

ежемесячный научно-информационный журнал

# В мире науки

scientific american

№8 2003

тема номера:

## 50 лет двойной спирали

*Джеймс Уотсон рассуждает о структуре мозга, современной молекулярной биологии и клонировании.*

**Звучащие краски  
и вкусные прикосновения**

**Ледовый человек  
возвращается**

**Когда  
проснется Этно**

**Сети  
без масштабов**



Очевидное-невероятное:  
**Атипичная пневмония**





# Содержание

АВГУСТ 2003

## ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

- 22 **КОСМОЛОГИЯ**  
**ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВСЕЛЕННЫЕ**  
Макс Тегмарк  
*Параллельные вселенные – не выдумка писателей-фантастов*
- 34 **50-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ ДНК**  
**БЕСЕДА С ДЖЕЙМСОМ УОТСОНОМ**  
*Великий ученый рассказывает об истории открытия двойной спирали, о современном состоянии молекулярной биологии и о противоречивом отношении общественности к генетическим наукам*
- 38 **БИОТЕХНОЛОГИИ**  
**КУДА НЕ МОЖЕТ ДОБРАТЬСЯ НИ ОДНА ТАБЛЕТКА**  
Роберт Лангер  
*Ученые работают над созданием новых способов введения лекарств, в том числе с помощью устройств, которые, используя электрический ток, позволяют препаратам безболезненно проникать через кожу*
- 46 **НЕЙРОБИОЛОГИЯ**  
**ЗВУЧАЩИЕ КРАСКИ И ВКУСНЫЕ ПРИКОСНОВЕНИЯ**  
Вилаянур Рамачандран и Эдвард Хаббард  
*Синестезия проливает свет на организацию и функции головного мозга человека*
- 54 **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**  
**БЕЗМАСШТАБНЫЕ СЕТИ**  
Альберт-Ласло Барабаши, Эрик Бонабо  
*Многие системы можно представить в виде сетей. Поведение их очень специфично, а влияние на нашу жизнь очень велико*
- 64 **АРХЕОЛОГИЯ**  
**ЛЕДОВЫЙ ЧЕЛОВЕК: ДЕСЯТЬ ЛЕТ СПУСТЯ**  
Джим Диксон, Клаус Эггл и Линда Хэндли  
*Новые данные опровергают первоначальные предположения о жизни альпийского ледового человека, жившего 5300 лет назад*
- 74 **ВУЛКАНОЛОГИЯ**  
**МРАЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ВУЛКАНА ЭТНА**  
Том Пфайффер  
*В октябре 2002 г. пробудился знаменитый сицилийский вулкан Этна*
- 84 **ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ**  
**АТИПИЧНАЯ ПНЕВМОНИЯ**  
*По следам передачи*
- 

# В мире науки

## Учредитель и издатель:

Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет»

**Главный редактор:** С. П. Капица

**Заместитель главного редактора:** В. Э. Катаева

**Ответственный секретарь:** О. И. Стрельцова

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

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

**Старший менеджер по распространению:**  
С. М. Николаев

## Научные консультанты:

кандидат геолого-минералогических наук  
Ю. В. Карякин  
кандидат психологических наук, М. С. Капица  
депутат Госдумы, профессор С. И. Колесников  
доктор экономических наук, профессор  
М. В. Конотопов  
кандидат физико-математических наук В. Г. Сурдин  
кандидат медицинских наук Н. П. Теллюк

## Над номером работали:

М. М. Агафонов, Е. В. Базанов, Е. Г. Богадист,  
О. А. Василенко, Ф. С. Капица, Т. В. Колядич,  
Б. А. Квасов, Г. Н. Кричевец, Д. А. Мисюров,  
В. А. Пантаева, И. Ю. Пантелеев, А. А. Рогова,  
М. А. Сажин, И. Е. Сацевич, В. В. Свечников,  
Н. Н. Шафрановская, Э. А. Хазанова,  
П. П. Худoley

**Корректура:** И. Е. Кроль

**Препресс:** P-studio

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

## Адрес редакции:

105005 Москва, ул. Радио д. 22, к. 409  
**Телефон:** (095) 105-03-72, тел/факс (095) 105-03-83  
e-mail: red\_nauka@rosnou.ru

## © В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2003

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

**Тираж:** 15000 экземпляров  
**Цена договорная.**

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

## SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

**Editor in Chief:** John Rennie

**Editors:** Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins,  
Carol Ezzell, Steve Mirsky, Georg Musser

**Contributing editors:** Mark Fichetti, Marguerite Holloway,  
Michael Shermer, Sarah Simpson, Paul Wallich

**Art director:** Edward Bell

**Vice President and publisher:** Bruce Brandfon

**Chairman emeritus:** John J. Hanley

**Chairman:** Rolf Grisebach

**President and chief executive officer:**  
Gretchen G. Teichgraeber

**Vice President and managing director, international:** Charles McCullagh

**Vice President:** Frances Newburg

© 2003 by Scientific American, Inc.

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

## РАЗДЕЛЫ

### 18 **ИННОВАЦИИ** **ПОЛЕЗНЫЙ СОРНЯК**

Кэтрин Браун

*Ученые пытаются проникнуть в тайны метаболизма растений*

### 20 **ПРОФИЛЬ** **МЕСЯЦ НА НЕБОСКЛОНЕ** **РОССИЙСКОЙ НАУКИ**

### 92 **ЗНАНИЕ – СИЛА** **ТРАНСДЕРМАЛЬНАЯ ДОСТАВКА ЛЕКАРСТВ**

## ОБЗОРЫ

### 3 **ОТ РЕДАКЦИИ** **РАССУЖДАЯ ЗДРАВО**

### 4 **50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

### 6 **НОВОСТИ И КОММЕНТАРИИ**

- Бактерии разогрели древнюю Землю, не давая ей замерзнуть
- Обнаружен белок, ответственный за процесс возрождения
- Из списка видов вычеркивают серых волков
- Энергия органических молекул
- Реабилитация возвращается
- Подтверждая общую теорию относительности Эйнштейна
- Звездная пыль в Солнечной системе
- Серые волки под угрозой исчезновения

### 82 **КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ**

### 88 **ПУТЕШЕСТВИЕ** **СЕРДЦЕ ПУСТЫНИ** Маргерит Холлоуэй

### 94 **ГОЛОВОЛОМКА** **ДРЕВО ЖИЗНИ**

### 95 **СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ**

*Почему возникает похмелье? Когда мы трясем банку с кофе, крупные зерна оказываются на поверхности. Почему?*

# рассуждая ЗДРАВОВО

Когда появились сообщения о клонировании человека, политические и духовные лидеры расценили это как покушение на человеческую душу. Причем сейчас обвинения звучат уже не только в адрес клонирования. Политолог Фрэнсис Фукуяма (Francis Fukuyama) считает, что генная инженерия и антидепрессанты типа прозака – предвестники «постчеловеческого периода истории». Билл Джой (Bill Joy), один из основателей компании *Sun Microsystems*, обеспокоен бурным развитием робототехники и нанотехнологии. Даже журнал *The Economist*, избегающий апокалиптических прогнозов, выражает тревогу в связи с тем, что физиология высшей нервной деятельности способна «выхолостить само понятие человеческой природы».

Подобно своим предшественникам, эти комментаторы утверждают, что развитие техники опережает наше умение обращаться с ней, и несмотря на то, что научный прогресс – несомненное благо для человечества, его необходимо сдерживать. Сторонников подобных взглядов нередко называют неолуддитами, что несправедливо по отношению к луддитам. Рабочие текстильной отрасли, разрушавшие станки, протестовали против непосредственной угрозы, которую несло техническое перевооружение, и прежде всего против сокращения рабочих мест. Волнения современных противников генной инженерии, нанотехнологии и прочих новшеств носят отвлекающий характер.

Абстрактные рассуждения представляют определенный интерес, но они крайне далеки от действительности. Реальная же картина исследований не

обнаруживает сходства со «страшилками» техноциников. Неужели клонирование приведет к появлению «детей по заказу»? Возможно, но только в очень отдаленном будущем. Сегодня исследователи совершенствуют методы клонирования лишь для выращивания тканей, не отторгаемых иммунной системой пациента.

Разве можно допустить, чтобы человечество отказалось от спасительных методов лечения ради эфемерных рассуждений о негативных последствиях? Техноциники отвечают: «Да!» Фукуяма различает сугубо медицинские исследования (что хорошо) и расширение возможностей генетики (что плохо), но продолжает отстаивать идею запрета на всякое клонирование, даже в терапевтических целях. Джой требует отказаться от исследований в области робототехники, нанотехнологии и генной инженерии. До чего доведет нас такая абсолютистская точка зрения? Наши родители будут страдать от рака и болезни Альцгеймера, дети умирать от диабета, друзья мучиться от малярии и ВИЧ-инфекции. Если выбирать между смутным беспокойством, вызываемым новыми методиками, и реальным страданием, от которого они способны избавить, станет ясно, как следует поступить.

С точки зрения исторического опыта страх перед новыми технологиями выглядит совсем нелепо. Генри Торо (Thoreau) рассматривал появление поездов, телеграфа, газет и даже почту, как зло. На закате викторианской эпохи мыслители предсказывали, что индустриализация и урбанизация приведут к деградации человека как биологического вида и возврату

его к доисторической стадии. Таких выродившихся людей, морлоков, Герберт Уэллс (H. G. Wells) изобразил в своем фантастическом романе «Машина времени». В 70-х гг. XX в. критики идеи искусственного оплодотворения предупреждали, что в результате будут рождаться психологически нездоровые или уродливые дети. Эти умозрительные рассуждения находили отражение в общественной жизни. Новые технологии действительно порождают новые проблемы, но человечество преодолевает их. Оглядываясь назад, немногие бы отказались от достижений техники.

Самая большая опасность заключается не в том, что наука будет опережать этику, а в том, что стрелы необоснованной критики могут парализовать важнейшие исследования. Специалист в области биологической этики Грегори Сток (Gregory Stock) выдвинул лозунг: «Следует решать реальные, а не воображаемые проблемы». Прекратить исследования – значит отказаться от попыток улучшить наш мир, то есть отречься от человеческой природы ради ее же спасения. ■



**Разговоры о возможном вреде** генетически модифицированных продуктов нередко отражают смутный страх перед наукой как таковой.

### АВГУСТ 1953

**КОНТРАЦЕПЦИЯ.** Наблюдается значительный прогресс в изучении физиологических (не механических) методов контрацепции – утверждает Пол Хеншо из Фонда планирования семьи в недавней публикации в *Science*. Эти исследования имеют двойную цель: во-первых, разработать надежные и удобные средства контрацепции – противозачаточные таблетки или инъекции, расчет времени зачатия или комбинирование этих методов. А во-вторых – найти способ лечения бесплодия. ■

**БОЛЕЕ ПЛОДОРОДНАЯ ПОЧВА... ВОЗМОЖНО...** Кое-кто называет новые восстановители почвы «химическим чудом». После опрыскивания земли такими препаратами глина и песок за несколько часов превращаются в богатый, рыхлый пахотный слой, полностью избавляя от необходимости вносить органические удобрения и от непосильного труда по вспашиванию и разрыхлению. С химической точки зрения препараты представляют собой полимеры с длинными цепями, в которых заряженные группы притягивают частицы глины подобно магниту, образуя множество маленьких комочков. Экспериментальная сельскохозяйственная станция в Коннектикуте провела ряд испытаний и установила, что внесение препаратов в почву в избыточных количествах приводит к замедлению роста растений. Будучи по своей природе пластичными, восстановители почвы буквально «пластифицируют» почву. Однако в некоторых случаях наблюдалось и повышение урожайности. ■



316 миллионов свечей для маяка, 1903 г.

### АВГУСТ 1903

**ПРИШЕЛЬЦЫ НЕ СИГНАЛЯТ.** Когда Марс оказывается удобным для наблюдения, астрономам удастся увидеть аномально яркие полосы на линии восхода и захода солнца. Природа этого явления хорошо известна астрономам, но появляющиеся каждые два года сообщения в прессе вызывают у читателей недоуменный вопрос: «Может быть это сигналы марсиан?» Все наблюдения имеют вполне разумное объяснение: полосы возникают из-за крупных облаков в верхних разреженных слоях атмосферы. Освещенные солнечными лучами, такие облака хорошо видны на черном фоне теневой стороны планеты. – В. В. Кембэлл (W.W. Campbell), директор Ликской обсерватории. ■

**СОВРЕМЕННАЯ ХИМИЯ.** Сегодня каждый уважающий себя физик задается вопросом: как быть с недавно открытыми радиоактивными веществами. Они совершенно не вписываются в гармоничную химическую систему и могут разрушить почтенную атомистическую теорию, безоговорочно принятую нами почти сто лет назад. Получены недвусмысленные свидетельства того, что химические элементы, ранее считавшиеся простейшими формами первичной материи, представляют собой мельчайшие астрономические системы вращающихся частиц вещества. Все это похоже на научные фантазии. Однако новая теория одобрена сэром Оливером Лоджем и самим лордом Кельвином. ■

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ.** На фотографии представлен прожектор, с закрытой наполовину ирисовой диафрагмой, изготовленный компанией *Schuckert&Co* в Нюрнберге (Германия). Он имеет диаметр около 2 м и излучает пучок света яркостью 316 млн. свечей. Такие прожекторы заменят старые керосиновые источники света на береговых маяках. ■

### АВГУСТ 1853

**СИНОПТИК НА ВОЗДУШНОМ ШАРЕ.** М-р Джон Вайз (John Wise), знаменитый воздухоплаватель, совершивший около двухсот воздушных путешествий, сообщает нам: «В вашей статье о громах и молниях вы «пришли к заключению, что на одну вертикальную молнию, достигающую Земли, приходится пятьдесят горизонтальных, рассеивающихся в атмосфере подобно стеблям виноградных лоз, отходящим от ствола». Я согласен с вашими выводами: рассеяние происходит в нижних слоях облаков. Мне приходилось наблюдать такую картину, когда я пролетал над облаками во время грозы». ■

**ЭПИДЕМИЯ В США.** Этим летом Новый Орлеан охвачен сильнейшей эпидемией желтой лихорадки. Ежедневно она уносит жизни не менее 200 жителей города. ■

**ЭПИДЕМИЯ ЗА ГРАНИЦЕЙ.** В настоящее время в некоторых частях Дании свирепствует наводящая ужас холера. В Копенгагене за один день скончались 300 жителей. ■



# вопреки тусклому солнцу

Возможно, бактерии разогревали древнюю Землю, не давая ей замерзнуть.

Сара Симпсон



**Сейчас обилие серы** обеспечивает пищей группу бактерий, но в древние времена недостаток ее в океане не позволял микробам развиваться.

## О ЧЕМ ГОВОРЯТ ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ

Алмаз может многое поведать о древней Земле, задышавшейся от недостатка кислорода. Дж. Фарквар (J. Farquhar) из Мэрилендского университета обнаружил, что для частичек сульфида железа, присутствующих в африканских алмазах, характерно необычное соотношение изотопов серы, которое указывает на то, что в земной атмосфере богатые серой газы разрушались под действием ультрафиолетового излучения Солнца. Фарквар показал, что, как только содержание кислорода в атмосфере возрастает и озоновый слой начинает экранировать ультрафиолет, распад газов замедляется. Из этого следует, что уникальный автограф серы может перемещаться из атмосферы в глубины земной мантии, где образуются алмазы, а затем вновь возвращаться на поверхность планеты.

Серу, с ее запахом тухлых яиц, многие бактерии просто обожают. Миллиарды лет она сохраняется в горных породах, которые могут многое поведать о далеком прошлом нашей планеты и помогут выяснить, почему она не замерзла, когда Солнце излучало тепла меньше, чем теперь.

Все организмы разборчивы, и те бактерии, которые любят серу, – не исключение. Они предпочитают самый легкий изотоп этого элемента (сера-32) более тяжелому (сера-34). В современном мире они оставляют отходы (обычно отложенные в минерале пирите), где избыток серы-32 достигает 7% по сравнению с ее содержанием в пищевом источнике – соединении серы под названием сульфат. Избыток серы-32 в пирите, образовавшемся 2,5 млрд. лет назад, редко превышал 1%. Это расхождение наводит геохимиков на мысль, что в далекое геологическое время, называемое архейским эоном, сульфаты были редкостью на Земле, и любители серы не могли выбрать изотоп по вкусу.

Кирстен Хабиш (Kirsten S. Habicht) из Университета Южной Дании в Оденсе вырастила культуры трех видов бактерий, питающихся серой. Обнаружено, что избыточное содержание серы-32 падало до более низкого значения, чем зарегистрировано в архейских породах, только когда исследователи уменьшали концентрации сульфатов до величин ниже 200 микромолей, т.е. в 100 раз меньше, чем в современных океанах.

Низкие уровни содержания сульфатов указывают на то, что в архейское время земная атмосфера была почти лишена кислорода, который не способствовал выветриванию материков,

и содержащие серу минералы были недоступны для голодных бактерий. Исключительно низкие концентрации сульфатов могли бы объяснить, почему океаны не замерзли, учитывая, что Солнце тогда светило примерно на 25% слабее. Ученые давно считают, что парниковые газы должны были изолировать Землю от солнечных лучей. По их мнению, метана, обладающего в 23 раза большей способностью поглощать тепло, чем углекислый газ, было больше. Он мог удерживаться в бедной кислородом древней атмосфере на протяжении 10 тыс. лет. Но неясно, откуда мог поступать этот газ.

Согласно расчетам Хабиш, данные бактерии должны были разлагать останки живых организмов гораздо медленнее – с меньшей скоростью на 30–90%, чем современные, соответственно. В древнем мире за «обеденным столом» должно было оставаться множество свободных мест для другой группы голодных микроорганизмов – метанопродукторов, которые быстро размножились, что могло способствовать поддержанию сильного парникового эффекта.

По словам Вихерта (U. H. Wiechert) из Цюрихского ETH-центра, расчеты группы Хабиша – первое свидетельство того, что образование парниковых газов обеспечивали продуценты метана. Но необходимо получить подтверждение поведения метана в земной атмосфере архейского времени. Тогда она, возможно, по своим физико-химическим условиям была такой же, как у укутанного метаном Титана, спутника Сатурна. Космический аппарат NASA *Huygens* должен достичь его в 2005 г. ■



# СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ПРЕСТУПНОСТИ

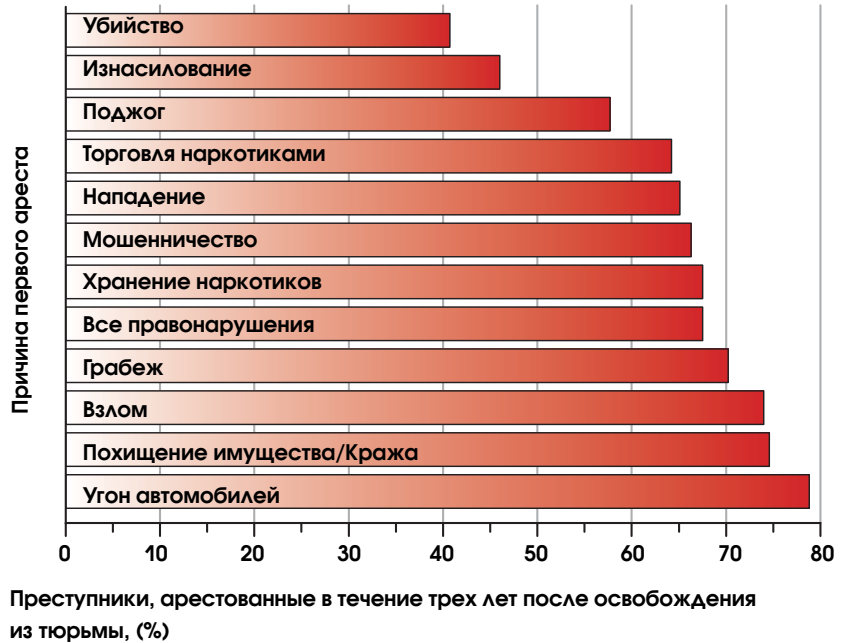
## Реабилитация возвращается

Роджер Дойл

Две трети преступников, выпущенных на свободу, через три года вновь попадают за решетку. В результате популярных в 1970-х гг. «жестких» законов введен длительный срок заключения, – возможно, этим объясняется рост числа заключенных в США.

До 1970 г. американские криминологи поддерживали программы по реабилитации бывших заключенных. Переход к ужесточению наказания был спровоцирован социологом Робертом Мартинсоном (Robert Martinson) из Нью-Йоркского (городского) университета, который в 1974 г. заключил, что «почти все усилия по реабилитации не оказали влияния на рецидив преступлений». В результате Джеймс Уилсон (James Q. Wilson) из Гарвардского университета и другие неоконсерваторы стали настаивать на увеличении сроков наказания и в некоторых случаях на смертной казни. Эта точка зрения вскоре стала всеобщей, несмотря на то, что в 1979 г. Мартинсон отказался от своих выводов. В 1985 г. Алфред Регнери (Alfred Regnery), представитель отдела правосудия по делам несовершеннолетних и предупреждения преступности, заявил, что «реабилитация... с треском провалилась», а в 1987 г. генеральный прокурор Эдвин Миз (Edwin Meese) пришел к такому же мнению. В 1989 г. верховный суд поддержал федеральные инструкции по вынесению приговоров, которые не рассматривали реабилитацию в качестве серьезной меры.

Лет десять назад общественное мнение опять стало меняться, потому что новый метод, объединяющий результаты многих исследований, так называемый «метаанализ», убедительно продемонстрировал, что реабилитация все-таки помогает. Метаанализ



2 тыс. исследований, разнообразных по своему подходу к снижению рецидива преступлений, показал, что средний результат реабилитации скромный, но положительный. Некоторые программы модифицирования поведения лиц, совершивших преступления, привели к снижению рецидива на 50% по сравнению с контрольными данными. Самых высоких показателей в предупреждении преступлений достигли программы для несовершеннолетних преступников и профессионально-техническое обучение. Результативными оказались регулярные посещения юных матерей для снижения опасности жестокого обращения с ребенком.

В отличие от научных исследований в реальной жизни реабилитационные мероприятия часто оказываются менее эффективными. Тем не менее, они могли бы снизить уровень

Число преступников, освобожденных в 1984 г. и вновь арестованных в течение трех лет (%):

Мужчины **68**  
Женщины **58**

Белые **63**  
Черные **73**  
Испанцы **65**

В возрасте  
14–17 лет **82**  
18–24 лет **75**  
25–29 лет **71**  
30–34 лет **69**  
35–39 лет **66**  
40–44 лет **58**  
45 и выше **45**

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- What Works: Reducing Reoffending. Edited by James McGuire. John Wiley&Sons, 1995.
- Evidence-Based Programming Today. James McGuire. International Community Corrections Association annual conference, Boston 2002.
- Offender Rehabilitation and Treatment. Edited by James McGuire. John Wiley&Sons, 2002.
- Recidivism of Prisoners Released in 1994. Patrick A. Langan and David J. Levin. Bureau of Justice Statistics, June 2002.

преступности в США. Как краткосрочное средство реабилитации является дорогостоящим методом, однако она дешевле системы уголовного судопроизводства, прямые затраты на которую составили \$147 млрд. в 1999 г. и росли более чем на 5% ежегодно.

Ведущий специалист в области уголовного поведения Джеймс Магуайр (James McGuire) из Ливерпульского университета в Англии отмечает, что наказание может способствовать росту уровня преступности. Лагерь военной подготовки для трудных подростков, закон «трех правонарушений», согласно которому лицо, совершившее

три серьезных преступления, получает 25-летний срок, так называемые программы, включающие посещение подростками тюрем для ознакомления с печальной участью заключенных, а также введение смертной казни доказывают свою неэффективность в предупреждении рецидива преступлений. Эффективность публичного оповещения об освобождении из-под стражи лиц, совершивших преступления на половой почве, – меры по Закону Мегана (распространяется на сексуальные преступления), – так и не была адекватно проанализирована. ■

## ЕЩЕ ОДНА попытка

Кэрол Эззел

Человек не может начать жизнь сначала – у растений такой шанс есть. Ростки, появившиеся из семян, могут останавливаться в развитии на период до 30 дней, если условия среды делают их существование рискованным. Специалисты по молекулярной биологии, изучающие растения в Уни-

верситете Рокфеллера, при исследовании травы *Arabidopsis thaliana* обнаружили белок – *AFP*, ответственный за процесс возрождения. Он возобновляет процесс развития, связывая белок *ABI5*, который блокирует рост. С точки зрения Луиса Лопеса-Молины (Luis Lopes-Molina), одного

из тех, кто открыл этот белок, *ABI5* и *AFP* в чем-то напоминают инь и ян. Исследования, направленные на поиск молекул, активизирующих один из этих белков, позволят растениям противостоять засухе или спасут рано пробудившиеся семена. ■



Прорастание основано на белках, напоминающих инь и ян.

# История о двух «С»

Поставлен очередной эксперимент, подтвердивший общую теорию относительности Эйнштейна.

Джордж Массер

Трудно доказать то, что уже известно. Как проверить, действительно ли вы доказали тот или иной факт или просто еще раз сформулировали общепринятое утверждение? Недавно был проведен эксперимент по проверке общей теории относительности Эйнштейна путем измерения скорости распространения изменений поля тяготения. Если бы Солнце вдруг рассыпалось на куски, эта величина определяла бы, сколько минут земляне будут оставаться в блаженном неведении, прежде чем Земля слетит с орбиты. В теории Эйнштейна скорость гравитации  $c_g$  точно равна скорости света в вакууме  $c$ .

На январском съезде Американского астрономического общества астрофизики Сергей Копейкин (Sergey Kopeikin) из Миссурийского университета и Эдвард Фомалон (Edward Fomalont) из Национальной радиоастрономической обсерватории США заявили, что Эйнштейн снова оказался прав. Однако большинство специалистов по теории относительности восприняли это утверждение скептически. «Безусловно, изящный эксперимент еще раз подтвердил общую теорию относительности. Но удалось ли измерить скорость гравитации, остается неясным», — считает Стивен Карлип (Steven Carlip) из Калифорнийского университета.

Никто не ставит под сомнение основы эксперимента, проведенного Копейкиным и Фомалоном. Они решили пронаблюдать влияние сравнительно близкого небесного тела на ход световых лучей от более далекого источника. Тело должно отклонять световые лучи, смещая изображение удаленного объекта. В известном опыте 1919 г. английский астроном Артур Эддингтон

(Arthur Eddington) обнаружил, что Солнце отклоняет свет звезд (хотя полученные им данные небесспорны). Чуть больше 10 лет назад радиоастрономические наблюдения, проведенные при помощи радиоинтерферометра с очень большой базой, позволили измерить малые отклонения лучей, вызванные Юпитером. С тех пор точность радиоастрономических измерений повысилась в десять раз, что позволило Копейкину и Фомалону сделать следующий шаг — попытаться обнаружить не только отклонение лучей неподвижным телом, но и релятивистские эффекты, вызванные движением этого тела. Величина этих эффектов зависит от соотношения скорости движения тела и скорости света  $c$ . Для Юпитера, летящего по орбите со скоростью 13 км/с, это отношение составляет около 1:20 000, что представляется обескураживающе малым. Однако расчеты исследователей показали, что геометрические факторы усилят искомые эффекты до величин, поддающихся обнаружению.

В сентябре 2002 г., когда Юпитер проходил вблизи визирного луча одного из квазаров, ученые осуществили свой план. Они обнаружили смещение изображения квазара на 1 300 миллионных долей угловой секунды с перекосом в 50 миллионных долей, что в точности соответствует ожидаемым релятивистским эффектам.

До сих пор никаких противоречий нет. Но какой же именно релятивистский эффект здесь проявляется? Вариантов много, а известные своей тонкостью уравнения Эйнштейна не позволяют определить, какому физическому эффекту соответствует каждый математический член. Копейкин и Фомалон утвер-



**Юпитер отклоняет лучи** далекого квазара подобно линзе. Желтой линией показан луч, не отклоненный Юпитером и достигающий Земли по прямой. Штриховыми линиями показаны кажущиеся пути луча. Движение Юпитера заставляет изображение квазара описывать окружность. Релятивистские эффекты «перекашивают» эту окружность.

**ЭЙНШТЕЙН ПРОТИВ НЬЮТОНА**

В теории тяготения Ньютона скорость распространения изменений поля тяготения  $c_g$  бесконечна. Согласно этой теории, если Солнце взорвется, орбита Земли изменится мгновенно. Однако частная теория относительности Эйнштейна представляет дело иначе. Чтобы различать причину и следствие, скорость света  $c$  должна быть пределом для скоростей всех материальных объектов и сигналов. Согласно теории,  $c_g$  не может быть меньше  $c$ , так как в противном случае тяготение вело бы себя по-разному для разных наблюдателей. К сожалению, в теории Ньютона при конечном значении  $c$  орбиты оказываются неустойчивыми. Противоречие между классической физикой и частной теорией относительности побудило Эйнштейна создать совершенно новую теорию тяготения – общую теорию относительности.

ждают, что преобладающим эффектом является распространение изменений поля тяготения. При движении Юпитера сила тяготения, действующая на луч, изменяется во времени, причем эти изменения достигают траектории луча с некоторым опозданием. Чтобы выделить этот эффект, ученые построили другую модель относительности, в которой  $c_g$  может отличаться от  $c$ . Это позволило им оценить  $c_g$  по полученным данным, не задаваясь наперед значением этой величины. Полученная оценка совпала со значением  $c$  с точностью до 20%.

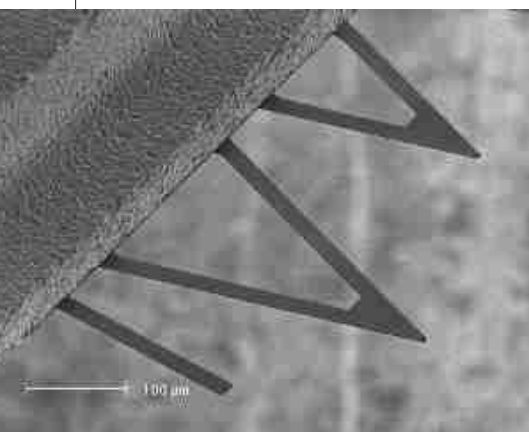
Однако другие ученые, в частности Клиффорд Вилл (Clifford M. Will) из Вашингтонского университета, подошли к обобщению теории относительности иначе и приписали наблюдавшийся «перекосяк» хорошо известным эффектам замедления времени и сокращения расстояний. Для земного наблюдателя движущееся поле тяготения Юпитера представляется несколько сплюснутым, что изменяет величину наблюдаемого отклонения луча. Это сплющивание зависит от  $c$ , но не зависит от  $c_g$ .

Распространение изменений поля тяготения Юпитера действительно играет роль, но Вилл говорит, что оно соответствует гораздо меньшему члену уравнений. Если это так, то Копейкин и Фомалон не могли оценить значения  $c_g$ .

Большинство исследователей склоняется к мнению Вилла, которое согласуется с результатами других экспериментов. Некоторые считают, что это обсуждение бессмысленно, поскольку есть проверки, обеспечивающие более высокую точность. Однако другие полагают, что Копейкин и Фомалон, возможно, обнаружили что-то совершенно новое. Чтобы во всем разобраться, потребуются как дальнейшие теоретические разработки, так и прямые измерения гравитационного излучения. Ни один из серьезных физиков не сомневается, что  $c_g$  равно  $c$ . Но в науке недостаточно быть просто правым, нужно быть правым на основании правильных соображений. ■

**ВСЕ НЕ ТАК**

Чарльз Чой



**Острота, да не та?** V-образные консоли снижают точность атомных силовых микроскопов.

Почти двадцать лет для изучения трехмерных атомных структур использовали силовую атомную микроскопию. Однако недавно математик Джон Сейдер (John E. Sader) из Мельбурнского университета пришел к выводу, что самая распространенная конструкция атомного силового микроскопа принципиально порочна. Изображения структур получают с помощью зонда – острия длиной с диаметр человеческого волоса, перемещаемого над исследуемой поверхностью. В большинстве конструкций зонд крепится на конце V-образной консоли, которая должна обеспечивать сопротивление отклоняющим усилиям, ухудшающим качество

изображения. Сейдер доказал, что такая конструкция наоборот усиливает кручение и ухудшает характеристики микроскопа. «Это было полной неожиданностью, поскольку здравый смысл подсказывал, что все должно быть наоборот», – отметил Сейдер. Он провел аналогию с металлической пластиной, согнуть которую клещами гораздо легче с угла, чем посередине. Расчеты мельбурнского математика опубликованы в апрельском номере журнала *Review of Scientific Instruments*. ■

# принесенные ГАЛАКТИЧЕСКИМ ВЕТРОМ

Межзвездное вещество содержит сведения о планетах далеких звездных систем и о погоде на Земле.

Джордж Массер

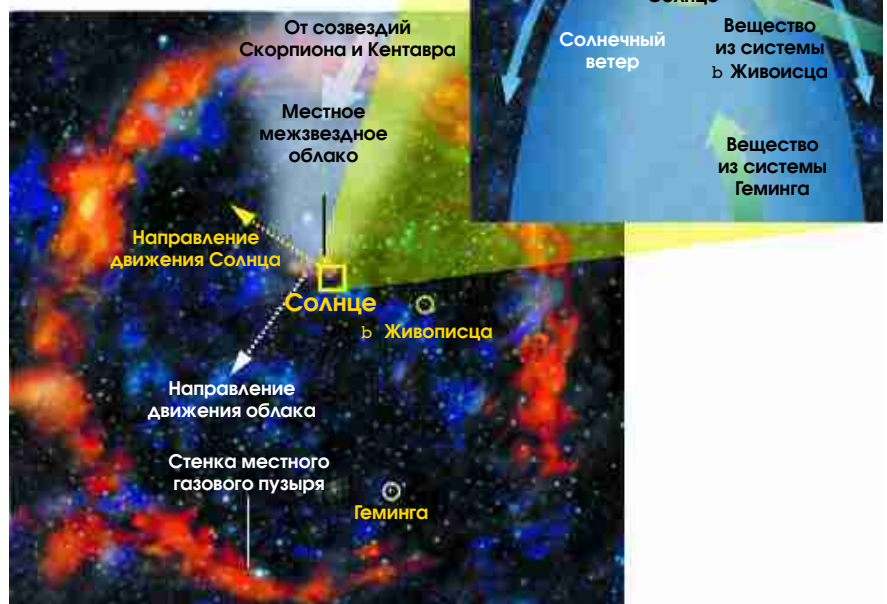
Долгое время астрономы считали Вселенную миром независимых владений. Думали, что каждая звезда властвует в своей небольшой, практически изолированной области, и что если общий ход космической истории определяет Галактика (Млечный Путь), то повседневными делами в Солнечной системе ведают Солнце. Однако со временем ученые начали понимать, что самодержавие Солнца не столь бесспорно. Наблюдения показали, что 98% газа в пределах Солнечной системы – это вещество, просочившееся извне. Каждый сотый метеорит, врывающийся в земную атмосферу, прилетает из межзвездного пространства. «Когда в конце 60-х гг. я заканчивала Калифорнийский университет по специальности астрономия, изучалось межзвездное вещество, находящееся за пределами Солнечной системы. Никому бы и в голову не пришло, что сегодня оно будет изучаться внутри нее», – говорит Присцилла Фриш (Priscilla Frisch) из Чикагского университета, пионер в этой области астрономии. Современная аппаратура позволила ученым составить карту наших ближайших окрестностей, взять пробы пыли и газа на окраинах Солнечной системы, а также изучить траектории межзвездных метеоров, отличающихся необычайно большими скоростями.

Пока люди не построят свой первый межзвездный корабль, эти пришельцы из межзвездного пространства будут единственными доступными нам образцами вещества остальной части Галактики. Они могли бы предоставить некоторые важные фактические данные для подтверждения различных теорий. Например, часть поступающей пыли может оказаться частичками вещества

из других планетных систем. Три года назад Джек Баггали (W. Jack Baggaley) из Кентерберийского университета в Новой Зеландии установил, что источником одной из групп межзвездных метеоров является звезда в Живописца, знаменитая своим пылевым диском и наличием планетезималей. Довольно массивные крупинки, которые рассматривал Баггали, очень слабо отклоняются давлением излучения и магнитными полями, и поэтому летят почти по прямой. Их траектории исходят из той точки пространства, где в Живописца находилась около 600 тыс. лет назад. Именно тогда звездная система выбросила каменных посланников со скоростью 30 км/с.

Основные положения Баггали подтвердили Йозеф Вайнгартнер (Joseph Weingartner) и Норман Марри (Norman Murray) из Торонтского университета. Они установили, что в Живописца

**Солнце** пролетает через местное межзвездное облако (рис. слева), выброшенное из группы молодых звезд в созвездиях Скорпиона и Кентавра. Позади находится местное газовое образование поперечником в несколько световых лет. Продукты взрыва сверхновой Геминга и выбросы из системы в Живописца дополняют попадающие в Солнечную систему газ и пыль, часть которых отклоняется солнечным ветром (рис. сверху).



**СТАРАЯ ПЫЛЬ, МОЛОДАЯ ПЫЛЬ**

Термин «межзвездное» применяется к двум категориям вещества в Солнечной системе. Одна категория – межзвездная пыль, твердые частицы, найденные в метеоритах и кометах. Эти крупинки старше Солнца – они образовались в период формирования нашей системы около 4,5 млрд. лет назад и с тех пор сохранились неизменными. Анализ таких частиц позволяет определить, какие типы звезд запыляют нашу Солнечную систему. Другая категория – совершенно новое вещество, основную часть которого приносит нам встречный ветер, обусловленный движением Солнца через Галактику. Он дует со скоростью 26 км/с со стороны созвездия Стрельца. Частицы пыли приходят и с других направлений. Наблюдения, проведенные недавно в Аресибской обсерватории в Пуэрто-Рико, позволили идентифицировать их источник – сверхновую Геминга (*Geminga*), взорвавшуюся 650 тыс. лет назад в 230 световых годах от Земли.

и несколько других известных систем действительно должны выбрасывать пыль в нашу сторону. Однако они сомневаются, что Баггали наблюдал именно эту пыль. Оцененная им скорость ее вылета намного больше типичных скоростей, создаваемых гравитационными эффектами. Вайнгартнер и Марри предлагают построить сеть радиолокаторов, чтобы контролировать область размером с Аляску, на которую должно падать около 20 пылевых частиц в год от каждой системы.

Пришельцы из межзвездного пространства не только приносят вести о далеких событиях – они, возможно, способны изменять ход событий на Земле. Некоторые астрономы думают, что постоянно изменяющаяся галактическая среда могла влиять на климат Земли. Сейчас Солнце и его свита проходят через местное межзвездное облако, но всего 10 тыс. лет назад оно находилось в более разреженной области. Фриш недавно указала на два более плотных облака, которые могут накрыть нас в будущих тысячелетиях. Примерно каждые 100 млн. лет Солнечная система проходит через одну из спиральных ветвей Галактики, где плотность вещества особенно велика. Чем она больше, тем большее количество внешних частиц вторгается в нашу систему. В крайних случаях власть Солнца может даже не распространяться на внешние планеты

В 2002 г. Нир Шавив (*Nir Shaviv*) из Еврейского университета отметил, что 100-миллионелетний галактический цикл совпадает с таким же циклом понижений и повышений средних температур на Земле. Вивновниками этого могут оказаться космические лучи: когда большое количество частиц высоких энергий достигает Земли, они способствуют образованию низких облаков, которые охлаждают Землю. Однако свидетельства тому не слишком убедительны, и климатологи уделяют этой гипотезе меньше внимания, чем астрономы.

В январе этого года *NASA* запустила спутник *CHIP-Sat*, предназначенный для изучения местных газовых образований. Аппарат *Stardust*, который должен будет взять образцы вещества кометы *Wild-2* в январе будущего года, по пути проводит химические анализы падающей на него межзвездной пыли. Европейское космическое агентство рассматривает проект космического «пылевого телескопа» *Galactic DUNE*, а специалисты *NASA* разрабатывают межзвездный зонд *Interstellar Probe*, который должен будет вылететь за пределы Солнечной системы под солнечными парусами. Раз уж мы не в состоянии помешать Галактике вторгаться в нашу жизнь, нужно проявить чуточку собственнико империализма. ■

# с приводом от рнк

Чарльз Чои

Объединив РНК и АТФ, вы получите нечто большее, чем простой набор букв, – вы получите один из мощнейших нанометровых моторов и станете свидетелем события, сыгравшего важнейшую роль в возникновении жизни. Прошли десятилетия с момента, когда ученые установили, что РНК переносит информацию в клетке и может участвовать в катализе реакций. Столь

важная роль РНК позволила считать, что РНК существует для поддержки ДНК и синтеза белков. Однако, как установили вирусологи из Университета Пердью, в бактериофаге *Pbi 29* АТФ может связываться с шестью молекулами РНК, выполняя роль источника энергии, в результате образуется необыкновенно мощный мотор. Вирус, питаемый АТФ, использует его для

перемещения своих генов. Хотя ранее считалось, что способность связываться с АТФ свойственна только белкам. Ученые предполагают, что РНК не только участвовала в зарождении жизни, но и определяла способы использования АТФ. Ученые надеются создать машины, приводящиеся в движение за счет энергии органических молекул. ■

# Вдали от лесов

Из списка видов, находящихся под угрозой исчезновения, вычеркивают серых волков.

Эмиль Харрисон

Шесть видов животных уже вычеркнуты из американского списка видов, находящихся под угрозой исчезновения. Серый волк будет, по-видимому, седьмым. Биологи относятся к предстоящему событию по-разному.

К 1947 г. в 48 штатах численность волка резко снизилась, и он оказался среди тех животных, чье будущее вселяло серьезную тревогу. Служба рыбного и охотничьего хозяйства США (FWS) приняла программу по восстановлению популяции в трех частях страны – на западе, юго-западе и востоке.

В результате реинтродукции волков из Канады их популяция на западе выросла до 44 стай (всего около 664 животных), превысив запланированные 30. На востоке уже 3 800 волков (треть плановой численности) обитают в районе Великих озер, популяция численностью в 600 животных появилась в Миннесоте. Продолжается и восстановление мексиканского серого волка на юго-западе.

Поскольку на западе и востоке популяция превысила запланированный уровень, FWS изменила природоохранный статус волков, которые теперь относятся не к «исчезающим», а «редким» видам. В следующем году FWS надеется изменить статус популяции волков и на западе страны.

Некоторые биологи выразили протест, назвав решение преждевременным. Численность волков не восстановилась на северо-востоке, где они прежде считались главными хищниками в экосистеме. Дискуссия возникла и из-за того, что популяция на Западе слишком мала для расселения волков в другие зоны – в южную область Скалистых гор и на северо-запад Тихоокеанского побережья.

Биологи из FWS говорят, что волкам больше не угрожает опасность. Эд Бэнгс (Ed Bangs), координатор программы по восстановлению численности волков на западе, считает: «Главным результатом работы должна стать итоговая цифра популяции». Дэвид Мэч (David Mech), специалист из Службы геологии, геодезии и картографии США, полагает, что росту численности волков будут способствовать разработки генетиков.

И в наши дни немало людей искренне полагают, что волк не является уникальным видом. Главная угроза для них исходит от людей, которые продолжают целенаправленно истреблять этих хищников.

По сравнению с 1974 г., благодаря влиянию образования и просветительской деятельности, ситуация улучшилась. «Мы начали это дело более 20 лет назад. Волки спасены. Теперь нужно просто держать ситуацию под контролем», – поясняет Мэч. ■



## НАБЛЮДАЯ ЗА ВОЛКАМИ

Служба рыбного и охотничьего хозяйства США изменила природоохранный статус волка, который теперь считается не «исчезающим», а «редким» видом. Но это не означает, что за ним не будут вестись наблюдения. FWS следует, по крайней мере, еще лет пять проводить наблюдения за обитателями проблемных территорий, вносить необходимые изменения в списки видов. В FWS считают, что, прежде чем вносить какие-либо изменения в список видов, находящихся под угрозой исчезновения, необходимо провести широкие консультации со специалистами разного профиля, наладить статистический учет животных, взять под контроль лицензии на охоту. «Мы не собираемся вносить изменения в список видов, – прокомментировал Рон Рефснайдер (Ron Refsnyder), координатор программы по восстановлению западной популяции волков. – Ситуация с волками – уникальна».

# наука и цивилизация

Алла Рогова

27 июня 2003 года в «РИА-Новости» прошел круглый стол, посвященный вопросам образования и проблемам науки в современном мире. В дискуссии приняли участие посол США в России Александр Вершбоу, заместитель министра образования РФ Юрий Викторович Шленов, главный редактор журнала «В мире науки» Сергей Петрович Капица, ректор Российского нового университета, издатель журнала «В мире науки» Владимир Алексеевич Зернов, начальник аналитического управления мэра Москвы Кемер Борисович Норкин, представители научно-информационных изданий России.

Основными задачами, по мнению собравшихся, остается объединение усилий ученых разных стран и популяризация науки. «Роль журнала «В мире науки» – объединить мировую научную общественность. – считает Владимир Алексеевич Зернов. – В свете последних трагических событий мир с нетерпением ждет изобретения лекарства от атипичной пневмонии. Едва ли имеет значение, в какой стране это произойдет. Сложившаяся ситуация в очередной раз показывает важность объединения усилий ученых и обмена знаниями».

По словам Александра Вершбоу, нынешнее время ознаменовалось новым витком сотрудничества между российскими и американскими деятелями науки. Яркий пример тому международная премия «Глобальная энергия», которую Президент России Владимир Владимирович Путин недавно вручил американским и российскому ученому.

Российские и американские научные и образовательные учреждения, включая Национальный научный фонд, Министерство промышленности, науки и технологий, РАН, теперь соединяет высокоскоростная теле-



коммуникационная сеть. «Я верю, что США и Россия, работая вместе, смогут преодолеть глобальные проблемы, как в области науки, так и в области международных отношений», – сказал Александр Вершбоу.

В своем выступлении перед собравшимися Сергей Петрович Капица говорил о популяризации науки и том, как освещаются проблемы развития науки в средствах массовой информации: «Сейчас тема диалога науки и цивилизации стала очень актуальной. Я вижу роль нашего журнала в том, чтобы служить каналом такой дискуссии».

В России в последние годы был восстановлен ряд старых и вышли в свет новые научно-популярные издания – это существенный поворот, который отражает изменение положения науки в нашей стране. Однако науке не всегда уделяется должное внимание в СМИ».

Остро стоит вопрос о месте и роли фундаментальных исследований в мировой культуре. Отмечались позитивные тенденции проведения исследований и создания крупных научных центров.

Среди насущных проблем Юрий Викторович Шленов выделил следующие: модернизация системы образования,

взаимодействие образования и науки (выпущены документы, определяющие политику России в области науки и технологий, а также концепцию модернизации системы образования), инновационный путь развития России.

Юрий Викторович Шленов рассказал и о приоритетных направлениях работы Министерства образования РФ. По заданию Президента России подготовлена программа практических мер по созданию национальной инновационной системы, готовится новый документ «Основы политики в области инновационной деятельности».

За последние 5 лет в России созданы 14 центров по поддержке фундаментальных исследований, причем на развитие каждого выделено \$7 млн. Финансируются они совместно с американскими фондами. Создано 7 межрегиональных центров гуманитарных исследований. А проблема оттока кадров была решена путем создания совместных лабораторий.

В завершении Юрий Викторович Шленов коснулся роли журнала: «Сейчас, на мой взгляд, перед журналом поставлена очень важная задача – формирование мировоззрения нашей талантливой молодежи». ■



# наука И ОБРАЗОВАНИЕ

## Итоги весенней сессии в думе

Дмитрий Мисюров

В ходе весенней сессии Комитет по науке и образованию Государственной думы России обсудил более 40 законопроектов. На пресс-конференции по итогам работы Государственной думы председатель Комитета по науке и образованию Александр Владимирович Шишлов обратил внимание на некоторые из них. Так, в законодательство внесены изменения, повышающие размер стипендий в 2 раза. В случае одобрения Советом Федерации и подписания президентом, с 1 сентября в вузах размер стипендии составит 400 руб., в техникумах и ПТУ – 140 руб. Внесены изменения и дополнения в ряд законодательных актов в части финансирования образования.

В июне был принят в первом чтении проект Федерального закона «О государственном стандарте общего образования». Второе чтение запланировано на сентябрь 2003 года. Законопроект конкретизирует правовые основы обеспечения прав граждан на бесплатное общее образование, определяет его назначение, статус и структуру, порядок его разработки, утверждения и исполнения, а также основные принципы функционирования. Устанавливается единство обязательного минимума содержания основных образовательных программ общего образования РФ, максимального объема учебной нагрузки и нормативов учебного времени, требований к уровню подготовки выпускников образовательных учреждений.

Внесены изменения и дополнения в Федеральный закон «О порядке установления размеров стипендий и социальных выплат в Российской Федерации» и «О высшем и послевузовском

профессиональном образовании». В частности, легитимизируется новый вид обучения – дистанционные образовательные технологии на основе современных ЭВМ и телекоммуникаций. В патентном законе Российской Федерации изменения и дополнения направлены на устранение неточностей формулировок отдельных положений документа, на сближение отечественного и зарубежного патентного законодательства, на введение правовой охраны секретных изобретений. Закон устанавливает приоритет разработчика при регулировании отношений, возникающих при выполнении государственного заказа.

Некоторые предложения были отклонены Государственной думой. Например, дополнения в ст. 16 Закона РФ «Об образовании», предусматривающие установление квоты в 20% для внеконкурсного поступления в вузы гражданам, получившим среднее образование в малых городах, поселках городского типа и сельской местности. Не прошли в ст. 19 Федерального закона «Об образовании», направленные на законодательное закрепление 12-ти летнего обучения в общеобразовательной школе.

Комитет борется за введение ряда налоговых льгот, стимулирующих развитие науки и образования, за повышение оплаты труда преподавателей, развитие материальной базы, привлечение молодежи в науку и т.д. Существенное внимание уделяется проблеме привлечения внебюджетных средств в образование и науку.

Осенью планируется рассмотрение законопроекта о внесении изменений и дополнений в законы «Об образовании», «О высшем и послевузовском образовании» для создания

государственно-общественной системы аттестации и контроля качества образования. Среди авторов законопроекта – председатель Комитета по науке и образованию депутат Государственной думы А.В.Шишлов, заместитель председателя комитета О.Н.Смолин. Первое чтение запланировано на сентябрь.

Комитет активно участвовал в работе над многими законами: Налоговому, Гражданскому кодексам, по вопросам авторского права и смежных прав, по местному самоуправлению и другим.

Государственной думой принято обращение к председателю правительства РФ М.М.Касьянову о необходимости подписания Россией Болонской декларации 1999 года о создании общеевропейского пространства высшего образования. Главными задачами Болонского процесса являются создание в Европе системы сопоставимых образовательных циклов, академических степеней и квалификаций и, в конечном счете, объединение образовательных ресурсов Европы в целях повышения стандартов качества и конкурентоспособности европейской системы высшего образования. На сегодня документ подписан 33 странами. Осенью этого года в Берлине, как ожидается, к декларации присоединятся еще четыре страны. ■

# «ЭКСПО-Наука 2003» В МОСКВЕ



Об итогах IX Международной выставки молодежных научно-технических проектов «ЭКСПО-Наука 2003», которая проходила с 12 по 18 июля на территории ВВЦ, рассказал корреспонденту журнала «В мире науки» генеральный комиссар выставки Магомед Мусаев:

– Магомед Халилулаевич, кому принадлежит идея проведения подобной выставки в России? Общеизвестно, что научные учреждения нашей страны находятся в упадке, не хватает финансирования. И вдруг – такой крупный научный форум!

– Вы правы, проблемы у нашей науки большие, но их надо решать. ESI 2003 – один из шагов в этом направлении. «ЭКСПО-Наука 2003» – это официальный проект Правительства Москвы, на реализацию которого было выделено более \$1 млн. Со своей стороны мы привлекли в качестве спонсоров крупные и авторитетные бизнес-структуры.

– Каково, на ваш взгляд, значение выставки?

– Это праздник общемировой науки. В выставке приняли участие более 1000 молодых ученых и изобретателей из 100 стран мира, а девиз «Судьба планеты – в руках молодых» свидетельствует о том, что свои надежды мы связываем с молодежью. И если мы сегодня не поддержим юные таланты, то как можно быть уверенными в завтрашнем дне? Поэтому одна из задач выставки – не только привлечь к ней молодых людей, но и показать, что у тех, кто занимается наукой, интересная жизнь и перспективное будущее.

– У гостей столицы, наверняка, возникло желание поближе познакомиться с культурой страны, в которую они приехали, посмотреть Москву.

– Сорок комфортабельных автобусов, украшенных эмблемой «ЭКСПО-Наука 2003», возили участников вы-



Торжественное открытие выставки «ЭКСПО-Наука 2003».

ставки по городу. Сопровождали экскурсантов так называемые «друзья делегаций» из числа Московского студенческого сводного волонтерского отряда. Ребята увидели Красную площадь, Кремль, театры и многие архитектурные памятники. Но мне кажется, что более интересными для молодых ученых стали экскурсии в Дарвиновский музей, Биологический музей имени К. А. Тимирязева, в Научно-космический центр имени М. В. Хруничева, и в музей ракетно-космической корпорации «Энергия». Разве может оставить равнодушным Центр подготовки космонавтов в Звездном городке, куда мы тоже возили наших гостей? В городе Королеве они смогли попасть в Центр управления полетами, пообщаться с космонавтами. Там их ожидал сюрприз: участие в сеансе прямой телесвязи с международной космической станцией.

– Иностранцев, приезжающих сегодня в Россию, вопрос безопасности волнует не в последнюю очередь.

– Все было продумано. Главное управление внутренних дел Москвы совме-

стно с подразделениями Федеральной службы безопасности круглосуточно охраняли участников. Без милицейского сопровождения не состоялся ни один выезд. Были задействованы необходимые технические средства для обеспечения безопасности в гостиницах и на выставке.

– Президент МИЛСЕТ и заместитель председателя организационного комитета «ЭКСПО-Наука 2003» Жан-Клод Гиродон выступил с инициативой провести международную встречу на высшем уровне, посвященную обсуждению проблем молодых ученых. Как к этой инициативе относитесь вы лично?

– Такая необходимость назрела уже давно. Более того, выставку «ЭКСПО-Наука 2003» мы рассматриваем как инструмент, способный привлечь к молодой науке внимание общественных деятелей, политиков, руководителей государств. Возможность встречи в верхах, вполне вероятно, зависит и от результатов нашей выставки. Поэтому все силы были направлены на то, чтобы она прошла успешно. ■



Робот видеонаблюдения. Управляется при помощи компьютера. Оснащен различными устройствами, например сенсорами, регулирующими силу сжатия манипуляторов.



Модель однозвенного плоского маятника с маховиком, снабженным электродвигателем. Вращаясь, маховик удерживается в верхнем неустойчивом положении равновесия.

## организаторы о выставке

*Коитиро Мацуура, генеральный директор ЮНЕСКО:* «Хочу выразить благодарность мэру Москвы, российскому правительству, организаторам, преподавателям и аниматорам за проделанную работу и поддержку в проведении выставки, которая может стать примером международной интеграции в области науки и образования, а обмен идеями между молодежью в атмосфере

мира, взаимоуважения и понимания в значительной мере будет способствовать улучшению международных отношений».

*Жан-Клод Гиродон, президент МИЛСЕТ, заместитель председателя организационного комитета «ЭКСПО-Наука 2003»:* «Успех выставки стал успехом не только организаторов и участников наших региональных ассоциаций и клубов, но и всех молодых людей мира, внесших свой вклад в науку».

*Юрий Михайлович Лужков, мэр Москвы, председатель организационного комитета «ЭКСПО-Наука 2003»:* «Мы гордимся тем, что местом проведения смотра лучших научно-технических разработок детей и молодежи из 100 стран мира стала Москва. Юные изобретатели, молодые ученые от 7 до 23 лет представили свои проекты. Наряду с работой экспозиции проводились научный конгресс, мастер-классы, которые вели профессора ведущих технических вузов России, конкурсы и викторины».



*Г-жа Мод де Бур-Букиккио, заместитель генерального секретаря Совета Европы:* «Выставка «ЭКСПО-Наука 2003» предоставила молодежи возможность провести встречи, вступить в диалог и раздвинуть границы, а также наметить пути будущего развития человечества».



# ПОЛЕЗНЫЙ сорняк

Немецкая компания пытается проникнуть в тайны метаболизма растений.

Кэтрин Браун

Словосочетание «химия гербицидов» звучит не очень вдохновляюще. Но именно оно послужило стимулом для новых идей Ричарда Третеви (Richard N. Trethewey), узнавшего в 1995 г.

о химической компании *BASF*, изучавшей влияние гербицидов на метаболизм ячменя. В своих исследованиях компания использовала метод газовой хроматографии, и ученый решил при-

менить его для составления ежедневного «метаболического профиля» растений.

Третеви, работавший в то время в Институте молекулярной физиологии растений им. Макса Планка в Гольме (Германия), пытался генно-инженерным способом создать растения, которые могли бы произрастать в разных условиях, синтезировать новые лекарственные вещества или же просто быстрее расти. Само понятие метаболизма не нуждается в пояснении: растение поглощает питательные вещества (из воды и воздуха) и, используя энергию солнечного света, превращает их в другие соединения (метаболиты) – от ценных витаминов до смертоносных ядов. Но как разыгрывается вся эта «химическая хореография»?

Здесь многое остается загадкой. И хотя недавно появилась новая область науки – функциональная геномика, занимающаяся исследованием взаимосвязи генов и их белковых продуктов, большинству ее методов недоступно изучение путей метаболизма. Возможно, таким методом окажется составление «метаболических профилей» – регистрация метаболитов, образующихся в растениях после модификации их генов. Есть надежда, что систематическое составление таких профилей прояснит механизм генетической регуляции процессов метаболизма и поможет выявить экземпляры с нужными признаками.

Проведя несколько пробных опытов с трансгенным картофелем, Третеви убедился, что метод работает.



**Растение-модель.** Сорное растение *Arabidopsis thaliana* помогло ученым выявить метаболические пути, благодаря которым растения приспосабливаются к низким температурам или синтезируют больше растительных масел.

В 1998 г. он основал фирму *Metanomics* с центральным офисом в Берлине, которая поставила своей целью идентифицировать ключевые растительные гены, ответственные за метаболизм, такие, например, как гены холодостойкости или гены, ответственные за образование большего, чем обычно, количества масел.

проведено скрещивание более 40 000 «нокаутных» и 100 000 «гиперэкспрессирующих» линий.

При составлении «метаболических профилей» вначале получают генетически модифицированные организмы, а затем проверяют их на наличие физических или химических изменений. Целью является получение «мгновенной

Усилия ученых впечатляют. За одну только неделю на *Metanomics* получают 150 клонированных или модифицированных растительных генов, проводят 100 000 хроматографических и масс-спектрометрических измерений, получают 150 гигабайт данных. На сегодня компании уже удалось установить функцию примерно 300 растительных

Только за одну неделю на *Metanomics* получают примерно 150 клонированных или модифицированных растительных генов, проводят 100 000 хроматографических и масс-спектрометрических измерений, получают 150 гигабайт данных.

Вначале основным объектом исследований в компании стала *Arabidopsis thaliana*, первое растение с расшифрованным геномом. Встроив в геном одной из агробактерий сайленсер (последовательность, заставляющую ген «замолчать») и инфицировав ей семена *Arabidopsis*, исследователи получили случайный набор растений, у каждого из которых был «нокаутирован» только один ген. Аналогичным способом в геном растений были включены гены дрожжей и других организмов и получены «гиперэкспрессирующие» линии растений, несущие по одному лишнему гену. Через два поколения провели сравнение модифицированных растений с контрольными. Для этого из растительной массы экстрагировали метаболиты, разделили их с помощью газовой или жидкостной хроматографии, подвергли ионизации и рассортировали по размерам с помощью масс-спектрометра. Так удалось установить, какие метаболиты образуются в каждом растении и в каком количестве. Всякое изменение (например, избыточное образование масел) тут же фиксировалось, и прослеживалась связь с соответствующим геном. На сегодня

фотографии» сложной сети метаболических путей. Подобно дотошным ревизорам, составители «метаболических профилей» хотят разобраться, как растения обходятся со своими ресурсами – химическими веществами. *Metanomics*, например, намеревается установить, какие метаболические пути помогают им приспособиться к суровым условиям. Для этого экспериментаторы помещают генетически модифицированные и обычные растения в экстремальные условия (например, лишают их света или воды), регистрируют реакцию на них каждого растения и заносят результаты в базу данных; затем, используя специальные программы, находят соответствующие данной реакции биохимические процессы. Их интересует, как реагирует немодифицированное растение на низкие температуры, у каких модифицированных растений выживаемость в суровых условиях лучше и в чем особенности их метаболизма. «Мы хотим получить ответ на вопрос, какой из 27 000 генов *Arabidopsis* влияет на данные метаболические пути, на данные стрессорные реакции», – говорит Третеви.

генов и идентифицировать некоторые гены, ответственные за устойчивость к стрессу и за синтез аминокислот.

В планы *Metanomics* входит создание отдела по использованию сельскохозяйственных культур и растительных продуктов для получения лекарственных веществ. Есть намерение наладить тестирование генетически модифицированных растений на их безопасность. Уже разработан способ, позволяющий сравнивать обычные и модифицированные растения с точки зрения метаболизма. И, как надеются специалисты компании, им удастся расшифровать функции всех 27 000 генов *Arabidopsis*, хотя очевидно, что этой цели они достигнут не сегодня и не завтра. ■

# Месяц НА НЕБОСКЛОНЕ РОССИЙСКОЙ НАУКИ

Марина Смирнова

Дворец в Нескучном саду, построенный некогда для одного из Демидовых... Каменные псы у входа с неподражаемым высокомерием провожают взглядом прохожих... Президиум РАН

принимает ныне под своими расписными сводами весь цвет российской научной мысли. Здесь, в своем кабинете, под сосредоточенными взглядами старинных портретов работает первый

vice-президент РАН, академик Геннадий Андреевич Месяц, лауреат первого международного конкурса «Глобальная энергия».

«В Санкт-Петербурге на церемонии вручения наград я делал доклад по абсолютно новому направлению импульсной энергетики», – говорит Геннадий Андреевич, удостоенный премии за разработку мощной импульсной энергетики, которой посвятил большую часть своей жизни.

Уроженец Кемерово, выросший в абсолютно «ненаучной» семье (отец, привезенный в Сибирь младенцем по столыпинскому переселению с Украины, всю жизнь проработал поваром, мать, коренная сибирячка, – парикмахер), Месяц блестяще окончил сначала школу, а затем Томский политехнический институт, где еще в студенческие годы увлекся научной деятельностью: аспирант, затем научный сотрудник, а через пару лет и заведующий лабораторией своего института. В 25 лет он защитил кандидатскую диссертацию, в 30 – докторскую, а к 40 годам возглавил Институт сильноточной электроники в Томске, за создание которого боролся семь лет. В 1986 г. был переведен на Урал, где возглавил Уральский научный центр Академии наук СССР и проделал колоссальную работу по объединению ряда региональных филиалов в единое Уральское отделение АН, включающее ныне около 40 институтов. В 1998 г. ученого переводят на работу в Москву, однако своих подопечных он не покинул, часто бывает в Сибири, по-прежнему остается директором Института электрофизики УРО РАН, научным руководителем Томского института сильноточной электроники.



**Месяц Геннадий Андреевич**

- Родился 29 февраля 1936 г. в городе Кемерово, академик, первый вице-президент РАН, директор Института электрофизики УРО РАН, председатель ВАК.
- Лауреат Государственных премий СССР и РФ, премии Ленинского комсомола, премии РАН им. Столетова, ряда международных премий.

Специалист широкого профиля Месяц считает основным направлением своих интересов техническую физику, а точнее – импульсную энергетику и электронику большой мощности. Работать в этой области он начал еще в Томском политехе. Как объяснил ученый, в отличие от энергии, вырабатываемой в виде постоянного или переменного тока, импульсное напряжение в миллионы вольт существует очень короткий промежуток времени, затем исчезает, чтобы появиться вновь. Техника высоких напряжений была известна и ранее и использовалась главным образом для имитации грозовых явлений при испытаниях самолетов, линий электропередач, трансформаторов. Учеными во главе с Месяцем была создана уникальная технология, позволяющая получать электроэнергию, существующую миллиардные доли секунды

лазерного, рентгеновского излучения. Научные идеи получили и дальнейшее развитие – был получен электрический импульс, длящийся уже не наносекунду, а в 1000 раз меньше – пикосекунду – за это время луч света проходит 300 микрон – именно этому был посвящен доклад на церемонии вручения премии «Глобальная энергия».

Месяц принадлежит к плеяде русских ученых, ведущих свою научную «родословную» от Физико-технического института Санкт-Петербурга: в 1929 г. А. Ф. Иоффе направил в Томский физтех профессора П. С. Тартаковского, наставника крупного физика А. А. Воробьева, в дальнейшем – ректора Томского политеха, чьим учеником и аспирантом был будущий вице-президент РАН. В просторном кабинете Геннадия Андреевича на книжной полке стоит небольшая

Месяц, специалист в области электрофизики, сильноточной электроники, ускорителей электронов, лазеров написал более 500 работ, включая 20 монографий, зарегистрировал 40 патентов. Последняя его книга вышла в прошлом году.

В свое время, в 1989 г., академик баллотировался в депутаты Верховного Совета, не добрав всего 0,3% голосов, однако неудачей не был огорчен: «Окажись я в те годы депутатом, мне кажется, было бы очень трудно осознавать, что я был в высшем органе государственной власти, был свидетелем распада СССР – и ничего не смог сделать. Для меня это была бы большая трагедия». С тех пор – никакой политики, только наука.

Что важно помимо науки? Сын Владимир – гордость и радость – физик, кандидат наук, но все бросил и стал

## Ученые создали уникальную технологию, позволяющую получить электроэнергию, существующую миллиардные доли секунды.

(луч света за это время проходит 30 см). Были развиты методы генерирования, трансформации, передачи энергии на расстояние и т.д. Развитие импульсной энергетики не только позволило сделать ряд крупных научных открытий, но и широко используется в новейших технологиях, таких, как мощные лазеры, термоядерный синтез, мягкое рентгеновское излучение и др. Открытие нашло применение и в повседневной жизни – на нем основаны новейшие технологии очистки воды и воздуха от биологических и химических примесей, стерилизации продуктов и медицинских препаратов и т.д. Еще одно значительное открытие Геннадия Андреевича и его коллег – явление так называемой взрывной электронной эмиссии, которое позволяет взрывную импульсную электроэнергию преобразовывать в энергию мощных электронных пучков, а затем – в энергию СВЧ,

черно-белая фотография старого профессора Воробьева – знак признательности и уважения. «Мне довелось много общаться и много получить хорошего от таких выдающихся людей, как академики А. М. Прохоров, Н. Г. Басов, Г. И. Будкер», – говорит ученый. Месяц также долгие годы преподавал, вырастил множество талантливых молодых (и не очень) ученых, среди которых 6 академиков и членов-корреспондентов РАН, около 20 лауреатов государственных премий, несколько десятков докторов и кандидатов наук. И по-прежнему руководит работой аспирантов. Его стараниями основаны три кафедры – физики плазмы в Томском государственном университете, электрофизики в Уральском техническом университете и в Московском физтехе. Однако преподавание сейчас оставлено ради научной деятельности.

хорошим писателем, заслужил ряд престижных литературных премий и, главное, в свое время его первая книга стихов получила лестный отзыв скупого на похвалу Иосифа Бродского. «Я очень люблю то, чем сын занимается, очень доволен, что он выбрал свой путь и добился результатов», – сдержанно улыбается академик.

За 40 с лишним лет научной и общественной работы не обошлось, очевидно, без противостояний и разочарований, но мудрый физик воспринимает их философски – как некую объективную и неизбежную реальность. Никому не мстить, но вместе с тем бороться за свои идеи – так считает ученый. А жизненный принцип, пожалуй, таков: если есть хоть минимальная возможность сделать что-то позитивное – надо ее использовать. ■





# параллельные вселенные

— НЕ ВЫДУМКА писателей-фантастов, а естественный вывод из космологических наблюдений.

Макс Тегмарк

Простейшая и самая популярная космологическая модель предсказывает, что у нас есть двойник в галактике, удаленной на расстояние порядка  $10^{28}$  метров. Расстояние столь велико, что находится за пределами досягаемости астрономических наблюдений, но это не делает его реальным. Предположение основано на теории вероятности без привлечения представлений современной физики. Принимается лишь допущение, что пространство бесконечно и заполнено материей. Может существовать множество обитаемых планет, в том числе таких, где живут люди с такой же внешностью, такими же именами и воспоминаниями, прошедшие те же жизненные перипетии, что и мы.

Но нам никогда не будет дано увидеть наши иные жизни. Самое далекое расстояние, на которое мы способны заглянуть, это то, которое может пройти свет за 14 млрд. лет, протекших с момента Большого взрыва. Расстояние между самыми далекими от нас видимыми объектами составляет около  $43 \cdot 10^{26}$  м; оно и определяет доступную для наблюдения область Вселенной, называемую объемом Хаббла, или объемом космического горизонта, или просто Вселенной. Вселенные наших двойников представляют собой сферы таких же размеров с центрами на их планетах. Это самый простой пример параллельных вселенных,

каждая из которых является лишь малой частью сверхвселенной.

Само определение «вселенная» наводит на мысль, что оно навсегда останется в области метафизики. Однако граница между физикой и метафизикой определяется возможностью экспериментальной проверки теорий, а не существованием неподдающихся наблюдениям объектов. Границы физики постоянно расширяются, включая все более отвлеченные (и бывшие до того метафизическими) представления, например о шаровидной Земле, невидимых электромагнитных полях, замедлении времени при больших скоростях суперпозиции, квантовых состояний, искривлении пространства и черных дырах. В последние годы к этому перечню добавилось и представление о сверхвселенной. Оно основано на проверенных теориях — квантовой механике и теории относительности — и отвечает обоим основным критериям эмпирической науки: позволяет делать прогнозы и может быть опровергнуто. Ученые рассматривают четыре типа параллельных вселенных. Главный вопрос не в том, существует ли сверхвселенная, а сколько уровней она может иметь.

## Уровень I. За нашим космическим горизонтом

Параллельные вселенные наших двойников составляют первый уровень сверхвселенной. Это наименее

спорный тип. Мы все признаем существование вещей, которых мы не видим, но могли бы увидеть, переместившись в другое место или просто подождяв, как ждем появления корабля из-за горизонта. Подобный статус имеют объекты, находящиеся за пределами нашего космического горизонта. Размер доступной наблюдению области Вселенной ежегодно увеличивается на один световой год, поскольку нас достигает свет, исходящий из все более далеких областей, за которыми скрывается бесконечность, которую еще предстоит увидеть. Мы, вероятно, умрем задолго до того, как наши двойники окажутся в пределах досягаемости для наблюдений, но если расширение Вселенной поможет, наши потомки смогут увидеть их в достаточно мощные телескопы.

Уровень I сверхвселенной представляется до банальности очевидным. Как может пространство не быть бесконечным? Разве есть где-нибудь знак «Берегись! Конец пространства»? Если существует конец пространства, то что находится за ним? Однако теория гравитации Эйнштейна поставила это интуитивное представление под сомнение. Пространство может быть конечным, если оно имеет положительную кривизну или необычную топологию. Сферическая, тороидальная или «кренделевидная», вселенная может иметь конечный объем, не имея границ. Фоновое космическое микроволновое

излучение позволяет проверить существование подобных структур. Однако до сих пор факты говорят против них. Данным соответствует модель бесконечной вселенной, а на все прочие варианты наложены строгие ограничения.

Другой вариант таков: пространство бесконечно, но материя сосредоточена в ограниченной области вокруг нас. В одном из вариантов некогда популярной модели «островной Вселенной» принимается, что на больших масштабах вещество разрезается и имеет фрактальную структуру. В обоих случаях почти все вселенные в сверхвселенной уровня I должны быть пустыми и безжизненными. Последние исследования трехмерного распределения галактик и фонового (реликтового) излучения показали, что распределение вещества стремится к однородному в больших масштабах и не образует структур размером более  $10^{24}$  м. Если такая тенденция сохраняется, то пространство за пределами наблюдаемой Вселенной должно изобиловать галактиками, звездами и планетами.

Для наблюдателей в параллельных вселенных первого уровня действуют те же законы физики, что и для нас, но при иных стартовых условиях. Согласно современным теориям, процессы, протекавшие на начальных этапах Большого взрыва, беспорядочно разбросали вещество, так что была вероятность возникновения любых структур. Космологи принимают, что наша Вселенная с почти однородным распределением вещества и начальными флуктуациями

плотности порядка  $1/10^5$  весьма типична (по крайней мере, среди тех, в которых есть наблюдатели). Оценки на основе этого допущения показывают, что ваша ближайшая точная копия находится на расстоянии  $10$  в степени  $10^{28}$  м. На расстоянии  $10$  в степени  $10^{92}$  м должна располагаться сфера радиусом  $100$  световых лет, идентичная той, в центре которой находимся мы; так что все, что в следующем веке увидим мы, увидят и находящиеся там наши двойники. На расстоянии около  $10$  в степени  $10^{118}$  м от нас должен существовать объем Хаббла, идентичный нашему.

Эти оценки выведены путем подсчета возможного числа квантовых состояний, которые может иметь объем Хаббла, если его температура не превышает  $10^8$  К. Число состояний можно оценить, задавшись вопросом сколько протонов способен вместить объем Хаббла с такой температурой? Ответ –  $10^{118}$ . Однако каждый протон может либо присутствовать, либо отсутствовать, что дает  $2$  в степени  $10^{118}$  возможных конфигураций. «Короб», содержащий такое количество объемов Хаббла, охватывает все возможности. Размер его составляет  $10$  в степени  $10^{118}$  м. За его пределами вселенные, включая нашу, должны повторяться. Примерно те же цифры можно получить на основе термодинамических или квантовогравитационных оценок общего информационного содержания Вселенной.

Впрочем, наш ближайший двойник скорее всего находится к нам ближе, чем дают эти оценки, поскольку процесс

формирования планет и эволюция жизни благоприятствуют этому. Астрономы полагают, что наш объем Хаббла содержит, по крайней мере,  $10^{30}$  пригодных для жизни планет, некоторые из которых могут быть похожи на Землю.

В современной космологии понятие сверхвселенной уровня I широко применяется для проверки теории. Рассмотрим, как используют космологи реликтовое излучение для того, чтобы отвергнуть модель конечной сферической геометрии. Горячие и холодные «пятна» на картах реликтового излучения имеют характерный размер, зависящий от кривизны пространства. Так вот, размер наблюдаемых пятен слишком мал, чтобы согласоваться со сферической геометрией. Их средний размер случайным образом меняется от одного объема Хаббла к другому, поэтому не исключено, что наша Вселенная сферическая, но имеет аномально малые пятна. Когда космологи говорят, что они исключают сферическую модель на доверительном уровне  $99,9\%$ , они имеют в виду, что если модель верна, то меньше чем один объем Хаббла из тысячи будет характеризоваться столь малыми пятнами, как наблюдаемые.

Из этого следует, что теория сверхвселенной поддается проверке и может быть отвергнута, хотя мы и не в состоянии видеть иные вселенные. Главное – предсказать, что представляет собой ансамбль параллельных вселенных и найти распределение вероятностей или то, что математики называют мерой ансамбля. Наша Вселенная должна быть одной из наиболее вероятных. Если же нет, если в рамках теории сверхвселенной наша Вселенная окажется маловероятной, то эта теория столкнется с трудностями. Как мы увидим далее, проблема меры может стать весьма острой.

## Уровень II. Другие постинфляционные домены

Если вам трудно было представить сверхвселенную уровня I, то попытайтесь вообразить бесконечное множество таких

### ОБЗОР: СВЕРХВСЕЛЕННЫЕ

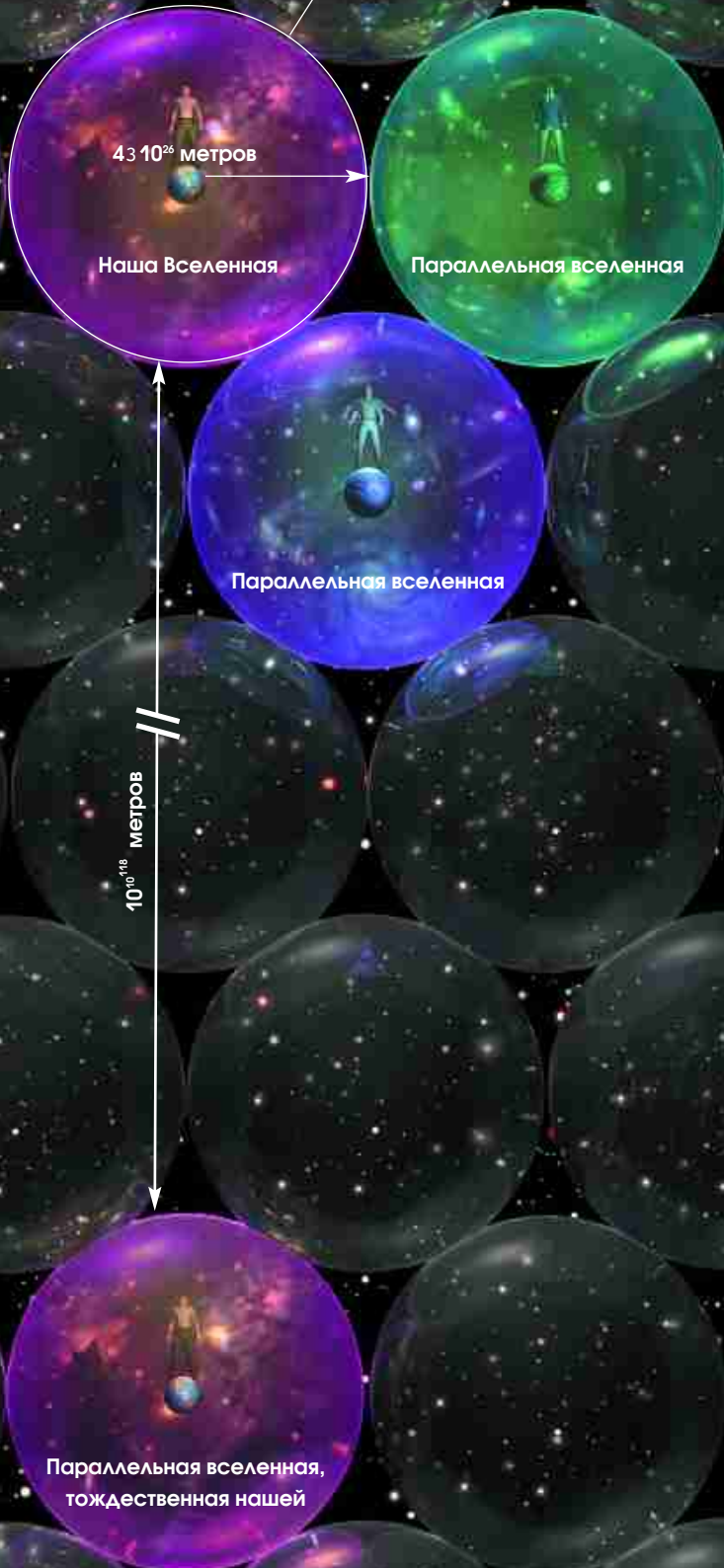
- Астрономические наблюдения свидетельствуют: параллельные вселенные уже не метафора. Пространство, по-видимому, бесконечно, а значит, все возможное становится реальным. За пределами досягаемости телескопов существуют области пространства, идентичные нашей и в этом смысле являющиеся параллельными вселенными. Ученые даже могут вычислить, как далеко они от нас находятся.
- Когда же космологи рассматривают некоторые спорные теории, то приходят к выводу, что другие вселенные могут иметь совершенно иные свойства и физические законы. Существование таких вселенных может объяснить особенности нашей Вселенной и ответить на фундаментальные вопросы о природе времени и познаваемости физического мира.

# СВЕРХВСЕЛЕННАЯ УРОВНЯ I

Простейший тип параллельной вселенной – область пространства, столь далекая от нас, что ее нельзя наблюдать. Самое большое расстояние, на котором мы можем что-либо видеть, составляет сегодня около  $43 \cdot 10^{26}$  м, или около 42 млрд. световых лет, – расстояние, которое мог пройти

свет с момента Большого взрыва. (Оно больше 14 млрд. световых лет, так как расширение пространства увеличивает расстояния.) Каждая из параллельных вселенных уровня I идентична нашей. Различия обусловлены лишь разницей в начальном распределении вещества.

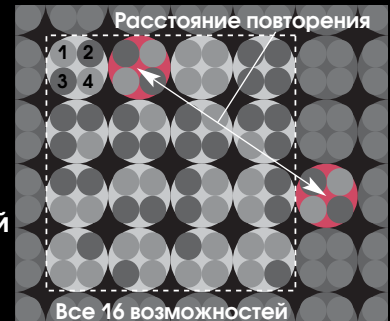
Граница области, доступной для наблюдений



## Далека ли копия нашей Вселенной?

### ИГРУШЕЧНАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Представьте себе двухмерную вселенную, вмещающую 4 частицы. В ней возможны  $2^4 = 16$  вариантов расположения частиц. Если таких вселенных больше 16, расположения частиц должны повторяться. В этом примере расстояние до ближайшей тождественной вселенной составляет около 4 диаметров каждой вселенной.



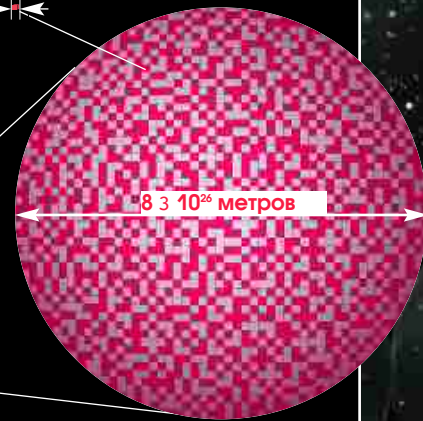
### НАША ВСЕЛЕННАЯ

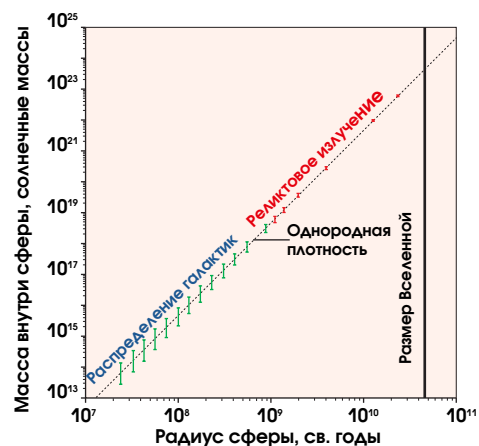
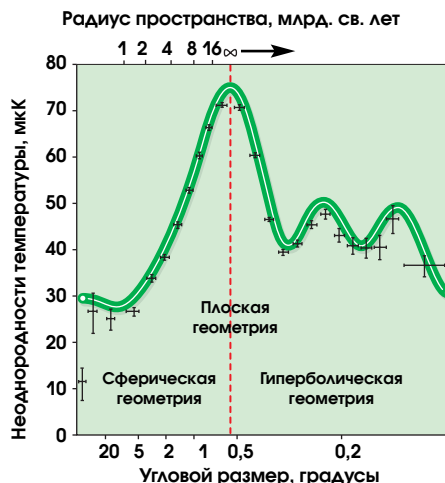
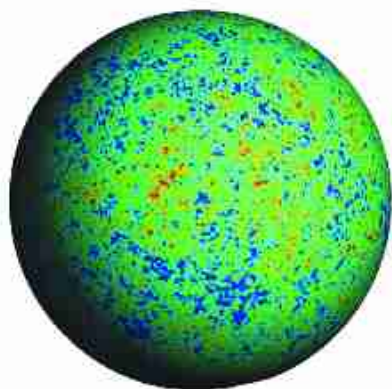
Те же рассуждения применимы к нашей Вселенной, которая может вместить около  $10^{118}$  субатомных частиц. Число возможных расположений в ней составляет 2 в степени  $10^{118}$ . Умножая на диаметр Вселенной, получим оценку расстояния до ближайшей тождественной вселенной: 10 в степени  $10^{118}$  м.

$2 \cdot 10^{13}$  метров

$10^{118}$  частиц

$2^{10^{118}}$  расположений





Космологические данные позволяют сделать вывод, что пространство существует и за пределами обозреваемой нами вселенной. С помощью спутника *WMAP* были измерены флуктуации реликтового излучения (слева). Самые сильные имеют угловой размер чуть более полуградуса (левый график), откуда следует, что пространство очень велико или бесконечно.

(Правда, некоторые космологи считают, что выпадающая точка слева на графике говорит о конечности пространства.) Данные спутника и обзор красных смещений галактик *2dF* свидетельствуют, что в очень больших масштабах пространство заполнено веществом однородно (правый график), а значит, другие вселенные должны быть в основном подобны нашей.

сверхвселенных, часть которых имеет иную размерность пространства-времени и характеризуется иными физическими константами. В совокупности они составляют сверхвселенную уровня II, предсказанную теорией хаотической вечной инфляции.

Теория инфляции – это обобщение теории Большого взрыва, позволяющее устранить недочеты последней, например неспособность объяснить, почему Вселенная столь велика, однородна и плоска. Быстрое растяжение пространства в давние времена позволяет объяснить эти и многие другие свойства Вселенной. Такое растяжение предсказывается широким классом теорий элементарных частиц, и все имеющиеся свидетельства подтверждают его. Выражение «хаотическая вечная» по отношению к инфляции указывает на то, что происходит в самых крупных масштабах. В целом пространство постоянно растягивается, но в некоторых областях расширение прекращается, и возникают отдельные домены, как изюминки в поднимающемся тесте. Появляется бесконечное множество таких доменов, и каждый из них служит зародышем сверхвселенной уровня I, заполненной веществ-

вом, рожденным энергией поля, вызывающего инфляцию.

Соседние домены удалены от нас более чем на бесконечность, в том смысле, что их невозможно достичь, даже если вечно двигаться со скоростью света, поскольку пространство между нашим доменом и соседними растягивается быстрее, чем можно перемещаться в нем. Наши потомки никогда не увидят своих двойников на уровне II. А если расширение Вселенной ускоряется, как о том свидетельствуют наблюдения, то они никогда не увидят своих двойников даже на уровне I.

Сверхвселенная уровня II гораздо разнообразнее сверхвселенной уровня I. Домены различаются не только начальными условиями, но и своими фундаментальными свойствами. У физиков преобладает мнение, что размерность пространства-времени, свойства элементарных частиц и многие так называемые физические константы не встроены в физические законы, а являются результатом процессов, известных как нарушение симметрии. Предполагают, что пространство в нашей Вселенной некогда имело девять равноправных измерений. В начале космической истории три из них приняли

участие в расширении и стали теми тремя измерениями, которые характеризуют сегодняшнюю Вселенную. Шесть остальных сейчас невозможно обнаружить либо потому, что они остались микроскопическими, сохранив тороидальную топологию, либо потому, что вся материя сосредоточена в трехмерной поверхности (мембране, или просто бране) в девятимерном пространстве. Так была нарушена исходная симметрия измерений. Квантовые флуктуации, обуславливающие хаотическую инфляцию, могли вызвать различные нарушения симметрии в разных кавернах. Одни могли стать четырехмерными; другие – содержать только два, а не три поколения кварков; а третьи – иметь более сильную космологическую постоянную, чем наша Вселенная.

Другой путь возникновения сверхвселенной уровня II можно представить как цикл рождений и разрушений вселенных. В 1930-е гг. физик Ричард Толмен (Richard C. Tolman) высказал эту идею, а недавно Пол Стейнхардт (Paul J. Steinhardt) из Принстонского университета и Нил Тьюрок (Neil Turok) из Кембриджского университета развили ее. Модель Стейнхардта и Тьюрока предусматривает вторую

# СВЕРХВСЕЛЕННАЯ УРОВНЯ II

Теория космологической инфляции приводит к более сложному типу параллельных вселенных. Предполагается, что наша сверхвселенная уровня I (т.е. наша Вселенная и прилегающие к ней области пространства) образует

домен в большем, но пустом пространстве, где существуют другие домены, не связанные с нашим. Флуктуации квантовых полей в процессе зарождения доменов придают каждому свойства, отличающие его от других.



Пустое пространство раздувается

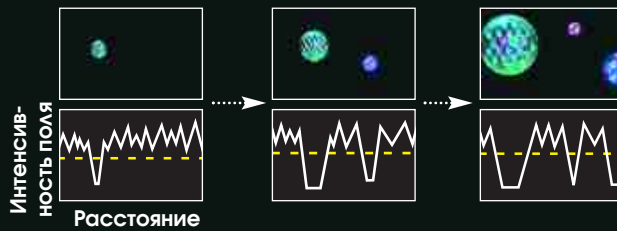
Параллельная сверхвселенная уровня I

Наша сверхвселенная уровня I

Параллельная сверхвселенная уровня I

## Зарождение доменов

Квантовое поле, называемое инфлатоном, вызывает быстрое раздувание пространства, в большей части которого случайные флуктуации не позволяют полю ослабевать. Области, в которых поле теряет интенсивность и расширение замедляется, становятся доменами.



## Улики

Космологи заподозрили существование параллельных вселенных уровня II, изучая такие свойства нашей вселенной, как интенсивность природных сил (левая диаграмма) и число наблюдаемых измерений пространства и времени (правая диаграмма).

Значения этих параметров, установившиеся в ходе случайных процессов в период рождения вселенной, благоприятны для возникновения жизни. Логично предполагать, что существуют вселенные с иными свойствами.



трехмерную брану, совершенно параллельную нашей и лишь смещенную относительно нее в измерении более высокого порядка. Эту параллельную вселенную нельзя считать отдельной, поскольку она взаимодействует с нашей. Однако ансамбль вселенных – прошлых, нынешних и будущих, который эти браны образуют, представляет собой супервселенную с разнообразием, по-видимому, близким к возникающему в результате хаотической инфляции. Еще одну гипотезу сверхвселенной предложил физик Ли Смолин (Lee Smolin) из Института Периметра в г. Ватерлоо (пров. Онтарио, Канада). Его сверхвселенная по разнообразию близка к уровню II, но она мутирует и порождает новые вселенные посредством черных дыр, а не бран.

Хотя мы и не можем взаимодействовать с параллельными вселенными уровня II, космологи судят об их существовании по косвенным признакам, поскольку они могут быть причиной странных совпадений в нашей Вселенной. Например, в гостинице вам предоставляют номер 1967, и вы отмечаете, что родились в 1967 г. «Какое совпадение», – говорите вы. Однако, подумав, приходите к выводу, что это не так уж и удивительно. В гостинице сотни номеров, и вам не пришло бы в голову задумываться о чем-либо, если бы предложили номер, ничего для вас не значащий. Если бы вы ничего не знали о гостиницах, то для объяснения этого совпадения вы могли бы предположить, что в гостинице существуют и другие номера.

В качестве более близкого примера рассмотрим массу Солнца. Как известно, светимость звезды определяется ее массой. С помощью законов физики мы можем вычислить, что жизнь на Земле может существовать лишь при условии, что масса Солнца лежит в пределах: от  $1,63 \cdot 10^{30}$  до  $2,43 \cdot 10^{30}$  кг. В противном случае климат Земли был бы холоднее, чем на Марсе, или жарче, чем на Венере. Измерения массы Солнца дали значение  $2,03 \cdot 10^{30}$  кг. На первый взгляд, попадание массы Солнца в интервал значений, обеспечивающий

жизнь на Земле, является случайным. Массы звезд занимают диапазон от  $10^{29}$  до  $10^{32}$  кг; если бы Солнце приобрело свою массу случайно, то шанс попасть именно в оптимальный для нашей биосферы интервал был бы крайне мал. Кажущееся совпадение можно объяснить, предположив существование ансамбля (в данном случае – множества планетных систем) и фактора отбора (наша планета должна быть пригодной для жизни). Такие критерии отбора, связанные с наблюдателем, называют антропными; и хотя упоминание о них обычно вызывает полемику, все же большинство физиков согласно, что пренебрегать этими критериями при отборе фундаментальных теорий нельзя.

А какое отношение все эти примеры имеют к параллельным вселенным? Оказывается, небольшое изменение физических констант, определяемых нарушением симметрии, приводит к качественно иной вселенной – такой, в которой мы бы не могли существовать. Будь масса протона больше всего на 0,2%, протоны распадались бы с образованием нейтронов, делая атомы нестабильными. Будь силы электромагнитного взаимодействия слабее на 4%, не существовало бы водорода и обычных звезд. Будь слабое взаимодействие еще слабее, не было бы водорода; а будь оно сильнее, сверхновые не могли бы заполнять межзвездное пространство тяжелыми элементами. Будь космологическая постоянная заметно больше, Вселенная невероятно раздулась бы еще до того, как смогли образоваться галактики.

Приведенные примеры позволяют ожидать существование параллельных вселенных с иными значениями физических констант. Теория сверхвселенной второго уровня предсказывает, что физики никогда не смогут вывести значения этих констант из фундаментальных принципов, а смогут лишь рассчитывать распределение вероятностей различных наборов констант в совокупности всех вселенных. При этом результат должен согласоваться с нашим существованием в одной из них.

### Уровень III. Квантовое множество вселенных

Сверхвселенные уровней I и II содержат параллельные вселенные, чрезвычайно удаленные от нас за пределы возможностей астрономии. Однако следующий уровень сверхвселенной лежит прямо вокруг нас. Он возникает из знаменитой и весьма спорной интерпретации квантовой механики – идеи о том, что случайные квантовые процессы заставляют вселенную «размножаться», образуя множество своих копий – по одной для каждого возможного результата процесса.

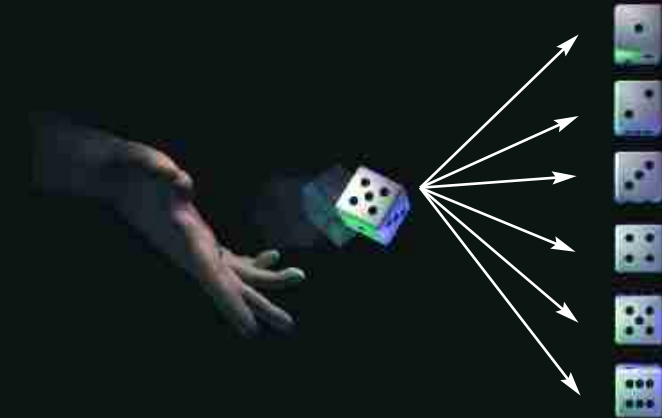
В начале XX в. квантовая механика объяснила природу атомного мира, который не подчинялся законам классической ньютоновской механики. Несмотря на очевидные успехи, среди физиков шли жаркие споры о том, в чем же истинный смысл новой теории. Она определяет состояние Вселенной не в таких понятиях классической механики, как положения и скорости всех частиц, а через математический объект, называемый волновой функцией. Согласно уравнению Шрёдингера, это состояние изменяется с течением времени таким образом, который математики определяют термином «унитарный». Он означает, что волновая функция вращается в абстрактном бесконечномерном пространстве, называемом гильбертовым. Хотя квантовую механику часто определяют как принципиально случайную и неопределенную, волновая функция эволюционирует вполне детерминистским образом. В отношении нее нет ничего случайного или неопределенного.

Самое трудное – связать волновую функцию с тем, что мы наблюдаем. Многие допустимые волновые функции соответствуют противостественным ситуациям вроде той, когда кошка одновременно и мертва, и жива в виде так называемой суперпозиции. В 20-е гг. XX в. физики обошли эту странность, постулировав, что волновая функция коллапсирует к некоторому определенному классическому исходу, когда кто-либо осуществляет наблюдение.

## СВЕРХВСЕЛЕННАЯ УРОВНЯ III

Квантовая механика, обобщая понятие «в другом месте», предсказывает существование множества параллельных вселенных, расположенных в абстрактном пространстве

всех возможных состояний и проявляющих себя в таких лабораторных экспериментах, как интерференция волн и квантовые вычисления.

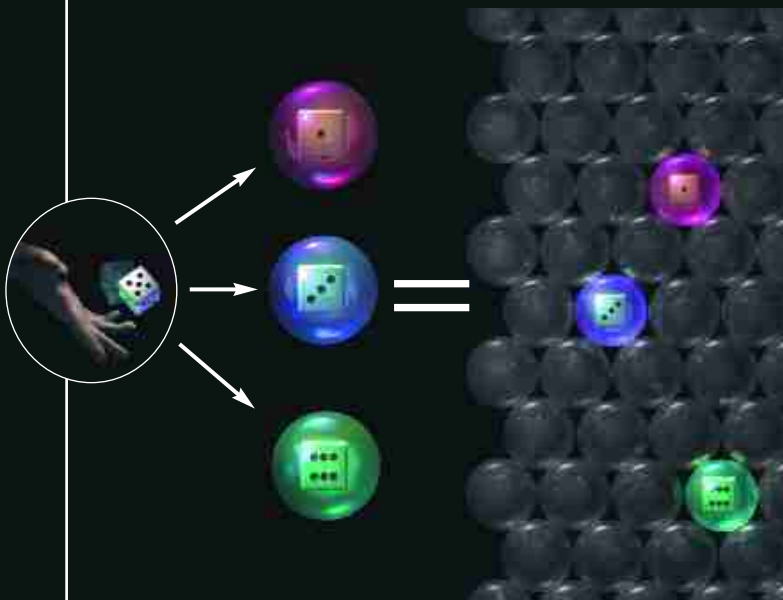


### КВАНТОВЫЕ КОСТИ

Вообразите игральную кость, случайность выпадения сторон которой имеет чисто квантовую природу. Тогда, согласно квантовой механике, все шесть чисел должны выпадать одновременно, но вы наблюдаете иное; значит, можно предположить, что разные числа выпадают в разных вселенных. В каждой шестой из них выпадает 1, в другой шестой – 2 и т.д. Находясь в одной из вселенных, мы можем воспринимать только часть полной квантовой реальности.

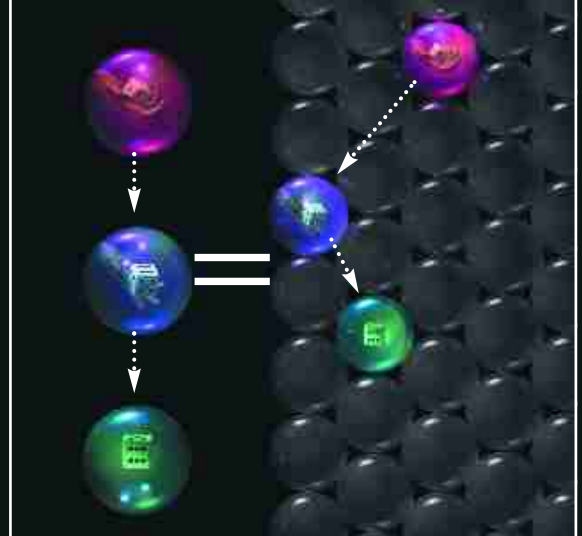
### ЭРГОДИЧНОСТЬ

Согласно принципу эргодичности, квантовые параллельные вселенные эквивалентны более прозаичным типам параллельных вселенных. Со временем квантовая вселенная распадается на ряд новых вселенных (слева), которые не отличаются от уже существующих, например от других вселенных уровня I (справа). Важно, что параллельные вселенные любого типа охватывают различные пути развития событий.



### ПРИРОДА ВРЕМЕНИ

Большинство людей считает время средством описания изменений. В один момент вещество расположено одним образом, а в другой – уже иным (слева). Концепция множества вселенных подразумевает другую точку зрения. Если параллельные вселенные содержат все возможные расположения вещества (справа), то время – это просто средство размещения вселенных в последовательном порядке. Сами вселенные при этом представляются статичными, а все изменения являются иллюзией.



Это дополнение позволило объяснить результаты наблюдений, но превратило изящную унитарную теорию в неяршливую и не унитарную. Принципиальная случайность, приписываемая обычно квантовой механике, является следствием именно этого постулата.

Со временем физики отказались от этой точки зрения в пользу другой, предложенной в 1957 г. выпускником Принстонского университета Хью Эвереттом (Hugh Everett III). Он показал, что можно обойтись и без постулата о коллапсе. Чистая квантовая теория не налагает никаких ограничений. Хотя она и предсказывает, что одна классическая реальность постепенно расщепляется на суперпозицию нескольких таких реальностей, наблюдатель субъективно воспринимает это расщепление просто как небольшую хаотичность с распределением вероятностей, в точности совпадающим с тем, которое давал старый постулат коллапса. Эта суперпозиция классических вселенных и есть супервселенная уровня III.

Более сорока лет такая интерпретация смущала ученых. Однако физическую теорию легче понять, сравнивая две точки зрения: внешнюю, с позиции физика, изучающего математические уравнения (подобно птице, оглядывающей пейзаж с высоты своего полета); и внутреннюю, с позиции наблюдателя (назовем его лягушкой), живущего на ландшафте, обозреваемом птицей.

С точки зрения птицы, супервселенная уровня III является простой. Существует всего одна волновая функция, которая плавно эволюционирует во времени без расщепления и параллелизма. Абстрактный квантовый мир, описываемый эволюционирующей волновой функцией, содержит в себе огромное количество непрерывно расщепляющихся и сливающихся линий параллельных классических историй, а также ряд квантовых явлений, не поддающихся описанию в рамках классических представлений. Но с точки зрения лягушки, можно видеть только малую часть этой реальности. Она может видеть вселенную уровня I, однако процесс нарушения когерентности,

подобный коллапсу волновой функции, но с сохранением унитарности, не позволяет ей видеть параллельные копии самой себя на уровне III.

Когда наблюдателю задают вопрос, на который он должен быстро дать ответ, квантовый эффект в его мозгу приводит к суперпозиции решений вроде такой: «продолжать читать статью» и «бросить читать статью». С точки зрения птицы, акт принятия решения заставляет человека размножиться на копии, одни из которых продолжают читать, а другие прекращают чтение. Однако, с внутренней точки зрения, ни один из двойников не знает о существовании других и воспринимает расщепление просто как небольшую неопределенность, некоторую вероятность продолжения или прекращения чтения.

Сколь бы странным это ни казалось, но точно такая же ситуация возникает даже в супервселенной уровня I. Очевидно, вы решили продолжать чтение, но кто-то из ваших двойников в далекой галактике отложил журнал после первого же абзаца. Уровни I и III различаются только тем, где находятся ваши двойники. На уровне I они живут где-то далеко в добром старом трехмерном пространстве, а на уровне III – на другой квантовой ветви бесконечномерного гильбертова пространства.

Существование уровня III возможно лишь при условии, что эволюция волновой функции во времени унитарна. До сих пор эксперименты не выявили ее отклонений от унитарности. В последние десятилетия ее подтверждали для всех более крупных систем, включая фуллерен *C60* и оптические волокна километровой длины. В теоретическом плане положение об унитарности было подкреплено открытием нарушения когерентности. Некоторые теоретики, работающие в области квантовой гравитации, ставят ее под сомнение. В частности, предполагается, что испаряющиеся черные дыры могут разрушать информацию, а это не унитарный процесс. Однако недавние достижения в теории струн позволяют считать, что даже квантовое тяготение является

унитарным. Если это так, то черные дыры не разрушают информацию, а просто передают ее куда-то.

Если физика унитарна, стандартная картина влияния квантовых флуктуаций на начальных этапах Большого взрыва должна быть изменена. Эти флуктуации не случайным образом определяют суперпозицию всех возможных начальных условий, которые сосуществуют одновременно. При этом нарушение когерентности заставляет начальные условия вести себя классическим образом на различных квантовых ветвях. Ключевое положение гласит: распределение исходов на разных квантовых ветвях одного объема Хаббла (уровень III) идентично распределению исходов в разных объемах Хаббла одной квантовой ветви (уровень I). Это свойство квантовых флуктуаций известно в статистической механике как эргодичность.

Эти же рассуждения применимы к уровню II. Процесс нарушения симметрии приводит не к однозначному исходу, а к суперпозиции всех исходов, которые быстро расходятся по своим отдельным путям. Таким образом, если физические константы, размерность пространства-времени и проч. могут различаться в параллельных квантовых ветвях на уровне III, то они будут так же различаться в параллельных вселенных на уровне II.

Иными словами, супервселенная уровня III не добавляет ничего нового к тому, что имеется на уровнях I и II, лишь большее число копий тех же самых вселенных – такие же исторические линии развиваются снова и снова на разных квантовых ветвях. Горячие споры вокруг теории Эверетта, похоже, скоро утихнут в результате открытия столь же грандиозных, но менее спорных супервселенных уровней I и II.

Приложения этих идей глубоки. Например, такой вопрос: происходит ли экспоненциальное увеличение числа вселенных со временем? Ответ неожиданный: нет. С точки зрения птицы, существует только одна квантовая вселенная. А каково число отдельных вселенных в данный момент



для лягушки? Это число заметно различающихся объемов Хаббла. Различия могут быть невелики: представьте себе планеты, движущиеся в иных направлениях, вообразите себя с кем-то другим в браке и т.д. На квантовом уровне существуют 10 в степени  $10^{118}$  вселенных с температурой не выше  $10^8$  К. Число гигантское, но конечное.

Для лягушки эволюция волновой функции соответствует бесконечному движению от одного из этих 10 в степени  $10^{118}$  состояний к другому. Сейчас вы находитесь во вселенной *A*, где и читаете это предложение. А теперь вы уже во вселенной *B*, где читаете следующее предложение. Иначе говоря, в *B* есть наблюдатель, идентичный наблюдателю во вселенной *A*, с той лишь разницей, что у него есть лишние воспоминания. В каждый момент существуют все возможные состояния, так что течение времени может происходить перед глазами наблюдателя. Эту мысль выразил в своем научно-фантастическом романе «Город перестановок» (1994 г.) писатель Грег Иган (Greg Egan) и развили физик Дэвид Дойч (David Deutsch) из Оксфордского университета, независимый физик Джулиан Барбу (Julian Barbour) и др. Как видим, идея сверхвселенной может играть ключевую роль в понимании природы времени.

#### Уровень IV. Другие математические структуры

Начальные условия и физические константы в супервселенных уровней I, II и III могут различаться, но фундаментальные законы физики одинаковы. Почему мы на этом остановились? Почему не могут различаться сами физические законы? Как насчет вселенной, подчиняющейся классическим законам без каких-либо релятивистских эффектов? Как насчет времени, движущегося дискретными шагами, как в компьютере? А как насчет вселенной в виде пустого додекаэдра? В супервселенной уровня IV все эти альтернативы действительно существуют.

О том, что такая сверхвселенная не является абсурдной, свидетельствует соответствие мира отвлеченных рассуждений нашему реальному миру. Уравнения и другие математические понятия и структуры – числа, векторы, геометрические объекты – описывают реальность с удивительным правдоподобием. И наоборот, мы воспринимаем математические структуры как реальные. Да они и отвечают фундаментальному критерию реальности: одинаковы для всех, кто их изучает. Теорема будет верна независимо от того, кто ее доказал, – человек, компьютер или интеллектуальный дельфин. Другие любознательные цивилизации найдут те же математические структуры, какие знаем мы. Поэтому математики говорят, что они не создают, а открывают математические объекты.

Существуют две логичные, но диаметрально противоположные парадигмы соотношения математики и физики, возникшие еще в древние времена. Согласно парадигме Аристотеля, физическая реальность первична, а математический язык является лишь удобным приближением. В рамках парадигмы Платона, истинно реальны именно математические структуры, а наблюдатели воспринимают их несовершенно. Иными словами, эти парадигмы различаются пониманием того, что первично – лягушачья точка зрения наблюдателя (парадигма Аристотеля) или птичий взгляд с высоты законов физики (точка зрения Платона).

Парадигма Аристотеля – это то, как мы воспринимали мир с раннего детства, задолго до того, как впервые услышали о математике. Точка зрения Платона – это приобретенное знание. Современные физики-теоретики склоняются к ней, предполагая, что математика хорошо описывает Вселенную именно потому, что Вселенная математична по своей природе. Тогда вся физика сводится к решению математической задачи, и безгранично умный математик может лишь на основе фундаментальных законов рассчитать картину мира на уровне лягушки, т.е. вычислить, какие наблюдатели существуют во Вселенной, что они

воспринимают и какие языки они изобрели для передачи своего восприятия.

Математическая структура – абстракция, неизменная сущность вне времени и пространства. Если бы история была кинофильмом, то математическая структура соответствовала не одному кадру, а фильму в целом. Возьмем для примера мир, состоящий из частиц нулевых размеров, распределенных в трехмерном пространстве. С точки зрения птицы, в четырехмерном пространстве-времени траектории частиц представляют собой «спагетти». Если лягушка видит частицы движущимися с постоянными скоростями, то птица видит пучок прямых, не сваренных «спагетти». Если лягушка видит две частицы, обращающиеся по орбитам, то птица видит две «спагеттины», свитые в двойную спираль. Для лягушки мир описывают законы движения и тяготения Ньютона, для птицы – геометрия «спагетти», т.е. математическая структура. Сама лягушка для нее – толстый их клубок, сложное переплетение которых соответствует группе частиц, хранящих и перерабатывающих информацию. Наш мир сложнее рассмотренного примера, и ученые не знают, какой из математических структур он соответствует.

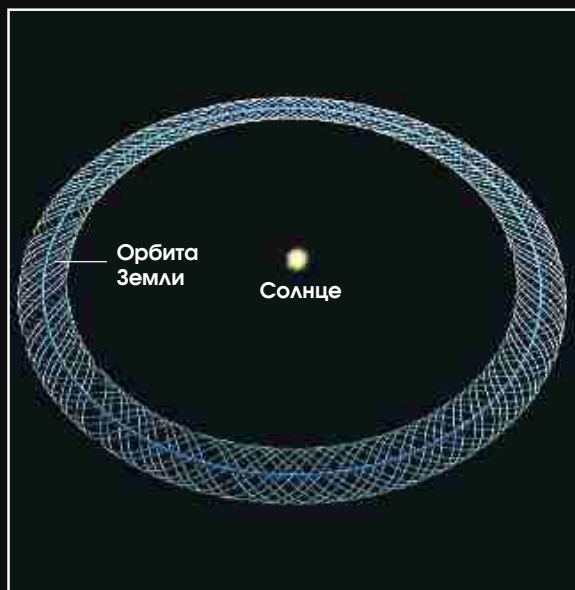
В парадигме Платона заключен вопрос: почему наш мир таков, каков он есть? Для Аристотеля это бессмысленный вопрос: мир есть, и он таков! Но последователи Платона интересуются: а мог бы наш мир быть иным? Если Вселенная математична по сути, то почему в ее основе лежит только одна из множества математических структур? Похоже, что фундаментальная асимметрия заключена в самой сути природы.

Чтобы разгадать головоломку, я выдвинул предположение, что математическая симметрия существует: что все математические структуры реализуются физически, и каждая из них соответствует параллельной вселенной. Элементы этой сверхвселенной не находятся в одном и том же пространстве, но существуют вне времени и пространства. В большинстве из них, вероятно, нет наблюдателей. Гипотезу ▶

## СВЕРХВСЕЛЕННАЯ УРОВНЯ IV

Всеенные могут различаться не только местоположением, космологическими свойствами или квантовыми состояниями, но и законами физики. Они существуют вне времени и пространства, и их почти невозможно изобразить. Человек может рассматривать их только абстрактно как статические скульптуры, представляющие математические структуры физических законов, которые управляют ими. Рассмотрим

простую вселенную, состоящую из Солнца, Земли и Луны, подчиняющихся законам Ньютона. Для объективного наблюдателя такая вселенная представляется кольцом (орбита Земли, «размазанная» во времени), обернутым «оплеткой» (орбита Луны вокруг Земли). Другие формы олицетворяют иные физические законы (*a, b, c, d*). Этот подход позволяет разрешить ряд фундаментальных проблем физики.



можно рассматривать как крайний платонизм, утверждающий, что математические структуры платоновского мира идей, или «умственного пейзажа» математика Руди Ракера (Rudy Rucker) из Университета Сан-Хосе, существуют в физическом смысле. Это сродни тому, что космолог Джон Барроу (John D. Barrow) из Кембриджского университета называл «*p* в небесах», философ Роберт Нозик (Robert Nozick) из Гарвардского университета описывал как «принцип плодovitости», а философ Дэвид Льюис (David K. Lewis) из Принстонского университета именовал «модальной реальностью». Уровень IV замыкает иерархию сверхвселенных, поскольку любая самосогласованная физическая теория может быть выражена в форме некоей математической структуры.

Гипотеза о сверхвселенной уровня IV позволяет сделать несколько поддаю-

щихся проверке предсказаний. Как и на уровне II, она включает ансамбль (в данном случае – совокупность всех математических структур) и эффекты отбора. Занимаясь классификацией математических структур, ученые должны заметить, что структура, описывающая наш мир, является наиболее общей из тех, что согласуются с наблюдениями. Поэтому результаты наших будущих наблюдений должны стать наиболее общими из числа тех, которые согласуются с данными прежних исследований, а данные прежних исследований – самыми общими из тех, что вообще совместимы с нашим существованием.

Оценить степень общности – непростая задача. Одна из поразительных и обнадеживающих черт математических структур состоит в том, что свойства симметрии и инвариантности, обеспечивающие простоту и упорядоченность нашей Вселенной, как

правило, являются общими. Математические структуры обычно обладают этими свойствами по умолчанию, и для избавления от них требуется введение сложных аксиом.

## Что говорил Оккам?

Таким образом, теории параллельных вселенных имеют четырехуровневую иерархию, где на каждом следующем уровне вселенные все менее напоминают нашу. Они могут характеризоваться различными начальными условиями (уровень I), физическими константами и частицами (уровень II) или физическими законами (уровень IV). Забавно, что наибольшей критике в последние десятилетия подвергался уровень III как единственный, не вводящий качественно новых типов вселенных.

В грядущем десятилетии детальные измерения реликтового излучения и крупномасштабного распределения

вещества во Вселенной позволят точнее определить кривизну и топологию пространства и подтвердить или опровергнуть существование уровня I. Эти же данные позволят получить сведения об уровне II путем проверки теории хаотической вечной инфляции. Успехи астрофизики и физики частиц высоких энергий помогут уточнить степень тонкой настройки физических констант, подкрепив или ослабив позиции уровня II.

Если усилия по созданию квантового компьютера будут успешными, появится дополнительный довод в пользу существования уровня III, поскольку для параллельных вычислений будет использоваться параллелизм этого уровня. Экспериментаторы ищут также свидетельства нарушения унитарности, которые позволят отвергнуть гипотезу о существовании уровня III. Наконец, успех или провал попытки решить главнейшую задачу современной физики – объединить общую теорию относительности с квантовой теорией поля – даст ответ на вопрос об уровне IV. Либо будет найдена математическая структура, точно описывающая нашу Вселенную, либо мы наткнемся на предел невероятной эффективности математики и будем вынуждены отказаться от гипотезы об уровне IV.

Итак, можно ли верить в параллельные вселенные? Основные доводы против их существования сводятся к тому, что это слишком расточительно и непостижимо. Первый аргумент состоит в том, что теории сверхвселенной уязвимы для «бритвы Оккама»\*, поскольку они постулируют существование других вселенных, которые мы никогда не увидим. Зачем природе быть столь расточительной и «развлекаться» созданием бесконечного числа различных миров? Однако этот аргумент можно обратить в пользу существования сверхвселенной. В чем именно расточительна природа? Разу-

меется, не в пространстве, массе или количестве атомов: их бесконечно много уже содержится на уровне I, существование которого не вызывает сомнений, так что нет смысла беспокоиться, что природа потратит их еще сколько-то. Реальный вопрос состоит в кажущемся уменьшении простоты. Скептиков беспокоит дополнительная информация, необходимая для описания невидимых миров.

Однако весь ансамбль часто бывает проще каждого из своих членов. Информационный объем алгоритма числа есть, грубо говоря, выраженная в битах длина самой короткой компьютерной программы, генерирующей это число. Возьмем для примера множество всех целых чисел. Что проще – все множество или отдельное число? На первый взгляд – второе. Однако первое можно построить с помощью очень простой программы, а отдельное число может быть чрезвычайно длинным. Поэтому все множество оказывается проще.

Аналогично, множество всех решений уравнений Эйнштейна для поля проще каждого конкретного решения – первое состоит всего из нескольких уравнений, а второе требует задания огромного количества начальных данных на некой гиперповерхности. Итак, сложность возрастает, когда мы сосредотачиваем внимание на отдельном элементе ансамбля, теряя симметрию и простоту, свойственные совокупности всех элементов.

В этом смысле сверхвселенные более высоких уровней проще. Переход от нашей Вселенной к сверхвселенной уровня I исключает необходимость

задавать начальные условия. Дальнейший переход к уровню II устраняет необходимость задавать физические константы, а на уровне IV вообще ничего задавать не нужно. Чрезмерная сложность – это лишь субъективное восприятие, точка зрения лягушки. А с позиции птицы, эта сверхвселенная едва ли может быть еще проще.

Жалобы на непостижимость имеют эстетическую, а не научную природу, и оправданы лишь при аристотелевском мировосприятии. Когда мы задаем глубокий вопрос о природе реальности, не следует ли нам ожидать ответа, который может показаться странным? Эволюция снабдила нас интуицией в отношении повседневной физики, жизненно важной для наших далеких предков; поэтому, как только мы выходим за рамки повседневности, мы вполне можем ожидать странностей.

Общее свойство всех четырех уровней сверхвселенной состоит в том, что простейшая и, по-видимому, самая изящная теория по умолчанию включает в себя параллельные вселенные. Чтобы отвергнуть их существование, нужно усложнить теорию, добавив не подтверждаемые экспериментом процессы и придуманные для этого постулаты – о конечности пространства, коллапсе волновой функции и онтологической асимметрии. Наш выбор сводится к тому, что считать более расточительным и неизящным – множество слов или множество вселенных. Возможно, со временем мы привыкнем к причудам нашего космоса и сочтем его странность очаровательной. ■

#### ОБ АВТОРЕ:

**Макс Тегмарк** (Max Tegmark), еще учась в колледже, создал четырехмерный вариант игры «Тетрис». В иной вселенной Тегмарк стал бы высокооплачиваемым программистом, но в нашей – он профессор физики и астрономии в Пенсильванском университете, специалист по анализу микроволнового космического фона и образованию скоплений галактик. Многие из его работ основаны на концепции параллельных вселенных: это оценка свидетельств бесконечности пространства и космологической инфляции, изучение нарушения квантовой когерентности и исследование вероятности того, что амплитуда флуктуаций реликтового излучения, размерность пространства-времени и законы физики могут различаться в разных областях мира.

\* Уильям Оккам (William Occam) – философ-схоласт XIV в., утверждавший, что понятия, не сводимые к интуитивному и опытному знанию, должны изгоняться из науки (принцип «бритвы Оккама»).

# 50 лет ДВОЙНОЙ СПИРАЛИ

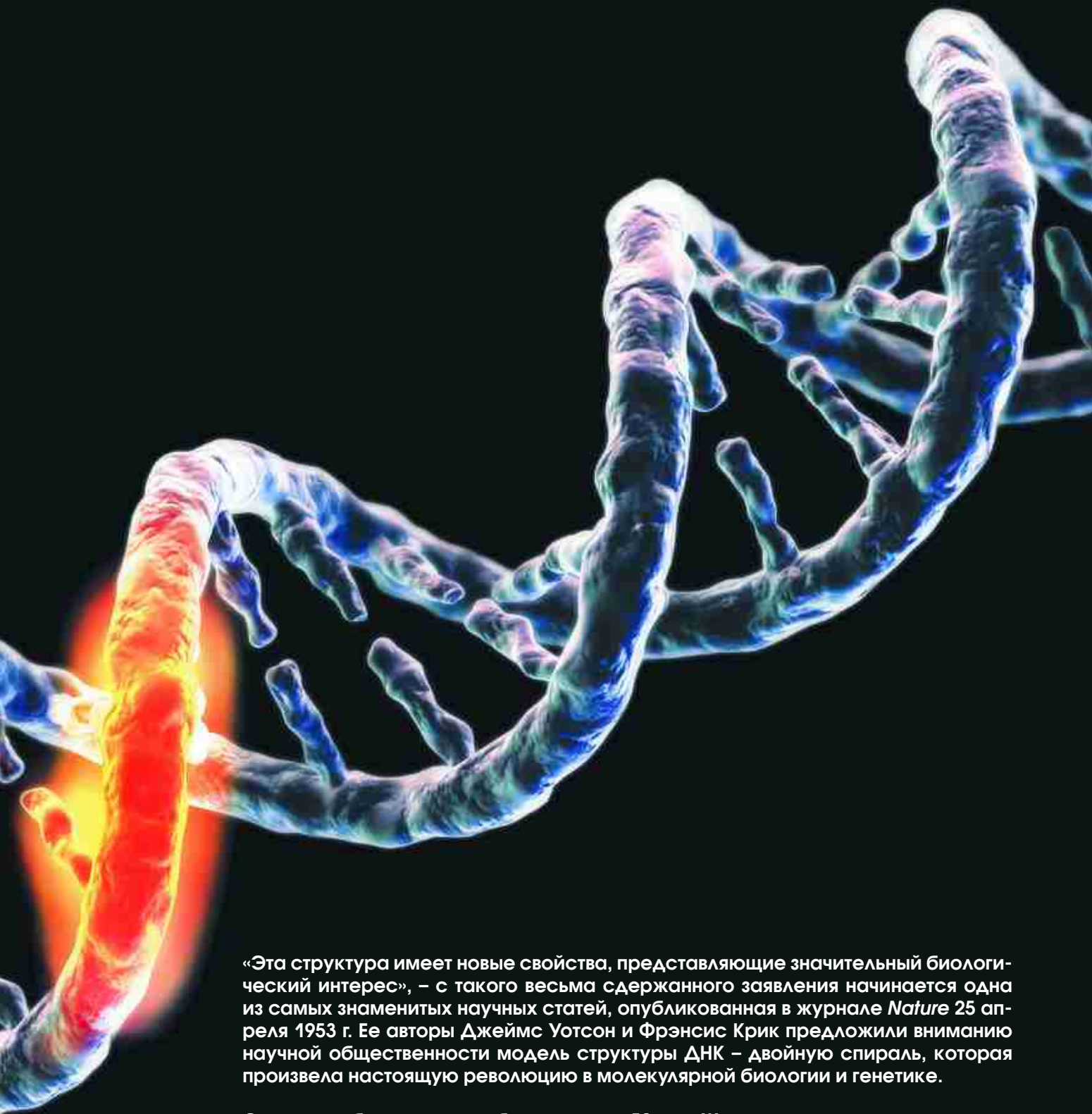
50-летний **ЮБИЛЕЙ** важнейшего  
события в истории **ГЕНЕТИКИ**.

Беседа с Джеймсом Уотсоном

Мы отдаем себе отчет в том, что установленное нами специфическое спаривание оснований сразу указывает на возможный механизм копирования вещества наследственности.

Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик,  
*Nature*, 25 апреля 1953 г.





«Эта структура имеет новые свойства, представляющие значительный биологический интерес», – с такого весьма сдержанного заявления начинается одна из самых знаменитых научных статей, опубликованная в журнале *Nature* 25 апреля 1953 г. Ее авторы Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик предложили вниманию научной общественности модель структуры ДНК – двойную спираль, которая произвела настоящую революцию в молекулярной биологии и генетике.

Со дня опубликования работы прошло 50 лет. Желая отметить столь знаменательную дату, Джон Ренни (John Rennie), главный редактор *Scientific American*, решил побеседовать с Джеймсом Уотсоном. Встреча состоялась в лаборатории Колд-Спринг-Харбор на Лонг-Айленде, которой ученый руководит последние 25 лет. Уотсон рассказал об истории открытия двойной спирали, о современном состоянии молекулярной биологии и о противоречивом отношении общественности к генетическим наукам.

**SCIENTIFIC AMERICAN (SA):** – ДНК больше не является исключительно достоянием науки. Теперь это культурный феномен, метафора, выражающая нашу сущность. Мы слышим о ней повсюду: это предмет повседневных разговоров и произведений искусства. Когда вы работали над созданием двойной спирали, приходило ли вам в голову, что ДНК ждет такое будущее?

**ДЖЕЙМС УОТСОН (Д.У.):** – Конечно, нет. В то время еще не умели определять нуклеотидную последовательность ДНК и получать ее в достаточном количестве. В статье известного австралийского иммунолога Фрэнка Бернета (Frank Macfarlane Burnet), опубликованной в 1961 г., утверждалось, что ДНК и молекулярная биология в целом не имеют никакого значения для медицины. И так будет до тех пор, пока не удастся расшифровать заключенную в этой молекуле информацию.

Мы же в далеком 1953 г. хотели выяснить, в каком виде хранится в ДНК информация и каким образом «клеточная машина» производит белки. Мы и не думали о генной терапии. Прошло еще 15 лет, прежде чем стало возможным говорить о чем-то подобном. Случилось это в 1968 г., когда были открыты ферменты, расщепляющие ДНК (ферменты

рестрикции), а чуть позже разработаны методы определения нуклеотидной последовательности ДНК.

**SA:** – Вы говорили, что к исследованию ДНК вас привел интерес к эволюции и к вопросам передачи информации.

**Д.У.:** – Да, и большую роль сыграла книга физика Эрвина Шрёдингера «Что такое жизнь? Физические аспекты живой клетки» (1944 г.). Не он первый высказал мысль о существовании некоего кода, позволяющего молекулам клетки передавать информацию. Но это была первая книга, затрагивающая эту проблему, которую я прочел. Ко времени ее выхода ряд ученых, например биолог Дж. Холдейн (J.B.S. Haldane), уже указывали на возможную связь между генами и белками. Но в то время аминокислотная последовательность белков тоже не была известна. Знали только, что какая-то последовательность у них существует, и все. Лишь с открытием структуры ДНК и секвенированием первого полипептида ситуация несколько прояснилась.

**SA:** – Можно ли сказать, что в работе над ДНК вами двигало чисто научное любопытство, а не честолюбие?

**Д.У.:** – По своей природе я любознательный человек. Мне больше нравится читать книги по экономике, чем по истории, потому что в них есть разъяснения. А объяснить суть жизни можно, только установив молекулярную основу живого. Я не отношусь к сторонникам божественного происхождения жизни. И я очень рад, что меня воспитал отец, не имевший никаких религиозных убеждений.

**SA:** – Если оглянуться на историю гонки, предшествовавшей открытию двойной спирали, станет понятно, что это открытие рано или поздно все равно бы произошло. Слишком многие были близки к цели – вы вместе с Криком, Лайнус Полинг (Linus Pauling) из Калифорнийского технологического института, Морис Уилкинс (Maurice Wilkins) и Розалинда Франклин (Rosalind Franklin) из Королевского колледжа. Если бы тогда этого не сделали вы с Криком, то...

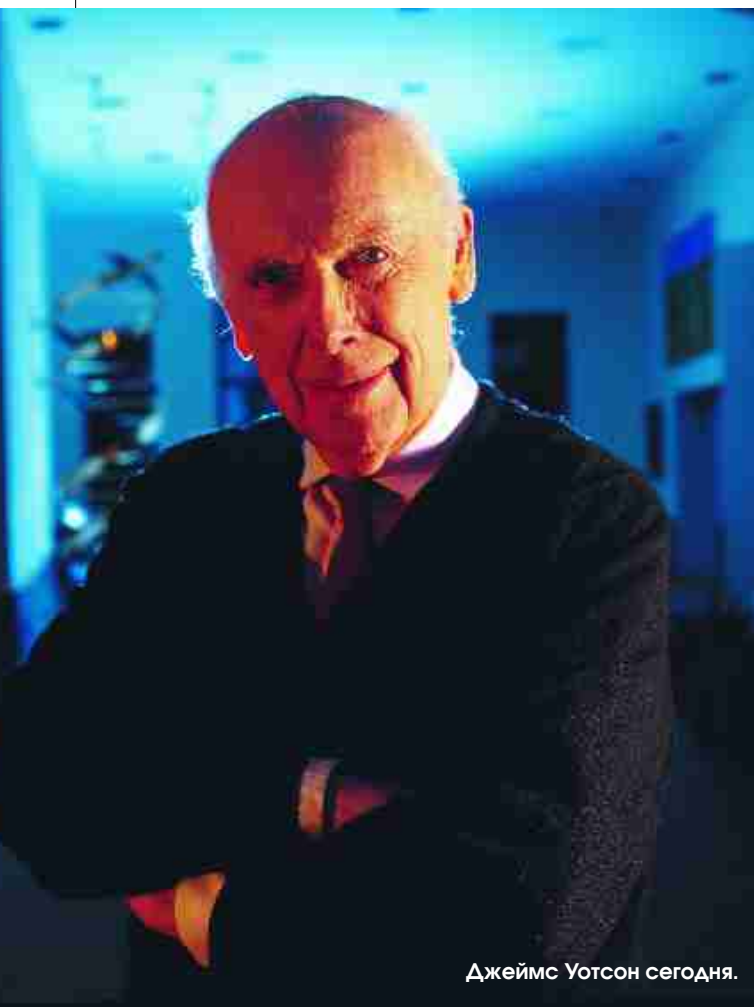
**Д.У.:** – Я думаю, не прошло бы и года, как это сделал кто-то другой.

**SA:** – Всегда ходило много слухов о том, что Уилкинс передал вам рентгенограммы ДНК, полученные Франклином, без ее разрешения и что именно они сыграли важную роль в расшифровке структуры ДНК. Не кажется ли вам сегодня, что было бы справедливее, если бы Нобелевский комитет присудил премию ей вместе с вами и Криком, а не Уилкинсу?

**Д.У.:** – Думаю, что нет. Уилкинс предоставил нам рентгенограммы А-формы ДНК, а Розалинда – В-формы. Так что в идеале Франклин и Уилкинсу нужно было бы присудить Нобелевскую премию по химии, а Крику и мне – по биологии. Тогда все было бы справедливо. Но вышло иначе.

Мы стали столь прославленными только потому, что знаменита сама ДНК. Если бы Розалинда, беседуя в начале 1951 г. с Фрэнсисом, поделилась с ним своими данными, эту структуру установила бы она. И тогда именно она стала бы знаменитой.

**SA:** – За сто лет мы прошли путь от повторного открытия законов Менделя и идентификации хромосом как наследственного материала до расшифровки генома человека.



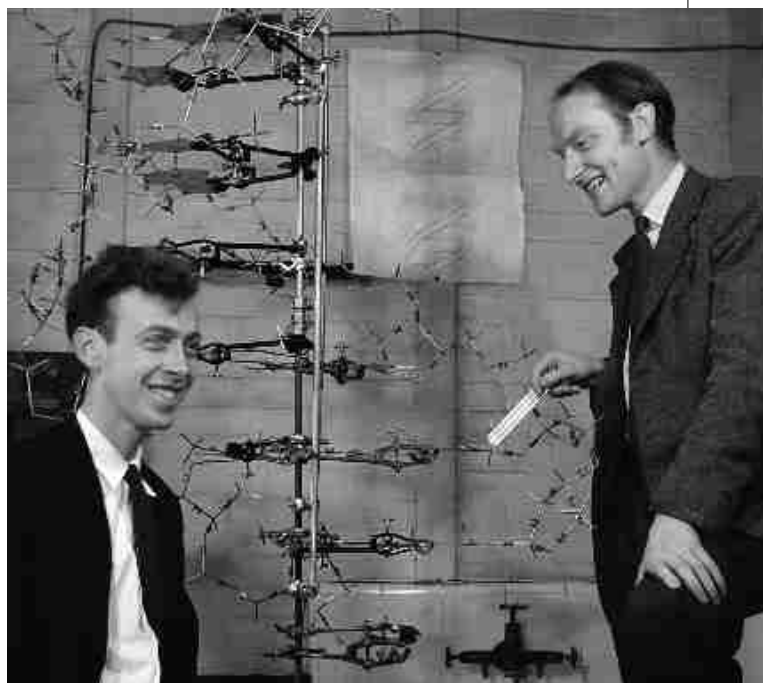
Джеймс Уотсон сегодня.

Если говорить о ДНК, то как много здесь еще предстоит сделать? Ждут ли нас новые открытия или осталось только уточнить какие-то детали?

**Д.У.:** – Я думаю, главное сейчас – это хроматин (комплекс между ДНК и гистонами, составляющий основу хромосом). От чего зависит, будет ли данный участок ДНК в хромосоме функционировать, при том что весь он покрыт гистонами? Есть еще что-то помимо нуклеотидной последовательности. Вот это сейчас самое увлекательное в генетике. И, как мне кажется, дела здесь идут довольно быстро. Думаю, что в ближайшие 10 лет поле будет вспахано. На нем трудится много достойных людей, и у нас есть все необходимые инструменты. Придет время, и удастся раскрыть принципы функционирования генов и перейти к таким вопросам, как работа мозга.

**СА:** – Если бы вы начинали свою научную карьеру сейчас?..

**Д.У.:** – Я занялся бы исследованиями, касающимися связи между генами и поведением. Можно найти гены, определяющие поведение, но они не скажут вам, как работает мозг. Мой интерес к живому начался с наблюдений за птицами. Пока вы не узнаете, как работает их мозг, вы не сможете понять, каким образом гены отдают команду к миграции. Ведь взрослая птица не может объяснить подросту птенцу, куда лететь! Это должно быть заложено в его генах.



Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик (справа), 1953 г.

## Иногда приходится слышать: «Клонирование означает, что появятся специалисты по конструированию детей?» На что я могу ответить: «А чем это хуже, чем специалисты по конструированию одежды?»

Есть масса других проблем, касающихся поведения. Многим непонятно, как мужчина может любить мужчину; на это я отвечаю: «Это такая же тайна, как и любовь мужчины к женщине». Поведение – вещь загадочная! Как заметил Фрэнсис, здесь не существует никакого аналога молекулы ДНК, начав с которого, можно было бы понять все остальное.

**СА:** – Сегодня многие исследования, связанные с генетикой, находятся в центре внимания общественности: генетически модифицированные продукты, клонирование, геномная дактилоскопия и т.д. Как вы думаете, насколько строгим должен быть контроль со стороны государства?

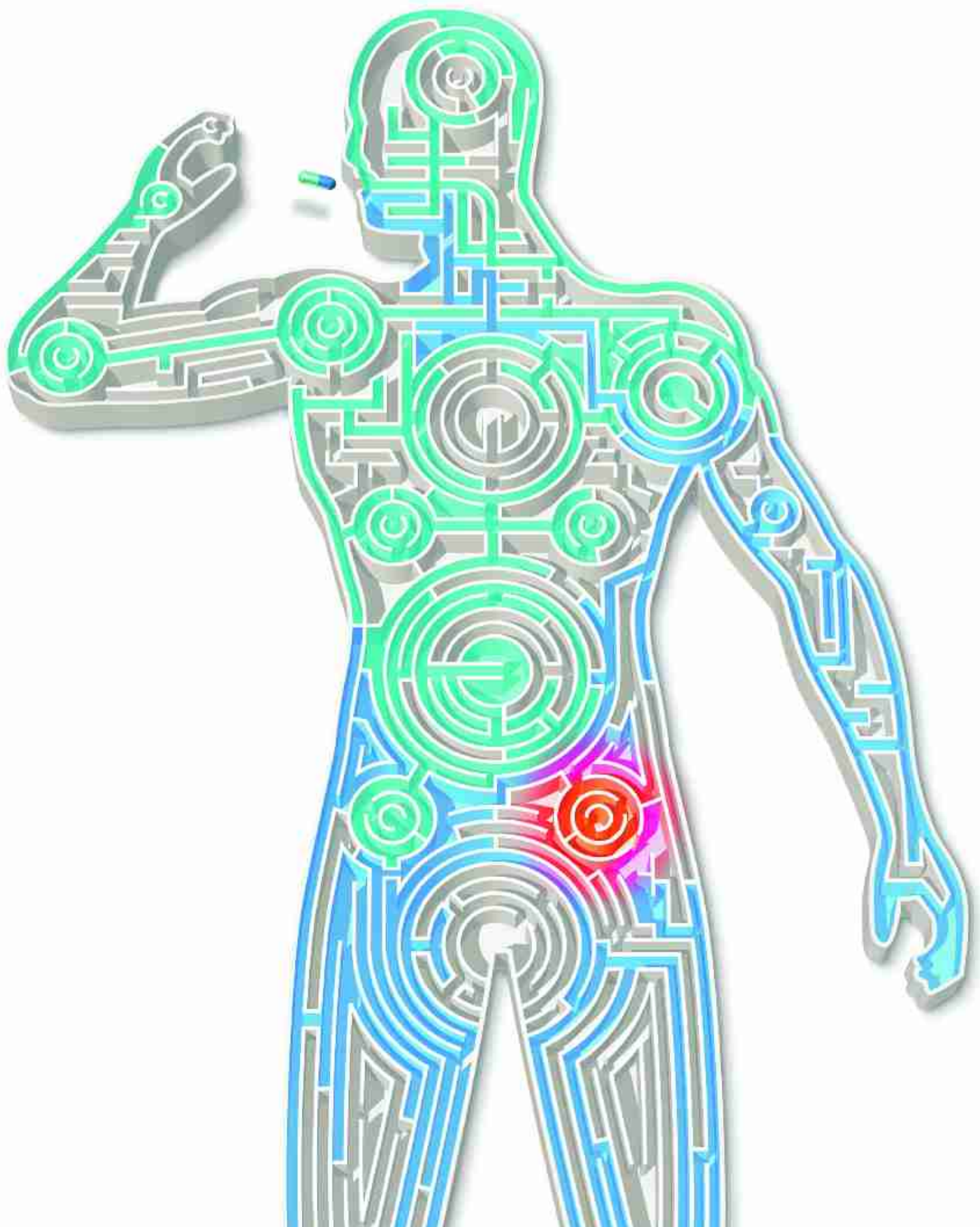
**Д.У.:** – Я думаю, что государство не должно вмешиваться. Я бы предпочел, чтобы оно стояло в стороне, так, как оно ведет себя, когда дело касается аборт.

Сегодня в центре внимания находится клонирование. Но создание первого клона – это не взрыв атомной бомбы. Он не может никому навредить! У моего знакомого, известного французского ученого, никогда не было детей, потому что в его семье были душевнобольные, и он не хотел

появления на свет еще одного нездорового человека. А клонирование гарантирует от такой случайности. Я думаю, приоритет должен принадлежать семье, а не государству.

Иногда приходится слышать: «Но это означает, что появятся специалисты по конструированию детей?» На что я отвечаю: «А чем это хуже, чем специалисты по конструированию одежды?» Если вы можете не опасаться, что у вас родится ребенок, страдающий астмой, разве это не прекрасно? Что плохого в клонировании в терапевтических целях? Кому такое навредит?

Допустим, вы уверены, что каждое растение – Божье творение, созданное для определенных целей. Но тогда вы не должны пытаться хоть как-то изменить его. Однако Америка сегодня совсем не та, какой она была прежде, когда сюда прибыли отцы-пилигримы. Все изменилось. Мы никогда не пытались законсервировать прошлое, мы стремились к усовершенствованию. И я думаю, любые попытки остановить человека на этом пути вступают в противоречие с его природой. ■





# КУДА НЕ МОЖЕТ ДОБРАТЬСЯ НИ ОДНА ТАБЛЕТКА

Используя последние **ДОСТИЖЕНИЯ**  
**НАНОТЕХНОЛОГИЙ** и **МИКРООБРАБОТКИ**

специалисты конструируют имплантируемые микрочипы,  
которые **ДОСТАВЛЯЮТ** лекарства  
**ТОЧНО В ЦЕЛЬ.**

Роберт Лангер

Лекарственное вещество, оказавшееся в нашем организме вместе с проглоченной таблеткой, попадает в настоящий лабиринт. Оно должно пройти желудок, попасть в кишечник, проникнуть через его стенку и выйти в кровоток. Далее ему предстоит трудный путь через печень – и только потом в другие органы и ткани. Ему нужно уцелеть в кислом желудочном соке, преодолеть мембранные барьеры, избежать действия ферментов, так и норовящих разбить его вдребезги на бесполезные осколки.

Чтобы помочь лекарственным веществам обойти все препятствия, фармацевты прибегают к различным ухищрениям. Часто они заключают таблетки в оболочку, не разрушающуюся под действием желудочного секрета, но легко растворяющуюся в более щелочной среде в тонком кишечнике. Однако если лекарство имеет белковую природу (а именно таково большинство новых биотехнологических препаратов), то его поджидает еще одна опасность – специ-

фические ферменты, расщепляющие белки (протеиназы). Конечно, можно приставить к таким средствам «телохранителей» – упаковать их в оболочку из ингибиторов протеиназ. Они защитят белок, но ему уже будет гораздо труднее пройти сквозь слизистую кишечника и попасть в кровь. Кроме того, будет труднее контролировать фармакокинетику – скорость выхода препарата в кровоток и время его нахождения в различных тканях и органах.

Проблемы, связанные с пребыванием лекарственного вещества в желудке и кишечнике, снимаются, если принимать его не внутрь (перорально), а вводить, минуя пищеварительный тракт (парентерально). Однако многие больные не хотят делать бесчисленные инъекции, так что приходится искать другие пути. За последние десять лет было разработано множество новых способов введения в организм лекарств: аппликация, имплантация, инъекции пролонгированных препаратов, нанесение гелей, капсулы с кон-

тролируемым высвобождением препарата, назальные и легочные аэрозоли. Недавно Администрация по контролю за продуктами питания и лекарствами США (*FDA*) одобрила применение двух новых средств. Один из них – нутропин-депо представляет собой деградируемые микросферы, содержащие гормон роста; интервал между введениями составляет четыре недели. Второй препарат глиадель – капсула, которую можно имплантировать в мозг и проводить прицельную химиотерапию при опухолях головного мозга. В Европе уже практикуются покрытые полимерным материалом стенты (расширители), из которых высвобождается лекарственное вещество. Стенты позволяют поддерживать надлежащий просвет кровеносных сосудов после хирургического удаления тромбов (ангиопластики).

Ученые пытаются использовать в качестве «ворот» для введения лекарства почти все органы и ткани человеческого тела – кожу, слизистую носо- ▶

# Для введения лекарственных препаратов ученые пытаются использовать **ПОЧТИ ВСЕ ОРГАНЫ И ТКАНИ** человеческого тела – кожу, слизистую носоглотки, легкие, желудок.

глотки, легкие, желудок. Они работают над созданием новых неинвазивных методов, например пытаются приспособить ультразвук для безболезненного введения препаратов через кожу. Используя последние достижения нанотехнологии и микрообработки, специалисты конструируют имплантируемые микрочипы, которые доставляют лекарства точно в цель.

## Пройти сквозь стену

Одна из основных проблем – создание новых технологий, облегчающих прохождение лекарства через стенку кишечника. Так, Эдит Матиовиц (Edith Mathiowitz) из Университета Брауна разработала метод заключения белков в крошечные шарики из биоадгезивного вещества, которые могут проходить между клетками и сквозь них. Сама идея использования биоадгезивов не нова – их применяли еще в 1970–1980-х гг. для улучшения связывания препаратов со слизистой. 10 лет назад наиболее многообещающими полимерными биоадгезивами считались взаимодействующие с водой вещества – гидрофильные полимеры

и гидрогели. В то время в качестве биоадгезивов использовали наиболее влаголюбивые полимеры – те, у которых особенно много карбоксильных групп. Они действительно хорошо связывались со слизистой кишечника, но тяжело проходили сквозь нее и высвобождали включенные в них лекарственные вещества раньше, чем нужно.

В 1997 г. Матиовиц обнаружила, что гидрофобные биоадгезивные полимеры (полиангидриды) связываются со слизистой кишечника так же хорошо, как гидрофильные, но при этом легче проходят сквозь нее и быстрее попадают в кровоток. Особенно хорошими адгезивными свойствами обладал поли(фумаро-косебадиновый ангидрид).

Ученые также выявили биоадгезивные полимеры, разбухающие при изменении *pH*. Они защищают белковое лекарственное вещество (например, инсулин) от разрушения под действием желудочного сока (низкие значения *pH*) и высвобождают его в более щелочной среде (высокие значения *pH*) – в кишечнике. Кроме того, полимерная оболочка защищает белок от протеиназ, присутствующих в верхнем отделе

тонкого кишечника, и слегка раздвигает клетки кишечной стенки, прокладывая дорогу для белка.

Альтернативный способ повышения эффективности всасывания лекарства при пероральном приеме состоит в присоединении к нему молекул-переносчиков, транспортирующих препарат через выстилку кишечника. Они сжимают белковые молекулы, и те легче проходят сквозь мембраны. Выполнив работу по доставке, переносчик разрушается, а белок принимает исходную конформацию, соответствующую его активному состоянию.

Еще один подход основан на «пришивании» белкового лекарственного вещества к молекулам, имеющим специфические рецепторы в желудочно-кишечном тракте. Одним из первых такие разработки провели ученые из Нового Южного Уэльса. Они использовали способность рецепторов клеток кишечника захватывать витамин  $B_{12}$  и транспортировать его через стенку. Если к молекуле  $B_{12}$  «пришить» белок, то рецептор транспортирует и его. Но так ли много рецепторов витамина  $B_{12}$  в кишечнике, чтобы переправить в кровь достаточное количество препарата? Внимание исследователей привлекают также лектины, клейкие вещества, входящие в состав соединительной ткани.

## Целительные аппликаторы

Всасывание лекарства через стенку кишечника – прямой способ попадания его в кровоток, но далеко не столь контролируемый, как проникновение через кожу. Для многих соединений кожа является почти непреодолимым

### ОБЗОР: ДОСТАВКА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

- Многие лекарственные вещества (прежде всего имеющие белковую природу) при приеме внутрь быстро разрушаются.
- Ученые работают над созданием новых способов введения лекарств, в том числе с помощью устройств, которые, используя электрический ток или ультразвук, позволяют препаратам безболезненно проникать через кожу.
- В недалеком будущем появятся имплантируемые микрочипы, которые обеспечат введение лекарств по заданной программе и передадут всю информацию на компьютер лечащего врача.

барьером, но есть препараты с такими физическими и химическими свойствами, что скорость их прохождения через это препятствие довольно высока. Существуют специальные аппликаторы, крепящиеся к коже на несколько суток, из которых в организм поступает, например, никотин (этот метод применяется к курильщикам) или эстроген (он снимает нежелательные симптомы в менопаузе и входит в состав контрацептивов).

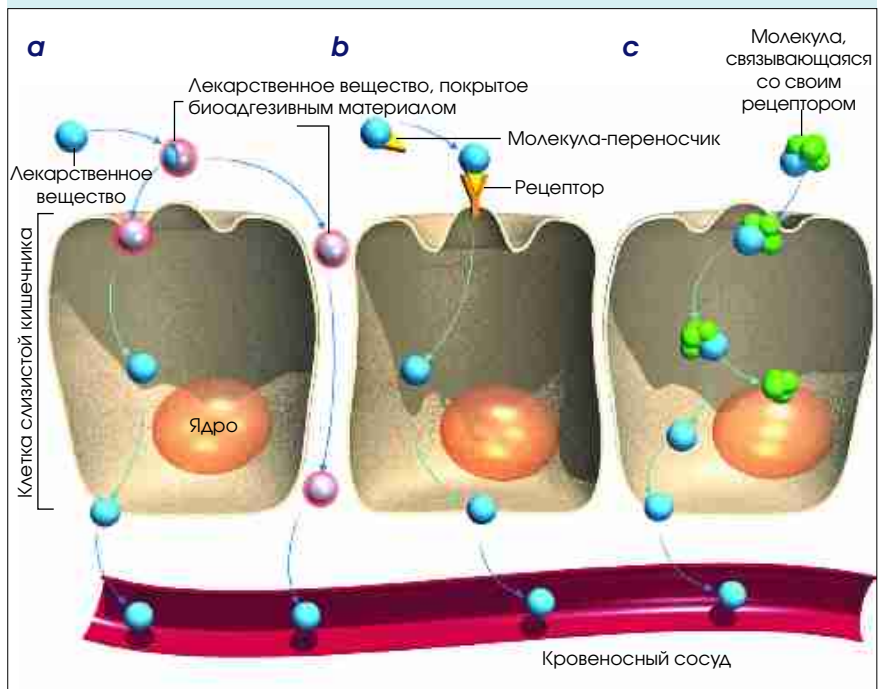
Эпидермис можно сделать проницаемым для многих лекарственных веществ, если пропустить через кожу слабый импульс постоянного электрического тока. Для этого на кожу накладывают два аппликатора (один заряжен положительно, другой – отрицательно), соединенных с сосудом, который содержит вводимый препарат. Когда через кожу пропускают слабый, не вызывающий никаких болевых ощущений электрический ток, молекулы лекарственного вещества проходят через наружный слой эпидермиса и попадают в кровеносные сосуды кожи. Фирма *Vyteris* из Нью-Джерси подала в *FDA* заявку на производство портативного устройства для введения обезболивающего вещества лидокаина методом ионофореза. Аппарат настолько мал, что его можно носить под нижним бельем. Клинические испытания прибора проведут на больных остеопорозом, которые должны регулярно получать паратгормоны.

Для повышения проницаемости кожи можно прибегнуть и к ультразвуку. Ученые обнаружили, что под его воздействием на короткое время нарушается целостность самого серьезного барьера на пути лекарственных веществ – наружного слоя омертвевших клеток кожи. Дэниел Бланкштейн (*Daniel Blankstein*) из Массачусетского технологического института, Самир Митраготри (*Samir Mitragotri*), мой бывший аспирант, и я использовали ультразвук для повышения скорости диффузии через кожу белковых молекул размером с молекулу инсулина и добились 5000-кратного ее увеличения. Фирма *Sontra Medical* в Кембридже

### ЧЕРЕЗ ЖЕЛУДОК И КИШЕЧНИК

**ПРОБЛЕМА:** кислота, присутствующая в желудочном соке, и пищеварительные ферменты разрушают лекарственное вещество еще до того, как оно достигает цели. Лекарство с трудом проникает через стенки кишечника.

**РЕШЕНИЕ:** а) покрыть лекарственное вещество биоадгезивным полимерным материалом, который связывается со слизистой и проходит через сами клетки и между них; б) «пришить» лекарственное вещество к молекуле, у которой есть рецептор на клеточной поверхности; в) «прикрепить» лекарственное вещество к молекуле-переносчику, которая транспортирует его в клетку.



занимается сейчас адаптацией этого метода к введению через кожу инсулина и анальгетиков. Разработанный ими аппарат испускает короткие (15 сек.) ультразвуковые импульсы (более слабые, чем при ультразвуковом обследовании), под действием которых небольшой участок кожи становится более проницаемым на период до 24 часов. Наконечник прибора колеблется с частотой 55 000 циклов в 1 секунду (55 кГц) и образует в жидкой среде, нанесенной на кожу, крошечные пузырьки. Расширяясь и сжимаясь, они создают миниатюрные временные каналы в мембране омертвевших

клеток, через которые и проходят молекулы лекарственных веществ.

### Глубокий вдох

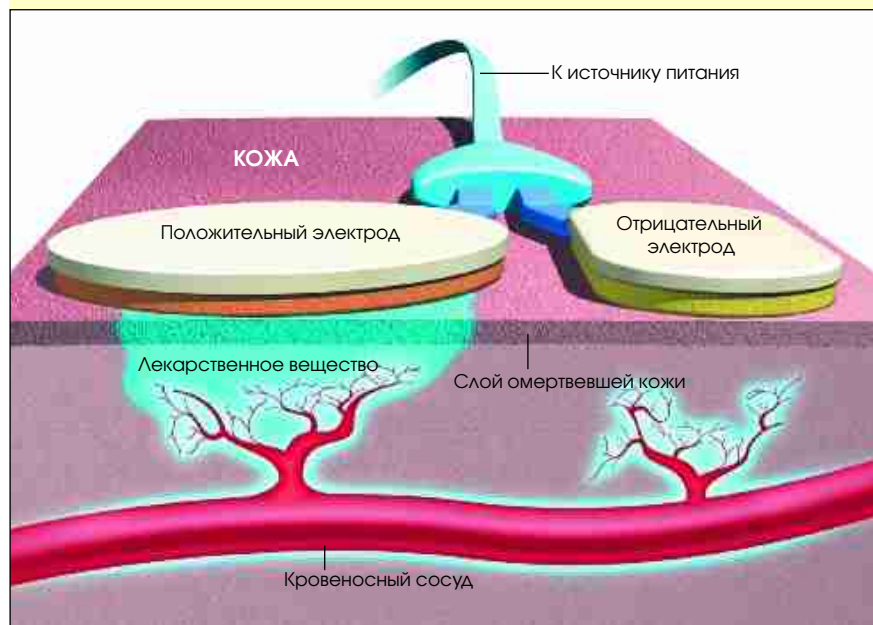
Еще один путь для попадания лекарства в организм – легкие. Они состоят из микроскопических пузырьков – альвеол, через которые в кровь поступает кислород. Такой же маршрут могут проделывать более крупные молекулы, попавшие в легкие в составе аэрозоля. Правда, для этого нужны ингаляторы, образующие достаточно много мелких аэрозольных частиц, которые проникли бы глубоко в легкие и не утрачивали целебных свойств. Большинство же ▶

Когда **через кожу пропускают слабый электрический ток**, молекулы лекарственного вещества свободно проходят через наружный слой эпидермиса и попадают в кровеносные сосуды кожи.

### ЧЕРЕЗ КОЖУ

**ПРОБЛЕМА:** наружный слой кожи, состоящий из омертвевших клеток, является для лекарственных средств непреодолимым барьером. Крупным молекулам трудно проникнуть сквозь эпидермис и попасть в кровеносные сосуды в коже.

**РЕШЕНИЕ:** для того чтобы сделать кожу проницаемой, используют ионофорез (внизу). Под воздействием ультразвука в самом верхнем слое кожи образуются крошечные временные каналы.



#### ОБ АВТОРЕ:

**Роберт Лангер** (Robert Langer) – профессор Массачусетского технологического института (МТИ), занимающийся исследованиями в области химической и биомедицинской техники. В 2002 г. был удостоен премии Чарлза Старка Дрепера, аналога Нобелевской премии в области техники. В 1998 г. получил премию Лемелсона МТИ как «один из самых плодотворных изобретателей в области медицины». Лангер является членом сразу трех национальных академий США.

ингаляторов (например, для лечения астмы) расходуют с пользой не более 10% своего содержимого. Есть и еще один барьер – клетки иммунной системы (макрофаги), перехватывающие большинство чужеродных для организма агентов и мгновенно обезвреживающие их.

Над созданием эффективных ингаляторов сегодня работают многие компании. Так, фирма *Aradigm* из Хейварда, Калифорния, изобрела программируемое устройство, позволяющее вводить строго определенные дозы препарата в виде жидких аэрозольных частиц. Есть и другой способ, когда аэрозольное облако возникает из частиц сухого, измельченного в пудру вещества; такие крошечные пылинки способны достигать самых дальних участков легких. Оба прибора сейчас проходят испытания на больных диабетом.

До середины 1990-х гг. все усилия были направлены лишь на совершенствование ингаляторов. Однако свойствам самих аэрозольных частиц и их влиянию на эффективность доставки лекарственных веществ не придавалось никакого значения. Впервые об этом задумался Дэвид Эдварс (David A. Edwards), профессор Гарвардского университета. Он предположил, что если существенно уменьшить плотность аэрозольных частиц, увеличив при этом их размер и пористость, то они не будут агрегировать и смогут проникать глубоко в легкие с потоком воздуха, создаваемым простым ингалятором. Кроме того, ученый надеялся, что более крупные частицы не будут поглощаться макрофагами.

## ГЕНЫ – ТОЧНО ПО АДРЕСУ

Как утверждает известный биолог Индер Верма (Inder M. Verma) из Института биологических исследований Солка в Сан-Диего, перед генной терапией стоят три основные проблемы: доставка генетического материала, доставка и еще раз доставка. Чтобы ввести в организм новый ген, необходимо плотно упаковать несущую его ДНК, так, чтобы клетка-хозяин могла ее проглотить. Но это еще не все: нужно уберечь ДНК от клеточных ферментов, доставить ее в ядро и перевести в активную форму. Долгое время в качестве «перевозчика» чужеродных генов (вектора) ученые использовали вирусные частицы. Но даже вирусы, лишённые инфекционных свойств, отнюдь не безопасны.

Параллельно поискам безвредных вирусных векторов ученые занимаются разработкой альтернативных способов доставки чужеродных генов, в основе которых лежит использование полимеров или липидов. Интересный подход избрал Марк Дэвис (Mark E. Davis) из Калифорнийского технологического института. Он решил упаковать ДНК в оболочку из *B*-циклодекстринов (*CD*, от англ. *B-cyclodextrins*), положительно заряженных полимерных молекул. Выбор ученого определялся тем, что *CD* малотоксичны, не отторгаются организмом и хорошо растворяются в воде. Вначале он намеревался упаковать ДНК в сферические частицы диаметром ~1 нм, состоящие из одних *CD*, но опыты на животных показали, что они быстро разрушались. Тогда Дэвис присоединил к оболочке частиц адамантан-полиэтиленгликоль (АПЭГ) и получил не только стабильные частицы одинакового размера, но и смог предотвратить их агрегацию в выворотке крови.

Кроме того, такие «инкрустированные» *CD*-частицы обладали химическим «якорем», с помощью которого они могли присоединять молекулы, доставляющие их к определенным

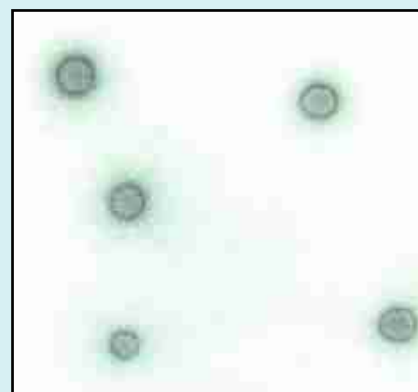
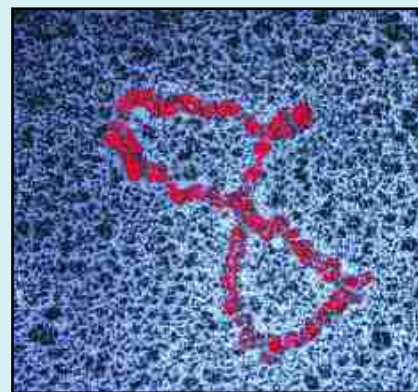
клеткам. Сейчас проводятся испытания способности этой системы осуществлять адресную доставку лекарственных веществ при лечении онкологических заболеваний и болезней печени.

Созданием специальных полимеров для генной терапии занимается и Дэвид Линн (David M. Lynn) из Висконсинского университета в Мадисоне. Он синтезировал ряд биodeградируемых катионных полимеров (полиаминоэфиров) и разработал способ отбора тех из них, которые охотно связываются с ДНК, хорошо растворяются в сыворотке крови и легко проникают в клетку (трансфицируют ее). Ему удалось найти несколько полимеров, трансфицирующих клетку более эффективно, чем такие стандартные невирусные векторы, как липофектамин и полиэтиленмин.

Аналогичный подход использовал Фред Коэн (Fred E. Cohen) из Калифорнийского университета в Сан-Франциско. Он синтезировал новый класс полимеров – пептоиды, катионные *N*-замещенные олигомеры глицина. Некоторые из них способны конденсировать ДНК до клубочков размером 50–100 нанометров, легко проникающих в клетки.

По данным Сун Ван Кима (Sung Wan Kim) из Университета Юты, для доставки генов можно использовать также липиды. Ким упаковал ДНК, содержащую нужный ген, в сферические частицы из стеарилполилизина, а затем покрыл их липопротеином низкой плотности. Система использовалась для введения гена, кодирующего фактор роста сосудистого эндотелия (*VEGF*), в клетки сердечной мышцы кролика с ишемической болезнью сердца. В следующем году такой способ адресной доставки генов предполагается апробировать на людях, страдающих ИБС. Есть надежда, что введенный *VEGF*-ген подстегнет процесс образования новых кровеносных сосудов и избавит сердце от кислородного голодания.

Самая серьезная проблема в генной терапии – доставка в хозяйскую клетку нового гена.

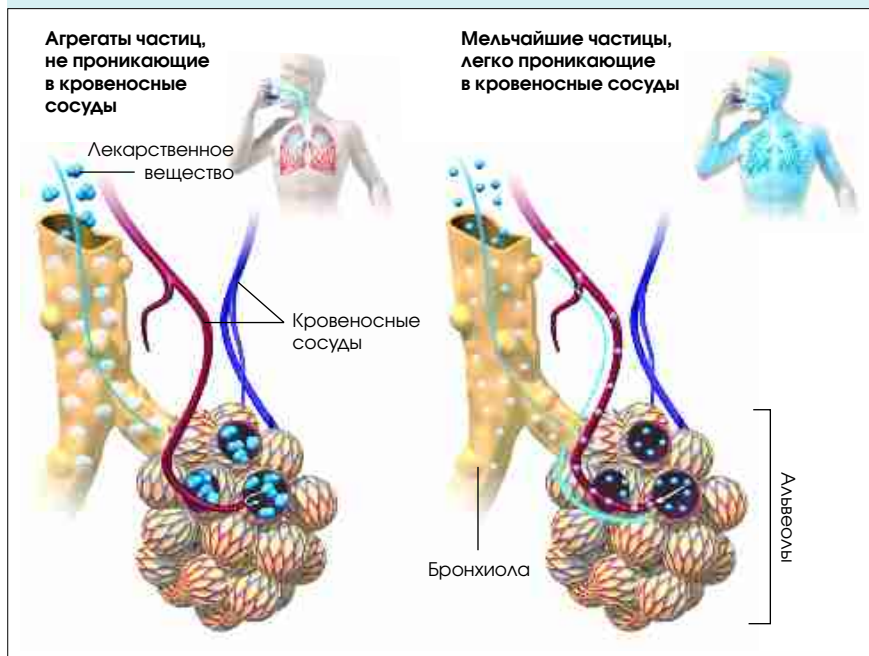


**КОЛЬЦЕВАЯ ПЛАЗМИДНАЯ ДНК** (вверху), несущая нужный ген, может выполнить свою векторную функцию только после того, как проникнет в клетку-хозяина. Часто в качестве векторов в генной терапии используют вирусные частицы, но такой способ небезопасен. Сейчас ученые предпочитают упаковывать плазмидную ДНК в полимерные шарики (внизу), охотно поглощаемые клетками.

## ЧЕРЕЗ ЛЕГКИЕ

**ПРОБЛЕМА:** аэрозольные частицы с трудом проникают в альвеолы, т.к. захватываются клетками иммунной системы – макрофагами.

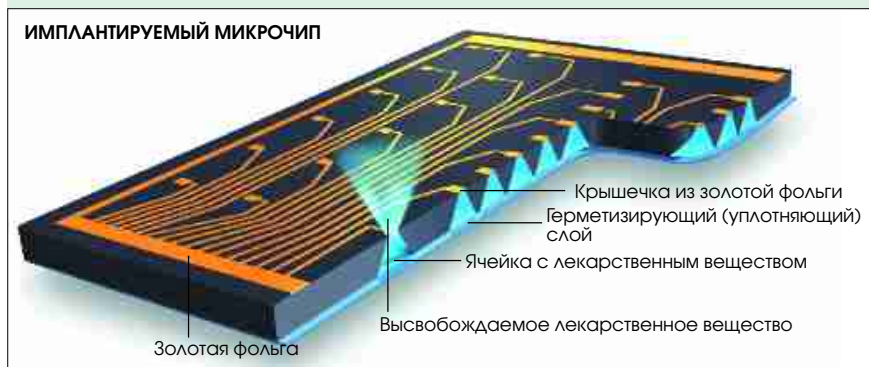
**РЕШЕНИЕ:** оптимизация размеров аэрозольных частиц; предотвращение их слипания, так, чтобы аэрозоль представлял собой тончайшее облако.



## ВСЕ ПОД КОНТРОЛЕМ

**ПРОБЛЕМА:** необходимо поддерживать терапевтическую концентрацию лекарственного вещества в организме, не прибегая к его многократному введению.

**РЕШЕНИЕ:** создание имплантируемого микрочипа с заполненными лекарственным препаратом ячейками. Ячейки герметично закрыты золотой фольгой, которая растворяется под действием электрического тока.



Как показали опыты на животных – крупные аэрозольные частицы инсулина остаются в легких на срок до 4 суток. Сегодня такой способ введения различных лекарств апробируется и на людях.

## Умные микрочипы

Наиболее перспективное направление – создание «высокоинтеллектуальных» систем доставки, которые способны в ответ на химические сигналы, посылаемые организмом, высвобождать лекарственные вещества и поддерживать их концентрацию на должном уровне.

Несколько лет назад, когда я смотрел фильм об изготовлении кремниевых чипов для компьютеров, мне пришла в голову мысль использовать такую же технологию для создания управляемых систем доставки лекарственных веществ. Вместе с Майклом Сайма (Michael J. Cima), экспертом по обработке керамики, и Джоном Сантини (John. T. Santini) из Мичиганского университета мы создали кремниевый микрочип, который содержал множество ячеек, заполняемых лекарственным веществом. Ячейки были герметично закрыты тончайшей золотой фольгой; когда на ту или иную ячейку подавался слабый электрический ток (~1 В), фольга растворялась, и лекарство выходило наружу.

Такие микрочипы можно имплантировать под кожу, в спинной и головной мозг и использовать для введения в организм самых разных веществ – от анальгетиков до противоопухолевых препаратов. Опыты на животных показали, что материалы, используемые при их изготовлении, биосовместимы и не дают побочных эффектов. Сами чипы и система их питания просты в использовании: устройство выдает точную информацию о том, сколько лекарства получил пациент; данные об этом поступают в компьютер больного или его лечащего врача, позволяя осуществлять постоянный контроль уровня препарата в организме. Сейчас ведется работа по созданию имплантируемых устройств, которые не только регистрируют концентрацию лекарственных веществ, но и при необходимости вводят их в нужных дозах. ■







# звучащие краски И ВКУСНЫЕ ПРИКОСНОВЕНИЯ

Синестезия (возникновение ощущений разной природы) проливает свет на организацию **и функции головного мозга человека.**

Вилаянур Рамачандран и Эдвард Хаббард

Когда Мэтью Блейкли ощупывает рукой гамбургер, у него во рту появляется горечь. Эмеральда Джонс, услышав взятый на пианино до-диез, видит синий цвет (другие ноты окрашены у нее в иные цвета). А Джеффу Коулману цифры, напечатанные черным шрифтом, кажутся разноцветными. Мэтью, Эмеральда и Джефф (имена вымышленные) – представители немногочисленной категории людей, обладающих синестезическими способностями. Они воспринимают окружающий мир не так, как все, и живут в особом измерении между реальностью и фантазией. Ощущения (осязательные, вкусовые, слуховые, зрительные и обонятельные) возникают у них не в чистом виде, а в сочетании с каким-нибудь иным, дополнительным чувством (ощущением).

Ученые задумались над природой синестезии еще в XIX веке. Статья Фрэнсиса Гальтона (двоюродного брата Чарльза Дарвина), посвященная этому феномену, появилась в журнале *Nature* в 1880 г. Впрочем, большинство исследователей отмахивались от синестезии, считая ее мошенничеством, артефактом, связанным с употреблением наркотиков (сходные эффекты вызывают ЛСД и мескалин), или любопытным, но

не заслуживающим серьезного внимания явлением. Четыре года назад мы приступили к изучению нейрофизиологических механизмов, ответственных за синтез ощущений. Попутно нам удалось пролить свет и на некоторые другие таинственные аспекты человеческой психики – эволюцию абстрактного мышления, метафорических образов, а возможно, и языка в целом.

Обычно синестезия объясняется активизацией следов памяти и ассоциаций, образовавшихся в раннем возрасте. Так, любимой детской забавой синестета могла быть игра в кубики с цифрами «5» на красных и «6» на зеленых гранях. В таком случае возникает закономерный вопрос, почему яркие следы сенсорной памяти сохраняются лишь у некоторых людей? Глядя на изображение льдины, каждый из нас может представить себе холод, но далеко не все при этом его почувствуют.

Согласно расхожему мнению, синестеты, характеризуя ноту до-бемоль как красную, а вкус курятины как остроконечный, попросту прибегают к метафорам – точно так же, как обычные люди говорят иногда о кричащем цвете или остром сыре. Обиходная речь вообще изобилует фигуральными

выражениями, а синестеты – особые мастера их придумывать.

Действительно ли синестезия имеет сенсорную природу? Впервые мы обратились к этой проблеме в 1999 г. Казалось, вполне естественным начать с прямого вопроса: «Вы и вправду видите цвет перед глазами или же это некая ассоциация?» Очень скоро такой подход завел нас в тупик. Некоторые испытуемые давали четкий ответ: «Да, я явно вижу перед глазами цвет». Но куда чаще раздавалось: «Вроде бы вижу, но не уверен...» или «Нет, это не совсем ассоциация. Я отчетливо вижу эту цифру красной, но я знаю также, что она не красная. Она черная. Значит, наверное, это все-таки ассоциация».

Для того чтобы выяснить, связан ли тот или иной феномен с восприятием, психологи прибегают к простому тесту, называемому сегрегацией. Если посмотреть на несколько наклонных линий, разбросанных среди леса из вертикальных прямых, наклонные линии словно отступят на второй план. Их тут же можно мысленно отделить от фона и сгруппировать, например, в треугольную фигуру. Если большинство элементов фона составляют зеленые точки, а вас попросят посмотреть ▶

на красные, вам покажется, что последние отступят на второй план. А вот черные «двойки», беспорядочно разбросанные среди «пятерок» такого же цвета, сольются с ними в однородную мешанину (см. рис. на с. 47). Для того чтобы отделить «двойки» от «пятерок», приходится внимательно приглядываться к каждой цифре, хотя соседние цифры отличаются друг от друга ничуть не хуже, чем наклонные линии от прямых. Таким образом, основу для группировки элементов обеспечивают лишь некие примитивные признаки (например, цвет точек или ориентация линий), а не более сложные перцептивные качества (например, численное значение цифр).

А что произойдет, если мешанину из цифр показать синестетам, утверждающим, что видят «пятерки» в красном цвете, а «двойки» – в зеленом? Мы расположили «двойки» таким образом, чтобы они образовывали вершины треугольника. Если синестезия и в самом деле – сенсорный феномен, испытываемые без труда разглядят треугольник, т.к. цифры видятся ими в разном цвете.

Когда мы предложили тест обычным людям, никаких чудес не произошло. Зато синестеты в 90% случаев правильно идентифицировали форму спрятанной фигуры. Таким образом, напрашивается вывод, что индуцируемые цифрами цвета – не выдумка синестетов, а подлинно сенсорные ощущения. Приведем еще один поразительный пример. Синестет, у которого цифра «5»

вызывала ощущение красного, смотрел на белое изображение «пятерки» на дисплее компьютера. Он не замечал никаких изменений, когда мы незаметно для него увеличивали интенсивность красного цвета в изображении до тех пор, пока она не становилась достаточно высокой для восприятия глазом. Но он сразу же замечал самое незначительное увеличение интенсивности зеленого цвета в изображении цифры.

## Переработка зрительной информации

Если синестезия реально существует, уместно спросить: почему этот необычный феномен встречается лишь у некоторых людей? Результаты наших экспериментов подтверждают предположение, что причина кроется в особенностях нервных связей между различными отделами головного мозга. Впервые эта гипотеза была высказана более века назад, но только теперь мы можем говорить, в каких именно отделах мозга локализованы связи и как они функционируют.

Чтобы разобраться в нейрофизиологических механизмах синестезии, необходимо в общих чертах ознакомиться с процессами переработки зрительной информации в головном мозге (см. рис. на с. 49). После того как отраженный от предмета свет попадает на палочки (светочувствительные рецепторы) и колбочки (рецепторы цвета) в сетчатке глаза, он посылает нервные сигналы в поле 17, расположенное

в затылочной доле коры головного мозга. Здесь изображение предмета подвергается дальнейшему анализу – мозг оценивает его элементарные признаки: цвет, параметры движения, форму, глубину и т.д. Эти сведения передаются затем в несколько обширных областей височных и теменных долей коры. Данные о цвете поступают в поле *V4* веретенообразной извилины височной коры. Отсюда они направляются в центры переработки цветовой информации более высокого иерархического уровня (в том числе в небольшой участок коры, расположенный по соседству с зоной *TPO* – областью на стыке височной, теменной и затылочной долей коры). Эти участки мозга ответственны за более сложные аспекты переработки цветовой информации. Так, например, благодаря их деятельности листья в сумерках кажутся такими же зелеными, как и в полдень, хотя спектральный состав отражаемого ими света в это время суток совсем иной.

Переработка информации, связанная с численными расчетами, протекает тоже поэтапно. Она начинается в веретенообразной извилине, где распознается форма цифровых символов, а завершается в угловой извилине – части зоны *TPO*, ответственной за формирование таких представлений, как последовательность и количество. (При повреждении угловой извилины вследствие инсульта или опухоли больной может идентифицировать цифры, но не способен выполнять операции деления и вычитания.) Исследования, проведенные с помощью магнито-резонансной томографии, указывают и на то, что изображения букв или цифр (графемы) вызывают у людей активацию нейронов веретенообразной извилины, а переработка звуков (фонем) протекает на более высоких уровнях, находящихся в непосредственной близости от зоны *TPO*.

Поскольку информация и о цвете, и о цифрах перерабатывается в веретенообразной извилине и в области мозга, расположенной близ угловой извилины, мы предположили, что цифро-цветовая синестезия возникает

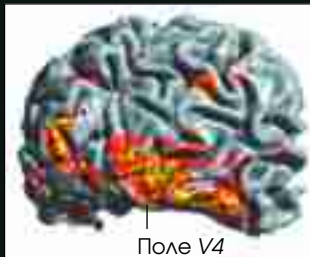
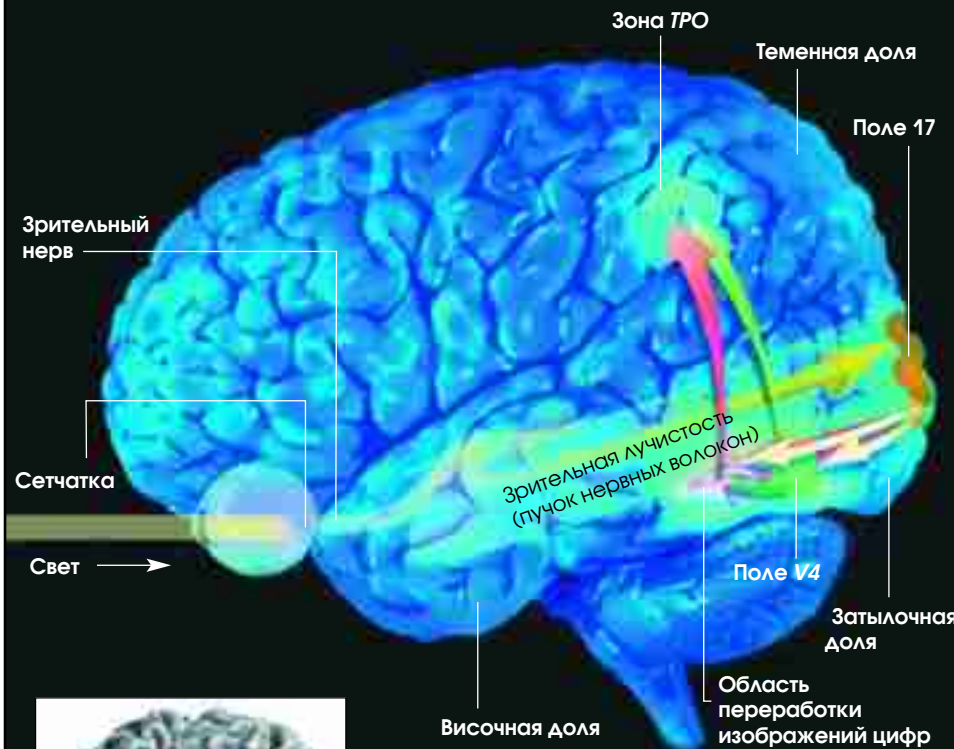
### ОБЗОР: СИНЕСТЕЗИЯ

- Синестезия (от греческих слов *syn* – вместе и *aisthesis* – чувство) – одновременное возникновение ощущений разной природы (модальности) при воздействии мономодального раздражителя.
- Долгое время ученые считали синестезию уловкой мошенников или объясняли ее активацией следов памяти. Сегодня доказана реальность этого явления. Ее объясняют взаимной активацией определенных областей мозга, которые в норме функционально разобщены.
- Изучая механизмы синестезии, исследователи попутно получают новые данные о переработке сенсорной информации в мозге и ее использовании для формирования абстрактных связей между, казалось бы, никак не связанными друг с другом объектами и представлениями.

## «СИНТЕТИЧЕСКИЕ» ОЩУЩЕНИЯ

При одной из наиболее распространенных форм синестезии изображения цифр вызывают цветовые ощущения. Это объясняется взаимной активацией областей мозга, которые в норме при переработке цветовой и цифровой информации друг с другом не взаимодействуют.

Нервные импульсы из сетчатки направляются в поле 17, расположенное в задней части головного мозга. Здесь анализируются такие простые признаки раздражителя, как его цвет, форма, глубина... Затем информация о цвете передается в поле V4, рядом с которым расположена зона, где перерабатывается информация о внешнем виде цифр. Здесь и осуществляется взаимодействие между цветовой и цифровой зонами мозга (короткие розовые и зеленые стрелки). Наконец, цветовая информация достигает зоны ТРО. В угловой извилине (там, где формируются представления о последовательности и количестве) происходит переработка информации, связанная с числовыми расчетами. Этим может объясняться синестезия, при которой цветовые ощущения связаны с абстрактными числовыми последовательностями (днями недели, месяцами и т.д.).



Изображение мозга синестета, полученное с помощью магнито-резонансной томографии. Когда испытуемый рассматривает белые цифры на сером фоне, отмечается высокая активность (выделена желтым) поля V4, ответственного за переработку цвета. У обычных испытуемых такой активации не отмечается.

CAROL DONNER (Illustration): GEOFF BOVINGTON, Sak Institute for Biological Studies AND VILAVANUR S. RAMACHANDRAN and EDWARD M. HUBBARD (neet)

вследствие взаимосвязей между полем V4 и областью, ответственной за идентификацию цифр (обе находятся в веретенообразной извилине), или между центром переработки цветовой информации более высокого уровня и областью, ответственной за формирование арифметических представлений (обе – в зоне ТРО). Другие, более экзотические виды синестезии могут быть результатом взаимосвязей между

структурами мозга, отвечающими за переработку иных форм сенсорной информации. Так, звуки могут вызывать цветовые ощущения благодаря тому, что центр слуха в височных долях тоже расположен неподалеку от корковой области более высокого уровня, получающей цветовую информацию из поля V4. А тактильно-вкусовые ощущения Мэтью Блейкли могут быть опосредованы взаимосвязями

между корковой областью, локализованной в островковой доле коры (в островке) и отвечающей за вкусовую чувствительность, и соседней областью, ответственной за тактильную чувствительность пальцев руки.

До сих пор феномен синестезии объяснялся существованием физических взаимосвязей между различными областями коры. Однако полученные данные указывают на то, что синестезия



может возникать и тогда, когда количество физических (нервных) связей между областями мозга не отличается от нормы, но баланс между уровнем химических веществ, которыми обмениваются эти структуры, нарушен. Поэтому сегодня мы предпочитаем говорить о кросс-активации корковых областей. Известно, что соседние участки мозга нередко подавляют активность друг друга. Нарушение химического равновесия, ослабляющее это взаимное сдерживание (вызванное, например, блокадой действия некоего тормозного нейротрансмиттера), приводит к активации одной области, что, в свою очередь, влечет за собой повышение уровня активации соседнего участка. В принципе, такая взаимная активация может иметь место и между двумя удаленными областями мозга, что могло бы объяснить некоторые редко встречающиеся формы синестезии.

Это подтверждается и данными психологических экспериментов. Когда мы рассматриваем маленькое изображение знака «+», на некотором расстоянии от которого изображена цифра «5», нам нетрудно распознать цифру, даже если она и не находится в центре зрительного поля (см. рис. на с. 51). Но если цифру «5» поместить среди других цифр (например, «троек»), ее идентификация

будет затруднена. Она попросту исчезнет из фокуса. Испытуемые с обычным восприятием узнают «пятерку» только по чистой случайности. Этот феномен объясняется не тем обстоятельством, что периферическое зрение дает расплывчатое изображение предметов, а ограниченностью ресурсов нашего внимания. «Тройки» отвлекают нас от расположенной в центре «пятерки» и мешают рассмотреть ее как следует.

Представьте наше удивление, когда этот тест был предложен синестету. Глядя на экран, он заявлял: «Я не могу рассмотреть центральную цифру. Она расплывчатая, но красная. Поэтому я утверждаю, что это – «пятерка». Хотя сознание испытуемого и не зарегистрировало центральную цифру, связанная с ней информация подверглась переработке в одном из участков головного мозга. Таким образом, синестет логически идентифицировал цифру по цвету. Если наше предположение о кросс-активации верно, это означает, что цифровая информация преобразовывается в веретенообразной извилине и вызывает цветное ощущение еще до того, как в мозгу начинается переработка информации, связанная с децифрованием цифр. Как ни парадоксально это звучит, синестезию может породить даже невидимая цифра.

Этот вывод подтверждает и еще один факт. Когда мы уменьшали контраст между интенсивностью окраски цифры и фона, у испытуемых цветовые синестезические ощущения постепенно ослабевали, а при низком контрасте исчезали вовсе. Это указывает на то, что зрительное восприятие цифр далеко не всегда порождает цветовые синестезические ощущения. Возможно, активация нейронов веретенообразной извилины, вызываемая низкоконтрастными цифрами, вполне достаточна для осознанного восприятия цифр, но недостаточна для активации цветочувствительных клеток поля V4.

И, наконец, было обнаружено, что изображения римских цифр у испытуемых-синестетов не вызвали никаких цветовых ощущений. Это свидетельствует о том, что цветное ощущение вызывает не численное значение цифры, а зрительное восприятие графемы. А это наводит на мысль, что «цифро-цветовая» синестезия может возникать в результате активации двух участков веретенообразной извилины, т.к. эта структура участвует главным образом в анализе изображения, а не численного значения цифр.

Когда круг наших испытуемых-синестетов расширился, стало ясно, что все они расцветчивают окружающий мир по-разному. У некоторых из них даже дни недели и месяцы года вызывали цветовые ощущения. Понедельник иногда был зеленым, среда – розовой, а декабрь – желтым. Единственное, что объединяло в этом отношении дни недели, месяцы и цифры, – представления испытуемого о числовой последовательности. Возможно, у некоторых синестетов цветовые ощущения вызывает не зрительное восприятие (внешний вид) цифры, а скорее абстрактное понятие числовой последовательности. В таком случае не исключено, что кросс-активация у них происходит не между областями веретенообразной извилины, а между угловой извилиной и центром переработки цветочувствительной информации более высокого уровня, расположенным близ ТПО. Взаимодействием этих областей и можно было бы

объяснить, почему цветовые ощущения у таких синестетов эффективно вызывают даже абстрактные представления о числах, связанные с днями неделями или месяцами года. Иными словами, следует говорить о разных формах синестезии: высшей, связанной с представлениями о числовой последовательности, и низшей, порождаемой изображениями символов.

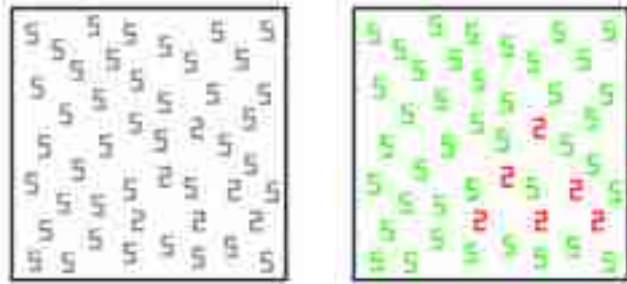
В исследованиях, проведенных с помощью магнито-резонансной томографии совместно с Джеффом Бойнтоном (Geoff Boynton) из Института биологических исследований Солка в Сан-Диего, нами были получены данные, подтверждающие локальную активацию поля V4, предсказанную кросс-активационной моделью синестезии. Когда перед синестетами появлялись черные и белые цифры, активация мозга возрастала не только в цифровом поле (что встречалось и у обычных испытуемых), но и в поле, ответственном за переработку цветовой информации. Отмечались также различия в характере этой активации у испытуемых с разными формами синестезии. У тех, у кого наблюдалась низшая форма – прослеживалась гораздо более высокая, чем у контрольных испытуемых, активация этих зон на ранних стадиях переработки цветовой информации. У испытуемых с высшей формой – уровень активации этих зон на ранних стадиях был ниже.

### Синестезия и метафоры

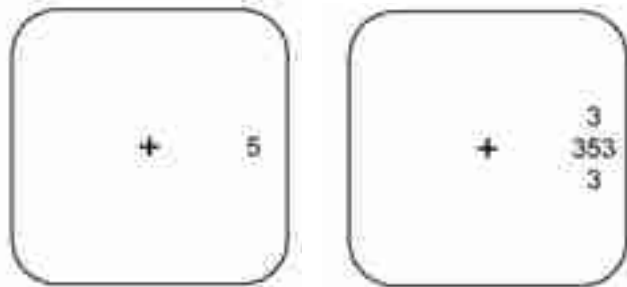
Разгадка нейробиологических механизмов синестезии проливает свет на природу некоторых творческих способностей художников, писателей и поэтов. Среди творческих личностей синестеты встречаются в 7 раз чаще, чем среди населения в целом. Одна из свойственных им особенностей – легкость, с которой они используют метафоры. Ассоциации между предметами и явлениями, не имеющими между собой, казалось бы, ничего общего, словно сами собой рождаются в их головах. Синестезия предполагает формирование произвольных связей между стимулами, не имеющими, на первый взгляд,

## МИР, ЗАКОДИРОВАННЫЙ ЦВЕТОМ

**В ТЕСТЕ** зрительной сегрегации синестеты, у которых цифры вызывают определенные цветовые ощущения, мгновенно идентифицируют треугольник, образованный «двойками» в окружении «пятерок» (справа). Испытуемые с обычным восприятием должны для этого внимательно рассматривать каждую цифру по отдельности (слева).



**ЕСЛИ ИСПЫТУЕМЫЙ** смотрит на расположенный в центре поля зрения «+», то с помощью периферического зрения он без труда различает одну цифру, изображенную на некотором расстоянии от центрального объекта (слева). Но если она окружена другими символами (справа), обычному испытуемому распознать ее не удастся – она покажется ему слишком расплывчатой. Синестет легко узнает ее по цвету.



никакого отношения друг к другу (например, между цифрой и цветом). Метафора же допускает формирование связи между понятиями и представлениями, тоже, на первый взгляд, не имеющими между собой ничего общего. Случайно ли такое совпадение?

За развитие абстрактных понятий отвечают особые области головного мозга. По-видимому, нет ничего более абстрактного, чем число, но и эта сущность представлена в сравнительно небольшом участке головного мозга – угловой извилине. Допустим, что в результате мутации, вызывающей синестезию, возрастает количество связей

между различными корковыми центрами – маленькими участками коры, ответственными за формирование тех или иных представлений (например, связанных с восприятием формы предметов или оттенков какого-либо цвета). В зависимости от того, в каком месте головного мозга и насколько широко в нем экспрессировался этот ген, человек может стать обладателем синестезических и творческих способностей. Это объясняет выживание совершенно, казалось бы, бесполезного гена синестезии в человеческой популяции.

Результаты наших исследований свидетельствуют также о том, что ▶

## ОБЫЧНЫЕ ВОПРОСЫ

### • Какие существуют формы синестезии?

Ученые различают около 50 форм синестезии. Синестезические способности передаются по наследству и чаще встречаются у женщин и творческих личностей. В среднем ими обладает один человек из 200. Наиболее распространенная форма синестезии – цветовые ощущения, вызываемые звуками и изображениями цифр. Очень редкая форма синестезии – ассоциация букв с мужским или женским полом.

### • Если у синестета каждая буква или цифра вызывает определенные цветовые ощущения, как он будет реагировать на предъявление пары букв или цифр (например, «еа» или 25)?

У него возникнут те цветовые ощущения, которые эти буквы или цифры вызывают по отдельности. Но если буквы (цифры) будут расположены слишком близко, их эффекты могут «нейтрализовать» друг друга (т.е. цветовые ощущения не возникнут) или, наоборот, усилятся (в том случае, если оба символа порождают один и тот же цвет).

### • Одинаковые ли эффекты вызывают прописные и строчные буквы?

Да. Однако в ряде случаев синестеты сообщали, что строчные буквы имеют менее насыщенный цвет или кажутся им блеклыми и даже пятнистыми.

### • Как синестеты воспринимают изображение целого слова?

Нередко все слово окрашено в цвет той буквы, с которой оно начинается.

### • Как воспринимают буквы синестеты, владеющие несколькими языками?

В одном языке графемы могут вызывать у них цветовые ощущения, а в другом оставаться бесцветными. Причина кроется в том, что разные языки представлены у полиглотов в разных структурах мозга.

### • Что происходит, когда синестет представляет себе букву (цифру) мысленно?

Воображаемые символы могут вызывать даже более сильные цветовые ощущения, чем реальные. Возможно, это «упражнение» активизирует те же самые области мозга, что и восприятие реальных цветов; но, поскольку в этом случае из сетчатки в мозг не поступают конкурирующие сигналы, воображаемый символ порождает более интенсивный синестезический цвет, чем реальный символ.

### • Может ли синестезия улучшать память?

Может. Известный российский психолог Александр Лурия описал человека с уникальными способностями к запоминанию материала, обусловленными взаимосвязанностью всех пяти анализаторов (органов чувств). Память улучшает даже взаимосвязанность только двух из них.

синестезические ощущения свойственны всем людям. Зона ТРО (и находящаяся в ее границах угловая извилина), играющая важную роль в возникновении синестезических ощущений, в норме принимает участие в кросс-модальном синтезе ощущений. Ученые считают, что в эту область коры стекается тактильная, слуховая и зрительная информация для последующего формирования перцептивных образов более высокого уровня. Так, например, воспоминание о кошке или звучание слова «кошка» порождают образ зверька с мягким мехом (осознание), который умеет мяукать и урчать (слух), обладает характерной внешностью (зрение) и издает порой специфический запах (обоняние), – и все эти ассоциации возникают у нас одновременно.

У человека относительные размеры угловой извилины гораздо больше, чем у других приматов. Не могло ли случиться так, что эта структура мозга, исходное предназначение которой заключалось в образовании кросс-модальных ассоциаций, впоследствии стала выполнять более абстрактные функции (например, изобретать метафоры)? Посмотрим на две фигуры, которые впервые использовал в своих экспериментах психолог Вольфганг Кёлер. Одна из них напоминает чернильную кляксу, а другая – остроконечный осколок стекла. Если спросить: «Какая из этих фигур – буба, а какая – кики?», 98% опрошенных ответят, что клякса – буба, а осколок – кики. Возможно, это связано с тем, что мягкие очертания амёбовидной

фигуры метафорически имитируют плавные модуляции голоса и плавные изменения формы губ при произнесении слова «бу-ба». Напротив, волнообразная структура звука «ки-ки» и сильное изгибание прижимаемого к небу языка при его произнесении каким-то образом имитируют ломаные контуры остроконечной фигуры. Две формы «кики» (звуковую и зрительную) объединяет лишь одно общее качество – абстрактное свойство остроконечности, вычленяемое одним из участков головного мозга близ зоны ТРО, расположенным в угловой извилине.

Таким образом, угловая извилина осуществляет самую элементарную форму абстракции – вычленение общих признаков в совокупности резко различающихся сущностей. Мы не знаем, как именно она выполняет эту функцию. Но коль скоро эта структура начала принимать участие в кросс-модальной абстракции, была подготовлена почва и для более сложных видов абстрактного мышления. Кросс-модальная абстракция могла стать основой не только для развития метафорического и абстрактного мышления, но и языка в целом.

Приступив к изучению синестезии, мы не имели ни малейшего представления о том, куда нас могут завести эти исследования. Не думали мы и о том, что этот таинственный феномен, долгое время считавшийся всего лишь любопытной особенностью восприятия, может пролить свет на природу человеческого мышления. ■

## ОБ АВТОРАХ:

**Вилаянур Рамачандран** (Vilayanur S. Ramachandran) и **Эдвард Хаббард** (Edward M. Hubbard) изучают феномен синестезии в течение нескольких лет. Рамачандран – директор Центра мозга и познания при Калифорнийском университете в Сан-Диего и адъюнкт-профессор в Институте биологических исследований Солка. Удостоен звания члена совета Колледжа Соулсов Оксфордского университета и золотой медали им. Аренса Капперса в Королевской нидерландской академии. Хаббард заканчивает факультет психологии и когнитивных наук Калифорнийского университета. Изучает нейрофизиологические механизмы мультисенсорных феноменов методом магнито-резонансной томографии. Член-учредитель Американской ассоциации синестезии.

## ЗАГАДКИ ЯЗЫКА И РЕЧИ

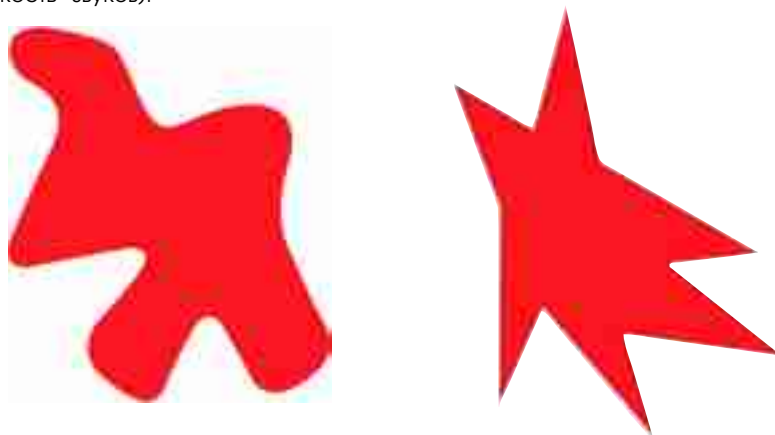
Изучение феномена синестезии может пролить свет на эволюцию мышления и языка.

**ПРЕДСТАВЬТЕ СЕБЕ** некую группу наших прародителей-гоминид, собравшуюся изобрести собственный язык. Понятно, что дело начиналось не с наставлений предводителя: «А эту штуку, ребята, назовем бананом. Повторяйте за мной: ба-нан». Однако гоминиды располагали целым рядом способностей, предопределивших возможность систематического вербального общения. Результаты исследований нейробиологических механизмов синестезии заставляют предполагать, что основу для последующего возникновения речи и языка составила способность людей к образованию метафор – средства отражения глубинных связей между внешне несходными и не связанными между собой сущностями.

Люди обладают врожденной склонностью ассоциировать те или иные звуки с определенной формой предметов, что и сыграло ключевую роль в первоначальном формировании словаря совместного пользования. Кроме того, определенные области мозга, перерабатывающие зрительную информацию, связанную с формой предметов, буквами, цифрами и звуками слов, способны к взаимной активизации даже у не-синестетов. Это и заставляет их, к примеру, ассоциировать остроконечные геометрические фигуры с режущими слух названиями.

Наше предположение подтверждается также существованием еще двух типов нервных связей. Во-первых, сенсорные области в задней части мозга, ответственные за анализ зрительных форм и слуховое восприятие, могут кросс-активировать специфические моторные области в передней части мозга, участвующие в речевой деятельности. Резкие изгибы в очертаниях предметов или режущие слух звуки побуждают область моторной речи генерировать сигналы, которые заставляют

Если спросить, какая из двух изображенных внизу фигур называется «буба», а какая – «кики», 98% респондентов отвечают, что клякса – буба, а «осколок стекла» – кики. Авторы полагают, что развитие метафорического мышления стало возможным благодаря способности головного мозга к выделению общих абстрактных признаков предметов и явлений (таких, например, как «остроконечность» формы и «резкость» звуков).

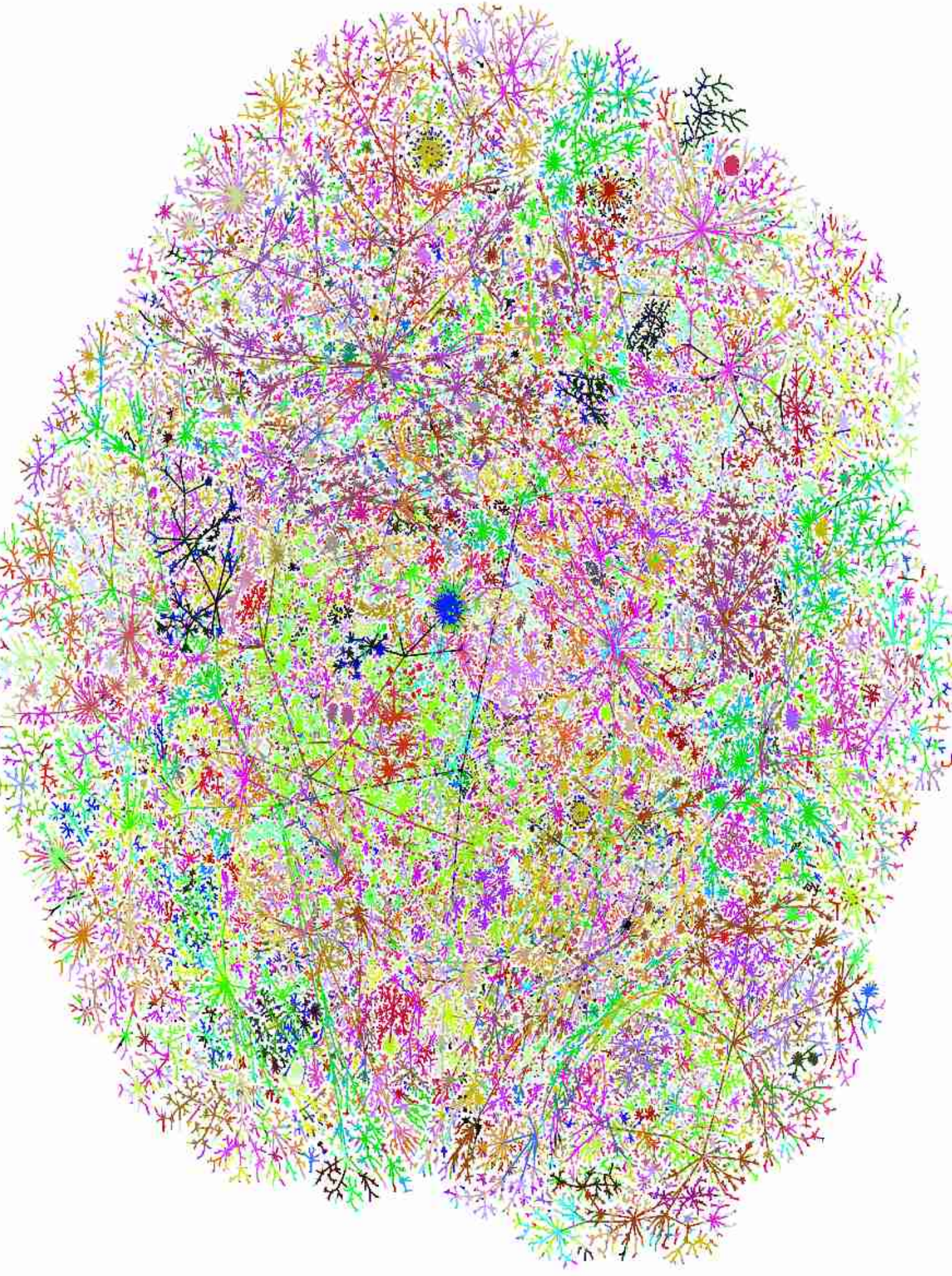


спинку нашего языка не менее резко выгибаться и прижиматься к небу. (А при произнесении слов «миниатюрный», «малюсенький» или французского *il reu* («чуть-чуть») губы своими движениями словно стремятся имитировать небольшие размеры предметов.) Головной мозг, похоже, располагает врожденными правилами трансформации воспринимаемых нами зрительных и слуховых раздражителей в соответствующие движения органов речи.

Во-вторых, существует взаимодействие и между двумя соседними областями коры, одна из которых контролирует последовательность мышечных сокращений, связанных с жестикуляцией, а вторая – с артикуляцией. Этот феномен получил название синкинезии (содружественности движений). Как подметил еще Чарлз Дарвин, когда мы режем ножницами бумагу, наши челюсти могут смыкаться и размыкаться, словно повторяя движения руки. Теория, согласно которой жестикуляция составляет одну из стадий развития звуковой речи, многим лингвистам не нравится. Феномен синкинезии указывает на то, что они могут и заблуждаться.

Допустим, наши предки-гоминиды общались друг с другом с помощью элементарного похрюкивания, ворчания, воя и криков, за которые, как известно, отвечает правое полушарие и одна из областей в лобных долях, связанная с эмоциями. Позднее они выработали некую рудиментарную систему жестов, которая постепенно становилась более сложной и тонкой. Нетрудно представить себе, как движение руки, с помощью которого один наш предок подтаскивал к себе другого, превратилось в жест «пойди сюда». Если синкинетические механизмы трансформировали подобные жесты в движения рта и лицевых мышц и если благодаря этим движениям обретали членораздельность вырывающиеся изо рта гоминид эмоциональные гортанные звуки, в конце концов могли зазвучать и первые человеческие слова.

Понятно, что предлагаемые схемы позволяют объяснить далеко не все аспекты современного человеческого языка, но, на наш взгляд, описанные факторы и сыграли решающую роль в инициации событий, завершившихся его формированием.





# БЕЗМАСШТАБНЫЕ СЕТИ

Недавно **ученые обнаружили**, что многие сложные системы имеют сходную **архитектуру**. Это открытие заставляет по-новому взглянуть на многие прикладные задачи – от разработки **новых лекарств** до повышения безопасности **в сети Интернет**.

Альберт-Ласло Барабаши, Эрик Бонабо

## Всюду сети

Мозг – это сеть нервных клеток, соединенных аксонами, а сами клетки – сети молекул, связанных биохимическими реакциями. Общество – сеть людей, связанных дружбой, родством и профессиональными контактами. Пищевые цепи и экосистемы также могут быть представлены как сети. Интернет, энергетические и транспортные системы – вот всего лишь несколько примеров сетей из мира техники. Даже язык, который мы используем для общения, – не что иное, как сеть слов, связанных синтаксическими отношениями.

Но несмотря на важность и повсеместность сетей, их структура и свойства до сих пор плохо изучены. Как взаимодействие нескольких сбойных точек в сложной генетической сети приводит к раку? Почему в социальных и информационных системах так быстро распространяются вирусы? Почему некоторые сети продолжают нормально функционировать даже после выхода из строя большинства узлов?

В последние годы ученые, занимающиеся исследованиями в самых разных областях науки, обнаружили, что во многих сетях – от Всемирной паутины до метаболической системы клетки – доминирует относительно

небольшое число узлов (концентраторов), имеющих практически неограниченное количество связей. Таким структурам свойственна масштабная инвариантность, поэтому мы дали им название «безмасштабные сети» (*scale-free networks*). Их поведение подчиняется определенным закономерностям: например, они необычайно стойки к случайным отказам, но чрезвычайно уязвимы для скоординированных атак. Понимание общих принципов построения и функционирования сети, независимых от способа реализации, поможет решить многие прикладные задачи – от разработки эффективных лекарственных средств и борьбы с эпидемиями до защиты пользователей Интернета от хакеров.

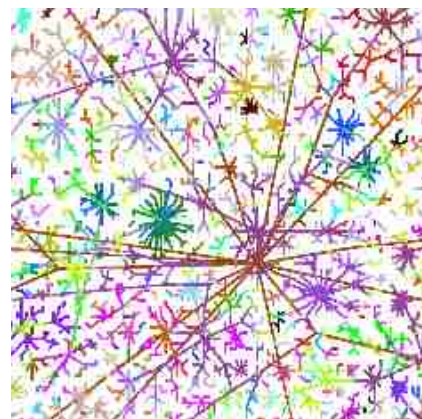
## Сеть – дело случая?

Последние 40 лет все сложные сети рассматривались как полностью случайные. Основы этой парадигмы были заложены в работах венгерских математиков Пауля Эрдеша (Paul Erdes) и Альфреда Реньи (Alfred Renyi). В 1959 г. они попытались описать сети, встречающиеся в теории связи и естественных науках, и предложили моделировать их, соединяя узлы случайными связями. Простота подхода

и элегантность предложенных теорем вдохнули новую жизнь в теорию графов.

Из теории случайных сетей следует, что, несмотря на неслучайный характер формирования, получающаяся система будет глубоко демократичной: у подавляющего большинства узлов будет примерно одинаковое

Всемирная паутина, карта которой изображена слева, – яркий пример безмасштабной сети: некоторые ее узлы имеют огромное количество связей. На приведенной схеме, построенной 6 февраля 2003 г., вычерчены кратчайшие пути между 100 тыс. узлов. Одинаковым цветом обозначены сходные веб-адреса.



количество связей, подчиняющееся колоколообразному распределению Пуассона. Случайные сети также называют экспоненциальными, потому что вероятность того, что узел связан с  $k$  другими узлами, уменьшается по экспоненте при больших значениях  $k$ .

В 1998 г. мы с Хавонгом Джонгом (Hawoong Jeong) и Реком Альбертом (Reka Albert) из Университета Нотр-Дам, штат Индиана, занялись составлением карты Всемирной паутины (WWW) в ожидании увидеть случайную сеть. Решая, с какими веб-документами связать свои сайты, люди следуют личным предпочтениям, а учитывая разнообразие интересов и огромное количество веб-страниц, картина соединений должна была оказаться случайной.

Однако полученный результат опроверг нашу догадку. Специальная программа переходила по гипер-ссылкам с одной веб-страницы на другую и регистрировала имеющиеся связи. И хотя наш виртуальный робот просмотрел лишь крошечную часть сети, карта, которую он построил, выявила кое-что весьма удивительное: по существу, всего несколько сильно связанных страниц обеспечивают целостность Всемирной паутины. В то время как 80% страниц имеют менее четырех внешних ссылок, примерно 0,01% узлов связаны более чем с 1 тыс. сайтов. (Дальнейший обзор сети мог бы выявить такой веб-документ, на который ссылается более 2 млн. страниц!)

Согласно проведенным расчетам, распределение плотности вероятно-

сти количества связей  $k$  описывается так называемым степенным законом: вероятность того, что некоторый узел связан с  $k$  другими узлами, пропорциональна  $1/k^n$ . Значение  $n$  для входящих связей приблизительно равно 2, т.е. если некий узел может иметь  $x$  входящих связей с вероятностью  $p$ , то этот же узел может иметь  $x/2$  таких связей с вероятностью  $4p$ . Степенное распределение сильно отличается от пуассоновского, столь характерного для случайных сетей<sup>1</sup>. График степенного закона не имеет пика, свойственного колоколообразной кривой, и плавно убывает, а при построении в двойном логарифмическом масштабе превращается в прямую линию (см. стр. 57). В отличие от «равноправного» распределения связей, наблюдающегося в случайных сетях, степенной закон описывает системы, в которых доминируют несколько концентраторов, таких как, например, *Yahoo* и *Google* в сети WWW.

## Изобилие безмасштабных сетей

За последние несколько лет ученые обнаружили множество разнообразных безмасштабных структур. Мы изучали Всемирную паутину и рассматривали виртуальную сеть веб-страниц, связанных гиперссылками. А вот братья Михалис, Петрос и Христос Фалоутсос (Michalis, Petros and Christos Faloutsos) проанализировали топологию оптических и других линий связи, соединяющих сетевые маршрутизаторы,

и пришли к выводу, что Интернет по своей физической структуре – безмасштабная сеть.

Некоторые социальные сети тоже безмасштабны. Сотрудники Бостонского и Стокгольмского университетов показали, что сеть сексуальных отношений в Швеции описывается степенным законом: хотя у большинства граждан за всю жизнь бывает всего несколько половых партнеров, некоторые индивидуумы (концентраторы) успевают вступить в интимный контакт с сотнями людей. Штефан Борнхольдт (Stefan Bornholdt) из Кильского университета в Германии установил, что сеть абонентов электронной почты также безмасштабна. Как показал Сидни Реднер (Sidney Redner) из Бостонского университета, сеть научных статей, связанных цитированием, следует степенному закону. Марк Ньюман (Mark Newman) из Мичиганского университета исследовал профессиональные контакты терапевтов, программистов и других специалистов и пришел к заключению, что сети их сотрудничества безмасштабны. Мы получили аналогичные результаты для математиков и невропатологов. (Как ни странно, одним из самых крупных концентраторов среди математиков оказался сам Эрдеш, написавший более 1 400 статей в соавторстве почти с 500 коллегами.)

Безмасштабные сети присутствуют и в сфере бизнеса. Уолтер Пауэлл (Walter W. Powell) из Стэнфордского университета, Дуглас Уайт (Douglas R. White) из Калифорнийского университета, Кеннет Копут (Kenneth W. Koput) из Аризонского университета и Джейсон-Оуэн Смит (Jason-Owen Smith) из Мичиганского университета изучили сеть партнерских отношений в американской биотехнологической промышленности и зафиксировали наличие концентраторов, таких как

### ОБЗОР: БЕЗМАСШТАБНЫЕ СЕТИ

- Многие сложные системы обладают одной интересной особенностью: некоторые их узлы – концентраторы – связаны с сотнями, тысячами и даже миллионами других узлов, в большинстве своем имеющих всего по несколько связей. Именно поэтому такие сетевые структуры были названы безмасштабными.
- Поведение безмасштабных сетей весьма специфично: например, они очень устойчивы к случайным отказам, но чрезвычайно уязвимы по отношению к скоординированным нападениям.
- Безмасштабные сети должны быть тщательно изучены, так как встречаются во многих областях науки и техники: от химии и микробиологии до маркетинга и информатики.

<sup>1</sup> Следуя терминологии авторов статьи, в русском варианте используем термин «безмасштабные сети», понимая под этим масштабную инвариантность, т.е. постоянство показателя степени  $n$  в широком диапазоне значений  $k$  (Прим. перев.).

## СЕТИ: СЛУЧАЙНЫЕ И БЕЗМАСШТАБНЫЕ

Случайные сети похожи на систему магистральных дорог США (упрощенная карта слева) и состоят из узлов со случайно размещенными соединениями. График количества узлов с определенным числом связей имеет вид колоколообразной кривой (график слева), т.е. у большинства узлов приблизительно одинаковое количество связей.

В безмасштабных сетях, похожих на американскую систему авиалиний (упрощенная карта справа), помимо

обычных узлов содержатся концентраторы (красные кружки) – точки с очень большим количеством связей. В таких сетях распределение количества связей узлов описывается степенным законом (средний график): в системе нельзя выделить некое характерное количество связей, т.е. масштаб. Признак таких сетей – линейный график зависимости числа узлов от количества связей при построении в двойном логарифмическом масштабе (правый график).

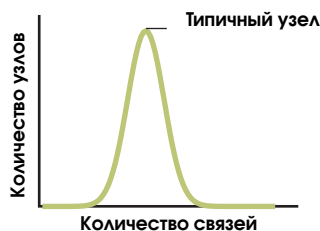
Случайная сеть



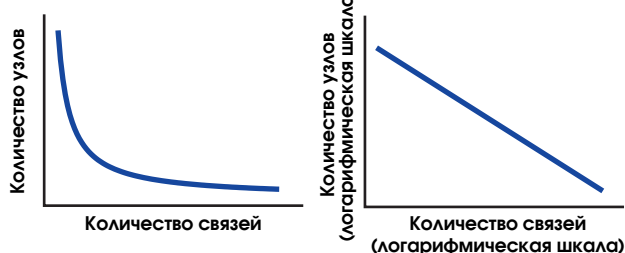
Безмасштабная сеть



Колоколообразное распределение



Степенное распределение



компании *Genzyme*, *Chiron* и *Genentech*, заключивших непропорционально большое количество договоров о сотрудничестве с другими фирмами. Не так давно итальянские ученые проанализировали собранную в Сиенском университете базу данных по 20 тыс. соглашений между 7 200 фармацевтическими компаниями и пришли к выводу, что концентраторы, выявленные Пауэллом и его коллегами, являются частью безмасштабной сети.

Даже в сети голливудских актеров, связанных появлением в одних и тех же фильмах, есть свои концентраторы: хотя большинство кинозвезд

встречались лишь в нескольких картинах, есть среди них и такие, у кого на счету тысячи совместных работ.

Теперь о более серьезном. Специалист по биологии клетки Золтан Олтваи (Zoltan Oltvai) из Северо-Западного университета доказал, что метаболические сети 43 различных организмов трех типов – *Archaeoglobus fulgidus* (археобактерия), *Escherichia coli* (эубактерия) и *Caenorhabditis elegans* (эукариот) – безмасштабны. Чтобы высвободить энергию, клетки сжигают пищу, расщепляя сложные молекулы. Каждая конкретная молекула – узел сети, а каждая биохимическая

реакция – связь. Большинство молекул участвует в одной-двух реакциях, но некоторые вещества-концентраторы (например, вода и аденозинтрифосфат) задействованы в большинстве из них.

Безмасштабной оказалась и белковая сеть клетки. Если два протеина взаимодействуют друг с другом, то они считаются связанными. Скажем, в пекарских дрожжах, одном из самых простых эукариотов (клеток, содержащих ядро), тысячи различных белков вступают в реакцию только с одним или двумя другими протеинами. И лишь белки-концентраторы ▶

способны соединяться с множеством себе подобных. Аналогичный результат был получен и в случае совершенно не похожей на дрожжи бактерии *Helicobacter pylori*.

Чем больше ученые изучали сети, тем больше безмасштабных структур они находили. Возникает вопрос: почему такие разные системы, как клетка и Интернет, имеют одинаковую архитектуру и подчиняются одним законам? Рассмотренные сети не только безмасштабны, но и обладают интригующим свойством: по непонятным причинам значение показателя степени  $n$  в законе распределения, как правило, оказывается между 2 и 3.

## Богатые становятся богаче

Возможно, более существенный вопрос: почему теория случайных сетей не может объяснить существование концентраторов?

Во-первых, модель Эрдеша и Реньи предполагает, что еще до установления связей имеется вся совокупность

узлов. Однако количество документов сети WWW постоянно изменяется. В 1990 г. существовала только одна веб-страница; теперь их более 3 млрд. В конце XIX в. Голливуд располагал лишь горсткой актеров. Однако на «фабрику грез» постоянно приходили новички, становились кинозвездами, а тем временем появлялись новые имена. В результате сеть охватывает уже полмиллиона человек. Лет 30 назад для функционирования Интернета хватало нескольких маршрутизаторов, но со временем к старым подсоединялись новые, и их количество выросло до миллионов. Поскольку реальные сети склонны разрастаться, у старых узлов больше возможностей приобрести новые связи.

Во-вторых, одинаковых узлов, как правило, не существует. Владелец веб-страницы может связать ее с любым из нескольких миллиардов узлов. Но все же большинство из нас знакомы лишь с крошечной частью Всемирной паутины, в основном с теми сайтами,

у которых много связей, потому что их легче найти. Соединяясь с этими узлами, люди сами делают их более привлекательными. Процесс преимущественного подключения происходит везде. Интернет-маршрутизаторы с большим количеством связей обычно имеют большую пропускную способность, и поэтому более предпочтительны для новых пользователей. Такие гиганты биотехнологической промышленности США, как *Genzyme*, заключают множество договоров, и поэтому становятся все более привлекательными партнерами. Аналогично, часто цитируемые в научной литературе статьи привлекают внимание многих ученых, которые затем помещают ссылки на них в новых работах, – явление, замеченное социологом Робертом Мертоном (Robert K. Merton) и названное «эффектом Матфея» по его словам в Новом Завете: «Каждому из тех, кто имеет, будет дано, и он будет иметь изобилие».

Именно механизмами роста и преимущественного присоединения объясняется существование концентраторов: поскольку новые элементы сети охотнее соединяются с точками, имеющими больше связей, с течением времени популярные узлы быстрее обрастают связями, чем их «малообщительные» соседи. А раз богатый становится богаче, то у старых узлов есть преимущество: скорее всего именно они в конечном счете станут концентраторами.

Вместе с Реком Альбертом мы использовали математическое моделирование и убедились, что растущая сеть с преимущественным подсоединением действительно становится безмасштабной, и распределение количества связей ее узлов описывается степенным законом.

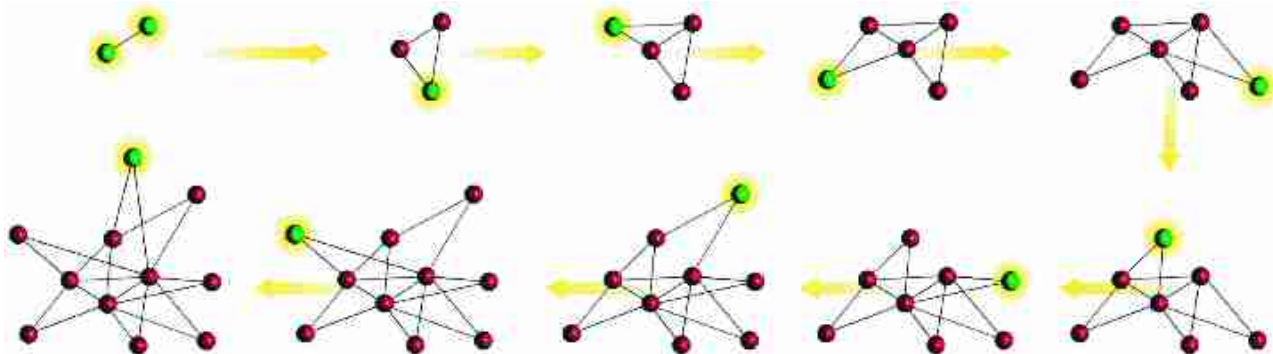
Ростом и преимущественным присоединением объясняется присутствие безмасштабных сетей в биологических системах. Андреас Вагнер (Andreas Wagner) из Университета Нью-Мексико и Дэвид Фелл (David A. Fell) из Оксфордского университета в Бруксе (Англия) пришли к выводу,

## ПРИМЕРЫ БЕЗМАСШТАБНЫХ СЕТЕЙ

СЕТЬ	УЗЛЫ	СВЯЗИ
Клеточный метаболизм	Молекулы, участвующие в переваривании пищи для получения энергии	Участие в одной биохимической реакции
Голливуд	Актеры	Появление в одном кинофильме
Интернет	Маршрутизаторы	Оптические и другие физические соединения
Белковая регулятивная сеть	Белки, управляющие функционированием клетки	Взаимодействия между белками
Сотрудничество ученых	Ученые	Соавторство в статьях
Сексуальные взаимоотношения	Люди	Сексуальные контакты
Всемирная паутина WWW	Веб-страницы	Гиперссылки

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ БЕЗМАСШТАБНОЙ СЕТИ

В этом примере показан рост безмасштабной сети от 2 до 11 узлов. Новый элемент (зеленый), как правило, присоединяется к узлу (красный), имеющему наибольшее количество связей. Два основных механизма – рост и преимущественное присоединение – в конечном счете формируют структуру, в которой доминируют концентраторы.



что наиболее связанные молекулы в метаболической сети *Escherichia coli* чаще всего имеют древнюю эволюционную историю: одни являются наследием так называемого РНК-мира (этап эволюции перед появлением ДНК), а другие – компонентами древнейших метаболических цепей.

Интересно, что механизм преимущественного присоединения близок к линейному. Иными словами, вероятность того, что новый элемент сети подсоединится к некоторому узлу, прямо пропорциональна количеству связей этого узла. Реднер и его коллеги из Бостонского университета исследовали различные типы преимущественного подключения и выяснили, что, если механизм быстрее линейного (например, новый узел имеет в четыре раза большую вероятность соединений с существующей точкой, у которой всего вдвое больше связей), какой-нибудь концентратор будет захватывать львиную долю соединений. В сценарии «победитель получает все» сеть приобретает топологию звезды с одним концентратором в центре.

## Ахиллесова пята

Поскольку человечество с каждым днем все больше зависит от энергосистем и сетей связи, возникает серьезное

беспокойство: насколько надежны эти сети? Хорошая новость – сложные системы могут быть удивительно стойкими к случайным отказам. Например, в каждый момент времени сотни маршрутизаторов в Интернете выходят из строя, и, тем не менее, в сети редко происходят серьезные нарушения. Живые системы также устойчивы к сбоям: люди редко замечают последствия тысяч ошибок – от мутаций до нарушения пространственной структуры протеинов в клетках организма. Какова природа такой отказоустойчивости?

Интуиция подсказывает, что выпадение значительного количества узлов приводит к фрагментации сети. Так и происходит в случайных сетях: если критическая доля точек удалена, система распадается на отдельные островки. При моделировании безмасштабных сетей наблюдается иная картина: 80% случайно выбранных маршрутизаторов Интернета могут выйти из строя, а оставшиеся 20% по-прежнему будут образовывать компактный кластер, в котором найдется путь между любыми двумя узлами. Так же трудно разрушить сеть взаимодействия белков клетки: измерения показывают, что даже после многих случайных мутаций незатронутые протеины успешно поддерживают жизнедеятельность клетки.

Вообще, безмасштабные сети демонстрируют удивительную устойчивость к случайным ошибкам, причина которой в неоднородности топологии. Случайное удаление исключит главным образом малые узлы, потому что их намного больше, чем концентраторов. А устранение небольших узлов не может разрушить структуру сети: у них слишком мало связей. Однако, полагаясь на концентраторы, нужно помнить о чрезвычайной уязвимости подобных систем к скоординированным нападениям.

В ходе моделирования выяснилось, что, удалив из Интернета всего лишь несколько ключевых концентраторов, можно расколоть сеть на крошечные группы безнадежно изолированных маршрутизаторов. Точно так же удаление из дрожжей белков-концентраторов со множеством связей резко повышает вероятность гибели клеток.

Зависимость от концентраторов может оказаться и вредной, и полезной. Разумеется, устойчивость к случайным повреждениям – необходимое свойство и для Интернета, и для клетки. К тому же, зная ключевые узлы метаболической сети, фармацевты смогут создать лекарственные препараты, уничтожающие вредные клетки и бактерии, селективно воздействуя на их

концентраторы и оставляя здоровые ткани нетронутыми. Но, возвращаясь к Интернету, главная причина для беспокойства – способность небольшой группы хорошо осведомленных хакеров разрушить всю инфраструктуру сети, атакуя доминирующие маршрутизаторы.

Насколько же велика Ахиллесова пята безмасштабных сетей? Недавние исследования показали, что систему разрушит одновременное устранение от 5% до 15% концентраторов. В случае Интернета хорошо скоординированное нападение (сначала вывод из строя самого большого маршрутизатора, затем следующего по величине и т.д.) может вызвать существенные нарушения после удаления всего нескольких важнейших узлов. Поэтому защита концентраторов – самый эффективный способ предотвращения крупномасштабных сбоев, вызванных злонамеренной кибератакой. Гораздо сложнее определить, насколько ненадежны конкретные специфические сети. Например, может ли развал нескольких концентраторов, таких как *Genzyme* и *Genentech*, привести к краху всей американской биотехнологической промышленности?

## Безмасштабные эпидемии

Знание свойств безмасштабных сетей важно для понимания механизмов распространения компьютерных вирусов, болезней и переходящих увлечений. Теории диффузии, интенсивно прорабатываемые в течение десятилетий эпидемиологами и специалистами по маркетингу, предсказывают наличие критического порога для распространения болезни среди популяции. Любая инфекция, которая менее заразна, чем этот четкий порог, неизбежно заглохнет. Зато поветрия, превышающие его, будут нарастать по экспоненте и в конечном счете охватят всю систему.

Впрочем, недавно Ромуальдо Пастор-Саторрас (Romualdo Pastor-Satorras) из Политехнического университета Каталонии в Барселоне и Алессандро Веспиньяни (Alessandro Vespignani) из Международного центра теоретической физики в Триесте, Италия, сделали тревожное заключение: безмасштабным сетям свойственен нулевой порог чувствительности. Иначе говоря, все вирусы, даже слабо инфекционные, распространяются и остаются

в системе. Становится ясно, почему компьютерный вирус *I love You* (сорвавший работу Британского парламента в 2000 г.) даже после его предполагаемого уничтожения остается одним из самых распространенных.

Если концентратор заражается от одного из связанных с ним узлов, вирус сразу получает доступ ко всем остальным и с них перебирается на другие концентраторы. В итоге инфекция охватывает всю систему.

Биологические вирусы распространяются в социальных сетях, которые во многих случаях оказываются безмасштабными. Поэтому традиционный метод борьбы с эпидемиями – случайная вакцинация – представляется неэффективным, поскольку многие концентраторы остаются не иммунизированными. Чтобы гарантировать, что они не были пропущены, нужно обработать практически каждого человека. Прививка от кори, например, эффективна лишь в том случае, если сделана 90% населения.

Таким образом, докторам в первую очередь следовало бы искать личности с наибольшим количеством связей. Этот подход может быть действенным даже в том случае, когда иммунизации подвергается небольшая часть населения, включающая в себя концентраторы. Правда, их не так-то просто выявить. Ройвен Коэн (Reuven Cohen) и Шломо Хавлин (Shlomo Havlin) из Университета Бар-Илан в Израиле вместе с Дэниелом бен-Авраамом (Daniel ben-Avraham) из Университета Кларксона предложили остроумное решение: подвергать вакцинации нескольких наугад взятых людей, знакомых с произвольно выбранными личностями. Однако сразу возникают вопросы этического характера: например, даже если концентраторы можно идентифицировать, должны ли они иметь приоритет при иммунизации и лечении? И все же выявление концентраторов может стать самым практичным средством в борьбе со СПИДом и оспой в тех странах и регионах, где недостаточно средств для всеобщей вакцинации.

## ПРОЯВЛЕНИЯ БЕЗМАСШТАБНОСТИ СЕТЕЙ В...

### ...Информатике

- Компьютерные сети с безмасштабной архитектурой (Интернет, Всемирная паутина и т.п.) очень стойки к случайным отказам, но весьма уязвимы для преднамеренных, спланированных нападений.
- Оказывается, полное уничтожение компьютерных вирусов в сети Интернет в принципе невозможно.

### ...Медицине

- Вакцинация населения будет гораздо эффективнее, если в первую очередь ставить прививки концентраторам – индивидуумам, которые поддерживают контакты со многими людьми. Впрочем, идентификация таких личностей – сложная задача.
- Выявление сетей в клетках человеческого организма поможет медикам устранять побочные эффекты применения лекарств. Кроме того, идентификация молекул-концентраторов, участвующих в развитии некоторых болезней, позволит создавать нацеленные на них препараты.

### ...Бизнесе

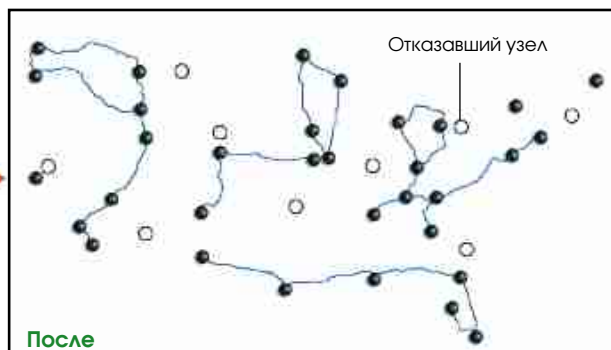
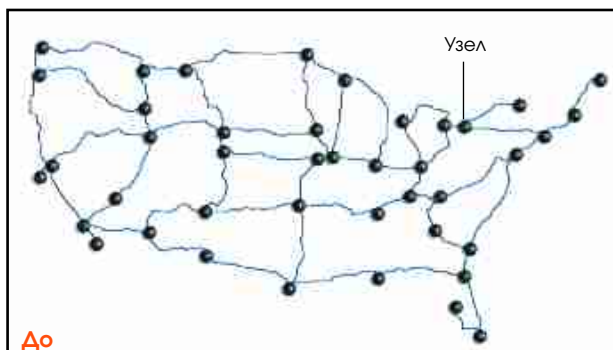
- Исследуя экономические связи различных компаний, аналитики смогут предотвратить развитие каскадных финансовых потрясений.
- Изучив процесс распространения вирусов в безмасштабных сетях, можно предложить маркетологам новые способы распространения рекламных слухов среди потребителей.

## НАСКОЛЬКО УСТОЙЧИВЫ СЛУЧАЙНЫЕ И БЕЗМАСШТАБНЫЕ СЕТИ?

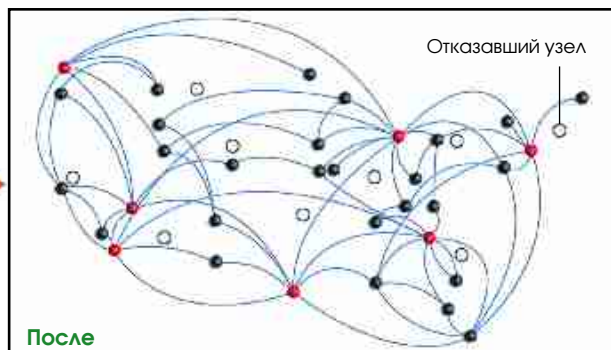
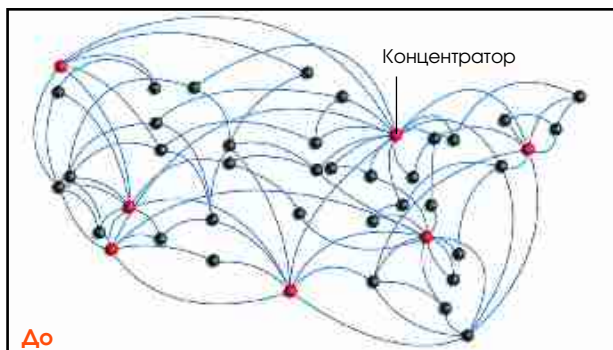
В результате случайного отказа нескольких узлов случайной сети (верхние схемы) система разрывается на несвязанные острова. Безмасштабные сети более устойчи-

вы к таким авариям (средние схемы), но чрезвычайно уязвимы для скоординированного нападения на концентраторы (нижние схемы).

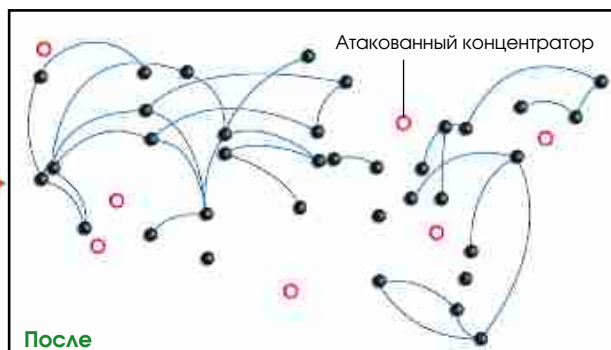
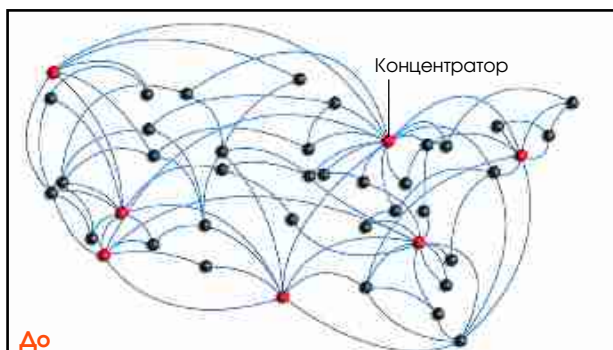
Отказ узлов в случайной сети



Случайный отказ узлов безмасштабной сети



Атака на концентраторы безмасштабной сети



Бизнесмены зачастую заинтересованы не в подавлении, а в разжигании эпидемий. Еще в 50-х гг. прошлого века сотрудники фармацевтического гиганта *Pfizer* отметили, что врачи-концентраторы играют огромную роль

в принятии новых препаратов медицинским сообществом. Специалисты по маркетингу давно знают, что некоторые потребители обладают выдающейся способностью распространять слухи о разного рода новинках

и переходящих увлечениях. Теория безмасштабных сетей предоставляет научную основу и математический аппарат для более глубокого изучения этого явления.

## От теории к практике

В нашем мире существуют не только безмасштабные сети. Например, система магистральных автодорог и энергосистема США не являются безмасштабными. То же самое относится и к большинству сетей в материаловедении:

в кристаллической решетке атомы имеют одинаковое количество связей с соседями. А относительно небольшой размер пищевых цепей, в которых наблюдаются отношения «хищник–жертва», пока не позволяет определить их тип. Отсутствие крупномасштабных

карт мозга также не дает ученым однозначно установить природу этой важнейшей сети.

Поведение сети определяется не только ее типом, но и другими параметрами, также заслуживающими внимания. Один из них – диаметр сети

## В КОНЦЕ КОНЦОВ, НАШ МИР НЕ ТАК УЖ ВЕЛИК

В 1967 г. Стэнли Милгрэм (Stanley Milgram), социальный психолог из Гарвардского университета, разослал сотни писем жителям штата Небраска с просьбой переслать корреспонденцию знакомым, которые могли бы отправить ее как можно ближе к окончательному получателю, биржевому маклеру в Бостоне. Чтобы проследить маршрут своих посланий Милгрэм попросил участников эксперимента прислать ему открытку после отправки письма. Оказалось, что письма, в конечном счете достигшие адресата, прошли в среднем через шесть человек – основание для популярного утверждения, что любых двух людей «разделяют всего шесть шагов».

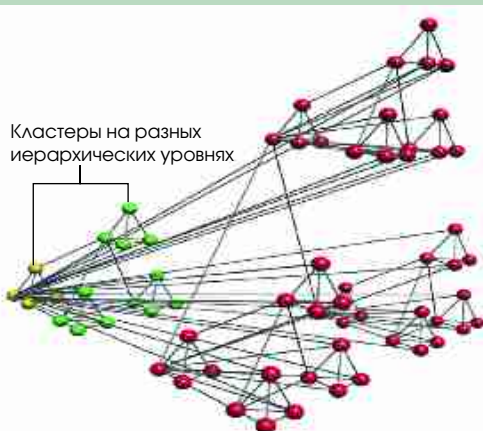
Хотя работа Милгрэма едва ли была убедительной – большинство писем так никогда и не добрались до биржевого маклера, – ученые недавно выяснили, что во многих сетях также проявляется свойство малости мира. На-

пример, почти любую пару веществ в клетке связывает путь всего из трех реакций. И во Всемирной паутине, содержащей более 3 млрд. документов, веб-страницы стоят друг от друга в среднем на 19 переходов.

Свойство малости мира не обязательно указывает на существование какого-то магического организующего принципа. Даже большая сеть со вполне случайными связями может оказаться не так уж велика. Предположим, у вас есть приблизительно 1000 знакомых. Если у каждого из них тоже примерно по 1000 приятелей, то миллион людей будет всего в двух рукопожатиях от вас, миллиард – всего в трех, а все население Земли – в пределах каких-то четырех рукопожатий! С учетом всего сказанного заявление о «шести шагах» кажется почти тривиальным. И все же не торопитесь делать поспешные выводы.

Наш простой подсчет предполагает, что все ваши приятели незнакомы друг с другом. Согласитесь, так не бывает. На самом деле общество разбито на кластеры схожих людей с примерно одинаковыми характеристиками (уровень дохода и образования, интересы и т.п.). Эта особенность широко обсуждалась в литературе по социологии после выхода в свет работы Марка Греноветтера (Mark Granovetter), написанной в 70-х гг. прошлого века. Кластеризация свойственна многим типам сетей. В 1998 г. Дункан Уотс (Duncan Watts) и Стивен Строгац (Steven Strogatz) обнаружили существенную кластеризацию в самых разных структурах: от энергосети США до нервной системы червя *Caenorhabditis elegans*.

На первый взгляд, кажется, что изолированные кластеры не вписываются в топологию безмасштабной сети, которая связана воедино множеством концентраторов, распространивших свои связи по всей системе. Однако недавно мы пришли к выводу, что безмасштабная сеть может быть сильно кластеризована, если малые, тесно связанные кластеры узлов объединены в большие, но слабее связанные группы (рис. слева). Подобная иерархия, видимо, присутствует во многих системах: от Всемирной паутины (в которой кластеры – это группы веб-страниц, посвященных одной теме) и до живой клетки (в которой кластерами являются группы молекул, ответственных за определенную функцию).



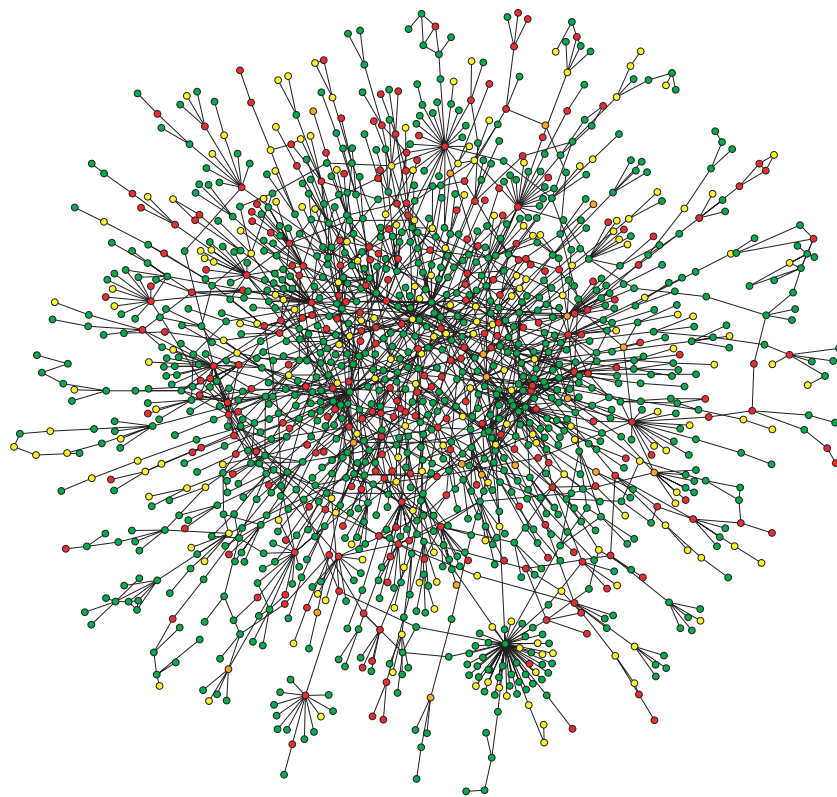
Иерархические кластеры, показанные на схеме, могли бы состоять, например, из веб-страниц о доме Франка Ллойда Райта (Frank Lloyd Wright) «Водопад» (*Fallingwater*) (желтые), которые связаны с другими кластерами (зеленые), посвященными Райту, известным домам или другим достопримечательностям штата Пенсильвания. Эти веб-сайты, в свою очередь, связаны с кластерами страниц об известных архитекторах или архитектуре в целом (красные).



(длина пути): наименьшее количество шагов, достаточное, чтобы соединить любые два узла. Другой важный параметр – стоимость добавления новых связей. Например, большие затраты на строительство автострад препятствуют превращению системы магистральных автодорог США в безмасштабную сеть. Есть и другие специфичные факторы. В социальных сетях связи индивидуума с членами семьи намного сильнее, чем со случайными знакомыми, поэтому болезни (и информация) с большей вероятностью распространяются через родственников. Для транспортных и информационных систем важную роль играет загруженность отдельных связей: слишком большой трафик на конкретной линии может вызвать выход ее из строя. В результате под угрозой отказа окажутся другие связи, которым придется работать с перегрузкой. Наконец, сами узлы могут быть очень разными, что сильно влияет на механизм преимущественного присоединения.

Анализируя безмасштабные сети, необходимо принимать во внимание множество аспектов. Например, выбирая людей для вакцинации, нужно рассматривать не только количество социальных связей, но также их частоту и продолжительность контакта.

Мы рассмотрели сложные сети, пренебрегая их частными особенностями. Это помогло нам увидеть некоторые принципы организации, лежащие в основе, казалось бы, непостижимых систем. Полученные данные заставляют пересмотреть многие базовые предположения. Например, раньше для тестирования новых протоколов маршрутизации моделировали случайную сеть. Теперь-то мы знаем, что Интернет – безмасштабная система, не имеющая ничего общего со случайными сетями. Изучение безмасштабных сетей принесет пользу и во многих других областях. Нам предстоит пойти дальше и исследовать не только топологию, но и сложную, замысловатую динамику этих сложных систем. ■



На карте взаимодействия белков в дрожжах видно, что протеины с большим количеством связей (концентраторы) наиболее важны для выживания клетки. Красным обозначены самые необходимые белки (их удаление приводит к гибели клетки). Оранжевым отмечены протеины средней важности (их удаление замедляет рост клетки). Зеленым и желтым обозначены белки, значение которых невелико или пока не установлено.

#### ОБ АВТОРАХ:

**Альберт-Ласло Барабаш** (Albert-Laszlo Barabasi) и **Эрик Бонабо** (Eric Bonabeau) изучают самые разные системы: от сети Интернет до колоний насекомых. Барабаш – профессор физики в Университете Нотр-Дам, штат Индиана, где руководит исследованием сложных сетей. Не так давно он написал книгу *Linked: The New Science of Networks*. Бонабо – ведущий научный сотрудник консультативной фирмы *Icosystem* (Кембридж, штат Массачусетс), которая занимается поиском деловых возможностей с помощью методов науки о сложных системах. Бонабо стал одним из авторов книги *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

- All the World's a Net. David Cohen in *New Scientist*, Vol. 174, No. 2338, pages 24–29; April 13, 2002.
- Statistical Mechanics of Complex Networks. Reka Albert and Albert-Laszlo Barabasi in *Reviews of Modern Physics*, Vol. 74, pages 47–97; January 2002. *Linked: The New Science of Networks*. Albert-Laszlo Barabasi. Perseus Publishing, 2002.
- Evolution of Networks: From Biological Nets to the Internet and WWW. J.F.F. Mendes and Sergei N. Dorogovtsev. Oxford University Press, 2003.
- Ссылки на статьи о сетях без масштаба см. по адресу [www.nd.edu/~networks](http://www.nd.edu/~networks)

# ЛЕДОВЫЙ ЧЕЛОВЕК:



# ДЕСЯТЬ ЛЕТ СПУСТЯ

Джим Диксон, Клаус Эггл и Линда Хэндли

Где находилось жилище ледового человека и что он делал высоко в горах перед смертью? Исследования уцелевших растительных остатков опровергают многие из первоначальных версий.



LANDSBERG/ARND BRONKHORST/ALISTRIA

Погожим сентябрьским днем 1991 г. пара туристов, бродивших по высокому альпийскому хребту, наткнулась на труп человека, видневшийся из подтаявшего льда. Они сообщили о находке властям. Однако особого переполоха сообщение не вызвало: в администрации решили, что найдено тело одного из тех скалолазов, что каждый год бесследно исчезают в расщелинах альпийских ледников. Но когда останки были доставлены в находящийся поблизости г. Инсбрук (Австрия), археолог Конрад Шпиндлер (Konrad Spindler) установил, что они принадлежат доисторическому человеку – мужчине, умершему несколько тысячелетий назад. Ученый предположил, что тело сохранялось во льду до тех пор, пока необычайно теплая погода не вызвала его таяние, в результате чего обнажились голова, спина и плечи ледового человека.

В Европе прежде никогда не находили столь хорошо сохранившиеся останки людей эпохи неолита. Ледовый

человек гораздо старше людей железного века и даже мумий египетских фараонов. Поразительным оказалось и наличие полного облачения и охотничьего снаряжения.

Взволнованные находкой ученые и журналисты тут же разразились бурей гипотез и догадок. По мнению Шпиндлера, несчастный искал спасения в высоких горах после того, как его ранили в драке в родной деревне. «Стояла осень, – предполагает археолог, – и беглец, будучи пастухом, рассчитывал укрыться от преследователей на высокогорных альпийских лугах. Изнемогавший от боли и усталости, он уснул и умер на валуне, где спустя пять тысячелетий и были найдены его останки». Прекрасная сохранность тела, как считает Шпиндлер, объясняется обильным снегопадом, спасшим его от животных-падальщиков, и последующим быстрым вымораживанием тканей.

Поскольку «спасатели» не поняли всей уникальности своего открытия, ▶

Тело ледового человека было найдено в каменистой ложбине на одном из высокогорных альпийских склонов в зоне вечного снега и льда. Часть скальпа с его головы была содрана льдом. Все факты указывают на то, что тело было принесено сюда потоками талой воды во время сильных оттепелей.

## В Европе прежде никогда не находили столь хорошо сохранившиеся останки людей эпохи неолита. Ледовый человек гораздо **старше мумий** египетских фараонов.

они буквально выдрали тело из льда, причинив ему серьезные повреждения и уничтожив массу полезной информации. Летом 1992 г. были проведены археологические раскопки, найдено множество ценнейших вещей (в том числе семян, листьев, мхов и других растительных остатков). С тех пор прошло десятилетие, в течение которого мы неустанно анализировали и этот материал, и образцы содержимого пищеварительного тракта ледового человека. В результате получены данные, опровергающие многие первоначальные предположения о его жизни и смерти.

### Кем он был?

Тело ледового человека было найдено на высоте 3210 м над уровнем моря в Эцталских Альпах, которым он и обязан своим прозвищем – Эци. Неглубокая каменистая ложбина, где он нашел свое последнее пристанище, расположена в 92 м к югу от австрийско-итальянской границы, неподалеку от горного перевала Хауслаб (см. карту на с. 65). Тело Эци было найдено распростертым на валуне; его левая рука, отведенная в сторону, касалась правого плеча, правая кисть была придавлена большим камнем. Снаряжение и одежда были разбросаны вокруг (некоторые

предметы – на расстоянии нескольких метров). Радиоуглеродный анализ растительных остатков, обнаруженных на теле, одежде и охотничьих принадлежностях, показал – Эци жил примерно 5 300 лет назад.

Рост ледового человек был всего 159 см. Анализ костей показал, что ему было 46 лет – очень солидный возраст для людей эпохи неолита. Анализ ДНК указал на то, что это был уроженец северо-западной части Европы. У Эци была необычная врожденная аномалия – отсутствие 12-й пары ребер. Правая часть грудной клетки деформирована, а в 3-м и 4-м правых ребрах имеются трещины. По мнению Питера Ванезиса (Peter Vanezis) из Университета Глазго, дефекты, как и перелом левой руки, появились уже после его смерти, что ставит под сомнение первоначальную теорию Шпиндлера о злополучной судьбе ледового человека.

Отставив в сторону спорные вопросы, связанные с обстоятельствами и причинами смерти Эци, заметим, что его здоровье под конец жизни оставило желать лучшего. Хотя эпидермис (наружный слой кожи), волосы и ногти ледового человека почти не сохранились (вероятно, они разложились

под воздействием воды во время оттепелей), уцелевшие ткани и части тела дали ученым обильную пищу для размышлений. Изучение единственного найденного ногтя Эци показало, что на нем имеются три линии Бо. Это означает, что на протяжении последних 6 месяцев жизни ледовый человек три раза серьезно болел, и последний раз был самым серьезным и продолжался не менее двух недель. Кроме того, Эци был заражен кишечным паразитом (власоглавом).

На слое кожи, находящемся под отсутствующим эпидермисом, были обнаружены многочисленные следы татуировочных наколов с введенным в них толченым древесным углем. Некоторые расположены вблизи акупунктурных точек и в тех местах, где у Эци могли возникать артритные боли, – в области поясницы, правого колена и лодыжки. На мизинце правой ноги есть признаки отморожения, а зубы сильно стертые (следствие солидного возраста и характера питания). В складках одежды найдены остатки блох.

### Во что он был одет?

Благодаря одежде и охотничьему снаряжению Эци ученые получили множество интересных сведений как о самом ледовом человеке, так и том сообществе, в котором он жил. Эти предметы позволили определить, насколько хорошо соплеменники Эци знали свойства окружающих их камней, грибов, растений и животных.

Облачение ледового человека составляли три слоя одежды – краги, набедренная повязка и куртка, сшитые из оленьих и козьих шкур, а также накидка из травы и лыка. Его шапка была сшита из медвежьей шкуры, а утепленная

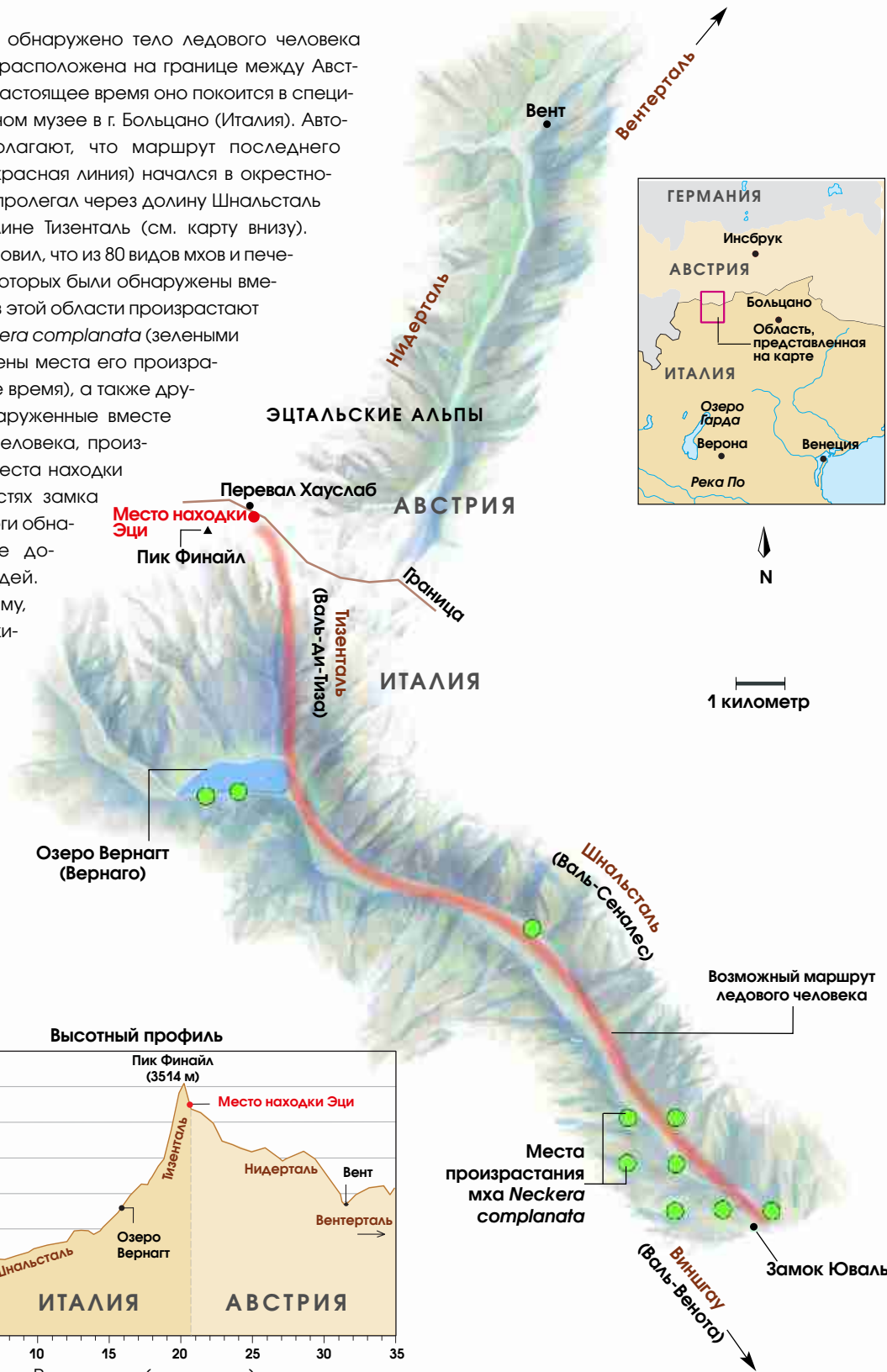
### ОБЗОР: **НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЛЕДОВОМ ЧЕЛОВЕКЕ**

Данные последних исследований свидетельствуют о том, что ледовый человек:

- Жил, возможно, там, где сегодня в Южном Тироле (Италия) стоит замок Юваль.
- Питался как растительной, так и животной пищей.
- Часто болел и умер в возрасте 46 лет.
- Умер весной, а не осенью, как предполагалось ранее.
- Возможно, погиб в результате ранения в спину выпущенной из лука стрелой.
- Расстался с жизнью не там, где было обнаружено тело, а в другом месте, откуда оно было снесено потоками талой воды.

## МАРШРУТ ПОСЛЕДНЕГО ПУТЕШЕСТВИЯ ЛЕДОВОГО ЧЕЛОВЕКА

Область, где было обнаружено тело ледового человека (красный кружок), расположена на границе между Австрией и Италией. В настоящее время оно покоится в специально оборудованном музее в г. Больцано (Италия). Авторы статьи предполагают, что маршрут последнего путешествия Эци (красная линия) начался в окрестностях замка Юваль, пролегал через долину Шнальсталь и окончился в долине Тизенталь (см. карту внизу). Джим Диксон установил, что из 80 видов мхов и печеночников, остатки которых были обнаружены вместе с Эци, сегодня в этой области произрастают только 20. Мох *Neckera complanata* (зелеными кружками обозначены места его произрастания в настоящее время), а также другие растения, обнаруженные вместе с телом ледового человека, произрастают к югу от места находки Эци – в окрестностях замка Юваль, где археологи обнаружили поселение доисторических людей. Здесь, по-видимому, и располагалось жилище Эци.



1 километр

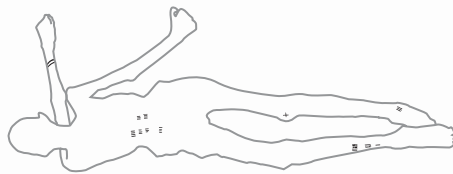


ROB WOOD/Wood/Ronsville/Harlin, Inc. (topographic map); MICHAEL SHAND/University of Glasgow (elevation profile)

## ЛЕДОВЫЙ ЧЕЛОВЕК И ЕГО ИМУЩЕСТВО

Рост Эци – всего 159 см. После смерти тело иссохло и сморщилось. Под давлением льда верхняя губа, нос и уши деформировались.

При жизни на его голове росли волосы, а на лице, возможно, борода. Эпидермис, волосы и ногти почти не сохранились. Найдено лишь несколько прядей волос длиной до 9 см.



Изотопный состав зубной эмали свидетельствует о том, что в разное время Эци жил по меньшей мере в двух различных областях.



Шапка сшита из шкуры бурого медведя.



Рукоятка кинжала вырезана из древесины ясеня; острие кремневого клинка сломалось либо в древности, либо при извлечении из льда.



В кишечнике обнаружены частицы семян примитивной пшеницы – однокзернянки. Их крошечные размеры наводят на мысль, что зерно перемалывалось в муку, а частицы древесного угля заставляют предполагать, что хлеб выпекался на открытом огне.



Татуировка в виде простых линий и крестиков лучше всего заметна на задней поверхности тела. По-видимому, она была нанесена в лечебных целях.

На единственном найденном ногте различимы линии, указывающие на то, что за незадолго до смерти Эци перенес три серьезные болезни.



Содержимое кишечника указывает на то, что Эци потреблял как растительные, так и животные продукты. Незадолго до смерти он ел мясо оленя, дикого козла, растения и продукты из молотого зерна.



Пыльцевые зерна (слева) хмелеграба (внизу), обнаруженные в кишечнике, заставляют предполагать, что Эци умер лагать, что Эци умер в конце весны, когда цветет это дерево.



Медный топор крепился к топорищу из Древесины тиса с помощью березового клея и полос лыка.



Обувь сшита из шкур животных и утеплена травой.



Частицы мха *Leskeia complanata*, обнаруженные в кишечнике, свидетельствуют, что Эци заворачивал провизию в мох. Вверху – мох, растущий на скале; внизу – стебель мха с листьями, найденный на одежде Эци.

Данные радиоуглеродного анализа указывают, что Эци жил 5300 лет назад.



В сумке, которую Эци носил на поясе, находились куски гриба трутовика настоящего (внизу слева), небольшие кремни для высечения огня (в центре) и инструмент для заточки кремней (внизу справа).

## Эци носил с собой **два куска гриба** трутовика настоящего, содержащего, как известно, некоторые фармакологически активные соединения.

травой обувь – из шкуры медведя (подошвы) и коз (верхняя часть).

Рядом с телом были найдены медный топор и кинжал из кремня, добытого у озера Гарда в 150 км к югу. Рукоятка кинжала сделана из древесины ясеня, которая и по сей день считается самым подходящим для этой цели материалом. А большой (в рост человека), но не доделанный до конца лук, был вырезан из тисового дерева. В кожаном колчане было найдено 14 стрел, но только две из них оснащены перьями и кремниевыми наконечниками. Древко 13 стрел было изготовлено из стеблей калины, дающей длинные, крепкие и прочные побеги подходящего диаметра; древко одной стрелы частично состояло из стебля дерена.

В сумке находились растущий на стволах деревьев гриб трутовик настоящий, а также железный колчедан, кремний для высекания огня и небольшой инструмент для заточки кремней. На кожаных ремешках Эци нес с собой два продырявленных куска трутовика березового, который содержит фармакологически активные соединения (тритерпены) и используется в лечебных целях. Также были обнаружены фрагменты сетки, каркас заплечной сумки и два берестяных короба; в одном из них ле-

жали древесный уголь и листья клена остролистного (возможно, отправляясь в путь, ледовый человек заворачивал в них тлеющие угли).

### Откуда он пришел?

В той части Альп, где было найдено тело Эци, долины простираются между горными хребтами с севера на юг. Таким образом, к месту своего последнего пристанища ледовый человек пришел с севера или с юга, а не с востока или запада. Ботанические находки указывают на юг. Близ средневекового замка Юваль, расположенного на южной оконечности долины Шнальсталь, всего в 15 км от места находки Эци, было обнаружено поселение неолитических людей. Современные археологи еще не проводили там раскопок, но Юваль – ближайшее место от «могилы» Эци, где сегодня произрастают некоторые растения, найденные на его теле и в вещах. Поскольку они могли расти здесь и в доисторические времена, это поселение, возможно, и было тем самым местом, где жил ледовый человек.

Было идентифицировано множество растительных фрагментов, в том числе и крупного лесного мха некке-ры (*Neckera complanata*), растущего в окрестностях замка Юваль. Установлено, что в меньшем количестве он встречается и рядом с озером Вернагт (Вернаго), расположенным на 1450 м ниже места находки Эци, но всего в 5 км от него. Александра Шмидл (Alexandra Schmidl) из Инсбрукского института ботаники нашла в образцах содержимого желудка Эци мелкие фрагменты мха *Anomodon viticulosus*, который, как и *N. complanata*, произрастает в самой нижней части долины Шнальсталь.

Вольфганг Мюллер (Wolfgang Muller) из Австралийского национального университета, изучивший изотопный состав зубной эмали ледового человека, предположил, что вырос он в одном месте, а последнее десятилетие жизни провел в другой области. А Джуриан Хугеверф (Jurian Hoogewerff) из Института пищевых исследований в Норт-увиче (Англия), изучавший содержание стабильных изотопов и микроэлементов в тканях Эци, утверждает, что последние годы жизни он, вероятно, провел в долине Вентергаль или в соседних горных долинах к северу.

### Что он ел?

Анализ растительных остатков в образцах содержимого пищеварительного тракта Эци позволяет точно судить о том, что он ел перед смертью. Учеными были обнаружены частицы семян примитивной пшеницы – однозернянки; крошечные размеры этих крупичек наводят на мысль о том, что соплеменники Эци перемалывали зерна и выпекали хлеб, а не дробили их для варки каш. Микроскопические частицы еще не идентифицированных растений свидетельствуют о том, что Эци использовал в пищу и другие растительные продукты. Франко Ролло (Franco Rollo) из Университета Камерино (Италия), проведя анализ ДНК пищевых остатков из кишечника ледового человека, распознал в них мясо благородного оленя и альпийского горного козла.

В кишечнике также были найдены остатки нескольких видов мха. Это наводит на мысль о том, что мох использовали как упаковочный материал. Если Эци заворачивал в него свою провизию, он вполне мог проглотить вместе с пищей и немного некке-ры.





Анализ содержания стабильных изотопов углерода и азота ( $^{13}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}$ ) в костях и волосах также позволяет судить о питании. Содержание  $^{15}\text{N}$  показывает, какой белок (животный или растительный) преобладает в рационе, а по содержанию  $^{13}\text{C}$  можно сказать, какие пищевые растения потребляет человек и какую часть его диеты составляют морские продукты. Результаты изотопного анализа полностью подтверждают предположение, что у Эци была смешанная диета: 30% пищевого азота он получал за счет животных белков, а остальные 70% – за счет растительных. Данные свидетельствуют и о том, что дары моря ледовый человек не ел. Если учесть удаленность от моря, то этот факт удивления не вызывает.

### Чем он занимался?

С незапамятных времен альпийские пастухи в июне гонят свои стада на высокогорные пастбища, а в сентябре возвращаются в низины. Поскольку тело Эци было найдено неподалеку от одного из традиционных пастушьих маршрутов, некоторые исследователи поспешили заключить, что он был пастухом. Его одежда и снаряжение, однако, это предположение опровергают. Ни на теле Эци, ни на его одеянии не было найдено даже следов шерсти домашних животных, и нигде поблизости не валялась пастушья палка с крюком.

Анализ нескольких уцелевших прядей волос Эци выявил очень высокое содержание мышьяка и меди. Возможно, он принимал участие в выплавке меди. Но, по мнению Джеффри Грайма (Geoffrey Grime) из Университета графства Суррей (Англия), чрезвычайно высокий уровень этих элементов в волосах обусловлен жизнедеятельностью металлофиксирующих бактерий уже после смерти Эци. Ученый также считает, что медь находилась на волосах, а не в их стержнях. Эта гипотеза подтверждается и присутствием «медного мха» – *Mielichhoferia elongata*, растущего в основном на горных породах, содержащих медь.

Согласно другому предположению, Эци был охотником и добывал ▶



В каменистой ложбине, где было найдено тело Эци, воздвигнут памятник. Мужчины стоят как раз там, где лежал доисторический человек.



В окрестностях замка Юваль, расположенного в самой нижней части долины Шнальсталь, сегодня растут многие из тех растений, остатки которых обнаружены вместе с ледовым человеком.

альпийских горных козлов, на что указывают лук и колчан со стрелами. Но если перед смертью он охотился, непонятно, почему лук недоделан и лишен тетивы, а стрелы (за исключением двух сломанных) не оснащены перьями и наконечниками?

Ранее уже высказывались догадки, что ледовый человек был изгнанником, торговцем кремнем, шаманом или воином. Все эти предположения, однако, лишены каких-либо оснований (за исключением разве что найденных кусков гриба трутовика, который мог использоваться шаманами в качестве целебного снадобья или колдовского атрибута).

### Как он умер?

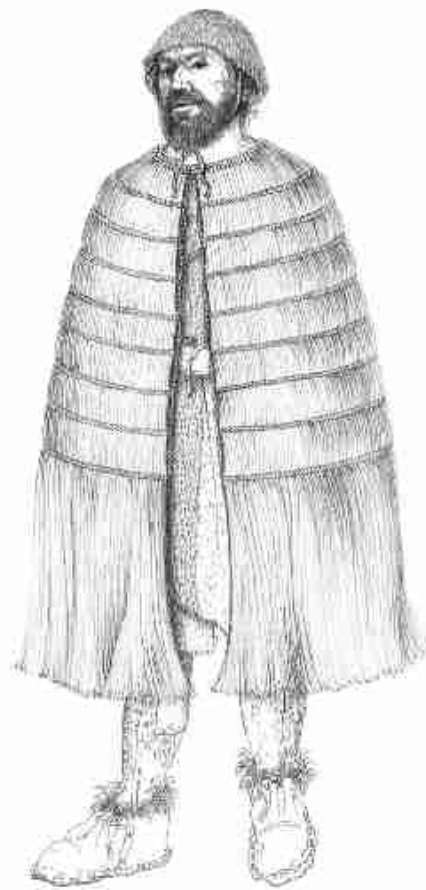
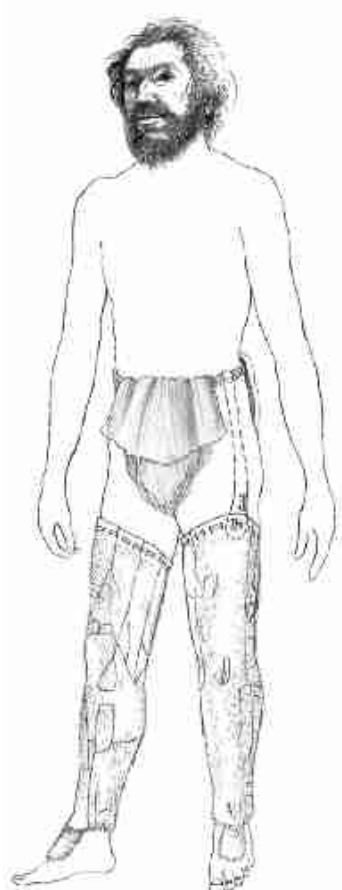
В июле 2001 г. Эдуард Вигл (Eduard Egarter Vigl) из окружной больницы

г. Больцано (Италия) заявил, что с помощью рентгенографии в спине под левым плечом у Эци обнаружен наконечник стрелы. В средствах массовой информации тут же появились сообщения, что Эци был убит. А Эдуард Вигл поспешил добавить, что «теперь-то окончательно доказано, что ледовый человек не умер естественной смертью и не погиб вследствие истощения или переохлаждения». Получено трехмерное изображение наконечника длиной 27 мм и шириной 18 мм, но все попытки ученых получить разрешение на его извлечение из тела и последующее изучение остаются пока без ответа.

Совсем недавно появилась информация, что на правой кисти Эци обнаружена глубокая колотая рана. Однако никаких научных публикаций по этому поводу пока не появлялось.

### В какое время года?

Первоначально предполагалось, что Эци умер осенью. Основанием для этого послужили найденный рядом с телом плод терна и частицы зерна в одежде, якобы попавшие туда во время молотбы. Но недавние ботанические находки указывают на то, что Эци умер в конце весны или начале лета. Изучив образец остатков пищи из толстого кишечника, ученые обнаружили в нем пыльцу дерева хмелеграба. Невероятно, но во многих пыльцевых зернах хорошо сохранилось клеточное содержимое, которое обычно очень быстро разлагается. Это значит, что незадолго до смерти Эци проглотил только что созревшую пыльцу этого дерева. Хмелеграб, растущий в долине Шнальсталь на высоте до 1200 м над уровнем моря, цветет только в конце весны или начале лета.



Экипировка Эци состояла из трех слоев одежды, сшитой из шкур животных, травы и лыка. Реконструкции выполнены археологами из Римско-Германского музея в Майнце (Германия), где хранится вся одежда и охотничье снаряжение ледового человека.

JULIA RIBBECK, TAKEN FROM "DIE GLEITSCHERMUMIE," RIZM

А что касается найденного плода терна, то Эци вполне мог взять с собой в качестве провизии плоды этого кустарника, высушенные задолго до того, как он отправился в путь. Неограниченно долгое время могут сохранять и найденные частицы зерна: возможно, несколько таких крошек тоже случайно попали в складки одежды Эци задолго до путешествия.

### Что нам известно?

С момента находки тела Эци прошло более 10 лет, и за это время мнения ученых о том, кто был этот человек и как он оказался на высоком альпийском склоне, сильно изменились. Изучение растительных остатков – пыльцы, семян, мхов и грибов, обнаруженных на теле, в одежде и в пищеварительном тракте Эци, – уже позволило разгадать многие загадки. Сегодня мы полностью уверены в том, что ледовый человек потреблял как растительную, так и животную пищу и жил в нескольких километрах от того места, где погиб. Нам известны его возраст, состояние здоровья, время года, когда наступила смерть, и некоторые обстоятельства его жизни. Поразительно, но все указывает на то, что смерть настигла Эци не на том валуне, где он был обнаружен 5 300 лет спустя. Вероятно, тело было снесено потоками талой воды во время одной из тех сильных оттепелей, которые неоднократно имели место на протяжении последних тысячелетий. В пользу этого предположения свидетельствует положение тела, отсутствие эпидермиса, разбросанное в радиусе нескольких метров «имущество» Эци, словно приплывшее вслед за своим владельцем.

Но мы не знаем, почему Эци оказался в Альпах на такой высоте. Возможно, никогда не удастся установить и истинную причину его смерти. Аутопсия – слишком деструктивная процедура для останков Эци. И покуда нет достоверных данных, можно считать, что смерть настигла его на каком-то из альпийских склонов, а в ложбину его принесли потоки талой воды. ■



Тело ледового человека хранится в специально оборудованной камере в Южно-Тирольском археологическом музее в г. Больцано (Италия). Температура воздуха  $-6^{\circ}\text{C}$ , влажность 99%.

### ОБ АВТОРАХ:

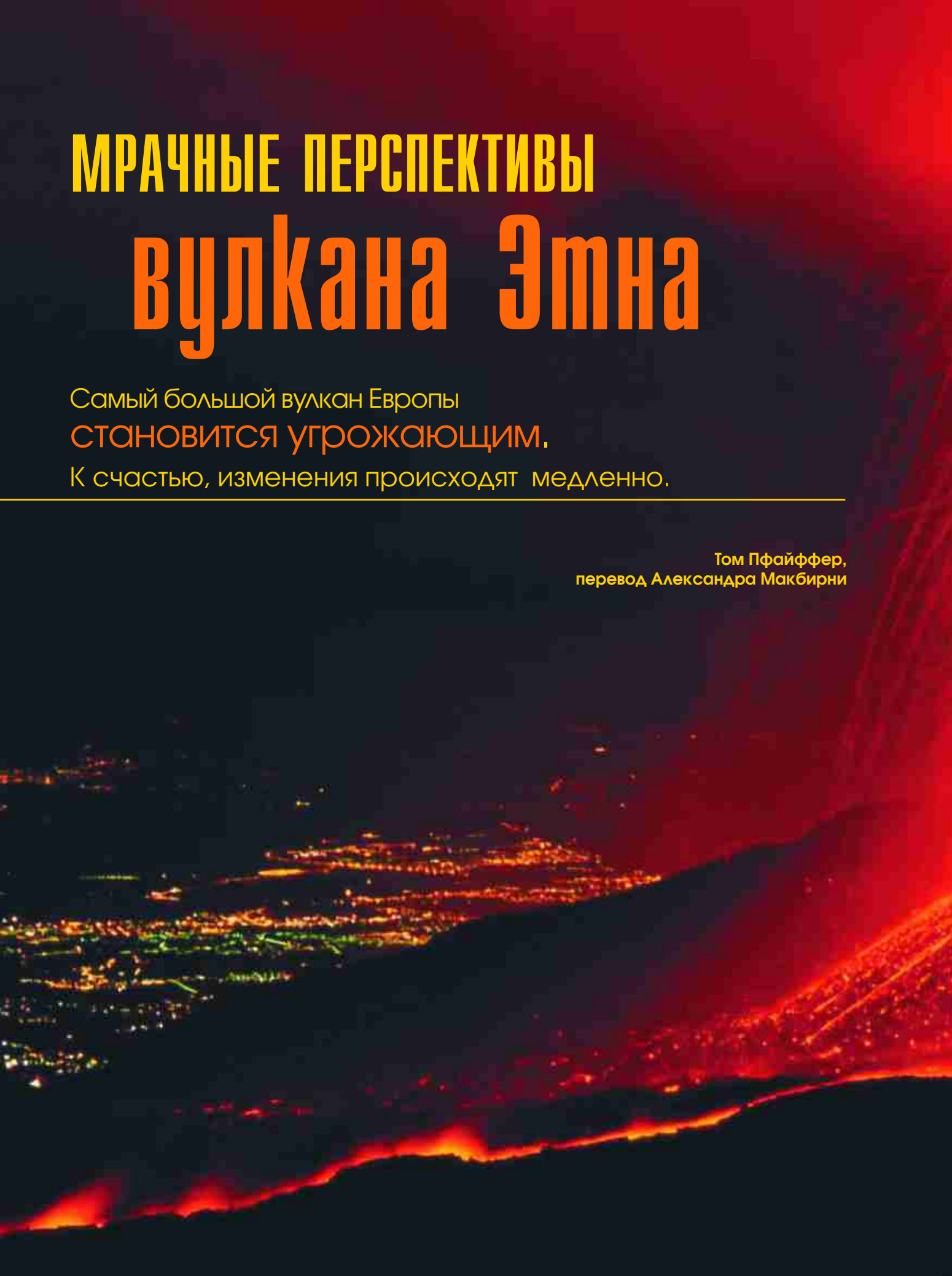
**Джим Диксон** (Jim Dickson), **Клаус Эггл** (Klaus Oeggel) и **Линда Хэндли** (Linda Handley) изучают растения, которые тирольский ледовый человек, возможно, использовал в повседневной жизни. Диксон – профессор археологии и систематики растений в Университете Глазго, автор более 150 научных статей и 5 книг. Эггл – профессор ботаники в Инсбрукском университете (Австрия), специалист в области археоботаники, один из научных редакторов книги «Ледовый человек и его естественное окружение» (2000 г.). Хэндли – экофизиолог, работает в Шотландском институте сельскохозяйственных культур в Инвергури; занимается изучением стабильных изотопов углерода и азота в растениях и почве.

# МРАЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ вулкана Этна

Самый большой вулкан Европы  
СТАНОВИТСЯ УГРОЖАЮЩИМ.  
К счастью, изменения происходят медленно.

---

Том Пфайффер,  
перевод Александра Макбирни





Сильнейшее извержение 28 июля 2001 г. выбросило из бокового жерла Этны лаву на высоту сотен метров. Всего в 30 км расположен город Катания – второй по величине на Сицилии.

## В октябре 2002 г. пробудился знаменитый СИЦИЛИЙСКИЙ ВУЛКАН Этна, и тысячи итальянцев покинули свои дома.

Громадные массы пепла, шлаков и обломков породы поднимались на 500-метровую высоту, а потоки лавы устремлялись вниз по северному и южному склонам. Извержение сопровождалось сотнями землетрясений с магнитудой до 4,3 по шкале Рихтера. Гигантское облако дыма и пепла рассеялось над Средиземным морем, но жители Лингуаглоссы (это название означает «языки лавы») почти не пострадали. Все это напомнило извержение, произошедшее летом 2001 г. на южном склоне вулкана, неподалеку от города Николози.

Сицилийцы долго считали вулкан беспокойным, но дружелюбным соседом. Активность проявлялась постоянно, но уже сотни лет здесь не происходило катастрофических извержений, сравнимых со взрывом вулкана на горе Сент-Хеленс в штате Вашингтон в 1980 г. Сейчас исследователи обнаружили признаки того, что вулкан становится опасным. Маловероятно, что Этна взорвется, как вулкан Сент-Хеленс, но сильные извержения, подобные произошедшим в 2001 и 2002 гг., могут участиться.

### Огненная гора

Название «Этна» происходит от древнего индо-германского корня, означающего «горючий», «горение». Легенды и письменные источники фиксировали активность вулкана на протяжении 3 тыс. лет, но подробные описания ведутся начиная с XVII столетия. Большинство сведений касается крупных



30 октября 2002 г. Лава фонтанирует на южном склоне Этны.

извержений: 122 г. до н.э., 1169, 1329, 1536 и 1669 гг. В последнем случае огромные потоки лавы изливались из многокилометровой трещины вблизи Николози. Продвинувшись на 15 км и достигнув моря, они похоронили под собой часть города Катания.

Этна – крупнейший вулкан Европы с объемом кратера около 350 куб. км и площадью поверхности приблизительно 1200 кв. км (см. карту на с. 44), вулканическим материалом сложены только последние 2000 м. В основании

горы залегают осадочные породы, имеющие возраст от верхнемелового (примерно 100 млн. лет назад) до четвертичного (современный геологический период). Большую часть времени вершина, находящаяся на высоте 3 340 м, покрыта снегом.

Возраст Этны превышает 500 тыс. лет. Следы самых древних извержений еще сохранились в прибрежных областях в виде подушечных лав, излившихся под водой и похожих на громадные подушки. Вначале на пониженном участке земной коры, там, где сейчас находится Этна, вырос щитовой вулкан, имевший форму уплощенного низкого купола. Сейчас на его месте возник конус с более крутыми склонами, состоящий из пяти поколений вулканических построек, наращивавшихся на поверхности подвергнувшегося эрозии или обрушившегося предшественника в течение 100–200 тыс. лет. Современный конус образовался за последние 5–8 тыс. лет. При подъеме магма захватывает куски пород и выбрасывает их на поверхность. Во время извержений 2001 и 2002 г. наверху оказалось множество обломков белого песчаника. Так бывает, когда магма, поднимаясь, вынуждена пробивать себе новые пути, например в случае боковых извержений (на склонах вулкана).

К особенностям Этны относятся сотни разбросанных по склонам небольших шлаковых конусов, свидетельствующих о боковом прорыве магмы.

Этна – один из самых загадочных вулканов. Ежегодно, начиная с 1970 г., он выбрасывает около 30 млн. куб. м магматического материала при максимальной скорости извержения 300 куб. м в секунду.

Почему магма поднималась на поверхность в данном месте, изливаясь в столь больших количествах? Ответ – в теории тектоники плит, согласно которой внешняя оболочка Земли

### ОБЗОР: ЭВОЛЮЦИЯ ЭТНЫ

- Долгое время Этну рассматривали как безвредный вулкан. Однако последние два года он сотрясает Сицилию. Лавовые потоки, образовавшиеся при беспорядочных извержениях на склонах Этны, разрушили турбазу, угрожая ближайшим селениям.
- По мнению ученых, часть магмы, выбрасываемой вулканом, образовалась в результате столкновения двух литосферных плит. Если эта гипотеза верна, извержения могут стать более сильными и приобрести взрывной характер.

состоит из десятка колоссальных плит толщиной от 5 до 150 км. Они слагают земную кору и верхнюю часть мантии и, подобно льдинам на поверхности океана, дрейфуют независимо друг от друга. 530 действующих вулканов Земли расположены или на плитах, или между ними и, соответственно, делятся на три основных типа.

Наиболее многочисленны вулканы рифтовых зон, в которых две плиты отодвигаются друг от друга. Примерами таких зон являются длинные цепи срединно-океанических хребтов. Мощные тектонические силы вспарывают плиты снизу, раздвигая их в стороны по разлому, что вызывает подъем горячего материала из мантии. Восходящее вещество плавится, и из него образуется базальтовая магма (наиболее распространенный тип магмы), содержащая большое количество железа и магния. Базальтовый расплав заполняет пространство между раздвигавшимися плитами, добавляя новый материал к океанической коре.

Вулканы второго типа располагаются над зонами субдукции, где две плиты сближаются. Обычно более холодная и тяжелая океаническая плита «ныряет» под континентальную. Поэтому процесс формирования магмы иной: вода и другие флюиды, увлекаемые погружающейся плитой, высвобождаются при увеличении давления и температуры на глубинах порядка 100 км. Поднимаясь и попадая в вышележащий клин более горячей мантии, флюиды понижают температуру плавления пород. Образующиеся магмы, более вязкие и обогащенные газами, чем базальтовые расплавы рифтовых зон, содержат меньше железа и магния, но больше кремнезема и летучих веществ (главным образом воды и двуокиси углерода).

Вязкой магме нелегко вытекать из недр Земли, поэтому давление возрастает, и расплавленные породы изливаются на поверхность. Быстрое выделение газов приводит к разделению магмы на отдельные фрагменты, и в результате из вулкана извергаются так называемые бомбы (округлые массы лавы), лапилли (каменистые и стекло-



28 октября 2002 г. Облако вулканического пепла поднимается над северо-восточным склоном Этны.

ватые обломки) и пепел. Такие вулканы обычно образуют конусы с крутыми склонами, сложенные чередующимися слоями несцементированных обломков и лавовых отложений. В «огненном кольце» по периферии Тихого океана и в пределах островных дуг среди самых известных вулканов, связанных с зонами субдукции, – Сент-Хеленс в США, Ундзен в Японии и Пинатубо на Филиппинах; все они извергались в последние три десятилетия.

Вулканы зон субдукции более угрожающие, чем те, которые находятся в рифтовых зонах.

Вулканы третьего типа возникают независимо от движений литосферных плит и располагаются над точками, где из земных недр в результате тепловой конвекции поднимаются потоки исключительно горячие – мантийные струи, или «плюмы». При выходе магматического вещества на поверхность (благодаря уменьшению давления) образуются расплавы, которые заставляют формироваться цепь вулканов. Обычно лава в зонах горячих точек легко растекается, и образующиеся щитовые вулканы (например, Мауна-Лоа) имеют вид уплощенных построек.

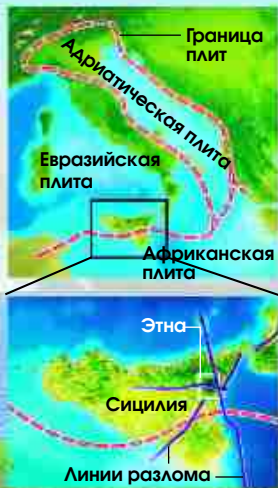
### На перекрестке

Однако Этну нельзя прямо отнести ни к одной из трех вышеназванных категорий. Она находится в геологически

сложном районе, сформированном тектоническими процессами, активность которых приходится на последние 50–60 млн. лет. Океанический бассейн, когда-то существовавший между Евразией и перемещающимся в северном направлении Африканским континентом, был почти полностью субдуцирован под Евразийскую плиту. Около 100 млн. лет назад из-за сдвиговых напряжений, связанных с разделением Северной Америки и Евразии (и раскрытием Атлантического океана), от Евразийской и Африканской плит откололись две меньшие плиты – Иберийская и Адриатическая.

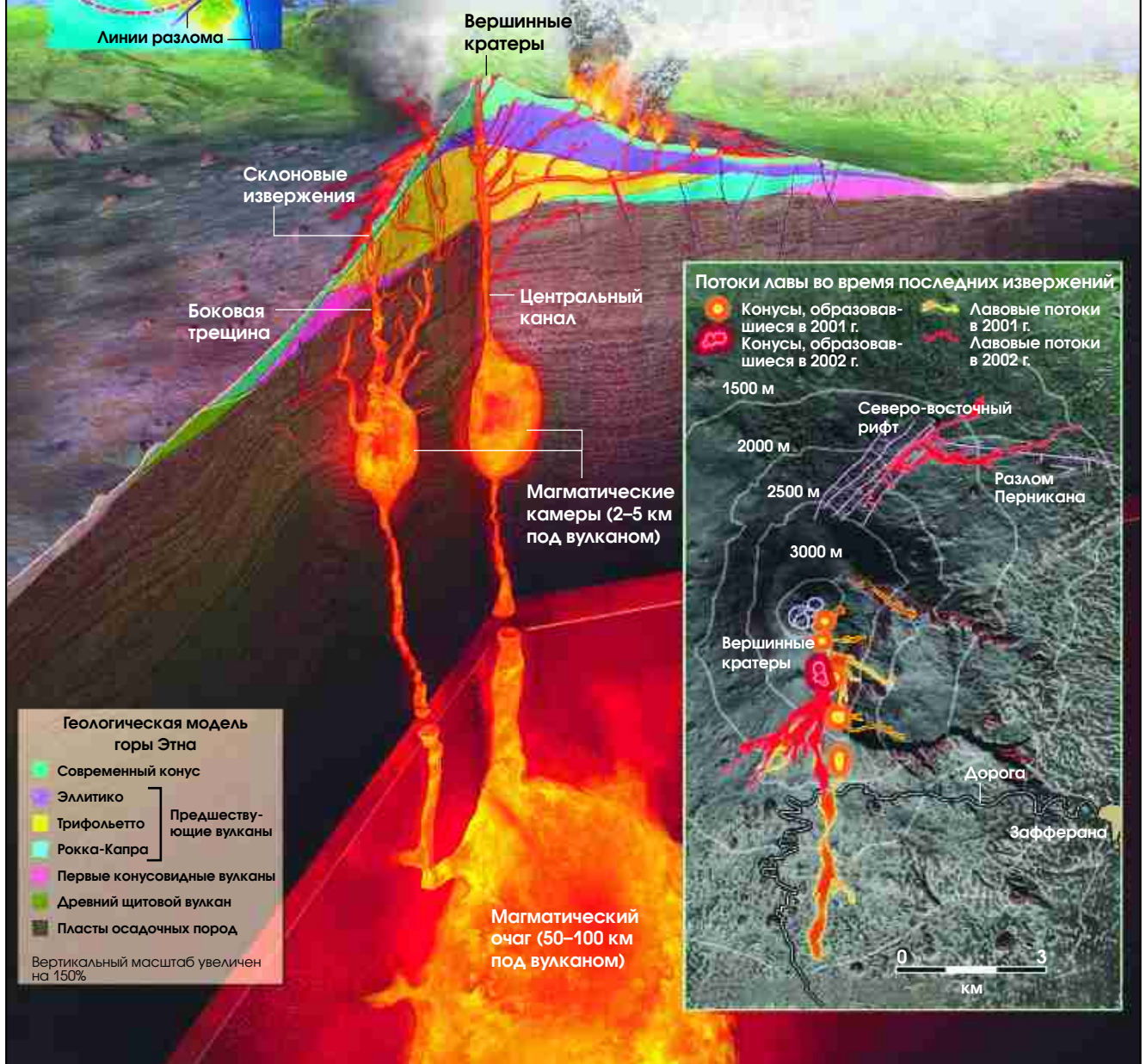
Там, где плиты сталкивались, вдоль фронтальных зон вздымались горные хребты. При соприкосновении Иберийской и Адриатической плит образовались Апеннины. Апеннинский полуостров повернулся на 120 градусов против часовой стрелки и занял свое современное положение. Сейчас Этна располагается вблизи сочленения Африканской, Евразийской и Адриатической плит, отдельные блоки которых надвинулись друг на друга и оказались спаянными в районе Сицилии. Из-за сильных тектонических напряжений в районе вулкана образовалась зона крупных тектонических разломов. Наиболее значительный из них Комизо – Мессинский разлом, разделивший земную кору Сицилии и материковой части Италии. ▶

# ПОРТРЕТ ВУЛКАНА



Этна расположена в области сочленения литосферных плит – Евразийской, Африканской и Адриатической (слева). Их движение привело к образованию разломов в породах земной коры Сицилии. На поперечном разрезе Этны (внизу) показана ее 500000-летняя геологическая история. Вначале на осадочном основании развился уплощенный щитовой вулкан, затем на нем вырос конусообразный. Поверх своих предшественников нагромождались последующие поколения вулканических построек – Рокка-Капра, Трифольетто и Эллитико, сформировавшие

в результате современный конус, который окрестили Монджибелло Реченте. Материал, излившийся недавно на склонах Этны, по-видимому, поднялся по трещине, не соединенной с центральной питающей системой вулкана. Вероятно, оба канала связаны с различными магматическими камерами, расположенными на глубине 2–5 км, хотя они имеют общий очаг, находящийся глубже, – 50–100 км. (Эта часть разреза изображена без соблюдения масштаба.) На карте с горизонталями (внизу справа) показаны места боковых извержений и лавовые потоки 2001 и 2002 г.

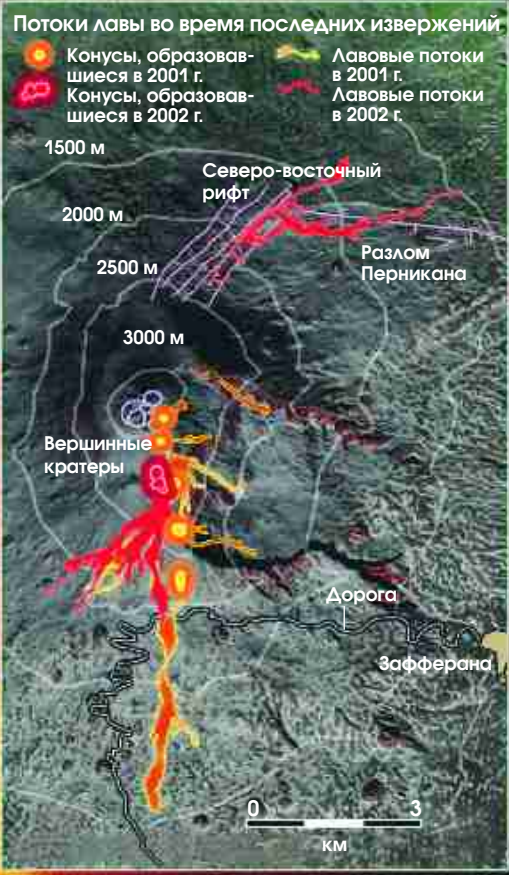


**Геологическая модель горы Этны**

- Современный конус
- Эллитико
- Трифольетто
- Рокка-Капра
- Первые конусовидные вулканы
- Древний щитовой вулкан
- Пласты осадочных пород

Предшествующие вулканы

Вертикальный масштаб увеличен на 150%



DAVID FERSTEN



Долгое время исследователи считали, что причиной вулканической активности Этны является ее положение в области пересечения разломов. Благодаря им магма может лишь подняться к поверхности, но наличие таких разломов не объясняет причину возникновения магмы. Согласно большинству теорий, в сицилийской коре, как в рифтовых зонах, в основном действуют напряжения растяжения, приводящие к утончению земной коры и поднятию нижележащей мантии. Но в районе Сицилии Африканская и Евразийская плиты сталкиваются, потому что напряжения должны быть сжимающими, характерными для зон субдукции, а не растягивающими. Кроме того, лишь 20% магмы, излившейся Этной, сходно по химическому составу с магмой вулканов рифтовых зон.

Судя по характеру активности, Этна больше всего похожа на вулканы зон горячих точек, скажем, гавайские. Предполагается, что она сформировалась над активным мантийным плюмом. Однако ученые до сих пор не могут объяснить некоторые загадочные особенности Этны. Например, она – один из немногих вулканов, у которых магма поднимается непрерывно. Периоды ее активности длятся десятилетиями, прерываясь короткими интервалами затишья. Можно предположить, что под вулканом существуют глубокий и приповерхностный резервуары, в которые из мантии непрерывно поступает магма, и имеется открытый канал для ее подъема к поверхности. Соединяющие каналы между магматическими камерами Этны и ее вершинными кратерами, по-видимому, представляют собой долгоживущие структуры. Сейсмические исследования показывают, что магма поднимается бесшумно и движется плавно, не встречая препятствий.

Характер активности Этны зависит главным образом от уровня магмы внутри ее каналов. При низком давлении из нее могут выделяться растворенные газы (в основном вода и двуокись углерода). Образующиеся пузырьки поднимаются и лопаются на поверхности, а жидкие и твердые фрагменты выбра-

сываются. Если магма находилась глубоко в жерле вулкана, края кратера достигают лишь газы и мельчайшие частицы вулканического пепла. Когда она поднимается ближе к поверхности, выбрасываются более крупные обломки (лапилли и бомбы). В редких случаях, когда столб поднимается до кратерного вала, магма переливается через край или изливается через трещину, образуя лавовый поток.

Этна обладает удивительным темпераментом по сравнению с другими базальтовыми вулканами. Помимо потоков лавы из нее постоянно извергаются пар, пепел и расплавленные породы. Такие извержения называются извержениями стромболианского типа (по названию вулкана Стромболи, расположенного примерно в 100 км к северу от Этны на одном из Липарских островов), особенностью которых являются выбросы фонтанов лавы высотой в сотни метров. Во время серии извержений в первой половине 2000 г. из юго-восточного кратера Этны лавовые фонтаны взмывали на высоту 1200 м. В

феврале 2000 г. извержения происходили с интервалами в 12 или 24 часа. Наблюдая с расстояния 800 м, я видел, как из выходного отверстия поднялось белое облачко пара, которое становилось все плотнее. Через несколько минут заплескали первые красные языки пламени. Взрывы усиливались, и вулканические бомбы выбрасывались на высоту до 1000 м над краем кратера. Вскоре конус покрылся слоем раскаленных пород, из трещины взмыл фонтан лавы, а из кратера поднялось несколько фонтанов, образуя переливающуюся золотом огненную завесу, освещавшую место действия не хуже софитов. Крупные бомбы падали в снег неподалеку от нас, но мы чувствовали себя в безопасности, так как фонтан бил вертикально, а ветер уносил в сторону раскаленные лапилли и пепел.

Вдруг направление лавового фонтана изменилось, и боковой выброс устремился в нашу сторону. Мы успели добежать до укрытия с бетонной крышей. Вокруг грохотал камнепад; вулканические бомбы разваливались при ▶



На снимке, полученном с искусственного спутника NASA Terra, видна струя пепла, выходящая из Этны.

падении, распыляясь на тысячи искрящихся частиц. Через две минуты вновь взмыл фонтан. Затем питавшие его запасы магмы иссякли, и он опал, как если бы его засосало обратно в кратер. Весь спектакль продолжался 30 минут. Перед нами все еще сверкал раскаленный докрасна конус 30-метровой высоты, но стало абсолютно тихо.

## Естественный загрязнитель атмосферы

Лавы Этны с легкостью изливаются на поверхность, но они содержат огромное количество газов, и извержения могут носить взрывной характер. В период активности из Этны выбрасывается до 20 тыс. тонн двуокиси серы в сутки, поэтому ее причисляют к одному из самых больших природных источников загрязнения воздуха. Высокое содержание серы в магме Этны трудно объяснить, так как это более характерно в большей мере для вулканов зон субдукции, чем для базальтовых вулканов.

Геологическое строение Этны указывает на возможность крупных извержений, близких по масштабам к извержениям вулканов Пинатубо в 1991 г.



Извержения стромболианского типа и новые кратеры на северном склоне Этны.

и Сент-Хеленс в 1980 г. Последний большой взрыв Этны был в 122 г. до н.э., когда более 1 куб. км базальтовой лавы образовало гигантский столб из лапиллей и пепла. Отложения, образовавшиеся в результате на верхних склонах Этны, достигают 2 м и в некоторых местах еще обнажаются на поверхности. В Катании, примерно в 30 км от вершины горы, толщина слоя отложений составляет 10–25 см.

Боковые извержения 2001–2002 гг. показали, что Этна не безобидна. В 2001 г. по обе стороны горы раскрылось пять трещин, через которые изливалась гигантская масса лавы. На высоте 2500 м над уровнем моря возник новый кратер, который изрыгал фонтаны лавы и густые облака пепла. В результате образовался конус высотой 100 м. Гигантские пузыри в магме поднимались из нового кратера и лопались на поверхности.

Исследователи установили, что одновременно происходило два разных извержения. Извержение вблизи вершины Этны (между 2700 и 3 тыс. м над уровнем моря) было следствием вулканической деятельности, происходившей в вершинных кратерах. Но с извержениями через расположенные ниже трещины (на высотах 2100–2500 м) связана магма более поздней стадии развития, которая долго оставалась в пределах камеры, где ее состав мог изменяться. (Аналогичная картина характерна и для извержений 2002 г.) Магма второго типа включала множество кристаллов минерала амфибола сантиметровых размеров, который редко присутствует в лавах Этны. Кроме железа, магния и кремнезема в кристаллическую решетку амфиболов включена вода. Этот минерал может образоваться только из магмы, содержащей достаточное количество воды. Очевидно, одновременно действовали два различных «трубопровода»: один был связан с постоянно действующим центральным каналом, а другой – с независимым и смещенным в сторону.

Во время катастрофических извержений 15 тыс. лет назад через второй канал поступала магма, что вызвало об-

рушение одного из предшественников Этны – вулкана Эллитико. Неужели грядет крупное взрывное извержение? Все зависит от того, где зарождаются магмы Этны. Определить их источники непросто: анализ химического состава излившейся лавы может привести к неверным выводам, так как во время ее подъема химический состав часто меняется. Однако геологи установили, что иногда поверхностные лавы содержат в себе кристаллы с включениями исходной магмы. Если кристалл начинает формироваться на ранней стадии существования магмы, он может захватывать маленькие капельки первичного расплава и расти вокруг них. Таким образом, включения расплава оказываются изолированными, и в них не происходит изменения химического состава.

Исследовать такие включения расплава трудно. В 1996 г. изучением магм Этны и соседних вулканов занялась франко-итальянская исследовательская группа, в которую вошли Пьер Скияно (Pierre Schiano) из парижского Университета им. Блеза Паскаля, Роберто Клоккьятти (Roberto Clocchiatti) из Ядерного учебного центра им. Сакле в Жиф-сюр-Иветт, Франция, Луиза Оттолини (Luisa Ottolini) из Национального совета научных исследований в Павии, Италия, и Тициана Буза (Tiziana Busa) из Университета Катании, Италия. Ученые искали расплавные включения в кристаллах оливина – минерале, кристаллизующемся одним из первых в первичном магматическом расплаве. Крошечные включения диаметром менее 0,2 мм они переплавляли, а затем быстро охлаждали, чтобы образовалось однородное стекло. Химический состав включений определялся с помощью микрозонда (образец бомбардировался узким пучком рентгеновских лучей) и вспомогательного ионного масс-спектрометра (с использованием ионных пучков).

## Изменяющийся характер

Особое внимание ученые уделяли таким микроэлементам, как цезий и барий, которые редко встречаются

в изверженных породах. Когда в недрах Земли образуется расплав, микроэлементы, содержащиеся в исходной породе, полностью переходят в магму. Поскольку их концентрации остаются неизменными, то по ним можно определить происхождение расплава. Магмы, излившиеся на Этне свыше 100 тыс. лет назад, были близки по химическому составу к продуктам извержения более древних, уже потухших вулканов, расположенных в районе плато Иблей на юге Сицилии. Распределение в них микроэлементов сходно с таковым в магмах горячих точек – на Гавайских и Азорских островах. Очевидно, питание раннего вулканизма на Этне обеспечивал тот же мантийный плюм, что и иблейские вулканы.

При анализе молодых магм (которые излились за последние 100 тыс. лет) наблюдаются большие концентрации таких микроэлементов, как цезий, калий, рубидий и барий, при дефиците титана и циркония. То же характерно для магм вулканов Липарских островов, в частности, Стромболи и Вулькано. Липарская островная дуга обязана своим существованием действию тектонических сил, а именно субдукции – сдвигу океанической коры Ионического моря под Калабрийский блок (самая южная часть материковой области Италии). Скъяно и Клоккьятти убеждены, что сходство магм – не совпадение. По их мнению, у Этны существуют два очага магмы: первый из них – мантийный плюм, породивший вулкан, и второй, идентичный магме, питающей липарские вулканы. Самые молодые магмы Этны содержат наибольшие количества магмы второго очага.

Как же Этна вырабатывает свою гремучую смесь магм? Возможно, эти виды магм формируются в разных местах и смешиваются в трубообразной подводящей системе Этны. Из гипотезы следует, что магма под Липарскими островами проходит более 100 км по тектоническому разлому, достигая Этны. Существование такого подземного коридора, однако, маловероятно. Исследователи считают более вероятным



Ноябрь 2002 г. Изливаясь, лавовые потоки перекрывают дороги, губят леса севернее Этны.

смешение магм двух магматических очагов. Согласно модели, часть подвигающегося блока Ионической плиты медленно мигрирует на юг и приближается к плюму под Этной. Когда поднимающаяся магма проходит мимо края погружающегося блока, образуется смесь магм, которая и извергается из вулкана.

С 1970 г. активность Этны возросла, извержения происходят чаще, вынося на поверхность больше вулканического материала. Однако ученые не знают, вызвано ли это тектоническими силами или же поднимающейся из мантии свежей порцией магмы. Если Этна превращается в вулкан зоны

субдукции с извержениями взрывного типа, процесс будет медленным. Как отмечают Скъяно и Клоккьятти, «изменение от вулкана горячих точек до вулкана островных дуг происходит на протяжении геологического времени, а не человеческой жизни». Поэтому вряд ли Этне грозит взрывное извержение.

Тем не менее, если предположение ученых справедливо, извержения будут становиться более сильными. Через десятки тысяч лет Этна может стать столь же опасной, как Сент-Хеленс или Пинатубо. Но у сицилийцев есть время, чтобы приспособиться к новой ситуации. ■

#### ОБ АВТОРЕ:

**Том Пфайффер** (Tom Pfeiffer) получил широкую известность, фотографируя извержения Этны. Сейчас он работает над диссертацией в отделении наук о Земле Орхусского университета, Дания. Тема его диссертации – извержение на греческом острове Санторин, которое произошло во времена минойской цивилизации в 1640 г. до н.э. и имело катастрофические последствия для всего восточного Средиземноморья. Ранний вариант этой статьи вышел в мае 2002 г. в германском издании *Spektrum der Wissenschaft*.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Mount Etna: Anatomy of a Volcano. B.K. Chester, J.E. Guest and C. R. J. Kilburn. Chapman and Hall, 1985.



## ТАЙНЫ ВРЕМЕНИ

Проблема времени занимает специалистов почти всех современных наук. По мнению авторов, только междисциплинарный подход поможет постичь тайны времени и определить его свойства.

Книга представляет собой попытку наведения мостов между естественными и гуманитарными науками. Авторы рассматривают развитие представлений о времени, разбирают идеи Аристотеля, Августина, Лейбница, Канта, философов XX века, выявляя их преемственность, а затем анализируют попытки исследовать время, опираясь на работы физиков, химиков, биологов, специалистов по информатике и математической логике.

Наиболее актуальным для современного читателя стало выявление соот-

ношений категорий «время» и «информация». С точки зрения ученых, современные концепции должны основываться на компьютерной модели времени, которая позволяет представить эту категорию как источник новых возможностей и знаний и в большей степени приспособлена для отражения физического и человеческого времени, чем традиционные геометрические модели.

Несомненно, перед нами любопытный взгляд на проблему, занимающую ученых уже много тысячелетий. ■

**Любинская Л., Лепилин С. Философские проблемы времени в контексте междисциплинарных исследований. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – 304 с.**



## РОССИЯ ДЕНЬ ЗА ДНЕМ

Толчком к созданию книги послужил выход русского перевода всемирно известной «Хроники человечества». «Хроника России», хотя и ограничилась рамками XX века, не имеет равных по подробности и точности изложения материала: почти все события нашли свое отражение на страницах «Хроники».

Многие сведения, относящиеся к разным сферам политической, общественной и культурной жизни, впервые извлечены из архивных и мемуарных источников. Собранные вместе, эти факты позволяют создать не только хронику, но и панораму столетия.

Наиболее значительным событиям посвящены статьи, написанные известными историками, филологами и культурологами, другим явлениям отведено всего несколько строк. О многом рассказано впервые или с совершенно новой точки зрения, в соответствии с современной концепцией истории.

«Хроника России» – не просто справочник, а энциклопедическое издание, к нему можно обращаться и как

к источнику информации, и как к книге для чтения. Именно на такое восприятие рассчитан иллюстративный ряд книги, объединяющий более 2500 фотографий, в том числе фотоматериалы Государственного архива кинофотодокументов и различных собраний фотохроники. Использованы и материалы из личных архивов, многие из которых ранее не воспроизводились.

Составители издания намеренно воздерживаются от каких-либо оценок, считая, что изложение событий должно быть свободно от предвзятых мнений. Подобная позиция сохраняется и в заключительных разделах книги, касающихся событий, еще не ставших историческим прошлым.

Подвижная и открытая структура издания предполагает возможность включения новых материалов, дополнений и уточнений. ■

**Хроника России. XX век. – М.: Слово/SLOVO, 2003. – 1004 с.**

Можно сказать, что автором этой книги является само Время, чей неотвратимый бег определил расстановку всего материала. В книге прослеживается жизнь огромной страны год за годом, день за днем. Через все издание тянется лента времени, на которой в точной календарной последовательности расставлены события, происходившие в России или повлиявшие на развитие страны. Создатели справочника основывались на материалах газет и журналов дореволюционной, советской и постсоветской эпох.



Книга посвящена истории использования, добычи и обработки металлов, которые принято называть драгоценными. В оригинальной форме, сочетающей обстоятельность научной статьи и увлекательность научно-популярного очерка, автор излагает практически

## НЕ ВСЕ ТО ЗОЛОТО...

все аспекты освоения человеком того или иного металла. И. Алексеев обстоятельно рассказывает об основных сплавах, использующихся в настоящее время, о наиболее распространенных способах подделки металлов, а также о наиболее интересных открытиях, находках, легендах и детективных историях, связанных с драгоценными металлами.

Заключительный раздел книги содержит сведения о крупнейших мировых месторождениях металлов платиновой группы и о ведущих фирмах по добыче и обработке благородных металлов. Впервые приводятся данные о российских предприятиях, успешно конкурирующих с зарубежными производителями. Статистический раздел книги содержит обширные справочные материалы, впервые собранные в подобном издании.

И. Алексеев собрал интересный материал по производству и маркетингу группы благородных металлов, в которую входят золото, серебро и восемь металлов платиновой группы – платина, палладий, родий, осмий, иридий, рутений, рений и технеций. До недавнего времени любые сведения по данному разделу металлургии были практически недоступны широкому читателю.

Порадуют читателя и прекрасно выполненные цветные иллюстрации, знакомящие с лучшими изделиями из драгоценных металлов и самородками, найденными в XIX–XX вв.

Книга заинтересует не только специалистов, но и всех, кто хочет узнать новое о мире благородных металлов. ■

**Алексеев И.С. Металлы драгоценные.**  
– М.: Газоил пресс, 2002. – 400 с.



Сегодня существует масса литературы по истории античности, Средних веков или Нового времени. Однако далеко не всегда неспециалист может разгадать культурные коды, зашифрованные в разнообразных памятниках искусст-

## ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО РЕНЕССАНСУ

ва. Обращаясь к разным сферам гуманитарной деятельности – богословию, литературе и живописи, – автор исследования предлагает своеобразный путеводитель по Ренессансу, по его виртуальным пространствам.

Отсюда и своеобразное построение книги, отразившееся в названиях его глав – «Образ», «Творчество», «Символ», «Правило входа», «Человек вселенной». Скажем, в главе «Образ» автор останавливается на двух важнейших понятиях – идее и образе, размышляет над тем, как в образе может отразиться идеал и как он соотносится с воплощением взглядов художника. М. Соколова интересует восприятие верховного Божества в период Средневековья, отражение образов Христа, Богородицы и Богочеловека в искусстве того времени. Многие рассуждения исследователя

заинтересуют читателя, стремящегося понять истоки русского Серебряного века, на который эпоха Возрождения оказала несомненное влияние.

Одной из особенностей исследования стало обилие разнообразных исторических параллелей. Скажем, в главе «Символ» рассматриваются «ренессансные кунсткамеры», прослеживаются взаимосвязи античных философов (Сократа) и современных мыслителей (Ницше). Автор рассматривает также динамику развития отдельных областей искусства, скажем, риторики. Книга предназначена как историкам искусства, так и гуманитариям широкого профиля. ■

**Соколов М.Н. Мистерия соседства: К метаморфологии искусства Возрождения.** – М.: Прогресс-Традиция, 1999. – 520 с., 16 с. ил.

# АТИПИЧНАЯ ПНЕВМОНИЯ

По материалам беседы с С. И. Колесниковым

Атипичная пневмония (получившая в дальнейшем более научное название ТОРС, или тяжелый острый респираторный синдром) – загадочное заболевание, внезапно распространившееся по всему миру, вызвала множество споров. Где находится источник вируса? Как могут современная медицина и биология противостоять этому недугу? Чем грозит человечеству распространение нового заболевания? Каковы методы его профилактики, диагностики и лечения? Ответы на эти вопросы узнали зрители программы «Очевидное–Невероятное» из беседы профессора Сергея Петровича Капицы с академиком Российской академии медицинских наук, депутатом Государственной думы, председателем подкомитета по научно-технической политике, образованию и медпромышленности Сергеем Ивановичем Колесниковым.

## Вирус атипичной пневмонии

Недавно группа ученых во главе с Валентином Ивановичем Покровским, эпидемиологом, президентом Академии медицинских наук, обобщив сведения об атипичной пневмонии, подготовила информационный экспресс-бюллетень. Из собранной информации следует, что неожиданно появившийся вирус атипичной пневмонии относится к стандартной группе из 7 коронавирусов (как правило, вирусные семейства объединяются по признакам структуры и разделяются по ним же, а также по поражению определенных видов животных). Вирион имеет характерную форму, напоминающую корону, откуда и название.

Это типичный РНКовый вирус, не имеющий ДНК, не родственный ни одному из известных штаммов, а близок вирусам, вызывающим бронхит у крупного рогатого скота и птиц. Должны были пройти миллионы лет, чтобы в природе эти два вируса могли мутировать, создав гибрид. Поэтому возникает закономерный вопрос: откуда он появился? Кто-то считает, что источником (носителем) стали птицы, кто-то – дикие хищные кошки, питающиеся, возможно, все теми же птицами, кто-то утверждает, что крупный рогатый скот. Ученые не ожидали распространения подобного нового вируса, для его возникновения не было объективных предпосылок, в то время как мутации вируса гриппа, вспышки парагриппа кур, которым заражаются люди, работающие на птицефермах, прогнозируются заранее. Все это наводит на мысль о том, что вирус атипичной пневмонии может иметь лабораторное происхождение. Произошла случайная утечка, как это было в 1957 году с бактерией сибирской язвы в Свердловске. Несомненно, что если фундаментальные открытия в области генной инженерии и создании вакцин могли привести к появлению такой страшной болезни, то они же помогут найти и пути ее профилактики и лечения. Важно не скрывать информацию, потому что если это лабораторная утечка, то любые работы по созданию того или иного вируса сопровождаются разработкой комплекса мер профилактики, вакцинации и лечения, что в данном случае может быть использовано для предотвращения распространения болезни.

Многие ученые не верят или даже категорически отрицают возможность лабораторного происхождения вируса. Однако пока не найдено объяснение некоторым противоречивым фактам, связанным с возникновением и развитием так называемой атипичной пневмонии. Во-первых, вирус, который сейчас определяется как коронавирус, у человека ранее не встречался. До этого коронавирусы вызывали только легкие бронхиты и небольшие кишечные расстройства у детей.

Его природный источник до сих пор не подтвержден, то есть не исключается вероятность того, что он был культивирован. Во-вторых,стораживает достаточно высокая смертность и отсутствие действенных и специфических мер защиты. В основном применяются противовирусные препараты типа рибавирина, интерферогены и сам интерферон, а также комплексные иммуноглобулиновые препараты: отечественные кипферон и кабриглобин (последний опробовали в Благовещенске). Антибиотики используются только в качестве профилактических мер следующего этапа, когда возникает опасность развития уже бактериальной формы.

В-третьих, существует этническая и возрастная избирательность. Вирус поражает в основном представителей монголоидной расы, причем взрослых (от 20 до 70 лет), а представители европеоидной расы заболевают только тогда, когда находятся в тесном контакте, например, ухаживают за больным. Конечно, медицинские работники полностью не защищены

от заражения, т.к. вакцин и действенных средств лечения пока нет.

Все это, конечно, вызывает опасения и требует незамедлительного принятия мер, но политическая шумиха, поднятая вокруг этой проблемы, абсолютно непропорциональна потерям. Так, например, ежедневная гибель 5–6 человек в любом большом городе Китая, Америки и Европы в результате автомобильных аварий и несчастных случаев не вызывает паники и проходит незамеченной. Создается впечатление, что нагнетание истерии кому-то на руку, что это способ отвлечь общественное внимание от проблем Ближнего Востока. А может быть, это попытка ограничить экономический рост Китая, снизить темпы его развития, изолировать, и главное, открыть страну, считающуюся закрытой. Конечно, это всего лишь гипотезы.

С другой стороны, привлечение общественного внимания к проблеме распространения заболевания дает и положительные результаты. Надо отметить, что впервые мировая общественность и Всемирная организация здравоохранения сразу же стали говорить об атипичной пневмонии как об особо опасной болезни, какого бы происхождения она ни была. Это побудило власти многих стран к принятию адекватных мер защиты и финансированию соответствующих научных работ, так как акцент переместился из области эпидемиологии в область национальной безопасности.

Выделяются денежные средства на профилактику, введение карантинных мер, разработку и закупку препаратов, лечение, диагностику, создание вакцины.

Вирусология в России после распада Советского Союза, где она была частью оборонной отрасли, сейчас переживает не лучшие времена. Однако и сейчас на базе старых научно-исследовательских центров продолжают производиться вакцинные препараты, и это вселяет надежду на то, что будут вестись необходимые фундаментальные исследования, подготовка кадров и оборудования. Уже принята



государственная программа по защите от атипичной пневмонии. Подобная программа, принятая в связи с распространением СПИДа, уже дала свои плоды. Сейчас болезнь прекрасно диагностируется, и хотя абсолютно эффективных методов борьбы пока не найдено, глобальная эпидемия СПИДа остановлена практически во всех цивилизованных странах. В России, по сведениям Минздрава, за последний год произошло снижение числа вновь инфицированных на 40%. Представляется, что пришла очередь вирусных гепатитов. И рекомендации по разработке федеральной программы по борьбе с вирусными гепатитами приняты медицинской секцией Совета безопасности России. В рекомендациях парламентских слушаний по законодательному обеспечению медицинской науки признается

необходимость создания специального научно-исследовательского института по СПИДу и вновь возникающим вирусным инфекциям.

### Диагностика

Каковы симптомы атипичной пневмонии? Как можно диагностировать заболевание на ранних стадиях? Пожалуй, это самый сложный вопрос, но наши клиницисты отвечают на него достаточно определенно. На первом этапе (3–7 дней) все напоминает банальное острое респираторное заболевание: першение в горле, сухой кашель, резко поднимается температура (свыше 38°C). Затем у большинства заболевших наблюдается улучшение состояния, но приблизительно у 30% болезнь прогрессирует. После отступления болезнь вновь возвращается: повышается температура, начинается ▶

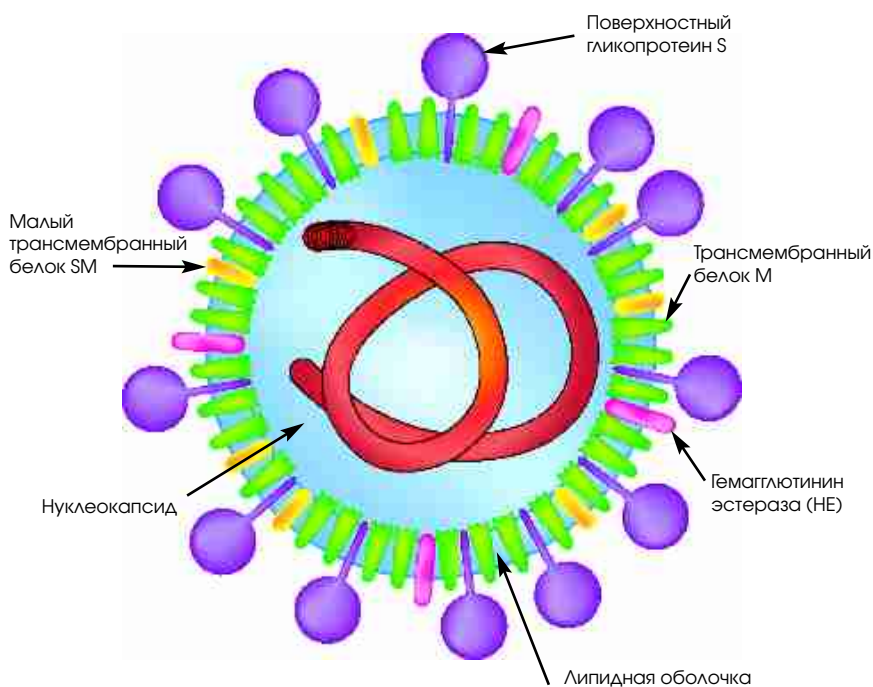


Схема строения коронавируса. На схеме указана локализация основных структурных белков, нуклеокапсида и липидной оболочки.

одышка, резкое ухудшение самочувствия сопровождается дыхательной недостаточностью. Поражаются легкие – рентгенологические исследования показывают наличие жидкости между клетками. Больные погибают от нарастающей легочной и сердечной недостаточности. Отсюда и другое название атипичной пневмонии – «тяжелый острый респираторный синдром» (ТОРС, или английское SARS). Течение болезни очень напоминает крупозную пневмонию – острое двустороннее воспаление легких, которое может вызываться пневмококками и пневмовирусами. Опасность заключается не только в возможности смертельных исходов, но и в тяжелых поражениях легких у переболевших.

Главное, что надо сделать при первых признаках заболевания, – обратиться к врачу. В данном случае самолечение очень опасно. Проявляющиеся в начале заболевания симптомы довольно сложно идентифицировать, как и разработать дифференциальную диагностику. Важно, что благодаря

достижениям современной молекулярной биологии сначала была выявлена структура вируса (типичная, в виде короны), затем расшифрован геном. На основе этой информации разрабатываются более совершенные методы диагностики. В Россию из США уже поступили первые 200 диагностических тест-систем и коллекция коронавирусов из Германии, изолирован и коронавирус от больного Дениса С. из Благовещенска.

### Прогноз и профилактика

В настоящее время благодаря всем принятым мерам (а в них включились все службы почти всех стран мира, чего раньше не было!) эпидемия остановлена и пошла на убыль. Так что, с точки зрения эпидемиологии, ситуацию можно прогнозировать. Вопрос в том, как пойдет процесс. Если вирус высоко изменчив (с чем согласны не все ученые), то к нему сложно будет создать вакцину. Возможно, что естественный иммунитет к вирусу постепенно будет возрастать, и он сам как бы

элиминируется (подавится) в популяции. Правда, надеяться на это не стоит, так как ничего подобного не произошло с вирусом СПИДа

Известно, что здоровый человек с хорошей иммунной системой заболевает реже, чем ослабленный, поэтому необходимо поддерживать витаминный баланс, полноценно питаться, вести здоровый образ жизни и регулярно проходить диспансеризацию. Если кто-то из соседей или родственников заболел, желательно сразу же принять ограничительные меры: изолировать больного в отдельном помещении.

Часто задают вопрос: обязательно ли заразишься, если едешь с больным человеком в одном вагоне? Этого нельзя утверждать, поскольку это не столь заразное инфекционное заболевание, как тот же грипп, который при чихании распространяется на 7–8 метров. Здесь более короткие дистанции, порядка метра. Хорошо защищают повязки, правда, не марлевые, а специальные плотные целлюлозные маски. Раньше считалось, что существует только воздушно-капельный путь передачи инфекции, теперь же обнаружены новые данные. Появились сведения, что вирус может передаваться через грязные руки и через кишечный тракт, так как у больных нередко наблюдается расстройство желудка. Из этого следует, что неукоснительно должны соблюдаться элементарные гигиенические нормы. Однако нельзя дать никаких гарантий полной безопасности, нельзя расслабляться.

Статистические данные по количеству заболевших и умерших людей в мире позволяют говорить об эпидемии, но, к счастью, не о глобальной пандемии, хотя отдельные ученые утверждают, что на первом этапе атипичная пневмония распространялась быстрее, чем в свое время СПИД. Правда, в отличие от ВИЧ, жертвами нового заболевания становились не представители маргинальной среды, а обычные люди. Последние данные свидетельствуют, что эпидемия остановлена, но вероятность ее возобновления не исключена. Хорошо, что эффективными

Иллюстрация: Информационный экстремс-блоклетень РАМН. Коронавирус SARS – возбудитель атипичной пневмонии (временные методические рекомендации)



оказываются карантинные меры, которые принимаются в том числе и в нашей стране.

На Дальнем Востоке идет интенсивный, подчас нерегулируемый процесс миграции. Несмотря на то, что принят жесткий Закон «О гражданстве», нелегальные иммигранты продолжают попадать на территорию нашей страны, и в случае болезни они побоятся обращаться в клиники, а это сопряжено с опасностью распространения заболевания.

Главное, не скрывать факт заболевания и немедленно обращаться к врачу. Страх – плохой советчик и может стоить больному жизни. Поэтому крайне важно не загонять выходцев из Китая, Вьетнама, Юго-Восточной Азии в некое гетто, не закрывать рынки, так как торговля все равно не остановится, а просто станет подпольной, переместится в подворотни и частные квартиры, что значительно затруднит

контроль над эпидемиологической обстановкой и в местах пребывания потенциальных групп риска. Сегодня же наши санэпидемслужбы работают достаточно четко.

В борьбе с любой новой болезнью крайне важно международное сотрудничество ученых-вирусологов, медицинских, эпидемиологической служб, т.е. речь идет об управлении совместной медицинской деятельностью. Без этого мы не сможем победить страшный недуг, который благодаря современному развитию транспортных коммуникаций в мгновение ока может распространиться по всему миру.

Однако остается множество вопросов, ответы на которые пока не найдены. По-прежнему непонятно, возможно ли формирование иммунитета, несмотря на то, что имеются сведения, что иммунитет вырабатывается, и якобы даже ученые из Гонконга изготовили так называемую гипериммунную

сыворотку из крови переболевшего человека.

Возможно ли повторное заражение? Некоторые считают, что из 100 инфицированных – 50 вирус носят, а 50 заболевают, и 7–8% из них погибают. Что происходит с вирусоносителями? Опасны они или нет? Может ли вирус дремать и проявить себя при каком-то определенном стечении обстоятельств? Неясных вопросов пока очень много, и хотя прошло меньше полугода с момента обнаружения болезни, которая так неожиданно возникла на нашем общем глобальном горизонте, мы надеемся, что международное сотрудничество медиков и биологов в ближайшее время поможет найти действенные средства борьбы с болезнью, уносящей жизни людей.

Подобные темы относятся к самым актуальным. По существу, речь идет о здоровье нации, здоровье страны, здоровье мира. ■



## «Очевидное – невероятное»

Смотрите в августе по понедельникам в 00.30 на ТВЦ:

### Всемирная энциклопедия человечества

В студии профессор **Андрей Сахаров**, директор Института российской истории РАН

Над «Всемирной энциклопедией человечества» под эгидой ЮНЕСКО трудились историки, археологи и философы всего мира. Первые тома этого фундаментального издания уже вышли в свет на русском языке.

Вся история человечества – это рассказ о том, как конкретные личности влияли на ход истории. Именно так надо преподавать историю в школе – повествуя о жизни и деяниях людей. Роль многих личностей в истории России долгое время недооценивалась.

### Великое в малом: новые нанотехнологии

В студии доктор физико-математических наук **Виктор Быков**.

Еще 40 лет назад будущий Нобелевский лауреат Р. Фейнман сказал, что принципы физики не запрещают манипулировать отдельными атомами. Нанотехнологии стали активно развиваться в начале 80-х годов, но уже сейчас можно говорить о создании nanoиндустрии. Результаты исследований могут использоваться не только при производстве высокоточной техники. Нанотехнологии будут играть все большую роль в нашей жизни. В будущем прогнозируется появление самовоспроизводящихся молекулярных структур и молекулярной хирургии.

### Искусство диалога – путь к взаимопониманию.

В студии известный психолог **Адольф Хараш**.

Терпимость всегда порождается общением. Цель общения – чужого сделать своим, принять непривычное. Диалог требует мужества. Специально развивать толерантность нет необходимости: она от природы заложена в человеке, просто не надо мешать ей проявиться. Классический образец – младенец: он открыт миру, доверчив. Малыш созерцает окружающий мир, а не наблюдает, и не манипулирует им. По мнению гостя телепрограммы, одиночество – не несчастье, а великий дар. Просто надо уметь им пользоваться.

# сердце ПУСТЫНИ

Сюрреалистические пейзажи Мертвой лужи привлекают искателей приключений со всего мира.

Маргерит Холлоуэй

Акации цвели здесь еще во времена Васко да Гама, когда в XV в. корабли легендарной экспедиции огибали мыс Доброй надежды. Деревья растут на дне высохшего озера – Мертвой лужи, которое окружено красно-оранжевыми барханами, поднимающимися на 300-метровую высоту.

Наша группа находится в 400 км от города Свакопмунд в центре Намибийской пустыни, которая пролегла узкой полосой (150 км в ширину, 2 тыс. км

в длину) в сторону северо-запада Африканского континента.

Ветер, постоянно меняющий направление, придавал окружающим дюнам столь правильные формы, что с высоты птичьего полета они не отличаются друг от друга. Но это лишь кажущееся сходство. Намибийская пустыня состоит из так называемых параболических (подковообразных) дюн и барханов. По мнению профессора Института по изучению пустыни в г. Рено,

штат Невада, Николаса Ланкастера (Nicolas Lancaster), похожие по форме дюны встречаются также в Саудовской Аравии и Южной Калифорнии. Сюрреалистические пейзажи Мертвой лужи как магнитом притягивают кинематографистов со всего мира.

Мы прошли по следу бурой гиены, пробежавшей здесь несколько лет назад, когда летние дожди превратили дно водоема в жидкую грязь. Наш проводник Сюзи ван дер Вальт (Suzie Van Der Walt), поведала, что дюны на южной стороне Мертвой лужи называются «Сумасшедшими».

«Почему?» – спросил я.

«Потому, что только ненормальный захочет на них взобраться», – ответила она.

В пустыне обитают сотни видов животных. Наше внимание привлек синезеленый жук *Onymacris rugatipennis*, передвигавшийся на удивление быстро, – он мгновенно зарылся в песок, а еще через секунду стремительно, как конькобежец, заскользил по грунту. Поверхность его надкрыльев покрыта воскообразным веществом, что задерживает влагу в организме даже в сорокаградусную жару, которая бывает здесь и в январе, и в летние месяцы.

Намибийская пустыня полна чудес, которых не увидишь за пределами Юго-Западной Африки. Здесь можно встретить паука *Leucorchestris arenicola*, пустынного златокрота (*Eremitalpa granti*), вельвичию удивительную (*Welwitschia mirabilis*) и знаменитое



Акации произрастают на дне высохшего озера более 600 лет. Их окружают красно-оранжевые дюны – символ Намибийской пустыни.



Знаменитые обитатели пустыни – вельвичия (*Welwitschia*) и нара (*Nara*) – излюбленный корм антилопы орикса и пустынного златокрота.

реликтовое растение, которое живет более 1000 лет. А недавно, международная группа исследователей обнаружила здесь причудливое существо – представителя неизвестного ранее отряда насекомых (см. журнал «В мире науки» №3/2003, «Гладиаторы: новый отряд насекомых»). Один из 650 видов насекомых, населяющих Намибийскую пустыню, жук *Onymacris unguicularis*, прославился своей изобретательностью. Туман – причина частых кораблекрушений у побережья с соответствующим названием Берег скелетов. Когда влажная пелена окутывает пустыню, *Onymacris unguicularis* поворачивает голову по направлению к ветру, и капли влаги, конденсирующиеся на надкрыльях, скатываются ему в ротовую полость. В 2001 г. в журнале *Nature* была опубликована статья о способности пустынных жуков собирать влагу. Возможно, это поможет создать устройства для получения воды в условиях пустыни.

Рядом с жуком находится другой символ Намибийской пустыни – колючий

зеленый кустарник из семейства тыквенных. Плод растения напоминает дыню, его корни проникают на многометровую глубину, где еще есть вода. Он занимает важнейшее место в жизни обитателей пустыни.

Простившись с Мертвой лужей, мы отправляемся на север. Преодолев за два дня 560 км, попадаем в Национальный парк Атоша, где наблюдаем поединок двух жирафов-самцов. Такие стычки играют важную роль в жизни жирафов, поскольку победитель турнира получает право на продолжение рода.

Атоша – что в переводе с местного наречия означает «огромное белое место» – всемирно известный заповедник, главная достопримечательность страны. Атоша – главный пункт программы сафари для туристов, съехавших сюда со всего мира. Заповедник раскинулся на площади 22 900 кв. км, что больше территории государства Израиль. Название произошло от Атоша-Пан, безмолвной пустыни, занимающей больше половины территории заповедника. Остальная его часть –



чередование саванны и лугов. Здесь обитают 114 видов млекопитающих, 340 видов птиц, 111 рептилий, 18 амфибий и рыб. Туристы обычно останавливаются в лагере Окауквейо, который находится на берегу водоема. Здесь можно наблюдать диких животных в естественной среде. (Для безопасности отважные путешественники отделены от дикой природы проволочным забором.)

Происходящее напоминает спектакль. В десять часов вечера черный носорог выходит на сцену, неуклюже передвигаясь в сторону водопоя. ▶



Водопой у лагеря Окауквейо посещают слоны, жирафы и носороги.

Погрузившись в воду, он не торопится выбраться наружу. Затем тяжеловес покидает сцену, и появляются изящные силуэты зебр. Вслед за ними – жирафы. Из сгущающейся темноты выплывают тени слонов. В стаде 10 животных, включая слоненка, который всячески пытается подражать матери, хоботом засасывая воду и выливая ее себе в рот. Все происходящее – реальная жизнь, и хищники охотятся на свои жертвы. Водоем, разделяющий туристический лагерь и диких животных, – искусственного происхождения. Невзирая на засуху, вода подается сюда круглый год, привлекая все живое. В результате – вытаптываются пастбища. По мнению биолога заповедника Хью Берри (Hu

Berry), такие изменения в окружающей среде могут привести к эпидемиям. (Специалисты ВМФ США использовали территорию заповедника для испытаний устройств, выявляющих бактерии в почве.)

Министерство окружающей среды и туризма Намибии контролирует поток туристов, прибывающих в страну. По словам директора государственного центра Паулины Линдек (Pauline Lindeque), власти страны расширяют туристическую базу и следят за использованием природных ресурсов. Она считает, что необходимо сохранить искусственные водоемы вокруг туристических лагерей, куда животные приходят на водопой, поскольку именно это зрелище

привлекает основную массу любопытных.

По мнению Берри, инфраструктура лагеря Атоша не приспособлена для обслуживания такого наплыва туристов. В 2001 г. на выходные дни в Намибию приезжало до 320 тыс. туристов. Это значительно больше, чем десять лет назад. «Намибия – суровая страна. Необходимо постоянно заботиться о ее почве и растительности. Если нарушится природный баланс, то потребуются не один год для того, чтобы восстановить его», – говорит Берри. Страна сказочно красива, и разумное использование ее природных ресурсов обеспечит постоянный приток путешественников в этот замечательный уголок Южной Африки. ■



# МОГУЩЕСТВЕННЫЕ пластыри

Марк Фишетти

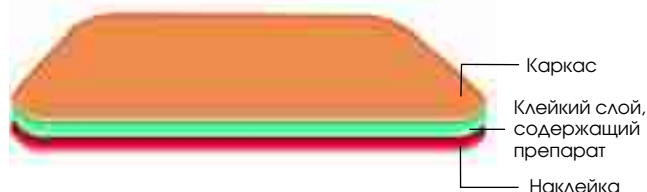
Проглотить таблетку просто, однако люди забывают это сделать, а значит, концентрация лекарственного вещества в крови колеблется, и препарат не дает ожидаемого эффекта. Трансдермальная доставка лекарственных препаратов позволяет избежать этих проблем.

Пластыри, закрепляемые на коже, используются в течение нескольких недель. Сейчас они применяются для доставки эстрогена при гормонозаместительной терапии, нитроглицерина при стенокардии, скополамина при морской болезни, фентанила для борьбы с болью, клонидина при повышенном кровяном давлении и этинилэстрадиола с норелгестромином для контрацепции.

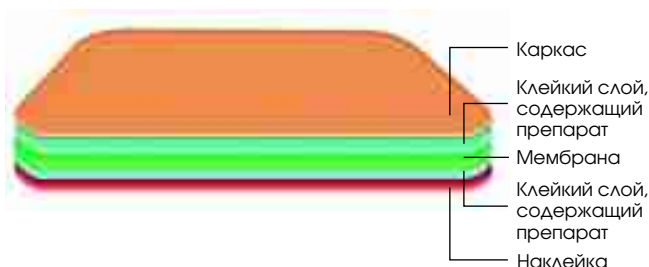
Наиболее эффективны пластыри, содержащие лекарственные препараты, которые постоянно диффундируют сквозь микроскопические промежутки между клетками и сквозь поры кожи. Основная проблема состоит в том, чтобы создать клейкий полимер, способный одновременно удерживать молекулы лекарственного средства и позволять им достигать цели.

Внешний слой кожи – роговой, состоящий из отмерших клеток, препятствует этому. Молекулы препарата должны быть минимальных размеров, чтобы легко проникать между клетками и растворяться в липидах, достигая капилляров, лежащих в глубоких слоях кожи. Толщина рогового слоя и количество пор у людей различны, поэтому лекарство должно иметь широкий терапевтический интервал, не быть токсичным при высоких концентрациях, не терять эффективности при низких. Как отмечает Марк Праусниц (Mark R. Prausnitz) из Технологического института Джорджии, эти ограничения существенно сужают круг препаратов, подлежащих трансдермальной доставке.

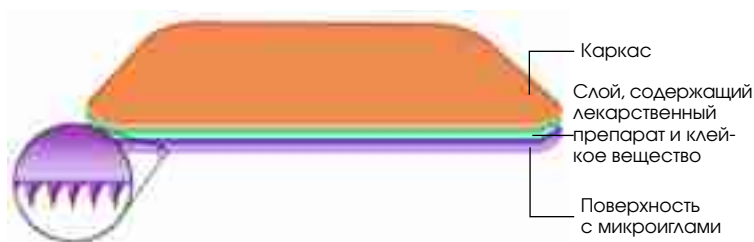
Ученые пытаются модифицировать пассивные пластыри с помощью активных переносчиков таким образом, чтобы более крупные или растворимые в воде молекулы, а также молекулы, имеющие оба эти свойства (например, инсулин или вакцины), беспрепятственно проникали через кожу и доставляли действующее вещество к цели. Электрический ток от миниатюрной батарейки, размещенной в пластыре, ускоряющий продвижение ионизированных молекул препарата, или множество полых микроигл, делающих микроскопические проколы в коже, способствуют решению поставленной задачи. Активные пластыри дороже и объемнее пассивных, но эффективнее. Некоторые модели уже проходят клинические испытания. ■



**ОДНОСЛОЙНЫЙ ПЛАСТЫРЬ** имеет адгезивное полимерное основание, которое крепится к коже и содержит лекарственный препарат. Как и все ранее применяемые пластыри, он имеет предохранительный каркас и наклейку, которая изолирует лекарственное вещество до тех пор, пока пациент не снимет ее, чтобы прикрепить пластырь. Скорость диффузии зависит от количества действующего вещества и площади кожи, покрытой пластырем.



**МНОГОСЛОЙНЫЙ ПЛАСТЫРЬ** содержит мембрану, контролирующую скорость поступления препарата в тех случаях, когда диффузия происходит слишком быстро.



**ПЛАСТЫРЬ С МИКРОИГЛАМИ** содержит лекарственные препараты в жидком виде или в полимерном резервуаре. Полые микроиглы проникают сквозь верхний слой дермы на глубину, достаточную для того, чтобы доставить препарат к капиллярам, но не достигают нервных окончаний, раздражение которых вызвало бы боль.

ALICE Y. CHEN

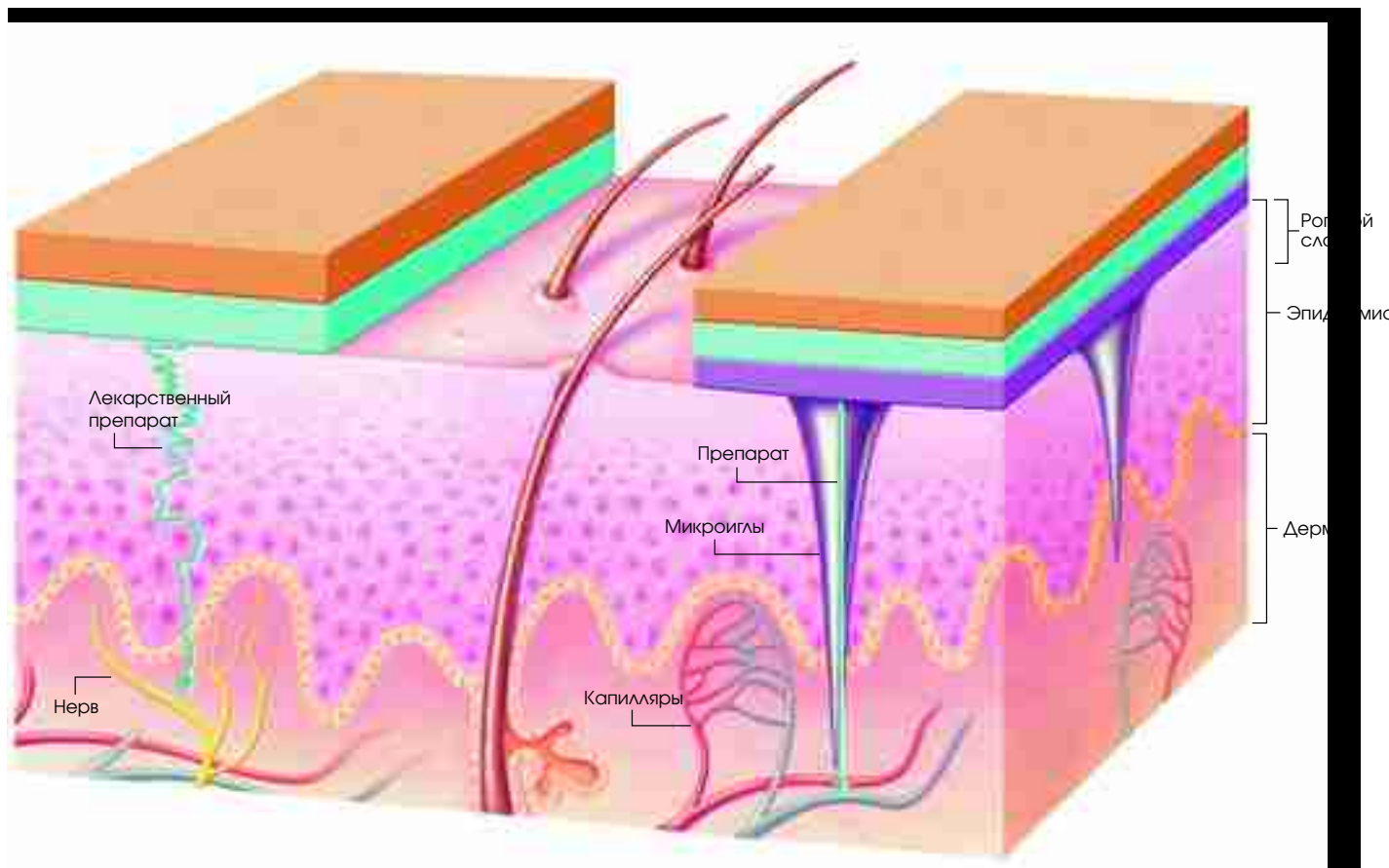
**ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...**

- Срок действия пластыря ограничен. Через указанное время (часы или дни) количество поступающего препарата снижается, и пластырь становится неэффективным, однако он по-прежнему содержит лекарственный препарат. Нельзя допускать, чтобы использованный пластырь попал в руки детям или был съеден домашними животными. Остатки препарата, содержащиеся в нем, могут быть смертельно опасными.
- Некоторые вакцины, в том числе вакцины против ВИЧ и гриппа, могут стимулировать реакцию иммунных клеток Лангерганса, расположенных в эпидермисе. Инъекции и таблетки доставляют вакцину в кровоток, минуя эти клетки. Если бы удалось разработать пластыри, доставляющие вакцину через кожный покров, несмотря на то, что они имеют боль-

шие молекулы, они могли бы воздействовать на клетки Лангерганса непосредственно в коже и повысить эффективность препарата.

- Роговой слой кожи имеет максимальную толщину на подошвах и ладонях и наименьшую толщину за ухом, в подмышечной области и на голове. Область за ухом, насыщенная кровеносными сосудами, – лучшее место для размещения небольшого пластыря. Обычно пластыри крепятся на руке, внутренней поверхности бедра, в нижней части спины или грудной клетки.
- Микроиглы, применяющиеся в опытных образцах пластырей, не причиняют боль. Но слово «игла» у пациентов ассоциируется с неприятными ощущениями, поэтому после завершения испытаний разработчикам придется придумать иное название.

**Молекулы препарата** диффундируют из пластыря, преодолевают отмершие клетки рогового слоя кожи, достигают живых клеток эпидермиса, затем движутся к капиллярам, лежащим в дерме, и попадают в кровоток.



# древо жизни

Дэннис Шаша

Развитие жизни на Земле нередко изображают в виде дерева, предполагая при этом, что каждый из ныне существующих видов ведет свое происхождение от одного предкового вида. Новый вид возникает после того, как некая популяция исходного вида адаптируется к новым условиям существования и начинает настолько сильно отличаться по своим генетическим характеристикам от основной группы, что их представители теряют способность к скрещиванию друг с другом. Так выглядит общепринятая теория видообразования, однако биологии абсолюты не свойственны. Результаты многочисленных исследований заставляют предполагать, что, хотя представители разных видов обычно не скрещиваются, скрещивание между ними вполне возможно. Более того, время от времени такая гибридизация приводит к появлению новых видов.

Представьте теперь, что вам нужно проследить эволюционные взаимосвязи в некой группе видов. Известно, что одни из них – исходные (предковые)

виды, а другие – производные. Прямыми эволюционными предками вида *X* будут те виды группы, которые, скрещиваясь, обеспечивают вид *X* всеми присущими ему признаками (никакой другой вид в этом процессе не участвует). Заметим, что новый вид – *Y* может образоваться в результате объединения генетического материала трех видов, причем в этом случае сначала образуется некий невидимый промежуточный вид. Следует, однако, считать, что вид *Y* имеет трех прямых предков, т.к., проследивая его происхождение, мы учитываем только те виды, которые можно увидеть. И еще одно ограничение: ни один вид не может возникнуть прежде, чем на свет появятся его предки.

Разминка. Предположим, имеются три исходных вида с признаками *ABF*, *BCD* и *ACE*, соответственно, и три производных с признаками *ACF*, *DEF* и *BDE*. Постройте эволюционную схему, которая предполагает наличие у каждого производного вида максимум двух прямых предков (которые могут быть

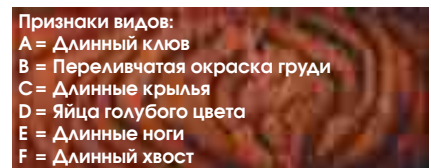
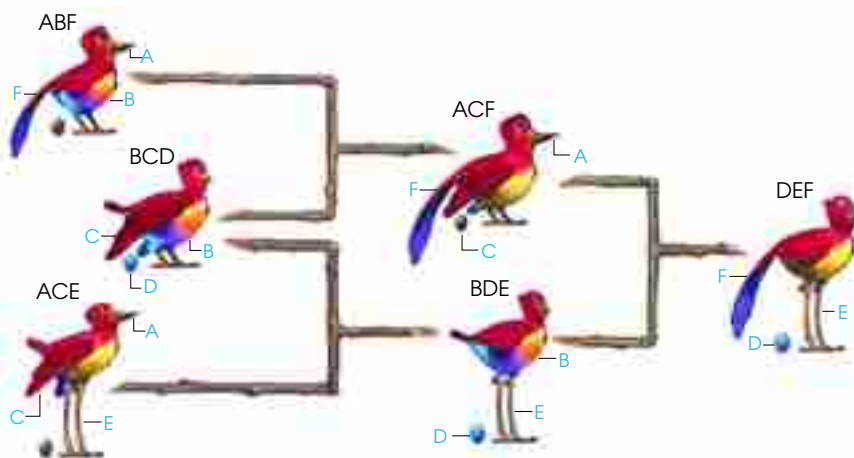
и производными видами). Одно из решений задачи представлено внизу.

Задача. Предположим, четыре исходных вида имеют признаки *AB*, *DH*, *EF* и *CG*, а производные – признаки *BEF*, *DEF*, *ADE*, *ACD*, *ACF*, *ADG*, *BEG* и *FGH*. Постройте эволюционную схему, где каждый из производных видов, за исключением одного, имел бы только двух прямых предков. (Как и в разминочном примере, один или оба из них могут быть производными видами). Можете ли вы найти четыре альтернативных предковых вида с двумя признаками, чтобы при этом: а) каждый из производных видов имел только двух прямых предков; б) эволюционный путь от исходного вида к производному включал не более одного промежуточного вида? ■

## ОБ АВТОРЕ:

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

**Одно из решений разминочной задачи:** *ACF* возник непосредственно от *ABF* и *BCD*, *BDE* – от *BCD* и *ACE*, а *DEF* – от *ACF* и *BDE*.



## ОТВЕТ НА ЗАГАДКУ, ОПУБЛИКОВАННУЮ В ПРОШЛОМ МЕСЯЦЕ:

Чтобы открыть сейф с десятью ручками, достаточно попробовать пятнадцать комбинаций, приведенных ниже. Первая буква в строке соответствует позиции первой ручки, следующая – позиции второй и так далее. Буква *A* обозначает верхнее положение, буква *B* – среднее, а *C* – нижнее. Знак *X* говорит о том, что ручка может находиться в любой позиции.

1. АААААААААА
2. АВВВВВВВВВ
3. АССССССССС
4. ВАВСАВСАВС
5. ВВСАВСАВСА
6. ВСАВСАВСАВ
7. САВСАВСАВ
8. СВАСАВСАВ
9. ССВАСВАСВА
10. ХАААВВВССС
11. ХАААСССВВВ
12. ХВВВВВВССС
13. ХВВВСССААА
14. ХСССАААВВВ
15. ХСССВВВААА



## почему ВОЗНИКАЕТ ПОХМЕЛЬЕ?

На вопрос отвечает Сант Сингх (Sant Singh), профессор и руководитель отделения эндокринологии, диабета и метаболизма Чикагской медицинской школы:

В развитии похмелья, малоприятного состояния, которое испытывают 75% тех, у кого в результате приема алкоголя возникает интоксикация, участвует несколько факторов. Признаки похмелья известны многим: головная боль, тошнота, рвота, сильная жажда, сухость во рту, дрожь в руках, головокружение, слабость и даже мышечные судороги. Это состояние нередко сопровождается нарушением когнитивных функций и ориентации в пространстве. Иногда возникает усиленное потоотделение или даже галлюцинации.

Развитию этих симптомов способствует уксусный альдегид – токсичный продукт метаболического распада алкоголя. Тяжесть похмелья усиливают также химические соединения, образующиеся во время приготовления

и выдерживания спиртного. Чем темнее цвет напитка, тем больше в нем таких соединений, нередко оказывающих токсическое воздействие на организм. Алкоголь также изменяет уровень некоторых гормонов в крови, несущих основную ответственность за ряд симптомов похмелья. Например, он подавляет выработку антидиуретического гормона, что приводит к чрезмерному мочеотделению и обезвоживанию организма. Во время похмелья возрастает уровень альдостерона и ренина в крови, хотя этот показатель и не коррелирует с тяжестью похмельных симптомов столь четко, как уровень антидиуретического гормона.

Риск похмелья увеличится, если поглощать алкоголь в быстром темпе и смешивать разные типы напитков. Сопутствующие этому состоянию гипогликемию и обезвоживание помогают преодолеть сахар и большое количество жидкости, а тошноту – антацидные препараты. Противовоспалитель-

ные средства снимают головную боль, но принимать их следует осторожно: аспирин может вызвать раздражение слизистой желудка, а парацетамол – оказать токсическое воздействие на печень. ■



## почему КОГДА МЫ ТРЯСЕМ БАНКУ С КОФЕ, КРУПНЫЕ ЗЕРНА ОКАЗЫВАЮТСЯ НА ПОВЕРХНОСТИ?

Разъясняет Том Джагер (Tom M. Jaeger), профессор физики Чикагского университета:

Во время каждого встряхивания банки, когда зерна отскакивают от дна, а затем ударяются о него, крупные частицы на короткое время отделяются от мелких, оставляя под собой небольшие пустоты. В этот вакуум тут же проскальзывают мелкие зерна кофе. А когда встряхивание завершено,

крупные частицы уже не могут вернуться в первоначальное положение. В результате они медленно поднимаются наверх.

К тому же, когда банка трясется, кофейные зерна трутся о ее боковые стенки. В конечном счете трение вызывает перемещение зерен вниз вдоль стенок, уравновешиваемое их перемещением вверх в центре банки. Направленное вниз перемещение зерен

ограничено очень узкой областью: ее ширина соответствует нескольким диаметрам мелких частиц. Коль скоро крупные кофейные зерна достигают поверхности, они перемещаются к боковым стенкам банки. Слишком крупные зерна не помещаются в области направленного вниз перемещения частиц и, в конце концов, сосредотачиваются на поверхности. ■



Читайте в сентябрьском выпуске журнала:

**Дитя из пробирки**  
**Разгадка тайны солнечных нейтрино**  
**Препараты-«сироты» – обратная сторона медали**  
**Жертва искусственного кровообращения**  
**Загадочные ландшафты Марса**

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

- по каталогу «Пресса России», подписной индекс 45724;
- по каталогу «Роспечать», подписной индекс 81736;
- по каталогу периодических изданий для библиотек, подписной индекс Б392;
- по каталогу изданий органов НТИ, подписной индекс 69970;
- через редакцию журнала (только по России), перечислив деньги через Сбербанк или по почте, отправив копию квитанции (с указанием Ф.И.О., точного адреса и индекса подписчика) в РосНОУ по почте, по факсу: (095) 105-03-72 или по e-mail: red\_nauka@rosnou.ru

Стоимость подписки на полугодие – 390 руб., на год – 780 руб.

Розничная продажа в Москве осуществляется:

- в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., д. 1;
- в киоске РосНОУ, ул. Радио, д. 22, 1-й этаж;
- в «Доме технической книги», Ленинский проспект, д. 40;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА, павильон у метро «Тимирязевская»;
- [www.bpremier.ru](http://www.bpremier.ru), тел. 261-82-04 «Буква-премьер», подписка + доставка курьером.



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