка связана с нарушением работы иммунной системы. В здоровом организме антитела начинают вырабатываться только в ответ на появление в нем чужеродных агентов, например бактерий. Они связываются с их специфическими структурами (антигенами), что служит сигналом к уничтожению «агрес-

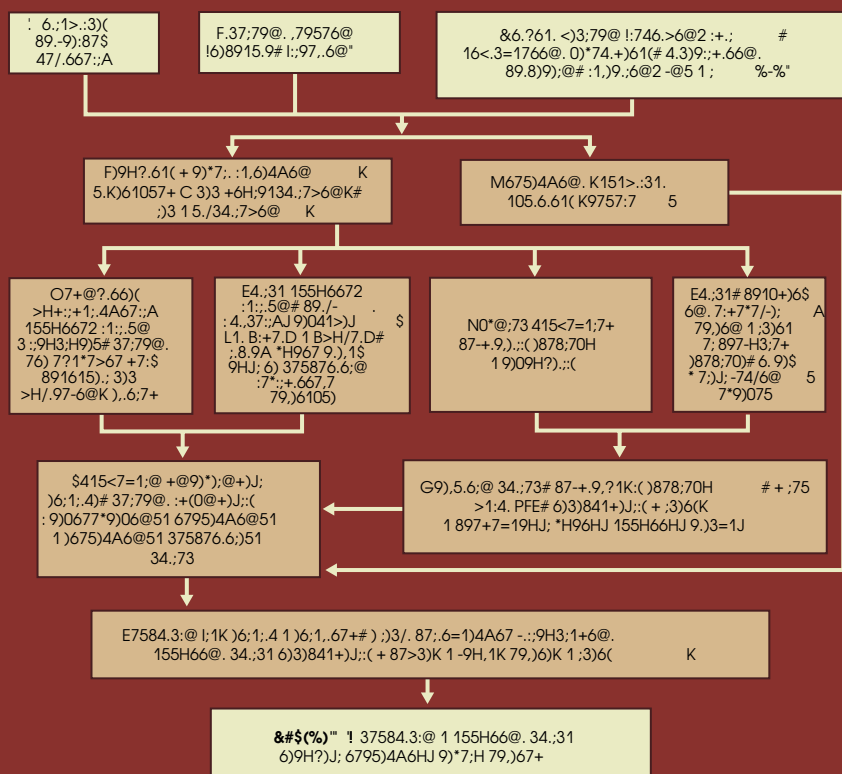
сора». Однако у больных волчанкой антитела синтезируются к собственным компонентам (аутоантигенам), молекулам органов и тканей самого индивида.

Аутоиммунная реакция (а именно так называется подобный феномен) лежит в основе многих заболеваний, в том числе диабета типа I, ревматоидного артрита, рассеянного склероза и псориаза. Однако волчанка – особый случай. Иммунная система больных бурно реагирует на широчайший спектр молекул-мишеней: начиная с тех, что расположены на поверхности клеток, и заканчивая внутриклеточными и даже внутриядерными структурами. Так, некоторые антитела, вырабатываемые при волчанке, атакуют молекулы ДНК самого организма. Как показывают опыты *in vitro*, антитела к ДНК буквально рвут их молекулы на части.

До недавнего времени о причинах столь широкого наступления иммунной системы на собственный организм было известно очень мало. Только в свете последних исследований стали вырисовываться молекулярные основы данного феномена, а также главные особенности иммунитета: способность организма отличать «свое» от «чужого»; обеспечение самопереносимости; контроля интенсивности иммунного ответа. ▶

КАК ВОЗНИКАЕТ БОЛЕЗНЬ

Патогенез красной волчанки известен лишь в общих чертах, многие его детали остаются загадкой. Так, не установлено, как именно гормоны и факторы окружающей среды запускают самоубийственные процессы в организме.



Некоторые факты

Аутоантитела (опознавательный знак волчанки) разрушают ткани организма разными способами. Если они обнаруживают специфический аутоантиген в крови или других жидкостях, то связываются с ним и образуют комплексы, которые оседают в самых разных тканях. Аутоантитела могут распознавать аутоантигены и в самих тканях и образовывать комплексы *in situ*. В любом случае комплексы аутоантитело/аутоантиген порождают массу проблем.

Во-первых, они провоцируют компонент иммунной системы, известный как система комплемента, к прямой атаке на соответствующие ткани. Во-вторых, эти комплексы (либо сами, либо с помощью упомянутой системы комплемента) запускают острую воспалительную

реакцию. Она сопровождается массовой мобилизацией лейкоцитов, которые при нормальном функционировании организма пытаются изолировать и разрушить любые болезнетворные агенты. Воспаление служит защитной реакцией, но если оно возникает без всякой на то причины или длится слишком долго, то участвующие в ней клетки или секретируемые ими продукты повреждают ткани вместо того, чтобы защищать их. Воспаление, в свою очередь, может вызвать избыточную пролиферацию клеток, родственных клеткам затронутой ткани, что приводит к нарушению нормального функционирования последней. Так, накопление иммунных комплексов в почках может привести к гломерулонефриту, заболеванию, чреватому серьезным повреждением почек.

Некоторые аутоантитела, вырабатываемые в организме больного волчанкой, оказывают не опосредованное, а прямое действие. Как показывают эксперименты *in vitro*, они связываются с клетками и проникают в них, нарушая нормальный ход внутриклеточных процессов.

Что же провоцирует подобные явления? Определенную роль здесь играют генетические факторы. Так, у 10% больных волчанкой имеются близкие кровные родственники с таким же заболеванием, а среди однояйцевых (генетически неразличимых) близнецов обнаруживается высокая конкордантность по частоте возникновения болезни, в отличие от разнояйцевых, для которых такое соотношение не более характерно, чем для обычных братьев и сестер.

Генетическая подоплека

Воодушевленные полученными данными, генетики начали «охоту» за генами (предполагаемыми виновниками заболевания) в надежде на то, что идентификация их самих и кодируемых ими белков поможет прояснить этиологию волчанки и контролировать процесс.

В ходе опытов на мышах было выявлено более 30 протяженных хромосомных областей, так или иначе связанных с данной патологией, причем некоторые из них напрямую детерминировали ее определенные особенности. Так, один из участков содержит гены, которые участвуют в образовании аутоантител, распознающих компоненты клеточного ядра (хотя они и не кодируют никаких антител). Гены другой области влияют на силу воспалительного процесса в почках, связанного с накоплением в них иммунных комплексов.

Генетическая подоплека волчанки у человека менее очевидна. Один из подходов к ее прояснению состоит в анализе ДНК членов семей, где несколько родственников больны волчанкой, и идентификации общих

для них генетических особенностей. Таким способом уже выявлено 48 хромосомных участков, ассоциированных с данной болезнью. Шесть из них (они локализованы на пяти разных хромосомах) связаны с предрасположенностью к волчанке в большей степени, чем остальные. Теперь нужно идентифицировать сами вредоносные гены.

За склонность того или иного человека к заболеванию волчанкой отвечают сразу несколько генов, и вклад каждого из них может быть очень незначительным и трудноуловимым. Вряд ли какой-то определенный ген является доминирующим, иначе у родителей с подобной патологией значительно чаще рождались бы больные дети, между тем статистика подобных совпадений не превышает 5%. Скорее всего, у разных людей к возникновению патологического процесса причастны разные комбинации генов.

Внешние факторы

На развитие волчанки влияет и окружающая среда. Один из наиболее очевидных факторов – ультрафиолетовое излучение. От 40 до 60% больных отличаются повышенной чувствительностью к свету: пребывание на солнце в течение 10 минут приводит у них к появлению сыпи, а при большей экспозиции болезнь обостряется и принимает более серьезные формы. Механизм данного феномена до сих пор не установлен. Возможно, УФ-излучение вызывает нарушения в структуре ДНК клеток кожи, и молекулы воспринимаются иммунной системой организма как чужеродные агенты. А может быть, под действием света в клетках происходят изменения, которые провоцируют высвобождение антигенов и тем самым вызывают иммунный ответ.

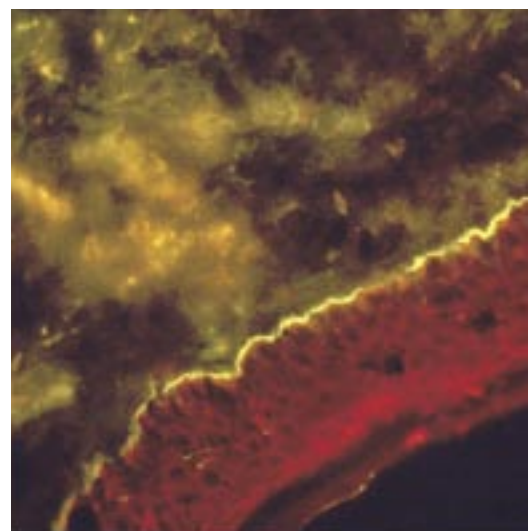
К агентам, служащим «спусковым крючком» патологического процесса, относятся и некоторые лекарственные препараты. Один из них – гидралазин (его принима-

ют для нормализации кровяного давления), другой – прокаинамид (средство против аритмии). У 75% людей, принимающих последнее лекарство в течение 1–2 лет, в организме появляются противонуклеарные аутоантитела, а у 15–20% развиваются симптомы, сходные с теми, что наблюдаются при волчанке.

Стимулом к развитию недуга могут служить и инфекционные заболевания. Например, инфекционный мононуклеоз, возбудителем которого является вирус Эпштейна–Барра. Провоцирующим фактором иногда становится даже вакцинация. Однако никаких свидетельств причастности инфекционных агентов как таковых (вирусов, бактерий или паразитов) к возникновению волчанки не обнаружено. Среди других «провокаторов» можно назвать жирную пищу, загрязнение окружающей среды, табачный дым, а также избыточные физические и психологические нагрузки.

Опасности, которые таит в себе апоптоз

Другое направление исследований связано с выявлением у больных волчанкой аномалий, которые поддерживают аутоиммунную активность на клеточном уровне. Одна из них связана с процессом запрограммированной гибели клеток –



Микрофотография кожных тканей морской свинки, которой ввели препарат сыворотки крови больного волчанкой. Желтая светящаяся полоска – это скопление антител на границе между эпидермисом и дермой.

апоптозом. Для бесперебойной работы организма в нем должно происходить непрерывное устранение клеток, выработавших свой ресурс или несущих вред организму. Самоубийство клетки начинается с того, что она получает сигнал к синтезу белков, разрушающих ее изнутри: они расщепляют на мелкие фрагменты клеточные белки и хромосомы, находящиеся в ядре. У больных волчанкой апоптоз ▶

ОБЗОР: ВОЛЧАНКА

- Волчанка – это аутоиммунное заболевание, при котором в организме вырабатываются антитела к компонентам собственных органов и тканей (почек, кожи, головного мозга и др.).
- Среди множества причин, толкающих организм на путь самоуничтожения, главной считается нарушение механизмов обмена сигналами между двумя типами клеток иммунной системы – В-лимфоцитами, вырабатывающими антитела, и хелперными Т-клетками, активирующими В-клетки, а также сбои в системе сигнализации в самих клетках.
- Ученые работают над созданием лекарственных препаратов, которые нормализовали бы сигнальные процессы и выработку антител.

АКТИВАЦИЯ В-КЛЕТКИ

В норме В-лимфоциты вырабатывают антитела только к антигенам чужеродных агентов, таких как бактерии. У больных волчанкой эти клетки реагируют на структуры самого организма, синтезируя аутоантитела, которые связываются с аутоантигенами. Комплексы «аутоантитела/аутоантигены» накапливаются в различных органах и тканях и нарушают их работу. Уже созданы и проходят испытания лекарственные препараты, нацеленные на такие этапы патологического иммунного ответа, как образование избыточных количеств В-клеток и взаимодействие между различными молекулами, опосредующими гиперпродукцию аутоантител и повреждение тканей. Красные стрелки на рисунке указывают, на какие структуры направлено действие препаратов, перечисленных в таблице.

1 Первый этап иммунной реакции – поглощение антиген-представляющей клеткой чужеродного агента и его расщепление (а). Некоторые из образующихся при этом фрагментов (антигены) связываются белковым комплексом МНС на поверхности клетки и распознаются хелперными Т-клетками (б).



2 Связывание Т-клетки с комплексом МНС/антиген, а также с молекулой B7 на поверхности антигенпредставляющей клетки служит сигналом к ее активации – усиленной пролиферации (в) и изменениям, необходимым для активации В-клетки (г). В частности, Т-клетка начинает секретировать цитокины (сигнальные молекулы) и размещает на своей поверхности структуру CD154, соответствующую структуре CD40 на В-клетке. Для активации В-клеток должны произойти и другие процессы (д): присоединение Т-клеточного рецептора к такому же комплексу МНС/антиген, какой располагался на антигенпредставляющей клетке, связывание цитокина BAFF и, наконец, антигена с В-клеточными рецепторами. Кроме того, в этой реакции может участвовать рецептор CD20.

Метод/Препарат	Стадия разработки
1 Блокирование взаимодействия между B7 и CD28, препятствующее активации Т-клеток	Консорциум <i>Immune Tolerance Network</i> и Национальные институты здравоохранения проводят испытания блокатора <i>RG2077</i> на небольшом числе больных
2 Блокирование связывания BAFF с В-клеточным рецептором, препятствующее увеличению продолжительности жизни В-клеток и выработке антител	<i>Human Genome Sciences</i> (Роквилл, шт. Мэриленд) проводит масштабные клинические испытания одного из таких блокаторов, <i>LymphoStat-B</i> ; <i>ZymoGenetics</i> (Сиэтл, США) и <i>Serono S.A.</i> (Женева, Швейцария) приступили к клиническим испытаниям агента под названием <i>TACI-Ig</i>
3 Блокирование В-клеточных рецепторов и антител, реагирующих на собственную ДНК	<i>La Jolla Pharmaceuticals</i> (Сан-Диего) проводит масштабные испытания препарата под названием «риквент», предназначенного для лечения заболеваний почек при волчанке
4 Антитела к CD20, дезактивирующие В-клетки	<i>Genentech</i> (Сан-Франциско, шт. Калифорния) и <i>Biogen Idec</i> (Кеймбридж, шт. Массачусетс) проводят масштабные клинические испытания ритуксимаба (ритуксана), уже одобренного к применению в качестве противоопухолевого препарата
5 Ингибитор комплемента, предотвращающий повреждение тканей	<i>Alexion Pharmaceuticals</i> (Чешир, шт. Коннектикут) зарегистрировали некоторые признаки улучшения в состоянии мышей, больных волчанкой, при введении ингибитора C5



3 После этого *B*-клетка трансформируется в антитело-секретирующую плазматическую *B*-клетку (*e*). Выработанные ею антитела атакуют все клетки и ткани, несущие антиген, который был распознан *B*-клеткой, или же помечают их (*ж*). В частности, они связываются с молекулами системы комплемента и клетками, участвующими в воспалительном процессе, и побуждают их к деструктивным действиям.

определенных клеток иммунной системы, а именно *B*- и *T*-лимфоцитов, встречается чаще, чем у здоровых людей.

Обычно продукты распада клеток эффективно выводятся из организма. Но у больных волчанкой система «эвакуации отходов» нарушена, что в совокупности с частым апоптозом вполне может способствовать развитию аутоиммунной реакции. Если содержимое гибнущих клеток аномально, то его массовое высвобождение в организм может привести к запуску процес-

са образования антител, которые ошибочно принимают продукты саморазрушения за сигнал, оповещающий о проникновении чужеродного агента.

К несчастью, у больных волчанкой материал, выделяющийся из клеток при апоптозе (особенно фрагменты хромосом), часто содержит аномалии. У здоровых людей определенные сайты клеточной ДНК метилированы – метильные группы служат маркером при регуляции работы генов. ДНК иммунных

ствующие аутоантигены совершенно здоровы. Другими словами, механизмы, которые обеспечивают самотолерантность, в этом случае дают сбой.

Бесконтрольный «конвейер» по выработке антител

Корень зла, по-видимому, кроется в дисбалансе сигнальных процессов в *B*-клетках. В норме они при созревании превращаются в плазматические клетки, синтезирующие антитела только после связыва-

Генетические факторы – не единственная причина заболевания, определенную роль в его развитии играют внешние воздействия.

комплексов у больных волчанкой гипометилирована, и есть основания полагать, что такое нарушение связано с развитием аутоиммунной реакции. Как показывают опыты *in vitro*, неправильное метилирование ДНК приводит к тому, что *B*-лимфоциты при созревании превращаются в настоящие фабрики по производству антител. Известно также, что некоторые лекарственные препараты, провоцирующие развитие волчанки, вызывают гипометилирование ДНК *T*-клеток, что приводит к *T*-клеточной аутореактивности у мышей.

Итак, есть основания полагать, что самоликвидирующиеся клетки служат резервуаром аутоантигенов, способных вызвать аутоиммунный ответ. В пользу данного вывода свидетельствует и тот факт, что внутривенное введение здоровым мышам больших количеств УФ-облученных клеток, вступивших на путь саморазрушения, индуцирует у животных синтез аутоантител.

Есть указания и на то, что у больных волчанкой помимо всего прочего *B*-лимфоциты изначально аномальны: они склонны к выработке аутоантител, даже когда соответ-

ствия рецепторов на их поверхности с чужеродными антителами определенной конформации. Если некая *B*-клетка присоединяет компонент самого организма, то в ней автоматически запускается процесс самоуничтожения или переход в неактивное состояние либо происходит видоизменение рецепторов, с тем чтобы они больше не могли распознавать аутоантигены.

Адекватное поведение *B*-клеток обеспечивается в первую очередь правильным функционированием внутриклеточных сигнальных механизмов, отвечающих на внешние раздражители. Как показали исследования на мышах, малейший дисбаланс в системе сигнализации приводит к выработке в организме животных антител к самому себе. Имеются также многочисленные данные о том, что на поверхности и внутри *B*-клеток больных волчанкой обнаружено избыточное количество таких сигнальных молекул, как *Lyn*, *CD45* и *SHP-1*.

Впрочем, аномальные свойства проявляют не только *B*-клетки. Чтобы последние начали синтезировать антитела, одного связывания с антигенами недостаточно, ▶

ТРУДНОСТИ ДИАГНОСТИКИ

Врач, подозревающий, что пациент болен волчанкой, испытывает большие затруднения с постановкой окончательного диагноза. Дело в том, что до сих пор нет четких критериев, позволяющих это сделать. Аутоиммунная реакция лежит в основе многих заболеваний, и даже такой признак, как наличие в организме противонуклеарных аутоантител, не может считаться безоговорочным поводом к диагностированию волчанки.

Врачи вынуждены использовать самую разную информацию: от результатов лабораторных тестов до истории болезни пациента и его собственного описания беспокоящих симптомов. Американская коллегия ревматологов составила список из 11 показателей, руководствуясь которым, можно с большей или меньшей уверенностью поставить диагноз. Семь из них – это различные проявления, в частности, артриты, повышенная фотореактивность, характерная сыпь («бабочка»).



Остальные – результаты лабораторных тестов, в том числе наличие противонуклеарных аутоантител и пониженная концентрация различных клеток крови.

Ученые полагают, что пациенту можно ставить диагноз «волчанка», если положительными будут 4 показателя из 11. Врачи же предпочитают менее строгие критерии оценки, особенно если у больного имеются такие серьезные симптомы, как нарушения работы сразу нескольких органов и наличие противонуклеарных антител. Чтобы получить более полную информацию, обращайтесь на сайт *Lupus Foundation of America*: www.lupus.org/ или на сайт *Lupus*: www.uklupus.co.uk/

ПРИЗНАКИ ВОЛЧАНКИ

«Бабочка» (полоса сыпи, захватывающая переносицу и верхнюю половину щек)

Дискоидные изменения кожи (выпуклые пятна и бляшки красного цвета)

Язвы слизистых носа и рта, обычно безболезненные

Артриты (не сопровождающиеся повреждением костной ткани), затрагивающие два или более сустава

Воспаление выстилки легких или сердца (плеврит и перикардит)

Нарушение работы почек (повышенное содержание в моче белка или веществ, образующихся при распаде лейкоцитов и эритроцитов или клеток почечных канальцев)

Неврологические нарушения (головные боли, изменения личности, психозы, эпилептические судороги)

Нарушения картины крови, характеризующиеся аномально низким содержанием эритроцитов или лейкоцитов либо тромбоцитов (гемолитическая анемия, лейкопения, лимфопения или тромбоцитопения)

Позитивный тест на противонуклеарные антитела, не связанный с приемом лекарств, которые могли бы вызвать их появление

Позитивный тест на антитела к двухцепочечной ДНК или некоторым фосфолипидам либо ложнопозитивный тест на сифилис

нужна еще помощь других иммунных клеток, так называемых хелперных *T*-лимфоцитов. У больных волчанкой они имеют нарушения сигнальной системы, сходные с теми, что наблюдаются у *B*-клеток. Но *T*-клеточные дисфункции провоцируют образование аутоантител косвенным путем, побуждая *T*-клетки к стимуляции аутореактивных *B*-клеток.

Любая гипотеза, касающаяся этиологии волчанки, должна учитывать не только разнообразие вырабатываемых в организме больного антител, но и другую важную особенность заболевания: женщины болеют в девять раз чаще мужчин. Повышенная предрасположенность женщин к волчанке (подобная тенденция наблюдается и для других аутоиммунных заболеваний) отчасти может быть связана с большей реактивностью их иммунной системы. При инфекционном поражении в их организме вырабатывается больше антител и лимфоцитов, и, как следствие, они проявляют большую устойчивость к заболеваниям. Кроме того, опыты на мышах показали, что у самок отторжение трансплантатов происходит чаще, чем у самцов. По-видимому, за повышенную реактивность женского организма отвечают, среди прочего, половые гормоны. С этим согласуется тот факт, что у лабораторных животных, больных волчанкой, при введении эстрогенов симптомы обостряются, а андрогенов – смягчаются.

Эстрогены воздействуют на иммунную систему разными путями. Так, они способствуют секреции пролактина и гормона роста, а те, в свою очередь, влияют на пролиферацию лимфоцитов, которые несут на своей поверхности рецепторы, распознающие эстрогены. Связываясь с ними, эстрогены могут изменять иммунный ответ организма и даже менять свойства лимфоцитов таким образом, что нарушается самотолерантность.

Новые методы лечения

Как соотносятся между собой генетические, средовые и иммунологические факторы, определяющие развитие волчанки? Какие процессы лежат у истоков патологии, какие из них можно считать ключевыми, почему у разных людей заболевание протекает по-разному? Пока все эти вопросы остаются без ответа. Тем не менее имеющиеся данные позволяют сделать набросок сценария развития событий.

Суть в том, что за сбои в работе иммунной системы отвечают гене-

Необходимо создать такие лекарства, которые предотвращали бы развитие аутоиммунной реакции и не подавляли способность организма противостоять инфекциям. Работы в этом направлении уже ведутся, но, чтобы понять сам механизм, нужно иметь представление о том, как хелперные *T*-клетки способствуют трансформации *B*-клеток в «конвейер» по выработке антител (см. рис. на стр. 58–59).

Прежде всего должна произойти активация самих хелперных клеток. Сигналом к этому служит их взаимо-

Подобно «профессиональным» антигенпредставляющим клеткам, *B*-клетки размещают фрагменты продуктов расщепления (в первую очередь фрагменты антитела, которые они захватили) на *MHC*. Если рецептор активированной хелперной *T*-клетки свяжется с таким *B*-клеточным комплексом и если, кроме того, *T*- и *B*-клетки оповестят об этом друг друга с помощью ко-стимулирующих молекул, то *B*-клетка экспрессирует рецепторы, специфичные в отношении небольших белковых молекул (циткинов), которые секретируются активированными хелперными *T*-клетками. Цитокины побуждают *B*-клетки к пролиферации и созреванию – превращению в активные иммунные клетки, вырабатывающие антитела. Они нацелены на такие же антигены, как те, что были распознаны *B*- и *T*-клетками.

Если защитная система организма работает нормально, то, как только опасность минует, иммунная реакция немедленно угасает. Происходит это следующим образом: после того как антигенпредставляющая клетка активирует хелперную *T*-клетку, последняя начинает экспрессировать вещество-выключатель, *CTLA-4*. Оно обладает таким высоким сродством к молекулам *B7* антигенпредставляющих клеток, что связывает почти всех их, блокируя тем самым ▶

Необходимо создать такие лекарственные средства, которые предотвращают саморазрушение организма и в то же время не подавляют его защитные механизмы.

тические особенности индивида и факторы, определяемые средой. Они нарушают работу системы сигнализации у лимфоцитов, а возможно, и у других клеток иммунной системы, связанных, в частности, с выведением из организма мертвых клеток и их осколков. Дефекты системы сигнализации приводят к утрате самотолерантности, ускоренной гибели лимфоцитов и накоплению в организме клеток в состоянии апоптоза, а также высвобождающихся из них аутоантигенов. Последние направляют иммунную систему по ложному пути – она начинает атаковать органы и ткани самого организма.

Средства, применяющиеся сегодня для лечения больных волчанкой, действуют на всю иммунную систему, а не только на те ее компоненты, которые имеют отношение к развитию патологии. Так, кортикостероидные гормоны уменьшают воспалительную реакцию, но платой за это становится повышение восприимчивости к инфекционным болезням.

действие с так называемыми антигенпредставляющими клетками (такими как макрофаги и дендритные клетки). Последние поглощают бактерии, мертвые клетки и клеточные осколки, дробят их на мелкие фрагменты и присоединяют некоторые из них (антигены) к особому белковому комплексу на своей поверхности – главному комплексу гистосовместимости (сокращенно *MHC*, от англ. *major histocompatibility complex*). Рецептор хелперной *T*-клетки распознает антигены, связанные с *MHC*, соединяется с ними и посылает клетке соответствующий сигнал. Если в то же время некая структура на поверхности *T*-клетки, находящаяся вблизи рецептора, связывается со специфической ко-стимулирующей молекулой (ее называют *B7*) антигенпредставляющей клетки, то *T*-клетка получает еще один сигнал – антиген-независимый. Только при наличии обоих посланий *T*-клетка активируется, т.е. вырабатывает или предъявляет вещества, необходимые для стимуляции *B*-лимфоцита.

ОБ АВТОРЕ:

Монсеф Зуали (Mosef Zuall), иммунолог и молекулярный биолог, заместитель директора по научной части Национального института медицинских исследований (Франция). Занимается фундаментальными исследованиями, связанными с изучением молекулярных основ системных аутоиммунных заболеваний, а также внедрением научных достижений в этой области в медицинскую практику.

любой ответ хелперной *T*-клетки и, соответственно, *B*-клетки.

Один из подходов к лечению волчанки может состоять в имитации процесса выключения с помощью *CTLA-4*, который нейтрализовал бы молекулы *B7*. У больных мышей введение *CTLA-4* прерывало развитие патологического процесса в почках и увеличивало продолжительность жизни. В ближайшее время начнутся клинические испытания нового препарата на больных волчанкой (он применялся для лечения псориаза, и его безопасность доказана).

Второй подход основывается на блокировании обмена сигналами между хелперными *T*-клетками и *B*-клетками. Чтобы *B*-клетке был послан костимулирующий сигнал, *T*-клеточная молекула, называемая *CD154*, должна обменяться «рукопожатием» с соответствующей молекулой *B*-клетки. Обнаружено, что у больных волчанкой хелперные клетки вырабатывают *CD154* в избыточном количестве, а опыты на мышах показывают, что полученные искусственными методами антитела к *CD154* блокируют активацию *B*-клеток, предотвращают

нарушения в работе почек и увеличивают продолжительность жизни подопытных животных. Первые испытания на человеке различных антител к *CD154* дали противоречивые результаты. Один из препаратов снижал уровень аутоантител в крови и содержание белка в моче, смягчал некоторые симптомы, но при этом повышал свертываемость крови. Другой, лишенный этого недостатка, был малоэффективен.

Третий подход предусматривает воздействие на активность *B*-клеток другим способом. Известно, что такие вещества, секретируемые клетками иммунной системы, как цитокин *BAFF*, увеличивают продолжительность жизни *B*-клеток и причастны к различным аутоиммунным заболеваниям, в том числе к волчанке. Так, и у мышей, и у людей, больных волчанкой, наблюдается избыточное количество *BAFF* в организме, а у грызунов с искусственно созданными генетическими отклонениями, в организме которых *BAFF* синтезируется в избыточном количестве или *B*-клетки содержат больше, чем обычно, рецепторов к нему, развиваются симптомы аутоиммунного заболевания. Логично предположить, что блокирование связывания *BAFF* с рецепторами уменьшит количество синтезируемых антител. Действительно, введение мышам псевдорекцепторов, улавливающих *BAFF* прежде, чем они успевают связаться с настоящими *B*-клеточными рецепторами, смягчает симптомы волчанки и увеличивает продолжительность жизни. Можно попытаться воздействовать и на другие цитокины. Одним из самых распространенных при волчанке клинических показателей служит повышенный уровень в организме интерлейкина-10 и пониженный – трансформирующего β -фактора роста. Обнаружено, что введение больным мышам препаратов, бло-

кирующих интерлейкин-10 и активизирующих β -фактор роста, дает положительный эффект.

На течение аутоиммунных заболеваний можно также повлиять, уменьшив число *B*-лимфоцитов. Предварительные испытания препарата под названием ритуксимаб, обеспечивающего удаление *B*-клеток из кровотока еще до того, как они начинают секретировать антитела, дали обнадеживающие результаты. На стадии разработки находятся методы, основанные на применении веществ, блокирующих синтез противонуклеарных аутоантител или побуждающих их связываться с псевдорекцепторами. В качестве последних предполагается использовать комплексы из четырех коротких фрагментов ДНК, фиксированных на инертной подложке. С моей точки зрения, такой подход лишен перспектив, поскольку введение в организм искусственных агентов может дать нежелательный эффект, тем более что он время от времени наблюдается даже при использовании природных веществ, таких как цитокины.

Все эти проблемы заставляют ученых обратиться к генной терапии, при которой организм сам вырабатывает нужные вещества. Уже проведены эксперименты по введению мышам гена, кодирующего β -фактор роста. Они дали положительные результаты, но пригодность этого метода для лечения человека еще предстоит проверить.

Наряду с поисками новых способов борьбы с волчанкой продолжаются и исследования этиологии болезни. В чем причина сбоя работы сигнальной системы в клетках иммунной системы? Какими путями эти нарушения приводят к развитию аутоиммунной реакции? Ответы на эти вопросы могут оказаться главными на пути к раскрытию тайны самоубийственного поведения организма при аутоиммунных заболеваниях. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Dubois' Lupus Erythematosus. Sixth edition. Daniel J. Wallace and Bevra H. Hahn. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- Immunobiology: The Immune System in Health and Disease. Sixth edition. Charles A. Janeway, Paul Travers, Mark Walport and Mark J. Shlomchik. Garland Science, 2004.
- B Lymphocyte Signaling Pathways in Systemic Autoimmunity: Implications for Pathogenesis and Treatment. Moncef Zouali and Gabriella Sarmay in Arthritis&Rheumatism, Vol. 50, No. 9, pages 2730–2741; September 2004.
- Molecular Autoimmunity, Edited by Moncef Zouali. Springer Science and Business Media (In press).
- www.lupusresearch.org



1896 г. Никола Тесла сидит перед большой катушкой в виде паутины. Тогда он написал: «Думаю, что не существует более сильного волнения, чем то, которое испытывает изобретатель, видя успех своего творения ... Эти чувства заставляют человека забыть о еде, сне, друзьях, любви и всем остальном».

Бернард Карлсон

ИЗОБРЕТАТЕЛЬ-ФАНТАЗЕР

Николе Тесле, автору современных электротехнических систем и многих важных изобретений, часто не удавалось довести свои фантастические идеи до практической реализации.

13 мая 1899 г. присутствовавшие на лекции Николы Теслы в Чикагском коммерческом клубе были поражены: посередине аудитории колыхалось искусственное озеро. Все знали, что изобретатель системы переменного тока был и блестящим шоуменом. Ранее, на чикагской Колумбовской выставке, он потряс зрителей тем, что пропустил через себя разряд напряжением 250 тыс. вольт. Теперь же собравшиеся ломали голову над тем, что собирался делать Тесла с этим маленьким озером, по которому плавала лодочка. Внезапно суденышко стало делать круги по бассейну, мигая огоньками. Тесла управлял им, передавая команды при помощи радиоволн. Публика была изумлена (см. фото на стр. 69). Самое же большое впечатление на нее произвело предложение Теслы строить радиоуправляемые суда, начинать их динамитом и с помощью радиоконанд направлять на корабли противника. Эта идея, высказанная более ста лет назад, легла в основу современных управляемых ракет.

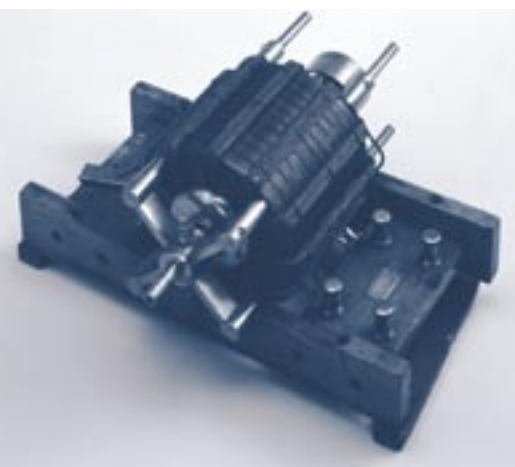
Но Тесле так и не удалось превратить радиоуправляемую лодочку в боевое оружие. Изобретателю никогда не удавалось претворить свои грандиозные идеи в жизнь. Сформулировав концепцию, он стремился запатентовать свою разработку и продемонстрировать ее в действии, но последующую работу

по созданию прибыльного продукта оставлял другим. С годами ему все труднее было находить спонсоров для воплощения своих изобретений. В результате Тесла все больше разочаровывался в мире и отчуждался от него.

Электродвигатели

Тесла родился 10 июля 1856 г. в Австро-Венгерской империи (нынешней Хорватии). Изучая технику в Политехнической школе св. Иоанна в австрийском городе Граце, студент жадно слушал лекции по физике, которые читал Якоб Пёшль (Jacob Pöschl).

На его лекциях Тесла впервые задумался об усовершенствованном электродвигателе переменного тока. Однажды он наблюдал, как профессор пытался избавиться от искрения в коллекторе – системе электрических контактов, с помощью которых направление тока в якоре двигателя дважды за оборот меняется на противоположное, так что образующиеся магнитные поля противоположного направления обеспечивают вращение якоря. Тесла предположил, что можно создать электродвигатель без коллектора. Пёшль был раздражен дерзостью студента и заключил: «Возможно, г-н Тесла совершит великие дела, но такого двигателя он не сможет создать». Однако отповедь только разожгла честолюбие юноши. В продолжение своих занятий в Граце и в Праге Тесла постоянно ▶



В 1887 г. Тесла построил двухфазный асинхронный электродвигатель переменного тока. Питая двумя сдвинутыми по фазе переменными токами две пары обмоток, расположенных с противоположных сторон якоря, он создал вращающееся магнитное поле, которое индуцировало в роторе противоположное электрическое поле, заставлявшее его вращаться.

ломал голову над тем, как создать двигатель, не порождающий искр. В 1881 г. он оказался в Будапеште, где начал работать с Тивадаром и Ференцем Пушкашами (Tivadár и Ferenc Puskás), намеревавшимися создать телефонную сеть, используя усовершенствованные Эдисоном телефонные аппараты.

Ежедневно Тесла совершал длительные прогулки. Когда он лю-

Любуясь закатом в Будапеште, Тесла задумался об использовании вращающегося магнитного поля в двигателе.

бовался закатом, ему вдруг пришла в голову мысль об использовании вращающегося магнитного поля в двигателе. Идея молодого серба состояла в том, чтобы не менять местами магнитные полюса якоря, а изменить направление магнитного поля статора. Этот подход позволял обойтись без коллектора и избавиться от искр. Тесла понял, что, если заставить магнитное поле статора вращаться, оно будет индуцировать противоположное электрическое поле в роторе и заставит его также вращаться. Он предполагал, что вращающееся магнитное поле можно создать с помощью переменного, а не постоянного тока. Но тогда он еще не знал, как это сделать.

Столкновения с богачами

В последующие пять лет Тесла стремился приобрести практические знания, необходимые для реализации задуманного электродвигателя. После того как он помог братьям Пушкашам построить телефонную сеть в Будапеште, Тесла отправился с Тивадаром в Париж, где они оба поступили на работу в компанию *Société Electricque Edison*, которая уста-

навливала осветительные системы с лампами накаливания Эдисона. В 1884 г. Тесла перевелся в компанию *Edison Machine Works* в Нью-Йорке. Он почти не встречался со знаменитым изобретателем. Однажды молодому сербу чуть было не представилась возможность рассказать Эдисону о бесколлекторном двигателе, однако в самый неподходящий момент кто-то подошел к мэтру и разговорился с ним. «Когда я пришел домой, то почувствовал себя паршиво, и у меня вновь появилось желание никому не говорить о своем двигателе», – вспоминал Тесла.

Когда Тесла закончил проектирование усовершенствованной системы освещения на основе дуговых ламп, его наниматели отказались выдать ему обещанное вознаграждение, и честолюбивый инженер уволился.

Бенджамин Вейл (Benjamin A. Vail) и Роберт Лейн (Robert Lane), предприниматели из штата Нью-Джерси, принявшие Теслу на работу, посоветовали ему запатентовать дуговую осветительную систему, чтобы они могли ее продавать. Тесла опометчиво передал им свои патенты, надеясь, что они будут производить оборудование и конкурировать с Эдисоном. Однако Вейл и Лейн решили, что выгоднее эксплуатировать электроосветительные сети. И как только Тесла построил и ввел в эксплуатацию свою сеть в Рауэйе, его компаньоны уволили его и реорганизовали компанию. После увольнения он оказался совершенно без средств.

Несмотря на митарства, через год Тесла сумел набраться сил, чтобы подать в марте 1886 г. патентную заявку на термомангнитный двигатель – новое устройство, приводимое в действие посредством нагре-

ОБЗОР: НИКОЛА ТЕСЛА

- Никола Тесла (1856–1943) получил вращающееся магнитное поле, ставшее основой для большинства машин переменного тока – генераторов и электродвигателей. Он изобрел трансформатор, названный его именем, и высоковольтные катушки индуктивности, широко применяемые в радио-телевизионном и другом электронном оборудовании.
- Тесла был любимцем репортеров и любителей сенсаций. Однако к его заявлениям о том, что он общался с жителями других планет и разработал лучи смерти, относились явно скептически.
- Хотя Тесла разработал ряд фундаментальных технических концепций, он почти не смог найти их практическое применение. Он умер в нищете и забвении.

Энергию для «города света» на Колумбовской выставке в Чикаго в 1893 г. поставлял генератор переменного тока мощностью 121 тыс. л. с., который сконструировал Тесла. 27 млн. посетителей смогли понять, что будущее электроэнергетики – переменный ток.



ва и охлаждения магнитов. Тесла обсуждал свое изобретение со своим прорабом, и тот познакомил его с юристом Чарлзом Пекком (Charles Peck), который заинтересовался идеей термомагнитного двигателя. Поскольку Пек не разбирался в технике, стремясь поддержать проект Теслы, он обратился к главе компании *Western Union* Альфреду Брауну (Alfred S. Brown).

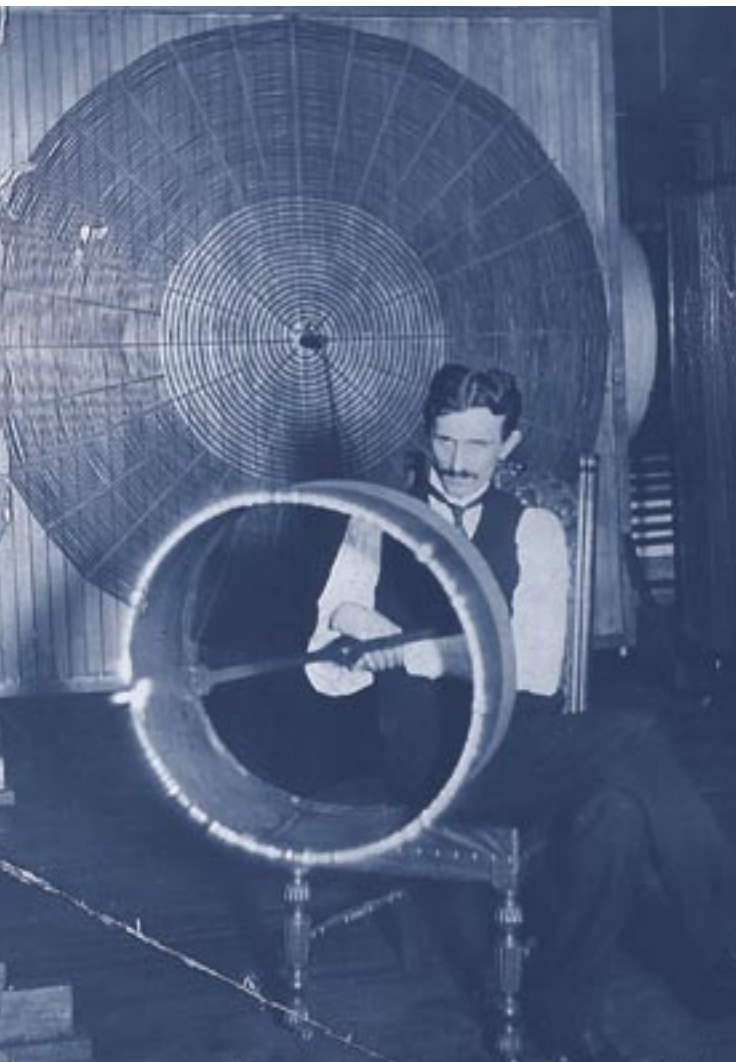
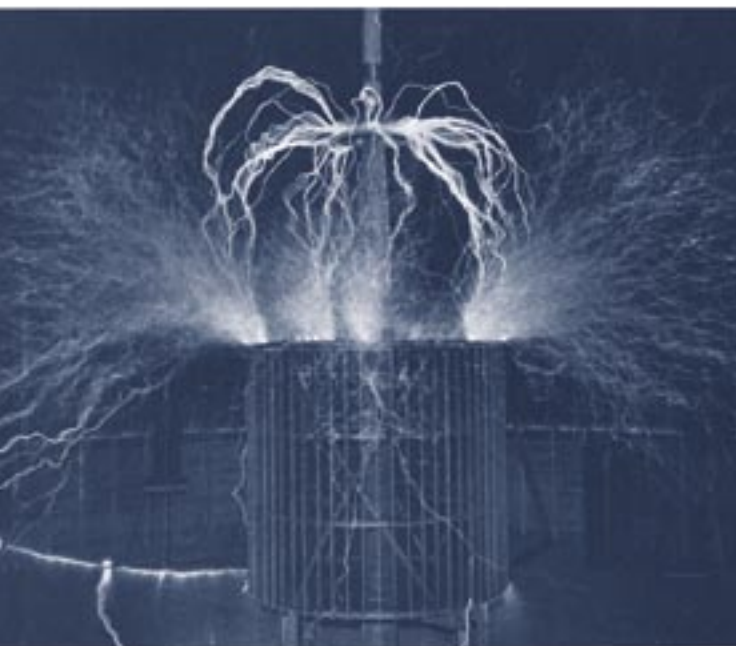
Пек и Браун арендовали для Теслы лабораторию в нижней части Манхэттена, где тот занялся разработкой термомагнитного двигателя. Когда выяснилось, что идея неработоспособна, Пек побудил Теслу заняться совершенствованием электродвигателей переменного тока. Изобретатель начал экспериментировать, применяя в электродвигателе несколько переменных токов, в то время как большинство исследователей применяли один переменный ток. В 1887 г. Тесла пришел к выводу,

что он может создать вращающееся магнитное поле, подав два отдельных переменных тока на две пары катушек, расположенных по разные стороны статора (см. фото на стр. 66). Токи в его парах катушек были сдвинуты по фазе на 90°, и двигатель работал на двухфазном токе. Воодушевленный Тесла подал несколько патентных заявок, где была сформулирована мысль о том, что с помощью многофазных переменных токов электрическую энергию можно будет передавать на большие расстояния.

Когда стало ясно, что двигатели переменного тока, работающие по принципу Теслы, перспективны, Пак и Браун стали думать о том, как их продвигать. Они решили продать патенты Теслы не изготовителям электродвигателей, а тому, кто даст за них самую высокую цену. В мае 1888 г. они организовали выступление Теслы перед Американским ▶

В 1896 г. инженеры компании *Westinghouse* установили на гидроэлектростанции в Ниагара-Фоллс генераторы, вырабатывающие трехфазный переменный ток. Вначале их энергия передавалась всего на 40 км в Буффало, но уже через несколько лет линии электропередачи, протянутые в Нью-Йорк, позволили залить светом Бродвей.





Тесла был уверен, что сигналы достигли Марса и что он получил ответное послание от марсиан.

обществом инженеров-электриков (*IEE*). Лекция широко освещалась в электротехнических журналах и вскоре привлекла внимание Джорджа Вестингауза (George Westinghouse), разбогатевшего на пневматических тормозах и сигнальных устройствах для железнодорожного транспорта. Если Эдисон сосредоточился на технике постоянного тока, то Вестингауз делал ставку на переменный, который можно передавать на дальние расстояния, и поэтому Пек и Браун смогли убедить его щедро заплатить за патенты. В июле 1888 г. Вестингауз предложил Тесле \$25 тыс. наличными и \$ 50 тыс. в банкнотах плюс гонорар в \$2,50 за каждую лошадиную силу изготовленных электродвигателей. Тесла великодушно предоставил 5/9 своего дохода своим спонсорам, оставив себе лишь 4/9.

Вестингауз надеялся, что электродвигатели Теслы можно будет применить в городском транспорте, и Тесла отправился в Питтсбург, чтобы приспособить свою конструкцию к этим требованиям. Однако изобретатель и инженеры компании *Westinghouse* столкнулись с техническими трудностями. Поскольку для двигателей Теслы требовались два переменных тока и четыре провода, их невозможно было просто включить в однофазную сеть переменного тока. К ней пришлось бы добавить еще два провода. Хотя Тесла разработал несколько двухфазных электродвигателей на основе расщепления фазы, эти двигатели хорошо работали только на переменных токах с частотами 50 Гц и ниже, а в сетях компании *Westinghouse* использовался ток частоты 133 Гц, чтобы пользователи не замечали мерцаний ламп накаливания.

Со временем инженеры преодолели эти трудности, переделав электродвигатель Теслы и разработав новую трехфазную систему переменного тока с частотой 60 Гц. В 1895 г. компания построила гидроэлектростанцию в городе Ниагара-Фоллс (см. фото на стр. 67), которая впоследствии смогла передавать электроэнергию на расстояние 40 км на предприятия города Буффало. Таким образом, электродвигатели Теслы и трехфазная

Искусственная молния, вырывающаяся из катушки Тесла в его лаборатории в Колорадо-Спрингс, 1899 или 1890 г. (вверху). Тесла часто применял большие катушки, иные из которых были намотаны на каркас, занимавший все помещение лаборатории. На нижнем снимке (сделанном в 1898 г. в Нью-Йорке) Тесла наблюдает, как мощные электромагнитные поля создают электрические стримеры, индуцирующие в катушке (на переднем плане) напряжение около полумиллиона вольт.

система переменного тока стали основой современной энергетической системы Северной Америки.

В резонансе с энергией

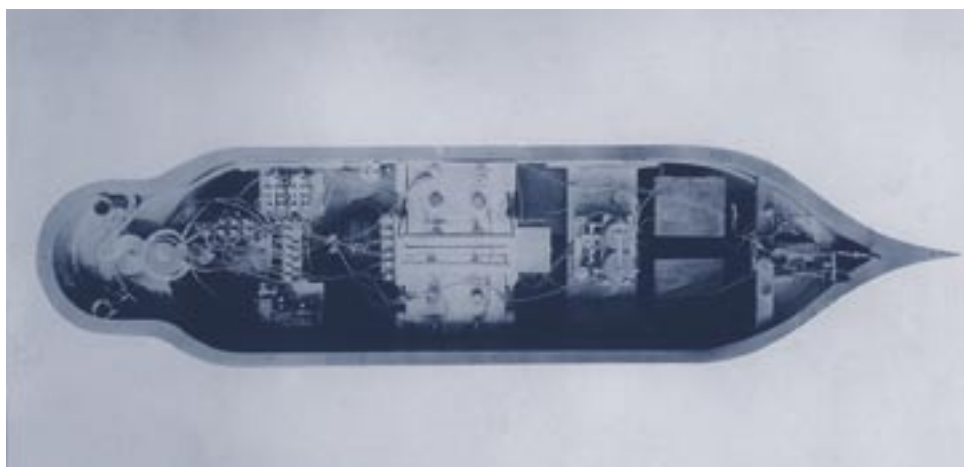
Однако еще задолго до того, как ГЭС в Ниагара-Фоллс вступила в строй, Тесла ушел из компании *Westinghouse*. Предложив идею идеального электродвигателя переменного тока, он не захотел заниматься разработкой деталей конструкции.

На свои гонорары Тесла организовал в Нью-Йорке лабораторию. Чтобы привлечь инвесторов, он стал изображать эксцентричного гения. Как в 1870-х гг. репортеры расписывали деяния Эдисона в Менло-Парке, так в 1880-х гг. они сбегались к лаборатории Теслы, чтобы описывать его сенсационные открытия и стать свидетелями его ярких высказываний (см. нижнее фото на стр. 68).

Чтобы найти способ использования электрической дуги в качестве источника света в сетях переменного тока, Тесла сосредоточил свои усилия на высокочастотных электрических явлениях.

Создав практичный электродвигатель на переменном токе частоты 60 Гц, Тесла заинтересовался тем, что можно будет сделать с помощью переменного тока с частотой 10 тыс. Гц. Если для своего двигателя с расщепленной фазой он скомбинировал катушки индуктивности (обмотки статора), резисторы и конденсаторы, то теперь он их поновому соединил, чтобы получить высокочастотный переменный ток.

Тесла занимался этим последующие 15 лет. Представив себе конденсатор как резервуар, а катушку индуктивности – как винтовую пружину, он пришел к мысли, что сконфигурированная схема сможет усиливать электрические сигналы и повышать их частоту. Таким образом, он построил большой «усиливающий передатчик», называемый сегодня трансформатором Теслы, который позволил ему производить искры до 40 м (см. верхнее фото на стр. 68).



Радиоуправляемая лодочка, построенная в 1898 г. (вид сверху). В следующем году Тесла продемонстрировал ее в Чикагском коммерческом клубе. С помощью радиосигналов он заставлял ее поворачивать, ускорять и замедлять ход, включать и выключать лампочки. Некоторые специалисты считают схемы лодочки прообразом логических схем современных компьютеров.

Затем Тесла понял, что дорогу к настройке радиосигналов на определенную частоту открывает явление резонанса. Передатчик с определенной емкостью и индуктивностью в выходной цепи будет генерировать сигнал заданной частоты. Приемник с такими же емкостью и индуктивностью будет реагировать на сигналы именно этой частоты.

Используя идею электрического резонанса, Тесла занимался созданием источников света, беспроводной связью и передачей энергии без проводов. Пытаясь изобрести высокоэффективную лампу для замены ламп накаливания Эдисона, Тесла не только создал первые люминесцентные светильники, но и обнаружил, что вакуумная лампа способна детектировать радиоволны. Однако развивать свои идеи он не стал, и в итоге радиолампы создали Дж. Флеминг (J. A. Fleming) и Ли де Форест (Lee De Forest).

Совершенствуя схемы, необходимые для передачи и приема радиоволн, Тесла испытывал их с помощью антенн, подвешенных к воздушным шарам, которые он поднимал над своей лабораторией на Манхэттене. Но едва в 1895 г. он начал получать первые обнадежива-

ющие результаты, как в его лаборатории произошел пожар, и все его оборудование и записи погибли.

Передача энергии по всему миру

Весной 1899 г. Тесла закрыл свою восстановленную лабораторию и построил новую у подножия горы Пайкс-Пик в Колорадо-Спрингс, шт. Колорадо. ▶

ОБ АВТОРЕ:

Бернард Карлсон (W. Bernard Carlson) – адъюнкт-профессор в Школе техники и прикладных наук Виргинского университета. Степень доктора истории науки и социологии он получил в 1884 г. в Пенсильванском университете. В 1988–1989 гг. он изучал историю бизнеса в Гарвардской школе бизнеса. Недавно он закончил семитомную работу «Техника в мировой истории» (*Technology in World History*), которая должна быть выпущена в 2005 г. издательством *Oxford University Press*. При поддержке фонда Альфреда Слоуна (Alfred P. Sloan) Карлсон намерен опубликовать биографию Теслы в издательстве *Princeton University Press*.



Марк Твен (Samuel Clemens) демонстрирует передачу энергии без проводов. Большая резонансная катушка (на снимке не видно) индуцирует ток высокого напряжения в проволочной петле, которую он держит в руках. Этот ток, проходя через тело Марка Твена без всякого вреда для него, заставляет светиться электрическую лампочку накаливания. Слева на заднем плане виден Тесла, управляющий аппаратурой.

Идея Теслы основывалась на явлении электрического резонанса. Как и другие пионеры в области исследования беспроводных систем, он видел взаимосвязь между передатчиком и приемником двоякой. Тогда считали, что передатчик посылает радиоволны к приемнику через атмосферу, но поскольку и передатчик, и приемник заземлены, обратный ток от приемника к передатчику проходит по земле. В отличие от исследователей, которые сосредоточились на передаче радиоволн через атмосферу, Тесла решил заняться токами в земной коре. Почему бы, думал он, не заставить передатчик посылать волны к приемнику через земную кору, атмосферу же использовать для передачи обратного тока? Тесла полагал, что передающая станция сможет «закачивать» энергию в земную кору, пока не будет достигнута частота собственного электрического резонанса планеты, а затем, когда вся Земля будет «пульсировать» энергией, приемные станции смогут собирать эту энергию в любой точке мира.

Для проверки своей теории Тесла построил в Колорадо-Спрингс

несколько мощных передатчиков и считал, что они передавали энергию по всему миру. (Тесла был уверен, что его сигналы достигли Марса и что он получил ответное послание от марсиан.)

Убедив себя, что энергию можно передавать по всем миру, Тесла в 1900 г. вернулся в Нью-Йорк. Он был настолько уверен в успехе, что поселился в роскошной гостинице *Waldorf-Astoria*. Для журнала *Century* он написал трактат «Проблема увеличения обеспечения человечества энергией» (*The Problem of Increasing Human Energy*). В результате в 1901 г. промышленный магнат Пирпонт Морган (J. Pierpont Morgan) выделил на исследования \$150 тыс. Изобретатель быстро истратил аванс, не жалея денег на оборудование новой лаборатории на северном побережье Лонг-Айленда. Несмотря на отказ Моргана продолжить финансирование и на то, что Тесла не смог получить положительных результатов, он построил 57-метровую антенную башню (см. фото на стр. 71). Тесла не смог получить средства для завершения своего проекта, и у него произошел нервный срыв.



Наследие изобретателя

Восстановив силы, Тесла решил добыть денег для возобновления работ в лаборатории, сменив направление с электротехники на механику. Зная, что тепловые электростанции переходят с поршневых паровых машин на турбины, у которых КПД выше, он начал воплощение радикально нового замысла безопасной турбины. Тесла полагал, что, подобно тому, как вращающееся магнитное поле в его электродвигателях переменного тока «увлекает» за собой ротор, пар

Тесла в своем нью-йоркском офисе в 1916 г. Он часто ходил через улицу в Брайант-парк, чтобы покормить там голубей. Чертежи на стене изображают паровую машину его конструкции.

57-метровая башня, стоящая возле лаборатории, которую Тесла построил в 1901 г. в Уорденклиффе (нынешний Шорехэм) на Лонг-Айленде. Башня предназначалась для радиосвязи, радиовещания и передачи электроэнергии по всему миру.

сможет посредством сил вязкостного трения приводить в движение ряд тонких дисков, закрепленных на малых расстояниях друг от друга на валу турбины. Турбина должна была работать на частотах вращения, превышающих 10 тыс. об./мин., при которых центробежные силы намного превосходят предел прочности любых стальных дисков.

Хотя Тесла не смог никого убедить вложить деньги в исследования, ему удалось запатентовать автомобильный спидометр, основанный на том же принципе – использовании вязкостных сил для приведения во вращение ряда близко расположенных тонких дисков. Последующие два десятка лет Тесла жил на доходы от этого изобретения. Он писал статьи для популярных журналов, где рассуждал о будущем электротехники и радиотехники. Однако постепенно он все больше впадал в депрессию.

В 1931 г журнал *Time* отметил 75-летие изобретателя статьей, в которой Тесла рассуждал о возможности посылать сигналы к звездам с помощью его «Тесласкопа» – гигантского радиопередатчика. Затем ученый каждый год в день своего рождения стал собирать пресс-конференции, на которых предупреждал об опасности мировой войны и говорил, что катастрофу можно предотвратить, создав оружие, способное поддерживать «равновесие страха». Сдерживающим средством должны были стать лучевая пушка или генератор пучка частиц, которые могут направлять огромные количества энергии на самолеты, корабли и войска противника.



В 1937 г. во время ежедневной прогулки Теслу сбило такси. От полученных травм изобретатель так и не смог оправиться и 8 января 1943 г. умер.

Наследие Теслы неоднозначно. С одной стороны, он признан отцом асинхронного электродвигателя переменного тока, и в 1956 г. его именем была названа единица измерения индукции магнитного поля в международной системе единиц. С другой стороны, его утверждения о том, что он якобы открыл мистические тайны Вселенной, сделало его имя почитаемым для некоторых религиозных сект.

Несмотря на свои чрезмерные претензии и мистические теории, Тесла внес огромный вклад в развитие техники. Его способность сосредоточиться на фундаментальных принципах была одновременно и сильной, и слабой его стороной. Слишком часто Тесла бывал настолько захвачен красотой основных концепций, что не хотел заниматься практической реализацией изобретений. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- **My inventions: The Autobiography of Nikola Tesla.** Edited by Ben Johnston. (Впервые опубликована в журнале *Electrical Experimenter* в 1919 г. Репринтное переиздание выпущено в 1982 г. издательством *Hart Brothers, Williston, Vt.*)
- **The Inventions, Researches and Writings of Nikola Tesla.** Thomas Commerfort Martin (Впервые издано в 1893 г., репринтное переиздание выпущено в 1995 г. издательством *Barnes & Noble.*)
- **Prodigal Genius: The life of Nikola Tesla.** John O'Neil. Ives Washburn, New York, 1944. Репринтное издание выпущено в 1996 г. издательством *Kessinger Publishing Company.*
- **Wizard: The Life and Times of Nikola Tesla.** Marc J. Seifer. Birch Lane Press, 1996.
- **The Tesla Collection, Vols 1 – 23.** Full-text periodical/newspaper bibliography. Edited by Iwona Vujovic. The Tesla Project, 1998.
- **Tesla: Master of Lightning.** Margaret Cheney and Robert Uth. Barnes & Noble, 1999.
- **Empires of Light: Edison, Tesla, Westinghouse and the Race to Electrify the World.** Jill Jonnes. Random House, 2003.
- Nikola Tesla Museum, Belgrade, Serbia: www.tesla-museum.org.
- Tesla Wardenclyffe Project: www.teslascience.org/

последние

Патрисия Мельман



Африканские дикие ослы на горном склоне в Эритрее. У каждого из молодых самцов свой полосатый рисунок на ногах, что позволяет исследователям без особого труда различать животных.

дикие лошади



Люди продолжают убивать диких зебр, ослов и лошадей ради мяса, шкур и денег. Охота и уничтожение среды их обитания поставили животных на грань вымирания.

Красота лошадей и их стремительный бег поразили воображение наших предков еще 20–25 тыс. лет назад, когда они начали покрывать изображениями этих животных стены пещер. В те далекие времена представители семейства лошадиных были самыми многочисленными и экологически значимыми травоядными млекопитающими в степях Африки, Азии и обеих Америк. Сегодня сохранились лишь семь видов диких лошадей: три вида ослов, три вида зебр и лошадь Пржевальского. В настоящее время Международный союз охраны природы (МСОП) квалифицирует большинство из них как виды, находящиеся под угрозой исчезновения.

Специалисты по охране природы, включая членов возглавляемой мной группы специалистов по диким лошадям МСОП, пристально изучают сокращающиеся популяции этих копытных и пытаются понять, как можно предотвратить их исчезновение.

Два образа жизни

Взяв за основу результаты исследований, проведенных Хансом Клингелем (Hans Kkingel) из Брауншвейгского университета (Германия), мы выделили две основные формы социальной организации у диких лошадей. Все они предпочитают открытые пространства, но характер их среды обитания сильно варьируется: от засушливых пустынь до

травянистых равнин с умеренным количеством осадков. Потенциально эти животные тяготеют к стадному образу жизни, но в реальных условиях их общественную жизнь, стратегию поиска пищи, способы спаривания и заботы о детенышах определяет количество корма и воды.

В богатых травой и водой степях, таких как равнина Серенгети в Танзании, самки имеют возможность кормиться сообща и, следовательно, образовывать стабильные группы. Самец, способный отгонять от них соперников, получает эксклюзивное право на спаривание со всеми кобылами. Подобные объединения животных называются гаремными, или семейными.

Но в таких засушливых областях, как пустыня Данакиль, скудные запасы корма и влаги обычно не позволяют самкам пастись вместе и образовывать постоянные сообщества. Жеребец контролирует территорию вокруг какого-либо богатого источника пропитания или воды и за счет этого получает возможность спариваться со всеми кобылами, приходящими сюда утолить голод или жажду.

Гаремные группы состоят из одного взрослого жеребца и одной или нескольких кобыл с жеребятами. Остальные самцы живут «холостяцкими компаниями». Взрослые самки нередко на протяжении всей жизни держатся вместе, но «отец семейства» вынужден со временем

уступить свое место более молодому и сильному сопернику. Жеребята находятся на попечении матери 2–3 года, а затем покидают семью. Молодые кобылы обычно уходят из нее во время первой течки и присоединяются к другим группам. Жеребцы остаются с родителями на несколько лет дольше, а затем входят в один из «клубов холостяков».

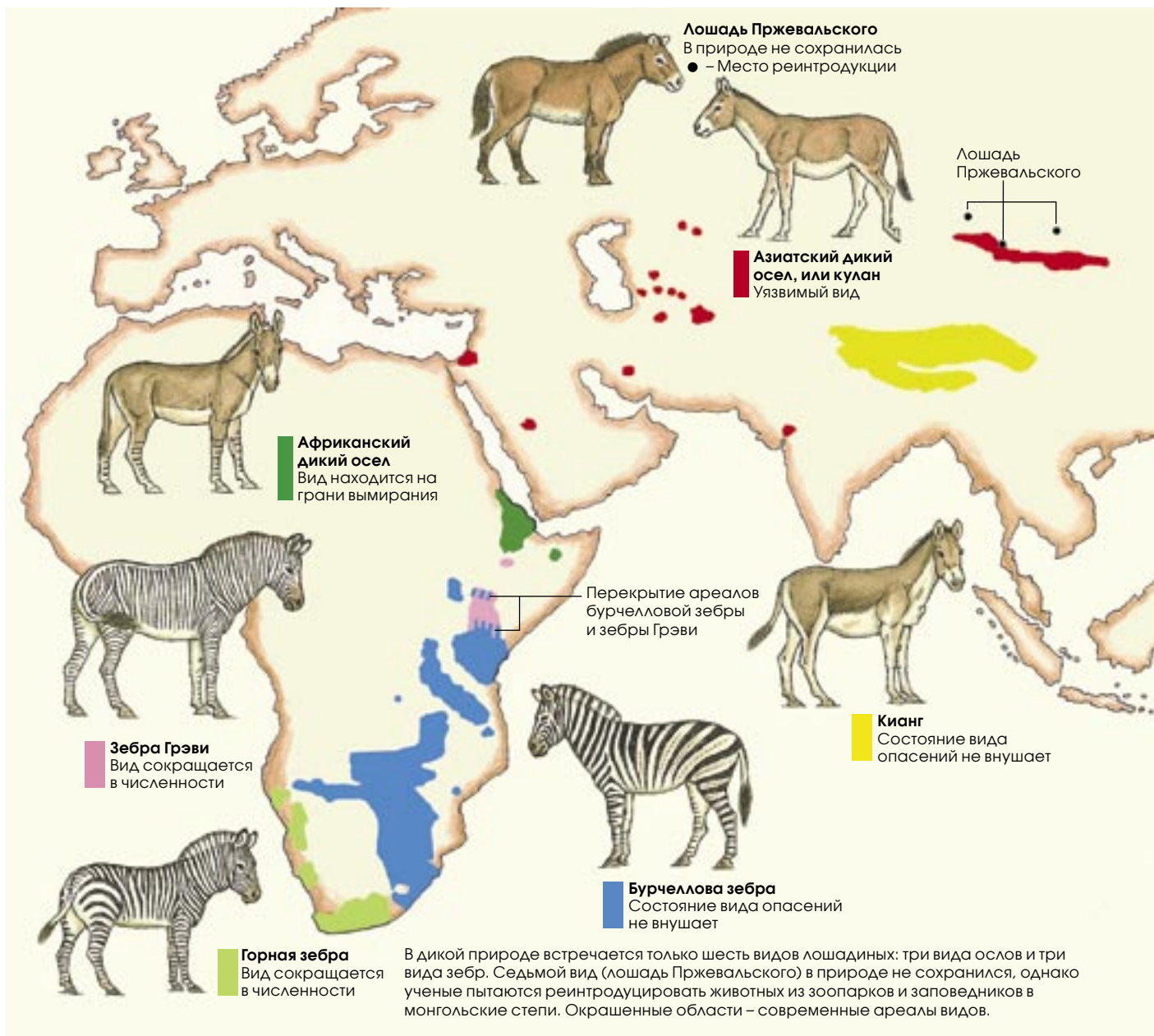
Гаремный стиль жизни, характерный для бурчелловой и горной зебр, а также лошади Пржевальского, обеспечивает кобылам и их детенышам спокойное и безопасное существование. Присутствие доминантного жеребца избавляет их от домогательств холостых самцов, которое чревато смертельным исходом, поскольку нарушает пищевое поведение кобылы, что может привести к выкидышу и даже детоубийству. Кроме того, сплоченная группа, возглавляемая сильным вожаком, способна эффективно противостоять нападением волков, львов, гиен и прочих хищников.

В засушливых же областях прочные связи образуются только между самкой и ее детенышами – сеголетком, или сеголетком и годовичком. Взрослые животные иногда объединяются во временные сообщества, но устойчивых отношений не возникает. Такой образ жизни характерен для диких ослов, зебры Грэви и куланов. Жеребец, контролирующий участок местности у важного источника корма или воды, может доминировать здесь на протяжении многих лет. Он разрешает заходить туда другим самцам и самкам, но только ему дозволено спариваться с кобылами, оказавшимися на его территории.

Самки всех диких лошадей производят на свет первого детеныша в возрасте 4–5 лет и сохраняют репродуктивные способности до конца жизни, т.е. примерно до 16-летнего возраста.

ОБЗОР: ОХРАНА ДИКИХ ЛОШАДЕЙ

- Когда-то дикие лошади, ослы и зебры были одними из самых многочисленных травоядных млекопитающих Африки и Азии. Сегодня сохранилось только семь видов этих копытных, и большинству из них грозит вымирание.
- Главную угрозу существованию диких лошадей представляют люди, уничтожающие и самих животных, и их места обитания.
- Опасность вымирания диких лошадей усугубляется тем, что в природе они размножаются медленно.



Чаще всего у них рождается по одному жеребенку раз в два года. В принципе, они способны приносить потомство каждый год, но в дикой природе, где размножение животных сдерживается острой конкуренцией за источники корма и воды, такое происходит редко. Кобылы вкладывают в своих немногочисленных отпрысков массу сил: они вскармливают жеребят молоком, делятся с ними кормом и водой, защищают от хищников.

Такая репродуктивная стратегия была эффективной на протяжении многих тысячелетий. Однако она перестала себя оправдывать, когда под влиянием внешних факторов, в том числе охоты, резко увеличилась смертность диких лошадей.

Уничтожение ареалов обитания животных и затруднение доступа к источникам корма и воды также влияют на сокращение их численности. Сегодня кобылы с жеребятми нередко вынуждены держать-

ся вдали от водоемов, а поскольку лактирующим самкам необходимо пить хотя бы раз в день, многие жеребята не выживают, что приводит к уменьшению поголовья. Особенно уязвимы небольшие популяции животных: маленькую, географически изолированную группу может стереть с лица земли стихийное бедствие или вспышка болезни.

Попытка проследить динамику популяций диких лошадей – ▶



Находящаяся на грани вымирания эритрейская популяция диких ослов начинает постепенно увеличиваться благодаря традициям местного афарского населения, позволяющего диким животным пастись на своих землях (вверху). Еще один вид диких ослов, кианг, живет в степях на Тибетском нагорье. Кианг – самый высокогорный представитель семейства лошадиных (внизу).

очень непростая задача. Во-первых, из-за их малочисленности обычные методы выборочных исследований оказываются малоэффективными. А во-вторых, некоторые виды копытных обитают в местах со столь сложным рельефом, что их попросту трудно обнаружить. Я столкнулась с этими проблемами, когда приступила к изучению популяции диких ослов (*Equus africanus*) в африканской пустыне Данакиль.

Самый редкий вид лошадиных

Пустыня Данакиль в Восточной Африке – суровый и безрадостный уголок планеты. Здесь очень сухо даже по пустынным стандартам: в дождливый год выпадает всего 10 см осадков. Горы и хребты из грубой вулканической лавы окружены узкими долинами, скудно поросшими травой и кустарником.

В 1994 г. я отправилась в Данакиль изучать диких ослов. По данным специалистов, вот уже 20 лет как этих животных здесь никто не видел. В пустыне я работала с двумя представителями Эфиопского

общества охраны дикой природы – Фануэлем Кебеде (Fanuel Kebede) и Хагосом Иоханнесом (Hagos Yohannes). Вскоре стало ясно, что о местонахождении ослов может быть известно лишь местным афарским скотоводам. В сопровождении проводника Омара мы днями шли по сухой каменистой местности, с трудом одолевая милю за милей под жарким эритрейским солнцем. Наконец однажды утром, когда Омар провел нас через базальтовые хребты горного плато Мессир, нашим взорам открылась долгожданная картина: мы увидели диких ослов – самку, жеребенка и самца, мирно щиплющих траву неподалеку от афарских пастухов и стада коз и овец.

Начиная с того памятного дня мы насчитали на плато 45 диких ослов. Своим существованием и сравнительно высокой численностью они обязаны пастухам Эритреи, которые никогда не причиняют вреда диким животным и дают им возможность пастись в своих угодьях. Пастухи с радостью согласились содействовать нам: для перевозки





лагерного оборудования, пищи и воды они выделили трех верблюдов, помогли разбить лагерь на вершине плато. Погонщик с верблюдом через день привозил нам по четыре пластиковых канистры с водой. Их помощь позволила нам без помех проводить полевые исследования в том месте пустыни, где больше всего диких ослов.

Тот факт, что нам удалось обнаружить этих редких животных, имеет важное научное значение. Согласно нашим подсчетам, за 20 лет, прошедших со времени последнего исследования популяции диких ослов, их численность сократилась более чем на 90%. Возможно, что в природе осталось менее 1000 этих копытных, что заставило МСОП присвоить дикому ослу статус вида, находящегося на грани вымирания. Мы довольно быстро научились отличать ослов друг от друга по характерным полоскам на ногах, и нам без особого труда удалось насчитать 45 животных. Мы изучали кочевки, социальные взаимодействия и другие формы поведения отдельных особей,

определяли репродуктивный статус самок, регистрировали появляющихся на свет жеребят и прослеживали их дальнейшую судьбу.

Наши наблюдения свидетельствуют о том, что поведение диких ослов типично для всех представителей семейства лошадиных, населяющих засушливые области: доминантные самцы контролируют участок, где они спариваются с самками, а стабильные социальные связи образуются только между ослицами и их детенышами. Состав групп сильно колеблется – от взрослых животных одного пола до самцов и самок всех возрастов. Ослицы, находящиеся на одной и той же стадии репродуктивного цикла (например, лактирующие матери с ослятами), могут какое-то время совместно кочевать и кормиться. Но напряженная конкуренция между самками за скудные источники пищи не позволяет им образовывать долговременные объединения.

Когда молодые самцы достигают 2–3-летнего возраста, они покидают родной участок плато и уходят в другие области пустыни. ▶

Зебры Грэви живут в засушливых степях Северной Кении и Эфиопии. Стабильные социальные связи у них образуются только между кобылами и детенышами.

ОБ АВТОРЕ:

Патрисия Мельман (Patricia D. Moehlman) получила докторскую степень в Висконсинском университете в г. Мадисон. Последние 35 лет изучает экологию поведения и эволюцию репродуктивного поведения у представителей семейств лошадиных и псовых. Начиная с 1989 г. она тесно сотрудничает с природоохранными организациями и местным населением Сомали, Эфиопии и Эритреи, пытаясь отыскать и спасти исчезающие популяции африканских диких ослов. Много времени Мельман отдает образованию и обучению своих эфиопских и эритрейских коллег.



Рисунок древней лошади в пещере Ласко (Франция).



Жеребец сгоняет кобыл своего гарема в плотную группу.

Когда-то на бескрайних равнинах Центральной Азии, от Европы до Китая и Монголии, паслись тысячи табунов диких лошадей. Сегодня от них сохранились немногочисленные представители одного-единственного вида – лошади Пржевальского (*E. ferus przewalskii*). Но и этот вид в дикой природе больше не встречается: последний раз люди видели лошадь Пржевальского в пустыне Гоби на юго-западе Монголии в 1969 г. Существующая сегодня популяция насчитывает 1,5 тыс. особей, живущих в зоопарках, заповедниках

и частных парках в разных частях света. Все они родились в неволе и являются потомками пойманных ранее 12 диких лошадей. Сегодня ученые пытаются реинродуцировать этих прекрасных животных в дикую природу.

В 1992 г. из числа содержащихся в неволе животных ученые отобрали несколько десятков лошадей и перевезли их из Европы в два монгольских заповедника: Тахин-Тал и Хустайн-Нуруу. Чтобы коням было легче приспособиться к полудиким условиям существования, первое время их содержали в загонах. Теперь они

свободно перемещаются по всей территории. Общая численность лошадей Пржевальского в Монголии составляет сегодня 250 особей.

Хотя это животное очень похоже на диких лошадей, которых люди начали приручать 6 тыс. лет назад, недавно проведенное исследование ДНК показало, что данный вид не является предком современных домашних лошадей. У лошади Пржевальского на две хромосомы больше, чем у их ручных родственников. Однако они могут скрещиваться и давать плодовитое потомство.



Кобылы с жеребятами пасутся в монгольском заповеднике Тахин-Тал, куда ученые пытаются реинродуцировать лошадь Пржевальского. Здесь рождается много жеребят, но суровые зимы, переносимые клещами болезни и стаи кровожадных волков наносят большой урон численности молодняка.



Бурчелловы зебры живут стабильными семейными группами, состоящими из жеребца и нескольких кобыл с жеребятами.

Таким образом, инбридинг (близкородственное скрещивание) в популяции маловероятен. Молодые самки, напротив, обычно остаются со своими матерями до тех пор, пока у них не появятся собственные детеныши.

По нашим данным, дикая ослица обзаводится первым жеребенком в возрасте 5–6 лет и затем производит на свет по одному детенышу каждые два года. Если стоит продолжительная засуха, первые роды могут происходить и в более позднем возрасте. В такие годы уменьшается и число жеребят у взрослых ослиц, кроме того, увеличивается смертность среди молодняка. Если при этом по какой-либо причине (например, из-за нехватки воды или интенсивной охоты) гибнет много взрослых особей, численность популяции может сократиться настолько, что последующее ее восстановление станет невозможным.

План спасения

В отличие от живущих в засушливой пустыне африканских диких ослов, бурчелловы зебры (*E. burchellii*) пасутся на богатых кормом травянистых равнинах Кении, Танзании и южных регионов Африки. Хотя сегодня это наиболее распространенный и многочисленный вид диких лошадей, его благополучие всецело зависит от экологических программ, направленных на сохранение ареалов обитания зебр и ограничение охоты на них.

Бурчелловы зебры образуют группировки гаремного типа. Другой вид полосатых лошадей, зебра Грэви (*E. grevyi*), живет в более засушливых землях, для нее характерна территориальная социальная организация и соответствующая система спаривания. Эти копытные находятся под угрозой исчезновения: в Северной Кении

и Эфиопии их сохранилось всего 2,5–3 тыс.

Означает ли это, что одна система социальной организации диких лошадей дает больше шансов на выживание, чем другая? Совсем необязательно. Для лошади Пржевальского (*E. ferus przewalskii*) характерна точно такая же гаремная структура групп, что и для бурчелловой зебры. Однако в дикой природе эти животные больше не встречаются.

Наиболее серьезную угрозу выживанию различных видов диких лошадей представляет уничтожение их среды обитания и охота. Ученые уделяют большое внимание изучению самих животных: их биологии, сезонных миграций, взаимодействию с домашним скотом и динамики населенных ими засушливых экосистем. Необходимо также помнить об охране водных источников, борьбе с браконьер-



Толстой А.В. Художники русской эмиграции. – М.: Искусство-XXI век, 2005. – 384 с.

унесшие Россию с собой

Книга А.В. Толстого представляет собой первое в России фундаментальное исследование искусства русской эмиграции в Европе первой половины XX в. Перед читателем разворачивается широкая хронологическая панорама культурной жизни той эпохи и сложная мозаика истории русской живописи за рубежом. Автор анализирует не только творчество таких признанных мастеров, как В. Кандинский, Н. Гончарова, В. Шухаев, А. Яковлев, но и тех, чей творческий путь отмечен всего несколькими произведениями. Наряду с крупными центрами эмиграции

– Берлином, Парижем, Прагой, – книга освещает жизнь русского искусства практически во всех европейских странах – в Турции, Югославии, Швеции и др. Большое внимание уделяется творческим объединениям, созданным нашими соотечественниками в разных странах.

По мнению А.В. Толстого, искусство нашей эмиграции нельзя рассматривать отдельно от единой русской школы живописи, также как русская эмигрантская литература корнями связана с литературными традициями своей родины. Таким образом, русская культура, независимо от контекста своего

вестник экологического образования в России

«Вестник экологического образования в России» – общественно-просветительский и информационно-аналитический журнал, отражающий состояние экологического образования в России и за рубежом. Его цели и задачи:

- освещение актуальных вопросов исследовательской и научной работы ведущих экологов и экологических центров России, дальнего и ближнего зарубежья;

- активное содействие профессиональному природоохранному и социально-гуманитарному образованию и становлению новой этики, необходимой для пересмотра взаимоотношений человека и биосферы;

- аналитический обзор состояния экологического образования, воспитания и просвещения в Российской Федерации;

- информирование и поддержка усилий общественных организаций

в области экологического образования и просвещения;

- систематическое информирование руководителей заинтересованных организаций и общественности о теории и практике экологического образования;

- публикация научных разработок, имеющих серьезное значение для совершенствования экологического образования и воспитания граждан России.

Учредителями журнала являются Минобрнауки РФ, МНЭПУ, Национальная организация Международного

Периодичность издания – 4 номера в год. Только подписка даст вам возможность получить все номера! Наши индексы в каталоге агентства «Роспечать»: 71975 – для предприятий и организаций, 82019 – для индивидуальных подписчиков.





третья ЦИВИЛИЗАЦИЯ

Мир трансформируется у нас на глазах, причем так стремительно, что мы часто не успеваем осмыслить происходящее.

Россия вместе со всем человечеством переживает эпоху глобальных перемен, демографического перехода и бурного роста технологий. И возможно, в недалеком будущем мы станем свидетелями того, как меняется сам тип цивилизационного развития.

Какое определение можно дать современному глобальному обществу? Где корни кризиса нынешней цивилизации? По какому пути развития пойдет человечество и что ждет его в будущем? На эти и многие другие вопросы в телепрограмме «Очевидное – невероятное» в беседе с профессором Сергеем Петровичем Капицей отвечал директор Института философии Российской академии наук академик Вячеслав Семенович Степин.

Геном цивилизации

Тип цивилизации определяется в первую очередь основными ценностями, составляющими ее культурный код. Понимание человека и его деятельности, окружающей его природы, власти, рациональности, свободы, справедливости и т.д. – эти жизненные смыслы выступают ориентирами, которые руководят нашим поведением, ходом мыслей, нашими оценками событий. Они определяют осмысление и переживание мира человеком



и образуют своего рода ДНК социальной жизни, своеобразный геном того или иного типа цивилизации, в соответствии с которым она воспроизводится и развивается.

На протяжении столетий ход европейской истории определялся двумя разновидностями традиционной цивилизации – сначала античного полиса, затем христианского Средневековья. Если сопоставить их с современными обществами, то в них виды человеческой деятельности, их цели и средства менялись чрезвычайно медленно, иногда сохраняясь в неизменном виде на протяжении веков. Это было свойственно всем традиционным обществам. На Востоке эта черта прослеживается с еще большей очевидностью. ▶



Техногенная цивилизация изменила систему жизненных смыслов и ценностей.

Традиционные общества были исторически первым типом цивилизационного развития. Из 21 цивилизаций, выделенных известным историком Арнольдом Тойнби, большинство принадлежало к традиционалистскому типу.

Новый тип развития – техногенная цивилизация – начал формироваться в XIV–XVI столетиях в европейском регионе в эпохи великих духовных

революций Ренессанса, Реформации и начала эпохи Просвещения. Именно тогда была заложена система ценностей, которая до сих пор доминирует в нашем сознании. Динамизм техногенной цивилизации резко контрастирует с консервативностью традиционных обществ. Техногенная цивилизация стремительно раскрутила маховик прогресса. Великие научные открытия,

ускоренное развитие техники радикально изменили предметную среду, образ и ритм жизни человека, социальные коммуникации и институты, систему взаимоотношений между людьми. Духовным основанием всех этих перемен стала новая система жизненных смыслов и ценностей. Она включает представление о человеке как о творце, предназначение которого – преобразование окружающего мира и подчинение его своей власти. Природа воспринимается как неорганический мир, упорядоченная система объектов, выступающих материалом и полем для человеческой деятельности. Подразумевается при этом, что природные ресурсы безграничны и человек может черпать их бесконечно.

Традиционалистское же восприятие мира и человека было принципиально иным: природа – это живой организм, а человек – лишь малая его часть, он должен адаптироваться к природе, и уж никак не выступает ее преобразователем и владыкой мира. Вектор человеческой активности направлен здесь не столько вовне, на изменение внешних обстоятельств, сколько вовнутрь, на самоограничение и самовоспитание. Особенно ярко это проявляется в восточных вариантах традиционалистских культур. Идеалу креативного деяния противостоит здесь идея ненасилия в индийской традиции и принцип древнекитайской культуры «у вэй». Дословно он переводится как «недеяние». Но это не бездействие, а особая стратегия деятельности: мудр тот, кто умеет совершать минимальное воздействие на объект с максимальным эффектом. Человек должен ощущать ритмы мира и следовать им, не нарушая их, не прибегая к насильственным изменениям процессов. Древнекитайская притча о мудреце, который хотел ускорить рост злаков, стал тянуть их за верхушки и вытянул их из грядки, была своеобразной иллюстрацией того, к чему приводит нарушение принципа



«у вэй». Пафос покорения природы был чужд традиционалистским культурам.

Иначе в этих культурах рассматривается и личность, ее место в обществе. Она определялась принадлежностью к определенным кланам, кастам и сословиям, преодолеть границы которых невозможно. Техногенная цивилизация меняет эти связи. В ней в качестве ценностного приоритета утверждается идеал свободной личности, способной входить в различные социальные группы. И только в этом типе культуры возникает идея суверенной личности и прав человека. Традиционные же общества не знали этих идеалов, были чужды им.

Инновации, творческая деятельность, социальные изменения не имеют престижной ценности в этих обществах. В традиционалистских культурах даже научные достижения должны соответствовать веками сложившемуся образу жизни. Истинная ценность – не стремление вперед, а верность традициям. Именно таков был уклад в Древнем Китае и Древней Индии, где на первое место всегда ставилась ответственность человека перед обществом, а не свобода его творчества. Известное китайское изречение гласит: «худшая участь – жить в эпоху перемен». В Древнем мире ценилось не изменение жизни, а ее



воспроизводство, не нововведения, а традиции, следование заповедям отцов и дедов, примерам мифологических героев. Развитие воспринималось как некий циклический процесс, возвращающийся каждый раз к своим истокам, а прошлое всегда виделось прекрасным золотым веком мудрости и процветания.

Техногенная же цивилизация устремлена в грядущее, для нее «золотой век» человечества в будущем. По крайней мере, до второй половины XX в. доминировало именно такое представление об общественном прогрессе.

Наука – гений или злодей?

Привычная нам ценность науки и научной рациональности не всегда была присуща даже европейской культуре. Оно характерно для техногенной цивилизации, но не для традиционалистских культур. Например, в европейском Средневековье научное знание отнюдь не доминировало в культурной жизни социума, подчиняясь мировоззренческому восприятию, диктуемому религиозной доктриной. Первоочередная задача воспитания и образования человека заключалась в том, чтобы подготовить его к спасению души, а научные знания если и допускались, то лишь в рамках и под контролем христианской догмы. Недаром наиболее ▶

ЧТО МОЖЕТ И ЧТО НЕ МОЖЕТ НАУКА

Научное исследование – это особый вид познавательной активности, когда мир воспринимается как объект изучения. К чему бы наука ни прикоснулась – все для нее становится исследуемым предметом. Она ищет естественные законы развития, взаимодействия и преобразования объектов.

Существуют ли какие-либо области, неподвластные науке? В принципе, она может изучать любые объекты и явления – природные, социальные, технические, психологические, семиотику культуры и т.д. К чему бы ни прикасалась наука – все для нее объект, подчиненный определенным законам. Человек и все его свойства и качества, его жизнь и дух – тоже объекты. В этом подходе достоинство науки, но и ее ограниченность. Она не в состоянии заменить всех форм познания, всех областей творчества. Существует еще и искусство, мораль, религия, повседневный опыт. Несмотря на то что научная рациональность играла важную, даже доминирующую роль в новой и новейшей истории Европы, она никогда не могла охватить всю культуру и подменить ее собой.

Наука не ограничивается только теми объектами, которые уже попали в поле обыденного опыта и массового производственного освоения. Она изучает предметный мир не только таким, каким он представлен в повседневной деятельности людей. Объектами ее исследования становятся и такие области, которые могут быть практически освоены только в будущем. Она открывает человечеству предметные миры его будущего. Освоение новых типов системных объектов может потребовать изменения исторически сложившегося типа научной рациональности. Но это не означает утраты научной точки зрения на поиск истины и установки науки на постоянное приращение истинного знания.

Если принять во внимание все эти тенденции, можно быть уверенным, что поиск новых ценностей и новых путей цивилизационного развития не отбросит научную рациональность на обочину культуры. Она сохранится как базис, как необходимое условие выживания человечества и благоприятных сценариев его будущего.



образованной частью общества в то время было духовенство, между тем как не только благородные рыцари, но и монархи зачастую были не способны начертать свое имя.

Техногенная же цивилизация отдает приоритет именно научному знанию и рациональности. Такая мировоззренческая установка утвердилась в эпохи Ренессанса, Реформации и Просвещения, когда был осуществлен грандиозный синтез античных идеалов и всего лучшего, что породило европейское христианское Средневековье. Именно тогда получило развитие естествознание, а наука обрела мировоззренческую функцию, завоевала право создавать картину мира на основе достижений фундаментальных наук. В дальнейшем развитии техногенных обществ возникают новые функции науки. Она становится производительной и социальной силой, стимулирующей общественный прогресс. Наука предстает как генератор новых технологий. В основе большинства из них, радикально изменивших облик цивилизации (электричество, лазеры, компьютеры, ядерная энергетика и т.д.), лежали фундаментальные

научные исследования. Происходит революция в образовании: фундаментальные научные знания становятся его основанием. В этом процессе принципы научной картины мира и образцы научного дискурса усваиваются людьми и становятся установками их сознания, ориентируя их деятельность и отношения к миру.

Научно-техническое и экономическое развитие дали человечеству множество благ: повысили качество жизни, обеспечили рост потребления, подняли медицину на принципиально новый уровень, увеличили среднюю продолжительность жизни и т.д. Казалось бы, созидательные возможности прогресса безграничны. Еще полвека назад мало кто мог предположить, что именно техногенная цивилизация приведет человечество к глобальным катастрофам, поставит его буквально на грань самоуничтожения. Экологический и антропологический кризисы, возрастающее отчуждение между людьми, изобретение все новых средств массового уничтожения, грозящих гибелью всему живому, – таковы побочные продукты техногенного развития. Можно ли при существующей системе ценностей найти выход из создавшейся ситуации?

Скорее всего, для преодоления глобальных кризисов придется кардинально изменить цели и направления человеческой деятельности, а значит, и серьезно пересмотреть систему ценностей, доминирующую в культуре техногенной цивилизации.

На пороге нового мировоззрения

В современных философских и социальных исследованиях уже не раз высказывалась мысль о необходимости изменить взгляд на природу как на объект и ресурс для преобразующей деятельности человека. В частности, подобные идеи неоднократно высказывались членами Римского клуба. Наиболее

радикальные направления экологической этики провозглашают отказ от идеала господства человека над природой. Все эти умонастроения говорят о том, что на пороге постиндустриального этапа техногенной цивилизации ставятся под вопрос ее предшествующие ценностные установки.

Каким же путем пойдет человечество? Каким станет общество будущего? Во-первых, оно должно создать условия для решения экологических и иных глобальных проблем, которые породила предшествующая техногенная цивилизация. Во-вторых, в постиндустриальном мире будут активно использоваться информационные, творческие ресурсы самого человека, которые получат более глубокое развитие. И, в-третьих, обществу предстоит осуществить трудный переход от установки на безудержный рост вещественно-энергетического потребления к экономному использованию ресурсов и доминированию нематериального (информационного) потребления.

Скорее всего, формирование постиндустриального общества будет связано не только с технологической, но и с духовной революцией, переоценкой ряда основополагающих постулатов техногенной культуры. В частности, это касается отношения к природе, восприятия силы как основы преобразующей деятельности, культ потребления. А идеалы свободы личности и научной рациональности послужат мостом между прежней и новой системой ценностей.

Научная рациональность как ценность

Особую социальную значимость обретает в наши дни защита научной рациональности, ее сохранение в качестве приоритетной ценности культур. Можно констатировать, что сегодня занятия наукой, требующие больших усилий, самоограничения и внутренней дисциплины, уже

не столь престижны, как это было в XX столетии. Потребительское общество с его идеалами гедонистического образа жизни не создают благоприятного социального фона для доминирования научной рациональности.

Знаменитый философ и социолог Макс Вебер сравнивал рациональность с железной клеткой, которая организует разум, поскольку устанавливает сознанию нормы, жесткие правила: размышляй, рассуждай, доказывай, делай выводы. Не получается – начинай сначала. Для того чтобы овладевать научными знаниями и работать в науке, нужна сила воли. Как говорил известный педагог и психолог К.Д. Ушинский, фантазировать легко, а мыслить тяжело. Сегодня принцип жесткой рациональности, который был условием достижения профессиональных успехов людей XIX и середины XX в., начал размываться. Современные философы и социологи, например Эрнст Геллер, считают, что железная клетка рациональности становится резиновой. Масса людей склонна искать такие области профессиональной деятельности, которые позволяют получить необходимые блага, не затрачивая лишних усилий. Тем более что современная западная цивилизация создает для этого массу возможностей.

Индустрия массовых развлечений формирует у людей «клиповое сознание», для которого уже трудно воспринимать строго логические и доказательные рассуждения, составляющие основу научной рациональности. Все это создает питательную среду для распространения лженаучных, псевдонаучных и антисциентистских взглядов.

Многочисленные антисциентистские движения возлагают на науку ответственность за негативные последствия научно-технического прогресса и предлагают в качестве альтернативы образ жизни тра-



Наука – генератор новых технологий. Но технический прогресс породил экологический и антропологический кризисы.

диционных цивилизаций. Однако нельзя дважды вступить в одну реку: возврат к прежним идеалам невозможен, поскольку типы хозяйствования традиционалистских обществ и отказ от научно-технического развития приведет к катастрофическому падению жизненного уровня и не решит проблемы жизнеобеспечения растущего населения Земли.

Новый цикл цивилизационного развития и поиск путей решения глобальных проблем связаны не с отказом от науки и ее достижений, а с изменением типа научной рациональности и появлением новых функций и форм взаимодействия науки с другими сферами культуры.

Наука и этика

Сегодня все чаще комплексные исследовательские программы и технологические проекты проходят социальную экспертизу, включающую этические компоненты. Подобная практика соответствует новым идеалам рационального действия, видоизменяющим прежние представления о взаимосвязи истины и нравственности. В западной

культурной традиции долгое время доминировал идеал истинного знания как безусловной ценности, не нуждающейся в дополнительном этическом обосновании. Более того, рациональное обоснование полагалось основой этики. Когда Сократу задавали вопрос, что значит жить добродетельно, он отвечал, что прежде надо понять, что есть добродетель. Иначе говоря, истинное знание задает ориентиры нравственного поведения. ▶



Для восточной культурной традиции был характерен принципиально иной подход. Там истина не отделяется от нравственности, и духовное совершенствование полагается условием и основанием для постижения истины. Одним и тем же иероглифом «дао» в Древнем Китае обозначались такие понятия, как закон, истина и нравственный жизненный путь. Когда ученики Конфуция спрашивали у него, как понимать «дао», то он давал разные ответы, поскольку каждый из его последователей проходил свой собственный путь духовного совершенствования.

Эти две, казалось бы, полярные точки зрения на соотношение истины и нравственности неожиданно начинают сближаться. Такое сближение связано с потребностями современной научной и технологической деятельности, ориентированной на освоение сложных, саморазвивающихся систем.

Деятельность с такими системами требует принципиально новых стратегий. Саморазвивающиеся системы характеризуются кооперативными эффектами, принципиальной необратимостью процессов.

Взаимодействие с ними человека протекает таким образом, что само человеческое действие не является чем-то внешним, а как бы включается в систему, видоизменяя каждый раз поле ее возможных состояний.

Среди исторически развивающихся систем современной науки особое место занимают природные и технические комплексы, в которые включен в качестве компонента сам человек. Примерами таких комплексов могут служить медико-биологические объекты, объекты экологии, включая биосферу в целом (глобальная экология), объекты биотехнологии (в первую очередь генетической инженерии), системы «человек—машина» (включая сложные информационные комплексы и системы искусственного интеллекта) и т.д.

В процессе их исследования и практического освоения особую роль начинают играть знание запретов на некоторые стратегии взаимодействия, потенциально содержащие в себе катастрофические последствия. В ходе самой исследовательской деятельности с человеко-размерными объектами приходится решать ряд проблем этического ха-

рактера, определяя границы возможного вмешательства в объект. Внутренняя этика науки, стимулирующая поиск истины и ориентацию на приращение нового знания, постоянно соотносится в этих условиях с общегуманистическими принципами и ценностями.

От конфронтации к диалогу

Новый тип рациональности, который сегодня утверждается в науке, открывает широкие возможности для диалога различных культурных миров. Важнейшей опорой в поиске новых мировоззренческих ориентиров остаются представления об особой ценности рационального подхода, который, развиваясь, обретает новые модификации.

Путь выхода из глобальных кризисов лежит через духовное возрождение человечества и создание новой системы ценностей. Конечно, это наиболее благоприятный, но и самый трудный сценарий цивилизационного развития. Конечно, существуют и другие сценарии, связанные с пролонгацией существующих ценностей и идеалов потребительского общества, но они могут привести к катастрофическим последствиям.

Путь к новой цивилизации проходит через диалог культур. Сразу и быстро нащупать путь согласия будет нелегко. Вполне вероятно, что в ближайшее время процессы глобализации будут протекать не как равноправный диалог культур, а как активное воздействие западных ценностей и идеалов потребительского общества на другие социумы. В этих условиях тенденции формирования новых мировоззренческих позиций могут блокироваться противодействием экономических, политических, властных структур. Распространение же идеологии потребления и насаждение массовой культуры будет только усугублять экологический, антропологический и другие глобальные кризисы.



Философ Юрген Хабермас высказал соображение, что если в XIX и XX в. человек был конфронтирующим существом, то в XXI в. он должен стать договаривающимся. И это не конформизм, а умение найти правильную позицию в диалоге культур. Поэтому система воспитания и обучения должна уже сегодня соответствовать тенденциям будущего, закладывать новые идеалы. Чтобы избежать катаклизмов, необходимо выработать стратегию гармоничного развития человечества, по крайней мере, на ближайшие лет пятнадцать–двадцать. А это поле не только научных прогнозов, но и взаимодействие науки с другими областями культуры – искусством, этикой, философией, политическим и правовым сознанием и т.д. ■

*Материал подготовила
Алла Мостинская*



А. Тойнби

В фундаментальных работах признанных авторитетов исторической науки Николая Данилевского («Россия и Европа», 1869 г.), Освальда Шпенглера («Закат Европы», 1918 г.), Арнольда Тойнби («Постижение истории», 1934–1955 гг.), Карла Ясперса («Смысл и назначение истории», 1949 г.) на основе анализа огромного исторического материала выявлены глобальные закономерности развития отдельных регионов и человеческих цивилизаций.

Данилевский разработал свою социологическую теорию «культурно-исторических типов», которые прошли стадии становления, расцвета, дряхления и гибели. По Данилевскому, развитие истории происходит путем культурно-исторических типов, находящихся в непрерывной борьбе друг с другом и внешней средой. «Исторически перспективным» он считал «славянский тип», противостоящий цивилизациям Запада.

Шпенглер пессимистически оценивал перспективу западной культуры: по его мнению, она «уже вступила в такую стадию цивилизации, на которой начинается ее неумолимая фатальная гибель». Согласно теории Тойнби, за всю историю развития человечества существовала 21 цивилизация. Часть из них погибла, некоторые продолжают свою историю в наши дни. Россию Тойнби рассматривал в качестве одной из таких цивилизаций.

** Все эти работы изданы на русском языке (Прим. ред.).*

ОЧЕВИДНОЕ
Н
НЕВЕРОЯТНОЕ

НА КАНАЛЕ ТВЦ ПО ПОНЕДЕЛЬНИКАМ в 22:40

программа С.П. Капицы

**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

Олег Чаплин

уникальные

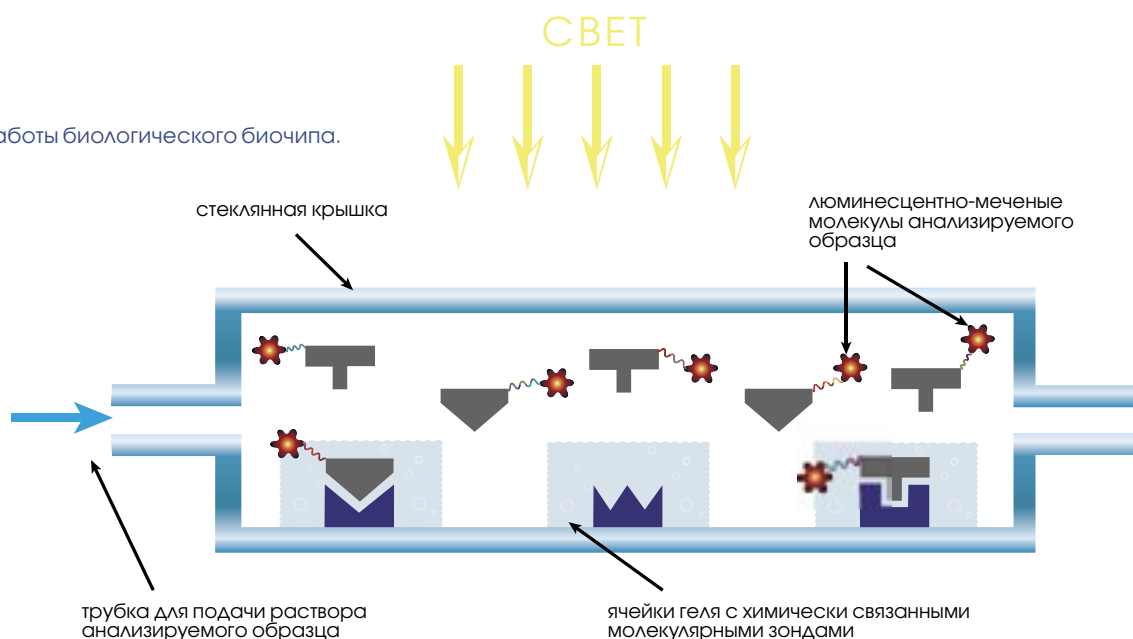
ВОЗМОЖНОСТИ МИКРОЧИПОВ

Биологические микрочипы позволяют одновременно проводить тысячи различных реакций.

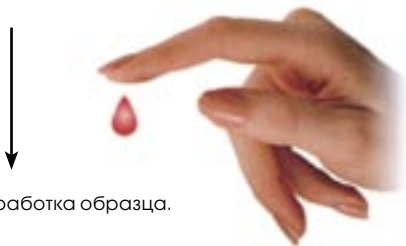
Вопреки общепринятому убеждению, туберкулез вовсе не побежден и даже в XXI в. представляет серьезную опасность. Ежегодно в мире умирает от этой страшной болезни около 2 млн. человек. Проблема борьбы с туберкулезом осложняется тем, что сегодня приходится иметь дело более чем со ста мутантными штаммами возбудителя этой болезни, многие из которых обладают высокой устойчивостью к традиционным лекар-

ственным препаратам. Проведение обычных тестов на восприимчивость к лекарствам, идентификация штамма и выбор надлежащего курса лечения требует от 2 до 5 недель, при этом пациент продолжает болеть сам и может заражать окружающих. Это только один из примеров необходимости быстрой и точной идентификации возбудителей инфекционных болезней. С необходимостью определения возбудителей заболе-

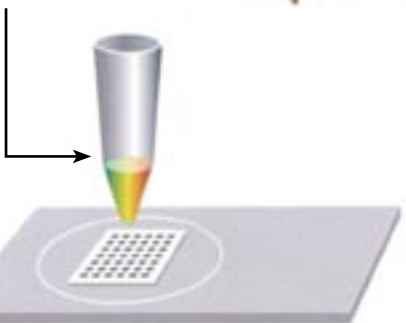
Принцип работы биологического биочипа.



1 Забор анализируемого образца.

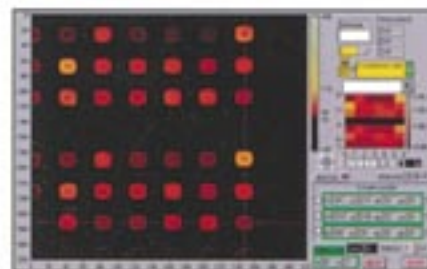


2 Обработка образца.



3 Взаимодействие образца с иммобилизованными зондами биологического микрочипа.

4 Анализ биочипа™ после взаимодействия. Картина распределения свечения ячеек микрочипа является индивидуальной характеристикой анализируемого образца.



ваний, а также множества других химических соединений сталкиваются работники сельского хозяйства, криминалисты, токсикологи, ветеринары, экологи и т.д. В Институте молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта под руко-

и служащее специфическим зондом. При взаимодействии зонда с анализируемым веществом происходит химическая или ферментативная реакция идентификации. В результате такого взаимодействия возникает свечение различ-

Управляющая программа контролирует эксперимент и обрабатывает данные в реальном масштабе времени и отображает их на экране монитора.

Новый метод анализа биологических материалов с помощью микрочипов незаменим в медицинской диагностике.

водством недавно умершего талантливого ученого А.Д. Мирзабекова был разработан эффективный и дешевый метод решения этих проблем. Для чего была создана технология биологических микрочипов.

Биологические микрочипы представляют собой массив трехмерных ячеек геля, расположенных на гидрофобной поверхности стекла. Каждая ячейка содержит индивидуальное химическое вещество, находящееся в условиях, близких к их состоянию в растворах,

и служащее специфическим зондом. При взаимодействии зонда с анализируемым веществом происходит химическая или ферментативная реакция идентификации. В результате такого взаимодействия возникает свечение различных ячеек чипа, причем яркость свечения тем выше, чем специфичнее взаимодействие. Результат анализа образца представляет собой индивидуальный рисунок свечения отдельных ячеек микрочипа, регистрируемых специальной аппаратурой. Трехмерная структура ячеек обеспечивает высокую интенсивность сигнала. Весь процесс анализа, начиная от забора образца и до выдачи результатов, занимает несколько часов. Этот метод эффективен для проведения быстрой и точной идентификации

болезнетворных вирусов и микроорганизмов (возбудителей туберкулеза, натуральной оспы, ВИЧ, гепатита и др.). Причем анализировать можно параллельно несколько образцов биологического материала. С помощью биочипов можно изучать также кинетические и термодинамические параметры молекулярных комплексов, образующихся в результате взаимодействия зонда и анализируемого вещества.

Мощный диагностический инструмент позволит проводить клинические диагностические исследования с минимальными затратами даже в полевых условиях.

Данная диагностическая система уже пользуется спросом: ежегодно в России требуется 2 млн. биочипов для экспресс-диагностики туберкулеза и герпеса.

По материалам МНТЦ

тишь да глушь

Марк Фишетти

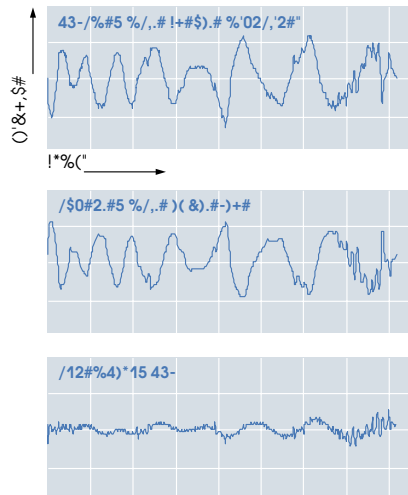
Авиапассажирам приходится слушать рев реактивных двигателей, громкость которых достигает 80 дБ. Метро, поезда и автомобили атакуют нас безжалостным воем. Пытаясь заглушить шум, мы делаем музыку в наушниках громче, забывая о том, что громкий звук опасен для слуха.

Обычные беруши и противозумовые наушники, которые носят рабочие в цехах, снижают уровень шума на 15–25 дБ, но неудобны и в них нельзя слушать музыку. Проблема решается с помощью шумоподавляющих наушников, стоимость которых доходит до \$300. Они изготавливаются из материалов, поглощающих высокочастотный шум (свыше 200 Гц), а для подавления низкочастотной составляющей используется специальная электронная схема и динамик наушника. Микрофон, расположенный *внутри* головного телефона, улавливает пробившийся к ушной раковине шум, который подавляется звуковыми волнами, созданными динамиком. При желании в таких наушниках можно слушать негромкую музыку.

Лучшие модели пассивно поглощают от 15 до 25 дБ. Активная схема подавляет еще 10–15 дБ низкочастотного шума. Внутренний микрофон, электроника и динамик образуют систему с обратной связью, которая должна без задержек генерировать противофазные шуму волны достаточной мощности. При отставании на 25° от требуемого 180-градусного фазового сдвига шум становится тише на 20 дБ. У более медленных схем коэффициент подавления ниже.

Электроника помогает бороться и со среднечастотными шумами, что позволяет сделать наушники легче и удобнее. Однако активное подавление звуковых волн с частотами от 500 Гц до 1 кГц реализовать не просто, поскольку в этом случае нужно успеть сгенерировать противофазную волну за доли миллисекунд. (Для сравнения: средняя частота женского голоса составляет 225 Гц.) Существуют и более сложные системы с так называемой прямой связью, которые улавливают шум *снаружи* головного телефона и подают на динамик противофазный сигнал. Однако такие устройства стоят значительно дороже. ■

АКУСТИЧЕСКИЙ ШУМ ослабляется в результате интерференции с противофазными волнами соответствующей амплитуды, генерируемыми динамиком наушника.



Экран

SAMUEL VELASCO; SOURCE: BOSE CORPORATION

■ **ДОВЕЛИ ЧЕЛОВЕКА.** Основатель корпорации *Bose* Амар Бозе (Amar Bose) решил заняться производством шумоподавляющих наушников в 1978 г. после невыносимо шумного трансатлантического перелета. ВВС США испытывали наушники с активным подавлением еще в 1950-х гг., однако удобные и легкие модели появились только двадцатью годами позже, когда были изобретены крохотные микрофоны.

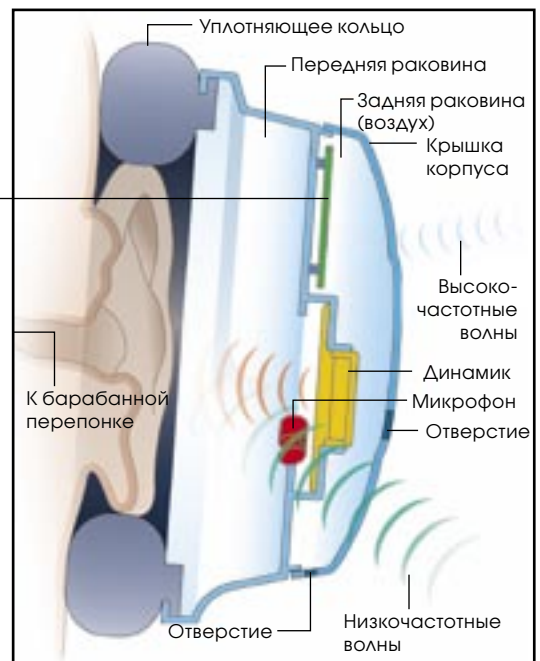
■ **АСЬ?! По** данным Национального института охраны труда США, длительное воздействие звука мощностью выше 85 дБ приводит к нарушению слуха. Результаты научных исследований показывают, что непрерывный

шум усиливает усталость и вызывает стресс. Децибел – логарифмическая единица: звук в 50 дБ в 10 раз мощнее и воспринимается в 2 раза громче, чем звук в 40 дБ. Типичные уровни звука: разговор – 50–60 дБ, шум в салоне автомобиля – 70–75 дБ, шум в салоне самолета – 75–80 дБ, газонокосилка – 95 дБ, циркулярная пила – 105 дБ, рок-концерт – 110–120 дБ.

■ **ТИХАЯ КАБИНА.** Для полного подавления шума в кабинах военных самолетов пробовали устанавливать микрофоны и мощные динамики через каждые четверть метра. Однако удалось добиться появления лишь тихих зон, а не полной тишины.



КОРПУС головного телефона и уплотняющее кольцо ослабляют высокочастотный шум, и в переднюю раковину наушника проникает только низкочастотная составляющая. Микрофон улавливает ее, и электронная схема заставляет динамик излучать противофазные волны, подавляющие шум еще до того, как он достигнет барабанной перепонки.



ОТВЕРСТИЯ увеличивают эффективность динамика, открывая путь расположенному за ним воздуху. Для подавления шума в 90 дБ динамик должен быть достаточно мощным, чтобы создавать противофазную волну соответствующей амплитуды.

АУДИОСИГНАЛ, поданный в наушник из плеера или из самолетного кресла, электронной схемой не подавляется.

Вреден ли алкоголь для сердца молодого человека?

Отвечает врач-эпидемиолог **Марк Плетчер** из Калифорнийского университета в Сан-Франциско:

Обследовав 3 тыс. пациентов в возрасте от 33 до 45 лет, употребляющих алкогольные напитки, мы пытались обнаружить один из первых признаков сердечно-сосудистых поражений – склерозирование



артерий, обеспечивающих сердце кислородом. Затем сравнили результаты с информацией о том, как много тот или иной человек пил в юности. Оказалось, чем больше алкоголя употреблялось, тем выше

была вероятность начала развития склероза сосудов. Полученные результаты противоречили данным ранее проведенных исследований, свидетельствовавших, что у людей, умеренно употребляющих алкоголь, риск развития сердечных заболеваний существенно ниже, чем у трезвенников и заядлых алкоголиков.

Таким образом, новые данные могут свидетельствовать о том, что, скорее всего, в юности от алкоголя не следует ждать чудодейственного эффекта. Однако для людей старше 55 даже глоток алкоголя снижает опасность образования кровяного сгустка и закупорки артерий.

Сложно точно установить, в каком возрасте польза от алкоголя начинает перевешивать риск. Так что в силе остается старинный совет: если пьете, делайте это умеренно.

почему рыбий жир защищает от сердечно-сосудистых заболеваний?

Отвечает сотрудник Гарвардской медицинской школы в Бостоне **Чарльз Серхан**:

В последние годы рыбий жир получил репутацию панацеи от многих недугов, в том числе он препятствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний и развитию воспалительных процессов.

Сотрудники Гарвардской медицинской школы в Бостоне провели исследования, чтобы выяснить, как именно действует рыбий жир. Добровольцы принимали по грамму



рыбьего жира в день, и почти все – аспирин, чтобы предотвратить стенокардию и сердечные приступы. Специалисты из Гарварда предполагают, что препараты работали сообща: омега-3 жирные кислоты рыбьего жира подавляли воспаление, а аспирин ускорял этот процесс.

Ученые заинтересовались одним из липидов, резолвином *E1*, содержащимся в крови здоровых людей,

принимавших аспирин и рыбий жир. Был создан синтетический аналог липида и протестирован на кроликах. Препарат подавлял миграцию определенных иммунных клеток и существенно уменьшал воспаление на коже зверьков.

Вероятно, существуют и другие липиды, производные рыбьего жира, играющие определенную роль в подавлении воспаления.

Как ученые обнаруживают элементы с временем жизни в доли миллисекунд?

Отвечает **Тод Гамильтон**, доцент, декан химического факультета Колледжа Адриана:

Даже короткоживущие элементы оставляют следы, как бы мимолетную энергетическую подпись. Задача исследователей – обнаружить ее. Наиболее часто использу-

ется эмиссия альфа-частиц (ядер гелия). Ученые получают тяжелые элементы в результате столкновения более легких, суммарная масса которых равна массе синтезируемого элемента. Один из них (снаряд) ускоряют в циклотроне или другом ускорителе частиц и выстреливают им во второй (мишень). Иногда требуются миллионы столкновений и несколько недель бомбардировки, чтобы получить один атом нового элемента. В дополнение к уникальным значениям энергии испускаемых альфа-частиц для идентификации новых элементов охотники на тяжелые элементы используют альфа-эмиссию, чтобы подтвердить их существование. Сбор всей этой информации – трудоемкий процесс, но может служить убедительным доказательством получения нового элемента.



Читайте в следующем выпуске журнала:

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДИНАМО

Большинство людей обычно не задумываются, почему стрелка компаса показывает на север. Но магнитные полюса не всегда располагались так, как сегодня.

Все на борьбу со спамом!

Сегодня Интернет перегружен нежелательной почтой, но ученые уже предложили несколько эффективных методов для борьбы с ней.

Альтернативный геном

Старая аксиома «один ген – один белок» больше не работает. Чем сложнее организм, тем вероятнее, что продуктами каждого его гена будет несколько белков.

Как животные делают бизнес

Деловая активность людей и животных основана на готовности к сотрудничеству, взаимопомощи и нежеланию испытывать лишения.

Сверхпроводимость: страсти накаляются

Диборид магния оказался не просто хорошим сверхпроводником – он может составить серьезную конкуренцию современным промышленным материалам.

Токсин-анальгетик

Наконец то получено разрешение к применению лекарственного вещества, «поставщиками» которого служат обитатели моря.





журнал «В МИРЕ НАУКИ»

ГДЕ КУПИТЬ ТЕКУЩИЕ НОМЕРА:

■ в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;

■ в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., 1;

■ в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА;

■ в киосках г. Зеленограда;

■ в Санкт-Петербурге, ЗАО «НЕВА-ПРЕСС», тел. (812) 324-67-40;

ООО «Заневская пресса» тел. (812) 275-07-21

■ в Новосибирске, АРПИ «Сибирь», тел. (3832) 20-36-26;

■ в Нижнем Новгороде, «Роспечать», тел. (8312) 35-15-92, 35-72-42, 19-76-05; «Шанс-пресс», тел. (8312) 31-31-14, 31-31-16;

«Региональная пресса», тел. (8312) 35-88-16

■ в Киеве, KSS, тел. (044) 464-02-20.

Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу: ул. Радио, дом 22, а также в ООО «Едиториал УРСС» по адресу: проспект 60-летия Октября, д. 9, оф. 203, тел./факс (095) 135-42-16.

Как заказать/подписаться на журнал «В мире науки»:

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, и ваш полный почтовый адрес.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже).
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». Бланк подписки можно отправить по электронной почте distr@sciam.ru, или по факсу: 105-03-72.

БЛАНК ЗАКАЗА

Бланк подписки

Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу 390 руб. 00 коп.

Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу 780 руб. 00 коп.

Адрес

Ф.И.О. _____
 Индекс _____
 Область _____
 Город _____
 Улица _____
 Дом _____ Корп. _____ Кв. _____
 Телефон _____
 Дата рождения _____/_____/20____

Бланк заказа

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

- №1/____ №7/____
 №2/____ №8/____
 №3/____ №9/____
 №4/____ №10/____
 №5/____ №11/____
 №6/____ №12/____

Всего _____ экземпляров.

Я заказываю полный комплект «В мире науки» за 20____ г.

Цена одного номера журнала 65 руб.

ЗАО «В мире науки»
 Расчетный счет 40702810100120000141
 в ОАО «Внешторгбанк» г. Москва БИК 044525187
 Корреспондентский счет 30101810700000000187
 ИНН 7709536556; КПП 770901001

 Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Плательщик		

ЗАО «В мире науки»
 Расчетный счет 40702810100120000141
 в ОАО «Внешторгбанк» г. Москва БИК 044525187
 Корреспондентский счет 30101810700000000187
 ИНН 7709536556; КПП 770901001

 Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Плательщик		

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО:

■ по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970;

■ подписка на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 10729

■ через редакцию (только по России), перечислив деньги через Сбербанк или по почте, отправив копию квитанции (с указанием Ф.И.О., точного адреса и индекса подписчика) в редакцию по почте, по факсу: (095) 105-03-72; 727-35-30 или по e-mail: distr@sciam.ru. Стоимость подписки на полугодие – 390 руб., на год – 780 руб.

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

Бланк подписки можно взять в любом номере журнала, получить в редакции или на сайте www.sciam.ru.

