ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

тема номера:

№7 2005

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДИНАМО

ВСЕ НА БОРЬБУ
СО СПАМОМ!

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ
ГЕНОМ

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ:
СТРАСТИ
НАКАЛЯЮТСЯ

ЗВЕРСКИЙ БИЗНЕС
И АЛЬТРУИЗМ

БОГАЧ–
БЕДНЯК



ISSN 0208-0621

www.sciam.ru

В МИРЕ НАУКИ №7 2005

содержание

ИЮЛЬ 2005



ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

20 **ВСЕ НА БОРЬБУ СО СПАМОМ!**

Джошуа Гудман, Дэвид Хекерман, Роберт Раунтвейт

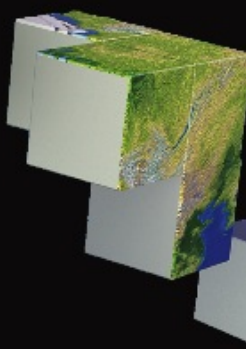
Как бороться с потоком нежелательных почтовых сообщений?

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

28 **ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДИНАМО**

Гэри Глацмайер, Питер Олсон

Ученые давно задавались вопросом, почему магнитные полюса Земли время от времени меняются местами.



БИОТЕХНОЛОГИИ

36 **АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ГЕНОМ**

Гил Аст

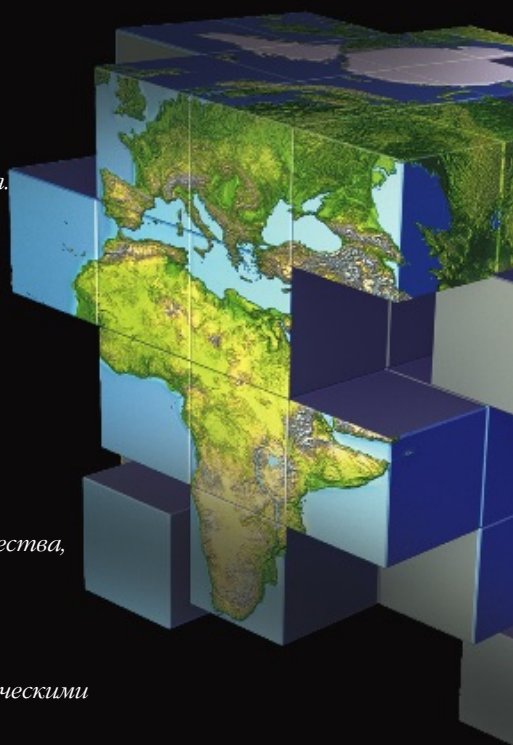
Старая аксиома «один ген – один белок» больше не работает. Чем сложнее организм, тем вероятнее, что продуктами каждого его гена будет несколько белков.

СТРАТЕГИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

44 **ФОРМИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО**

Стивен Поппер, Роберт Лемперт, Стивен Банкс

Наука может прогнозировать последствия выбора той или иной политики, но на них трудно опираться для формирования долгосрочных решений.



ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

50 **ЗВЕРСКИЙ БИЗНЕС И АЛЬТРУИЗМ**

Франс де Ваал

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

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

58 **НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ СТАНОВИТСЯ ТЕПЛЕЕ**

Пауль Кенфилд, Сергей Будько

О свойствах и новом применении удивительного сверхпроводника диборида магния.

ИННОВАЦИИ

66 **ТОКСИН-АНАЛЬГЕТИК**

Гэри Стикс

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

ЭКОНОМИКА

72 **БОГАЧ-БЕДНЯК**

Невероятно, но факт – обладая колоссальными природными и человеческими ресурсами, Россия остается одной из самых бедных стран Европы. По материалам беседы с А.Ю. Шевяковым.

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

Учредитель и издатель: ЗАО «В мире науки»

Главный редактор: С.П. Капица
Заместитель главного редактора: В.Э. Катаева

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

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

Спецкорреспондент: Д.В. Костикова

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

Секретарь редакции: Р.Л. Черемисов

Научные консультанты:
профессор М.В. Конотопов, В.Г. Богуш, доктор географических наук А.В. Евсеев, декан географического ф-та МГУ Н.С. Касимов, профессор А.Д. Линде, доктор биол. наук О.М. Панасенко, И.А. Собенин, доктор физ.-мат. наук А.Д. Чернин, доктор. биол. наук С.И. Черныш, профессор А.Ю. Шевяков

Над номером работали:
Е.М. Амелин, Е.В. Базанов, А.В. Банкрашков, Н.Я. Вергелис, М.И. Инешина, Ф.С. Капица, Д.В. Кислов, Ю.В. Кислова, Т.М. Колядич, Д.А. Мисюров, М.Б. Молчанов, И.П. Потемкин, Е.С. Рябова, М.А. Сажин, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников, В.И. Сидорова, М.Г. Смирнова, В.Г. Сурдин, К.Р. Тиванова, П.П. Худолей, Т.В. Черный, Н.Н. Шафрановская

Корректура: Ю.Д. Староверова

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

Главный бухгалтер: Т.М. Братчикова
Помощник бухгалтера: С.М. Амелина

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

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

Курьер: А.В. Пфейфер

Адрес редакции:
105005 Москва, ул. Радио, д. 22, к. 409
Телефон: (095) 727-35-30, тел./факс (095) 105-03-72
e-mail: edit@sciam.ru; **www.sciam.ru**

Препресс: Up-studio

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

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

© В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2004

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.
Свидетельство ПИ №ФС77-19285 от 30.12.2004

Тираж: 25 000 экземпляров
Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

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

News Editor: Philip M. Yam

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

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: John Sargent

President and chief executive officer: Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director, international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

ОТ РЕДАКЦИИ
3 ПАРАДОКСЫ РОССИЙСКОГО БЫТИЯ

4 50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6 СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ
- *Духи от древних греков*
- *Новая экспедиция к полюсу*
- *Мозг и виртуальная реальность*
- *В чем причина атеросклероза?*
- *Что скрывает воробей*
- *Маячок для древоточца*
- *Шустрые летучие мыши*
- *Лекарство от глухоты*
- *Бесшумный мотоцикл*

ПРОФИЛЬ
16 МИРНЫЙ БОГ ВОЙНЫ
Марина Смирнова
Имя Анатолия Ивановича Савина мало известно широкой общественности. А между тем именно он модернизировал танк «Т-34».

80 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

ОЧЕВИДНОЕ–НЕВЕРОЯТНОЕ
82 РОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ
Очередной шаг на пути к познанию Вселенной сделал автор теории хаотической инфляции, профессор Стэнфордского университета Андрей Дмитриевич Линде.

ЛАБОРАТОРИЯ
90 ИСКУССТВЕННЫЕ БЕЛКИ ПАУТИНЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ
Татьяна Черний
Российские исследователи создали уникальный материал на основе белков паутины.

ЗНАНИЕ–СИЛА
92 ОДИНАКОВЫЕ, НО РАЗНЫЕ
Марк Фишетти
Внешне все теннисные мячи очень похожи и изготавливаются из резины и шерсти, но на этом их сходство заканчивается.

ОБЗОРЫ:

94 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ
Какое самое быстрое событие может быть измерено?
Что общего между отпечатками пальцев детей и родителей?
Почему нормальным считается давление 120/80? Зависит ли этот показатель от роста человека?
Как работает анестезия?

ПАРАДОКСЫ российского бытия



Россия – одна из крупнейших нефтедобывающих стран, ее природные богатства несметны, между тем до 33% населения относится к категории бедных, половина российских детей живет на грани нищеты, а количество бездомных детей превышает их число в послевоенные годы. Что же случилось с великим государством российским, что, обладая могучим потенциалом, оно балансирует на грани коллапса? К числу факторов, тормозящих развитие, специалисты относят прежде всего возникшие в ходе многолетних некорректных реформ глубокие социально-экономические диспропорции и избыточное неравенство, коснувшееся всех областей российской экономики, – территориального распределения доходов и промышленности, сбережений населения и распределения собственности, человеческого и социального капитала и т.д. По подсчетам социологов, вследствие реформ в выигрыше оказалась лишь пятая часть населения, большинство же проиграло. Чрезмерная поляризация доходов влечет за собой дезинтеграцию и криминализацию общества, социальную нестабильность и целый ряд проблем, в том числе демографических.

Одним из следствий экономических метаморфоз стало падение качественных характеристик населения по всем основным показателям: здоровье, интеллектуальный потенциал, нравственность и т.д. Широко распространились так называемые болезни социальной этиологии (туберкулез, сифилис, СПИД, инфекционный гепатит). У россиян ослаблен иммунитет, наблюдается склонность к неврозам, депрессиям, психическим отклонениям и самоубийствам. Интеллектуальный спад обусловлен в основном «утечкой умов», вынужденным уходом специалистов в непрофильные, но более доходные отрасли экономики, а также снижением качества школьного и профессионального образования.

Налицо также кризис социальных ценностей, утрата духовных ориентиров, особенно среди молодежи. Даже само понятие русской культуры в последнее время утратило ясные очертания. Не говоря уже об отсутствии национальной идеи, которую правильнее было бы назвать народной.

Продолжать строить рыночные отношения в России, игнорируя физическое и психологическое состояние и социальное положение ее граждан, морально-нравственную деградацию, далее невозможно, более того, опасно для национальной безопасности. Есть ли выход из тупиковой ситуации? И настолько ли она безнадежна? Для выхода из кризиса нужна не просто социальная программа, а перестройка общественной структуры, включающая совершенствование налоговой системы, перераспределение собственности. Следовало бы произвести дооценку запасов полезных ископаемых, в результате чего без национализации, экспроприации и вполне в рамках рынка государство могло бы получить не 5%, а 98% добываемых ресурсов. Не менее важно и влияние на общественное сознание. Если бы государству удалось осуществить хотя бы часть перечисленных мероприятий, то за 2,5–3 года Россия смогла бы справиться с бедностью.

Кстати, существует и скептическая точка зрения на нашу вопиющую нищету. Дело в том, что ООН разработаны критерии, согласно которым та или иная страна причисляется к категории бедных. И Россия по многим показателям никак не вписывается в разряд неимущих. Скажем, по уровню младенческой смертности Россия входит в двадцатку наиболее благополучных стран мира. Более 90% населения грамотны, за последние 10 лет численность студентов увеличилась в два раза, следовательно, народ не мог за это время обнищать так катастрофически, как нам кажется. Кроме того, официальная статистика попросту не учитывает изрядную часть доходов населения, например, от сдачи недвижимости.

Задача государства и народа – не расточать бездумно свои богатства, сокрушаясь о скудости существования, подобно нищему, который несет в кабак или казино последний грош, а разработать долгосрочный стратегический план превращения «звериного оскала капитализма» в экономику с «человеческим лицом». И все у нас получится. ■

Более полную информацию см. в статье «Богач-бедняк» на стр. 72.

▪ Злоупотребление углем ▪ Создание алмаза ▪ Подсчет деревьев

ИЮЛЬ 1955

НОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ. Весной этого года появилось и просуществовало несколько дней нечто совершенно новое под Солнцем. Химики из Калифорнийского университета получили 17 атомов 101-го элемента. Его назвали «Менделеевий» в честь создателя периодической системы химических элементов и решили обозначать как Mv (современное обозначение – Md). Изотоп с атомной массой 256 был синтезирован в циклотроне в результате бомбардировки 99-го элемента (Эйнштейния) высокоэнергичными альфа-частицами. Период его полураспада лежит в пределах от получаса до нескольких часов.



Скелеты человека и лошади: найдите 10 отличий, 1905 г.

СОЗДАНИЕ АЛМАЗОВ. Выдающийся французский химик профессор Анри Муассан предложил воспроизвести естественный процесс формирования алмазов с помощью электрической печи. Основная задача – растворить углерод в железе, расплавленном при температуре 5 тыс. градусов по Фаренгейту (2760°C). Затем необходимо быстро охладить массу, чтобы образовалась твердая корка. При охлаждении внутренняя часть начнет расширяться, но будет ограничена внешним слоем. В результате внутри создастся огромное давление, и углерод превратится в зерна черных и прозрачных алмазов.

УГОЛЬ. Чтобы подробнее узнать о свойствах угля, необходимо не только проанализировать его химический состав, но также выяснить структуру молекул, из которых он состоит. Детальное изучение строения угля уже позволило нам получить из него более двухсот различных веществ. Некоторые из них были получены либо впервые, либо в небывало больших количествах. Результаты наталкивают на мысль, что самое невыгодное использование угля – это его сжигание.

ИЮЛЬ 1905

ПАНАМСКИЙ КАНАЛ. Президент Рузвельт сравнил недовольных людей, вернувшихся домой из Панамы с бранью на устах, с малодушными дезертирами, покидающими поле боя в самый разгар битвы. Никто и не считает Панамский перешеек курортной зоной, но в то же время становится ясно, что мы вступили в стадию активного строительства, совершенно не позаботившись об обеспечении нормальных бытовых условий для рабочих, как того требует изнуряющий тропический климат. Организацию снабжения продовольствием и быта, несомненно, должна взять на себя армия, т.к. если этим займутся частные предприниматели, катастрофы не избежать.

ЧЕЛОВЕК И ЛОШАДЬ. Недавно в Американском музее естествознания была установлена композиция из скелетов человека и вставшей на дыбы лошади. На фотографии видно, что их кости абсолютно сопоставимы, однако человек сохранил больше примитивных элементов, общих для всех млекопитающих. У лошади гораздо ярче выражена специализация конечностей и коренных зубов.

ИЮЛЬ 1855

ПЕСЧАНЫЕ ЯКОРЯ. В патентное бюро были доставлены семена морского тростника (*arundo arenaria*) и колосняка песчаного (*elymus arenarius*) из Голландии, где эти растения издавна используют для закрепления песков, дрейфующих с морского побережья. Семена импортированы для эксперимента, который охватит все атлантическое побережье от штата Мэн до Флориды. Питательная ценность обеих трав ничтожна, но зато они способны остановить движение песка и препятствовать вторжению океанских вод на сушу. Существование Голландии в значительной степени зависит именно от этих растений.

МОРСКАЯ ДРЕВЕСИНА. Сколько нужно леса, чтобы сделать корабль? Для постройки одного 74-пушечного судна требуется 2200 деревьев, т.е. примерно 44 акра взрослого леса. ■

защита от болезни Альцгеймера

Когда мозгу есть над чем работать, вероятность развития болезни Альцгеймера снижается.

Сейчас в мире зарегистрировано 18 млн. человек с болезнью Альцгеймера. Обычно она проявляется у людей старше 60, и с возрастом риск ее развития увеличивается.

Одним из главных симптомов болезни считается образование амилоидных бляшек в мозге, которые появляются, когда группируются бета-амилоидные пептиды. Таким образом, чем ниже концентрация таких пептидов в организме, тем меньше шансов заболеть.

Сотрудник Чикагского университета Сангрэм Сисодиа и его коллеги заинтересовались сообщениями о том, что связи между клетками головного мозга в течение жизни меняются в ответ на изменения окружающей среды, что может влиять на производство бета-амилоидных пептидов.

Ученые исследовали новорожденных генетически модифицированных мышей с признаками, характерными для ранней стадии болезни Альцгеймера у человека. Одних грызунов поместили в клетки с многочисленными туннелями, вращающимися колесами, игрушками, т.е. предметами, привлекавшими внимание и требовавшими физической и умственной активности. Другие обитали в обычных условиях.

Спустя пять месяцев выяснилось, что у мышей, помещенных в оснащенные клетки, концентрация бета-амилоидных пептидов оказалась существенно ниже, а содержание фермента неприлизина, главного врага амилоидных пептидов, было существенно выше, чем у грызунов из контрольной группы.

Проанализировав ДНК представителей обеих групп, ученые установили, что у активных мышей гены, ответственные за деятельность белков, вовлеченных в процесс запоминания, формирования новых кровеносных сосудов, защиту нервных клеток и механизм изолирования и изгнания из организма бета-амилоидных пептидов работали с большей отдачей, чем у их сородичей. Возможно, именно эти гены ответственны за концентрацию пептидов.

Результаты эксперимента свидетельствуют, что «обогащенная» окружающая среда – защитный, а не терапевтический фактор. Она не дает пептидам группироваться, но не влияет и на рассасывание уже существующих бляшек. Важную роль здесь играет не только повышенная мозговая деятельность, но и физическая активность. Среди мышей наиболее свободными от амилоидных пептидов оказались те, кто был физически активнее.

Марина Инешина

Источник: EurekAlert

парфюмерная фабрика бронзового века



Laurus nobilis
(лавр благородный)

Итальянские археологи утверждают, что на Кипре найдено место, где около 4 тыс. лет назад находился завод по изготовлению благовоний, которые использовались и в парфюмерии, и в религиозных церемониях. Скорее всего он был частью «промзоны», т.к. пресс для отжима оливок и огромные сосуды позволяют предположить, что здесь получали масло и делали вино.

По остаткам запахов в десятках глиняных бутылок ученым удалось восстановить 12 вариантов благовоний и извлечь эссенции лавра, мирта и корицы. Согласно римскому историку Плинию, самые популярные духи и благовония Древнего мира производились на Кипре, а главным потребителем был Крит. Археологи считают, что причиной разрушения промышленного комплекса стало землетрясение. Но оно же помогло сохранить до наших дней остатки парфюмерной фабрики бронзового века.

Татьяна Черний

ПТИЦА КАК РАДИОПРИЕМНИК

Что скрывает воробей и другие птицы?



Голоса птиц слышали все. Но какая именно информация скрывается за звонким чириканьем воробья или чарующим пением соловья, не знают пока даже ученые. Новый шаг к познанию языка птиц сделан в Институте проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН.

Исследователи пришли к выводу, что главное в птичьих песнях – это их частота и временные параметры (число звуков за секунду и длительность интервалов между ними). Причем если частоту, на которой «вещает» птица, можно сравнить с частотой простейшего радиоприемника, то временные параметры – с полезной информацией, которую он передает.

Практически у каждого вида птиц свой частотный диапазон, по которому сородичи определяют, что «говорит» свой. Распределение частот в птичьем мире происходит гораздо проще, чем в человеческом: чем больше птица, тем больше ее голосовой аппарат и, значит, тем ниже основные частоты этого вида. Однако близкие виды птиц ведут разговоры примерно в одном частотном диапазоне. В этом случае выручает число так называемых слогов в песне – количество их строго регламентировано и закреплено у птиц генетически.

Когда птица слышит голос крылатого соседа, ее мозг расшифровывает информацию о длительности отдельных слогов и интервалах между ними – так происходит цифровое кодирование в мире пернатых. Следующий этап – распознавание вида птицы, голос которой прозвучал: ответственные за этот процесс нервные клетки так высоко специализированы, что реагируют только на песни с частотой и количеством слогов своего вида.

Важная деталь: диапазон частот, который может воспринять птица, шире диапазона, который она может воспроизвести. Это необходимо, во-первых, чтобы вид мог воспринимать голоса соседей, несущих, возможно, информацию об опасности, а во-вторых, чтобы обеспечить возможность эволюции звуковых сигналов вида.

Екатерина Рябова

ЖУК-ДРЕВОТОЧЕЦ ЛЕТИТ НА ОГОНЬ

Жук-древоточец *Melanophila acuminata*, обитающий в Канаде и известный также под именем черного огненного жука, в отличие от своих собратьев, не только не боится огня, но и нуждается в нем для размножения.

Мертвые, обуглившиеся стволы и ветви деревьев гарантируют сохранность личинкам. Но если дерево оказывается живым, оно испускает токсичные для вредителей соединения или обволакивает личинки смолой.

Впервые на жука обратил внимание канадский энтомолог Уильям Джордж Эванс в 1960 г. Он обнаружил на груди древоеда крошечные углубления и предположил, что в них скрываются многочисленные рецепторы, реагирующие на инфракрасное излучение, тепло от горящего леса.

В настоящее время сотрудники Боннского университета – биологи, физиологи, химики, врачи – доказали правоту канадского исследователя. Древоед действительно видит ярко-красное пламя, слышит потрескивание горящего дерева, чует продукты горения даже в минимальных концентрациях благодаря сверхчувствительным рецепторам.

Более того, немецкие ученые обнаружили, что австралийские родственники древоеда тоже полагаются в поисках огня на инфракрасные детекторы, но совершенно отличные от «канадских».

Авторы работы надеются, что результаты их изысканий будут иметь практическое значение для создания инфракрасных детекторов нового поколения.

Никита Вергелис

Источник: BBC News

полярная экспедиция

В последние десятилетия значительно снизилась активность изучения в нашей стране северных территорий. Резкое сокращение гидрометеорологических постов системы Госкомгидромета, а также перевозок по Северному морскому пути, почти полное прекращение научно-исследовательских работ привело к снижению точности долгосрочного прогнозирования погоды в Северном полушарии.

Полярная экспедиция, организованная кандидатом географических наук М.В. Слипенчуком, позволит провести ряд наблюдений и исследований на всем протяжении (около 1000 км) от острова Комсомолец до Северного географического полюса Земли.

Как было отмечено деканом географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, членом-корреспондентом РАН Н.С. Касимовым и доктором географических наук, профессором А.В. Евсеевым, планируются метеорологические исследования (измерения температуры воздуха на разных высотах, влажности, силы ветра, направления), наблюдения за снежно-ледовым покровом, движением льдов и за животным миром Арктики, фото- и видеосъемка, отбор образцов снега, льда, морской воды с целью последующего лабораторного определения содержания различных загрязняющих веществ.

Результаты, которые надеются получить исследователи, будут иметь важное значение для природоохранных целей и ряда прикладных научных направлений.

Михаил Молчанов

ИНСУЛЬТ И ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Существует множество методов реабилитации после инсульта, способствующих восстановлению способности пациентов к передвижению, но результаты их, как правило, не всегда удовлетворительны. Проблема заключается в том, что специалисты не до конца понимают, как в данном случае идет процесс восстановления функций мозга.

По утверждению доктора Санг Ю (Sung H. You) из Университета штата Вирджиния в Хамптоне, погружение в виртуальную реальность (ВР) у парализованных больных стимулирует корковую перестройку, что может иметь целительный эффект при восстановлении двигательной активности.

В частности, в эксперименте оценивались три ВР-игры (*Stepping Up/Down*, *Sharkbait* и *Snowboarding*), разработанные для совершенствования и разнообразия двигательной активности парализованных людей. Исследователи обнаружили, что у пациентов, прошедших ВР-терапию, двигательные функции значительно улучшились по сравнению с членами контрольной группы ($p < 0,05$).

Тем не менее авторы отмечают необходимость дальнейших исследований по сравнению эффектов ВР-терапии и стандартных методов реабилитации.

По материалам *Journal of the American Heart Association*.

Юлия Кислова

кому нужна наука?

Основной вопрос, который обсуждался и на трибуне, и в кулуарах общего собрания РАН в мае 2005 г., – реформа отечественной науки. Открывая заседание, президент академии Ю.С. Осипов объявил, что ученым удалось достичь определенного компромисса с Министерством образования и науки по основным пунктам плана реорганизации академии. Речь, в частности, идет о незначительных сокращениях и модернизации, определении приоритетных областей и повышении к 2008 г. бюджетных зарплат деятелей науки до $1000. Он отметил, что пока власть четко выполняет соглашение, но выделенных на 2005 г. средств хватит лишь на поддержание существующего положения, но не на развитие.

Большинство выступавших на форуме академиков согласились с мнением своего президента. Наиболее категорично высказался вице-президент РАН Г.А. Месяц, он со всей категоричностью заявил, что при нынешнем уровне финансирования даже самая радикальная реформа не спасет положение.

Очевидно, что существует два аспекта данной проблемы – отношения науки и власти и выработка консенсуса относительно будущего РАН. Вопрос о реформе должен был рассматриваться еще на прошлом общем собрании в декабре 2004 г., однако его так и не решились поставить в повестку дня. И до сих пор ни одна из сторон не готова к серьезному разговору. Между тем реформа затрагивает не только академическую, но и вузовскую науку – об этом напомнил ректор МГУ академик В.А. Садовничий. Он высказал жесткую позицию ректорского корпуса по данной проблеме и еще раз призвал коллег не торопиться с решениями. «Пока мы видим, что власти наука не нужна, а раз так, она не вправе ее реформировать», – подчеркнул ученый.

Сергей Федоров

НОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Санкт-Петербургский Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова совместно с Институтом кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН разработали технологию получения кристаллов, которые имеют значительные преимущества перед традиционными фоторефрактивными кристаллическими средами. Например, фторид кадмия – это широкозонный ионный кристалл, который приобретает полупроводниковые свойства в результате легирования и определенной термохимической обработки (аддитивное окрашивание кристалла).

Полупроводниковые кристаллы CdF_2:Ga и CdF_2:In фотохромны и могут быть использованы как голографические среды. Их фоточувствительность составляет примерно 100 мДж/см^2 при дифракционной эффективности порядка 100% и пространственном разрешении более 104 лин./мм. Кристаллы не подвержены радиационному повреждению и позволяют осуществлять неограниченное число актов записи-считывания. Кубическая симметрия кристаллов обеспечивает отсутствие деполяризационных эффектов.

Кристаллы используются как для статического оптического накопления информации (CdF_2:Ga при T < 200 K), так и для голографии в реальном масштабе времени при постоянной времени отклика от секунд до наносекунд (CdF_2:Ga, CdF_2:In при комнатной и повышенной температуре).

Дмитрий Мисюров

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. С.И. ВАВИЛОВА

ГОИ им. С.И. Вавилова специализируется на создании монокристаллов, поликристаллов, оптической керамике, оксидов (сапфир), халькогенидов (ZnSe, ZnS).

Практикуется выращивание из расплава, выращивание из газовой фазы (PVD), вакуумное горячее прессование (рекристаллизационное прессование) и другие технологии.

ЕЩЕ ОДНА ВИНОВНИЦА СКЛЕРОЗА

Сотрудники научно-исследовательских институтов физико-химической медицины и экспериментальной кардиологии Российского кардиологического научно-производственного комплекса Министерства здравоохранения и соцразвития РФ, общей патологии и патофизиологии РАМН и атеросклероза РАЕН обнаружили новые свойства фермента миелопероксидазы, ответственной за образование атеросклеротических бляшек.

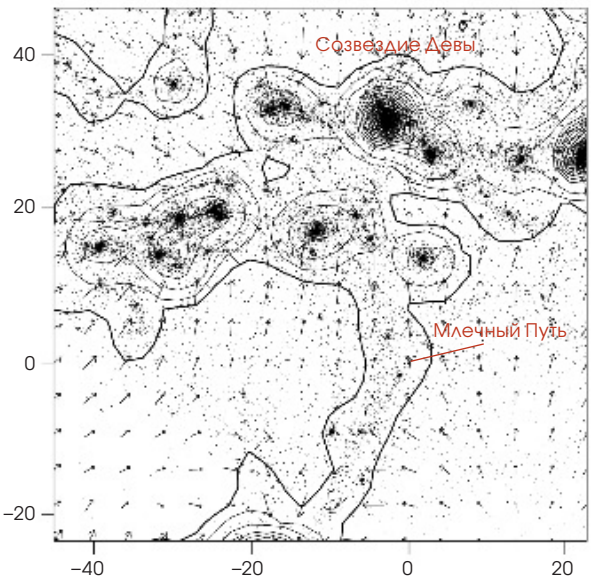
Миелопероксидазу в больших количествах содержат клетки иммунной системы, моноциты и нейтрофилы. Когда они активируются, часть фермента изливается во внеклеточное пространство. Внутренняя среда организма содержит большое количество хлорида, который при участии миелопероксидазы превращается в хлорноватистую кислоту (HOCl). А ее соли (гипохлориты), сильнейшие окислители, способны изменять сложные молекулы.

Исследователи выделили из крови человека липопротеины и обработали их миелопероксидазой или гипохлоритом, после чего молекулы стали образовывать ассоциаты, к чему ранее склонны не были. Ученые предположили, что гипохлорит, вырабатываемый ферментом, изменяет поверхность липопротеинов низкой плотности таким образом, что частицы ЛНП начинают агрегировать. Было установлено, что гладкомышечные клетки сосудов более эффективно захватывают именно крупные частицы ЛНП, что повышает количество внутриклеточного холестерина. Т.е. в образовании атеросклеротических бляшек принимают участие именно те ЛНП, которые подверглись обработке и увеличились в размере.

Исследователи предполагают, что миелопероксидаза, накапливаясь в артериальных стенках, катализирует образование гипохлорита и изменяет физико-химические свойства поверхности липопротеинов таким образом, что они образуют ассоциаты. Часть слипшихся липопротеинов оседает в сосудистой стенке между клетками, а другую часть поглощают клетки артериальной оболочки, которые при этом превращаются в пенистые клетки, предшественники атеросклеротических бляшек. Теперь ученые изучают биохимические реакции, происходящие в сосудистых стенках, чтобы понять, какие события заставляют миелопероксидазу работать. «Тут уместно вспомнить, – говорит О.М. Панасенко, – что источник фермента – активированные клетки иммунной системы, а многие исследователи атеросклероза настаивают на том, что его развитие обусловлено воспалительной реакцией в стенке сосуда».

Никита Вергелис

Темная энергия охлаждает окрестности нашей Галактики



Млечный Путь и его соседи движутся (*стрелки*) к скоплению галактик в Деве. Их относительные скорости необычайно малы, что является признаком темной энергии или мощного гравитационного приливного влияния.

Темная энергия – загадочное явление, выходящее за рамки Стандартной модели физики. Астрономы заинтересовались им около десяти лет назад. Вновь стало актуальным расширение Вселенной: ученые предполагали, что оно затухает, а оказалось, что ускоряется. Но вскоре астрономы поняли, что у темной энергии есть своя темная сторона. Ее отталкивающее действие противостоит гравитации, мешая формированию крупных космических структур. И вот теперь наблюдатели видят ее влияние в окрестностях нашей собственной Галактики.

До недавнего времени те, кто искал космическую экзотику, такую как темное вещество и темная энергия, сконцентрировали свое внимание либо на самых крупных масштабах (скопления галактик), либо на сравнительно малых (отдельные галактики). Между ними существует плохо изученный космический мезомасштаб. Наша Галактика входит в Местную группу галактик, которая, в свою очередь, стала частью Местного объема радиусом примерно 30 млн. световых лет. Мы и все наше окружение движемся со скоростью 600 км/с, притягиваемые скоплением галактик в Деве и другими внешними массами. Но выявить относительные движения галактик Местного объема сложно: необходимы точные измерения расстояний и скоростей.

В 1970-х гг. наблюдения Аллана Сэндиджа (Allan Sandage) из Обсерватории Карнеги в Пасадине показали, что средняя скорость взаимного движения галактик весьма мала: около 75 км/с. Согласно расчетам, галактики, притягиваемые друг к другу гравитацией, должны перемещаться со скоростью около 500 км/с. Местное пространство, подобно газу из медленных молекул, является «холодным».

Согласно теории, на масштабах более сотен миллионов световых лет, где вещество распределено однородно и не образует скоплений, космологическое расширение превалирует над локальными движениями. Но в Местном объеме оно проявляется уже за пределом 5 млн. световых лет.

Игорь Караченцев из Российской академии наук предложил одно из объяснений этих загадок. Оно состоит в том, что галактики и их индивидуальные коконы из темного вещества плавают в море темного вещества, которое сглаживает контрасты плотности, а следовательно, и гравитационные силы, вызывающие движение галактик. Единственная загвоздка: вещество – темное или видимое – не должно расплываться по «морю». Оно должно комковаться.

Поэтому другие ученые обратились к темной энергии. Ее гравитационное отталкивание должно уравновешивать гравитационное притяжение галактик, замедляя их движение. Внутри нашей Галактики и около нее преобладает притяжение, но на определенном расстоянии начинает преодолевать отталкивание. Как показали расчеты Артура Чернина и его коллег из МГУ в 2000 г., это расстояние составляет 5 млн. световых лет – как раз такое, где движения галактик начинают отклоняться от стандартного.

Первые вычисления фактически уменьшили скорости галактик вдвое. Но этого было недостаточно. Новые, более полные вычисления группы Андреа Маччио (Andrea Macciò) из Цюрихского университета подтверждают, что обнаружены признаки темной энергии.

Но не все согласны с ним. В 1999 г. Рьен ван де Вейгаерт (Rien van de Weygaert) из Гронингенского университета в Нидерландах и Йегуда Хоффман (Yehuda Hoffman)

USED WITH PERMISSION FROM A. KLYPIN, Y. HOFFMAN ET IN AL. IN *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, VOL. 596, PAGES 19–33, OCTOBER 10, © 2003 AAS

НЕВЕРНЫЙ ПУТЬ МЛЕЧНОГО ПУТИ?

Новое неожиданное заявление относительно движения близких галактик сделал Алан Вайтинг (Alan Whiting) из Межамериканской обсерватории в Серра-Тололо (Чили). Мало того, утверждает он, что галактики движутся еле-еле, но они еще перемещаются в неправильном направлении. Они должны были бы падать друг на друга, но похоже, что они кружат наугад. «Что-то служит причиной движений, происходящих в Местном объеме со скоростью 75 км/с, но это не светящееся вещество, которое мы видим», – говорит Вайтинг.

Многие исследователи считают эту версию ошибочной. Но если он прав, то может оказаться, что наши галактические окрестности служат домом для мертворожденных галактик – беззвездных скоплений тускло светящегося газа и невидимого темного вещества. Астрономы недавно заметили такие явления в скоплении Девы.

из Еврейского университета в Иерусалиме заявили, что Местный объем «захвачен в космической войне» между окружающими его скоплениями галактик. Это растягивает галактики в разные стороны, уравновешивая их собственную гравитацию.

Чтобы решить, что важнее – этот механизм или темная энергия, астрономы должны сравнить Местный объем с другими подобными областями: если в них нет «космической войны», но галактики ведут себя так же, значит, действует темная энергия. К сожалению, ученые пока не могут решить, что значит «подобный», так что дебаты продолжаются. Если аргументы Маччио верны, идея существования темной энергии, когда-то считавшейся самой «фантастической» в науке, окажется научной.

Джордж Массер

лекарства из насекомых

Новые лекарственные препараты на основе иммунной системы насекомых разрабатывают исследователи из Биологического НИИ Санкт-Петербургского государственного университета.

Они создали аналог пептидов иммунной системы насекомых аллоферон. Лекарственное вещество исследователи выделили из личинок мухи-каллифоры, которые на протяжении столетий служили полевым врачам для спасения раненых. Препарат успешно прошел клинические испытания и используется в качестве антивирусного средства, главным образом для лечения герпеса и гепатита *B*.

Теперь ученые разрабатывают новое поколение препаратов. Аллостатины, так же, как и аллоферон, относятся к коротким белковым молекулам с длиной цепи 10–15 аминокислот.

Исследователи уже синтезировали и запатентовали одно из соединений – аллостатин-1. По многим показателям он превосходит аллоферон, поэтому предлагается не только для лечения вирусных инфекций, но и для борьбы с раковыми опухолями, вызываемыми онкогенными вирусами. Такие формы рака составляют не менее трети всех онкологических заболеваний. Исследователи считают, что базовый механизм действия аллостатина направлен на усиление распознавания и уничтожения зараженных вирусами клеток так называемыми естественными киллерами и другими иммунокомпетентными клетками. «Главная цель состоит не столько в лечении далеко зашедшего процесса, сколько в его предупреждении за счет усиления антивирусной защиты организма», – считает доктор биологических наук С.И. Черныш. В группы риска входят прежде всего больные с герпесвирусными и папилломавирусными инфекциями.

Препарат опробован на животных, и вскоре начнутся клинические испытания. В Санкт-Петербурге при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере создана специализированная компания, в задачу которой входит завершение исследовательской части проекта и организация производства нового поколения антивирусных и противоопухолевых препаратов.

Татьяна Черний



дисплеи нового поколения

Мониторы постепенно становятся качественнее и дешевле.

Обычно пользователи компьютеров для работы с мультимедиапрограммами, просмотра видео- и компьютерных игр выбирают электронно-лучевые мониторы, поскольку у них большой угол обзора. Жидкокристаллические же мониторы обычно используют в офисах, где необходимо сохранить полезную площадь рабочего места.

В последние годы производители ЖК-панелей пытаются улучшить их параметры, и мониторы постепенно становятся качественнее и дешевле.

С быстрым развитием нанотехнологий улучшаются и традиционные ЖК-технологии. Прототипы дисплеев, созданных с помощью нанотехнологий, уже активно продаются на мировом рынке.

Один из таких «нестандартных» ЖК-дисплеев был создан ирландской компанией *NanoChromics* – «дисплей–чернила-на-бумаге» (*ink-on-paper display*). Изображение на нем похоже на бумажный рисунок, выполненный цветными чернилами. Оно очень контрастно, угол обзора составляет 180°, частота развертки – 60 кадров в секунду.

Изображение на дисплее формируется с помощью пигмента, поэтому он не нуждается в дополнительной подсветке. Когда питание отключается, изображение остается за счет переключения пигментных слоев, сформированных пикселями. Представители *NanoChromics* считают, что при одинаковых размерах *NCD* будет потреблять в 10 раз меньше энергии, чем *LCD*.

Все созданные дисплеи пока монохромны, но представители компании утверждают, что технологии будут развиваться дальше и в скором времени появятся цветные модели – нужно будет только добавить еще два пигментных слоя. Пока все картинки на *NCD*-дисплеях темно-синие или зеленые. Новые мониторы неприхотливы к изменениям температуры. В настоящее время компания занимается выпуском отдельных дисплеев, настольных часов и медицинских приборов. В будущем планируется производство карманных компьютеров и электронных книг.

Михаил Молчанов

Источник: www.nanonewsnet.ru

ПРОВОКАЦИИ МОЗГА

Доктор Эйми Хантер (Aimee M. Hunter) из Психоневрологического института Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и ее коллеги показали, что ранние изменения в активности префронтальной коры, проявляющиеся уменьшением величины электроэнцефалографического импеданса, коррелируют с клиническим ответом на терапию антидепрессантами.

Данные исследования доказывают, что то, в какой степени человек может испытывать воздействие побочных эффектов, зависит от мозговой деятельности. Изменения в активности префронтальной коры, наблюдаемые в течение краткого приема плацебо, могут быть биомаркером субъективных ожиданий.

Таким образом, благодаря идентификации пациентов по риску развития побочных эффектов можно повысить число успешных случаев лечения антидепрессантами. Врачи смогут выбирать препараты с более низким профилем побочных эффектов, назначать их в более низкой дозе, или ограничиться психотерапией.

Юлия Кислова

По материалам Neuropsychopharmacology

бегом марш

Южноамериканские летучие мыши-вампиры хорошо бегают и могут проскакать метр всего за секунду. Большинство же их собратьев весьма неуклюжи.

На ранчо острова Тринидад были пойманы пять самцов, которых поместили на беговую дорожку в клетке из оргстекла, все их движения тщательно фиксировала видеокамера.

Движения животных можно признать бегом, так как они полностью отрывают ноги от земли. Однако способ их перемещения весьма оригинален: мыши приземляются на задние конечности, падают вперед на запястья, отталкиваются передними лапами, прыгая вверх и вперед, и снова приземляются на задние.

Мыши-вампиры питаются кровью крупного скота: коров, лошадей, свиней. Они незаметно подкрадываются к спящему животному и делают небольшой надрез на его коже, обычно на ноге. Южноамериканские зверьки научились экономить энергию, перемещаясь между животными бегом.

Если бы шустрые создания не были ограничены тесными рамками клетки, они бегали бы быстрее и прыгали выше. По мнению исследователей, летучие мыши сообразительны, как собаки.

Марина Инешина

Источник: news@nature.com

В Сибири становится теплее



За последние сто лет в Сибири и на Дальнем Востоке произошло заметное повышение температуры на 2–3° С, что может существенно отразиться на различных видах хозяйственной деятельности и социальной жизни населения этих районов. Участившиеся смерчи, ливни, наводнения, засухи и длительное маловодье наносят существенный ущерб регионам. Для того, чтобы смягчить последствия стихийных бедствий, избежать разрушений и человеческих жертв, необходимо прогнозирование и заблаговременное оповещение. Однако сеть гидрометеорологических станций и постов в Сибири и на Дальнем Востоке недостаточна для достоверной регистрации и объективной оценки прогноза климатических изменений. К таким выводам пришли участники конференции «Глобальные изменения климата и проблемы гидрометеорологии Якутии», посвященной 120-летию регистрации абсолютного минимума температуры воздуха в Северном полушарии Земли.

Дмитрий Мисюров

Генная терапия – первое лекарство от глухоты

Ежегодно миллионы людей страдают от потери слуха. Глухота развивается тогда, когда волосковые клетки внутренней улитки уха разрушаются. Это может произойти при воздействии очень громкого звука, из-за приема некоторых антибиотиков или в результате старения организма.

Недавно появившиеся методы лечения, очевидно, смогут помочь справиться с глухотой морских свинок, на которых проводятся сегодня эксперименты. Данный факт подает надежду и людям, страдающим этим недугом.

Руководитель американо-японской группы ученых Ехоа Рафаэль (Yehoash Raphael) из Мичиганского университета использует новые формы генной терапии для восстановления слуха морских свинок. Лечебная терапия стимулирует новый рост волосковых клеток, которые ловят звуковые вибрации от жидкости в ухе и превращают их в нервные импульсы. Исследователи размещают сенсорные электроды вокруг головы морских свинок, чтобы убедиться в том, что слуховые нервы животных вновь регистрируют звук.

Как сообщает *New Scientist*, эксперименты на морских свинках проводились в несколько этапов. Сначала животным давали антибиотики, которые разрушали волосковые клетки внутреннего уха. Затем для того, чтобы их восстановить, ученые вводили животным генетически запрограммированный аденовирус. Эксперимент превзошел все ожидания. Волосковые клетки восстановились практически на 80%. Ехоа Рафаэль надеется, что в ближайшем будущем глухота будет побеждена.

Михаил Молчанов

БЕСШУМНЫЙ МОТОЦИКЛ: ЗА И ПРОТИВ

Новым бесшумным мотоциклом недовольны как байкеры, так и пешеходы, сообщает *BBC NEWS*.

Британские ученые совершили революцию в конструировании мотоциклов, создав первый в мире бесшумный экземпляр. Двигатель его работает на водороде, поэтому в атмосферу выбрасываются лишь безвредные вещества. Машина развивает скорость 80 км/ч и может ехать без подзарядки 4 часа. Но возникли серьезные опасения: пешеходы и водители могут его не заметить. Сейчас конструкторы думают над тем, чтобы установить на мотоцикл устройство, имитирующее привычный рев мотора.

В принципе, Общество по борьбе с шумом одобряет создание тихого мотоцикла, т.к. именно это средство передвижения служит основным источником шумового загрязнения.

Заядлые же байкеры говорят, что мотоцикл, от которого шума не больше, чем от домашнего компьютера, не способен вызывать радость.

ФИЛОСОФИЯ И БУДУЩЕЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ

В МГУ им. М.В. Ломоносова прошел IV Российский философский конгресс «Философия и будущее цивилизации». Организаторами конгресса стали Российское философское общество, МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт философии РАН и Министерство образования и науки РФ.

В отличие от предыдущих, которые состоялись в Санкт-Петербурге (I РФК «Человек–философия–гуманизм», 1997 г.), в Екатеринбурге (II РФК «XXI век: будущее России в философском измерении», 1999 г.), в Ростове-на-Дону (III РФК «Рационализм и культура на пороге третьего тысячелетия», 2002г.), московский форум собрал уже около 4 тыс. гостей, в том числе ученых с мировым именем из 24 стран.

В мероприятии приняли участие не только академики и члены-корреспонденты национальных академий наук, доктора и кандидаты наук и т.д., среди присутствующих были аспиранты, студенты и учителя средних школ. Возросший интерес к науке со стороны молодежи с одобрением отметили некоторые ученые старшего поколения.

На пленарном заседании ректор МГУ, академик РАН, председатель организационного комитета конгресса В.А. Садовничий отметил, что в конце XX – начале XXI в. влияние философии значительно возросло, в том числе в Европе и Америке, где наблюдается бум философии, которая «стала действительно публичным феноменом, одним из важнейших факторов общественной жизни. Философы уже не замкнуты в своем профессиональном сообществе: к их аргументам прислушиваются политики и широкие общественные круги, а выступления ведущих мыслителей вызывают интерес, сравнимый с ажиотажем вокруг концертов эстрадных звезд, причем все это происходит без потери высокого профессионального уровня философских концепций». Затем ректор МГУ поделился своими соображениями о статусе научного знания в современном мире, о различных вненаучных формах отношения человека к миру» (*доклад ректора МГУ академика В.А. Садовничева «Знание и мудрость» в ближайших номерах журнала «В мире науки»*).

Директор Института философии РАН академик РАН В.С. Степин в своем докладе «Философия в эпоху перемен» подчеркнул, что Россия вместе со всем человечеством переживает сегодня время глобальных перемен, демографического перехода, бурного роста технологий. Развитие цивилизации зависит не только от научно-технического и экономического прогресса, но и от развития ценностей, составляющих ее нравственную основу. Важно выявить точки роста новых ценностей внутри современной технологической культуры. Новый тип рациональности, который утверждается сейчас в науке, открывает широкие возможности для диалога различных культур. Он соответствует не только ценностям западного варианта техногенной культуры, но и созвучен представлениям истинности и нравственности, которые развивались в древних восточных культурах. Путь выхода из глобальных кризисов лежит через духовное возрождение человечества и создание новой системы ценностей. Чтобы избежать катаклизмов, следует разработать стратегию гармоничного развития человечества на ближайшие десятилетия. Именно это и должно стать полем деятельности для современной науки».

На конгрессе также выступили декан философского факультета МГУ, доктор философских наук, профессор В.В. Миронов («Современное коммуникационное пространство как фактор трансформации культуры и философии»), профессор кафедры «Прикладная психология и социология» Петербургского государственного университета путей сообщения, доктор философских наук А.С. Кармин («Философия культуры в информационном обществе: проблемы и перспективы»), зав. Отделом историко-философских исследований Института философии РАН, доктор философских наук Р.В. Мотрошилова («Варварство как оборотная сторона цивилизации» и др.

IV Российский философский конгресс стал самым масштабным за всю историю проведения российских философских конгрессов. Здесь работали 25 секций, в том числе «Философская онтология», «Эпистемология», «Философия и методология науки», «Социальная философия», «Философская антропология», «Этика», «Эстетика», и «Университетская философия в России» под руководством декана философского факультета МГУ В.В. Миронова. В ходе работы секции обсуждались история, проблемы преподавания и перспективы развития философии в системе университетского образования России. Конгресс вызвал интерес со стороны видных зарубежных философов. Свои тезисы прислал один из ведущих мировых специалистов в области философии сознания Х. Патнем, представитель прагматической философии Р. Рорти, логик В. Харт, специалист по когнитивной науке Р. Харре, философ науки Т. Рокмар.

Алла Мостинская

загадка голубых звезд

В огромном шаровом звездном скоплении Омега Центавра находятся самые необычные звезды во Вселенной – голубые, переполненные гелием.

В прошлом году с помощью телескопа Хаббл ученые обнаружили, что в шаровом скоплении Омега Центавра наблюдаются красные и голубые звезды, сжигающие в своих недрах водород. Данные, полученные с помощью установленного в Чили телескопа *VLT* (*Very Large Telescope*), показали, что в голубых звездах больше металлов, чем в красных, хотя, согласно современным теориям, должно быть наоборот. Звездную загадку попытались решить исследователи из Падуанского университета (Италия) под руководством Джампаоло Пиотто (Giampaolo Piotto). Они предположили, что в действительности два типа звезд содержат разное количество гелия. И если у красных он в норме, то у голубых его в полтора раза больше. Это превышает показатели для любых других звезд во Вселенной.

Исследователи предположили, что первые звезды, родившиеся в Омеге Центавра, были красными. Спустя несколько десятков миллионов лет самые крупные из них, с массой, в 10–12 раз превышающей солнечную, взорвались как сверхновые. Это событие сопровождалось выбросом вещества, богатого гелием, из которого образовалось новое поколение звезд – голубых. Однако, пока не ясно почему, Омега Центавра стало единственным шаровым скоплением в Галактике, производящим на свет звезды, насыщенные гелием.

Игорь Потемкин

Источник: ESO Press Release

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

ОЧЕВИДНОЕ НЕВЕРОЯТНОЕ

НА КАНАЛЕ ТВЦ ПО ПОНЕДЕЛЬНИКАМ в 22:40

программа С.П. Капицы



Марина Смирнова

Мирный бог войны

Имя Анатолия Ивановича Савина мало известно широкой общественности. А между тем именно он в ходе войны модернизировал пушку танка «Т-34», был одним из создателей первых крылатых ракет, изобрел систему «истребитель спутников», аналогов которой до сих пор нет в мире – США планируют ее создание лишь к 2010 г. Он разработал методы ведения морской разведки, выступил инициатором организации противоракетной обороны, принимал участие в работах над атомным и реактивным управляемым оружием и глобальными космическими информационными системами. При всей кажущейся воинственности его профессии Савин сделал все, чтобы отвести от России угрозу ядерной войны.

Савин столь долго занимался разработкой смертоносного оружия, что теперь никто лучше него не понимает ценности человеческой жизни, мира и необходимости жить по-человечески.

Недавно Анатолию Ивановичу исполнилось 85 лет.



На берегах Селигера

Родился он 6 апреля 1920 г. в городе Осташкове Тверской области. Родители его были людьми сугубо мирных профессий – отец Иван Николаевич работал бухгалтером, мать Мария Георгиевна учительствовала. Времена были нелегкие, но Анатолий Иванович вспоминает детство с удовольствием, тем более что оно прошло на берегах сказочного озера Селигер: рыбалка, купание, а зимой лыжи – мечта любого мальчишки. В середине 1930-х гг. Савины перебираются в Смоленск, где будущий «отец звездных войн» с отличием оканчивает одну из лучших школ города. В 1937 г. он без вступительных экзаменов поступает в МВТУ им. Баумана.

Студент

Был канун войны – это ощущалось всеми, поэтому институт открыл ряд специальных факультетов – артиллерийский, противотанковый, боеприпасов и т.д. Савин выбрал артиллерийский, где обучали проектированию и созданию оружия. Он мечтал стать конструктором и изобретателем, как многие молодые люди его поколения.

Весной 1941 г. Савин окончил четвертый курс и отправился на практику в Сталинград, на артиллерийский завод. Едва объявили войну, он бросился в Москву, записался в ополчение, но был отозван с фронта – распоряжением И.В. Сталина все студенты и выпускники технических вузов направлялись на оборонные заводы, так как стране нужно было оружие. В августе 1941 г. Савин в числе других студентов прибыл в Горький на

© пресс-служба Национальной телевизионной премии «Победа»

артиллерийский завод №92 им. Сталина – один из крупнейших в СССР по производству полевой и танковой артиллерии.

Изобретатель

Здесь, на заводе, у начинающего мастера родилось несколько идей реконструкции орудий, в частности, речь шла о противооткатных устройствах танковой пушки «Ф-34» – детища главного конструктора завода В.Г. Грабина, который, разумеется, скептически отнесся к инициативе студента. В тот момент молодого рационализатора поддержал директор завода А.С. Елян. В результате усовершенствованная пушка осталась в памяти бойцов как одно из лучших орудий тех лет.

В 1942 г. Грабин был переведен в Москву, в ЦАКБ в Подлипках, Савин возглавил конструкторский отдел завода, а в 1943 г. нарком вооружения СССР Д.Ф. Устинов назначил его главным конструктором и оказывал поддержку Анатолию Савину на протяжении всей своей жизни.

Танковая пушка

В 1942 г. у немцев появились могучие машины – танки «Тигр», «Пантера» и САУ «Фердинанд». Чтобы противостоять их силе, Советской Армии требовались принципиально новые орудия. Была поставлена задача в кратчайшие сроки перевооружить танки «Т-34» новым, более мощным типом артиллерии калибра 85 мм. К концу 1943 г. новинка была готова у двух конструкторов – Грабина и Савина. Под новый год, 31 декабря, обе пушки выехали на полигон. Всем была хороша савинская пушка, но имела один незначительный дефект, который, впрочем, легко было устранить. Однако Савин был молодой конструктор, вчерашний студент, а Грабин – известная фигура. По логике вещей, победа должна была остаться за ним. И тут случилось неслыханное – пушка Грабина... развалилась. В результате после устранения дефекта орудие Савина было принято, запущено в производство.

Новые горизонты

В 1945 г., когда война уже была окончена, на встрече победителей в Германии Черчилль упомянул, что Америка располагает новейшим высокоэффективным оружием. Имелась в виду атомная бомба. И для Советского Союза началась «атомная эпопея».

В КБ Горьковского завода под руководством Савина по заданию академиков И.В. Курчатова, И.К. Кикоина, А.П. Александрова, и А.И. Алиханова был разработан ряд сложнейших конструкций для получения обогащенного урана и плутония, создан комплекс оборудования по диффузионному разделению изотопов урана, что позволило наладить производство оружейного урана. Савиным была также спроектирована уникальная система разгрузки облученных урановых блоков, первого уран-графитового реактора и реактора на тяжелой воде. За эти работы Савину были присуждены Сталинские премии и другие награды.

По мнению конструктора, важную роль в удачном разрешении данных проблем сыграла разумная организация общего процесса. Было создано несколько организационно-технических ячеек: ученый совет, научно-технический совет, возглавляемый И.В. Курчатовым, организационный совет под руководством Б.Л. Ванникова и, наконец, группа под руководством Л.П. Берии, которая готовила правительственные документы. Т.е. первое слово было все же за наукой, хотя окончательное решение принимал лично Сталин.

Разумеется, к работе не допускались люди со стороны, какие бы посты они ни занимали. А к таким персонам, как Курчатов, были приставлены специальные сопровождающие, которые жили у них, повсюду следовали за ними и входили в специальный отдел КГБ – такие подразделения были на каждом серьезном предприятии и подчинялись непосредственно Берии. Так государство охраняло свои секреты.

На пороге третьей мировой

После победы над фашизмом советский народ испытал настоящую эйфорию. Казалось, теперь начнется прекрасная мирная жизнь, созидательный труд. Но все перевернулось после страшных бомбардировок американскими ВВС Хиросимы и Нагасаки. Вскоре Черчилль выступил в Фултоне и заявил, что ▸

СПРАВКА:

Анатолий Иванович Савин – Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и пяти Государственных премий СССР, лауреат Государственной премии Грузии, академик РАН, доктор технических наук, профессор. Награжден четырьмя орденами Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, орденами Отечественной войны, «За заслуги перед Отечеством» III степени, медалями, в том числе золотой медалью имени А.А. Расплетина. Под его руководством функционируют базовые кафедры МИРЭА (Московского института радиоэлектроники и автоматики). А.И. Савин – член Экспертно-консультативного совета по устойчивому развитию при Госдуме РФ, руководит Научным советом РАН по проблемам обработки изображений, активно работает в Экспертном совете при Правительстве РФ и в ряде других советов. В этом году стал лауреатом Национальной телевизионной премии «Победа» в номинации «Легенда оборонно-промышленного комплекса».

отныне считает Советский Союз врагом номер один. Знакомство с документами показало, что уже после битвы на Курской дуге, когда стало ясно, что победа будет за нами, страны коалиции расценивали СССР не столько как союзника, сколько как будущего противника.

Вскоре стало очевидно, что недавние союзники готовятся к ядерной войне с СССР, более того, несколько раз намечались даже даты начала бомбардировок – существуют материалы переговоров, подтверждающие данный факт. Американцы считали себя в безопасности, полагая, что Советскому Союзу понадобится не менее 20 лет, чтобы создать атомную бомбу, Но мы справились за четыре года, к 1949 г. Известие о том, что СССР отныне обладает атомной бомбой, не остановило наших противников. США приняли решение о нанесении превентивных ударов по территории нашей страны. Согласно плану «Дропшот», боевые действия должны были начаться 1 января 1957 г. (документы были опубликованы в 1978 г.).

Позади Москва

Угроза третьей войны не отступала. Сталин распорядился любыми путями защитить Москву от возможных бомбардировок. Задача представлялась совершенно невыполнимой, так как никто даже не знал, как подступиться. Прежде всего, требовалось поднять на принципиально новый уровень радиолокацию, которая в те годы только начинала развиваться. Для эффективной защиты необходима была сложная автоматическая система, способная осуществлять стрельбу на большие расстояния. В довершение всего главным конструктором вновь созданного КБ-1 стал сын Берии. Савин был назначен его заместителем по конструкторской части и начальником конструкторского отдела.

Мощная система непреодолимой для вражеских самолетов противовоздушной обороны Москвы представляет собой сложную цепь взаимосвязанных объектов: радиолокационных средств предварительного оповещения на дальних расстояниях, мощных зенитных комплексов, средств общего управления и обеспечения непрерывного боевого дежурства, а также соответствующей инфраструктуры. Работы начались в 1947 г., а к 1953 г. уже был построен целый комплекс: центральный, запасной и 4 секторных командных пункта, 8 технических баз для хранения и обслуживания боекомплектов 3360 зенитных ракет, 500 км бетонных дорог, 60 жилых поселков, 22 объекта внутреннего и 34 объекта внешнего кольца, в которые входили комплексы зенитных ракет, стартовые позиции, системы связи с командными пунктами. В результате можно было вести одновременный обстрел 1120 подлетающих к Москве целей.



На церемонии награждения национальной телевизионной премией «Победа»

Созвездие комет

Параллельно велись работы по созданию реактивных управляемых комплексов (РУК), прежде всего класса «воздух-море». Работы по проекту системы, получившей название «Комета», начались в 1947 г., испытания прошли в 1951-м, а уже в 1952-м комплекс был принят на вооружение советской морской авиацией. За этим последовал целый ряд сложных оборонных систем классов «воздух–море» («Комета», «К-10», «К-22», «К-22 ПСИ»), «воздух–земля» («К-20»), «воздух–воздух» («К-5» и ее модернизации – «К-5М», «К-51», «К-9»), «земля–море» («Стрела»), «земля–земля» («Метеор», «Дракон»), «море–море» («П-15»).

Осуществление столь сложных проектов потребовало новых знаний – Савин заканчивает аспирантуру при КБ-1, а в 1959 г. защищает кандидатскую диссертацию.

Про ПРО

В конце 50-х гг. перед коллективом Савина встала новая задача – обеспечить противоракетную оборону. Большинство конструкторов не решались подступиться к столь сложной проблеме, поскольку считалось, что противодействие ракетной обороне всегда опережает ее создание. Савин придерживался того же мнения, однако все же взялся за реализацию проекта.

К тому времени начало развиваться космическое направление, был произведен запуск спутника, что позволило думать о создании противоспутниковой обороны и системы морской космической разведки. Суть

© пресс-служба Национальной телевизионной премии «Победа»

в том, что спутнику «сверху видно все», и с его помощью можно наводить ракету и попадать в цель в любой точке планеты. Параллельно необходимо было решать задачу истребления спутников.

Так началась работа коллектива в новом направлении: разработка глобальных космических информационно-управляющих систем, призванных сохранять стратегический паритет в космосе. Основной целью стало создание комплекса противоспутниковой обороны, который должен был перехватывать и поражать представляющие опасность спутники военного назначения. А.И. Савин назначается Главным конструктором комплекса.

На суше и на море

В дальнейшем под руководством Савина осуществлялись совершенно удивительные проекты. В частности, проводились исследования в области опто- и радиоэлектроники, радиофизики, детально изучались атмосфера, океан, суша, околоземное космическое пространство. Особое внимание уделялось работам в области информатики и обработки изображений, гидродинамики морей и океанов, разработки и моделей фоново-целевых обстановок, что позволило изобрести систему обнаружения и идентификации любых объектов на любом фоне: на суше и на море, в воздухе и в космосе. Разработки Савина и его коллег по созданию систем дистанционного видения глубоководных пространств с использованием оптических, радиолокационных и аэрокосмических средств намного опередили свою эпоху и были по тем временам абсолютно фантастическими. Уникальными также представляются методы дистанционного зондирования с целью глобального и регионального экологического мониторинга Земли.

Воевать нельзя

Чем больше грозных военных систем создавал Савин, тем больше понимал, что развитие вооружений глобального типа может привести к коллапсу. Само существование атомных бомб и самонаводящихся ракет говорит о том, что должен быть предел их развитию, что невозможно и губительно до бесконечности продолжать гонку вооружений. Возникла необходимость установить некое равновесие, выстроить стратегию предотвращения ядерной войны. Суть ее в сохранении потенциала гарантированного возмездия, т.е. тот, кто первым поднимет ракету, должен быть уверен в том, что непременно получит неприемлемое ответное возмездие. Созданные системы обеспечили Советскому Союзу необходимую информационную и военную основу, на которой по сей день зиждется современная оборонная концепция стратегического равновесия.

В 1973 г. был создан Центральный научно-исследовательский институт «Комета», генеральным конструктором и генеральным директором которого был назначен Анатолий Иванович. Он сохранял свой пост на протяжении 27 лет.

В этот период коллектив начал трудиться над глобальной системой оперативного обнаружения стартов и отслеживания траекторий межконтинентальных баллистических ракет по излучению факела двигательной установки в инфракрасном диапазоне. Был создан радиоизмерительный управляющий комплекс (РИУК), наземные и бортовые средства управления, алгоритмическое и программное обеспечение этой системы. Основные работы были завершены к 1990 г., и Указом Президента РФ от 25 декабря 1996 г. система была принята на вооружение.

За последние годы Савин разработал концепцию дальнейшей деятельности своего уникального коллектива и поддержания стратегического равновесия в мире на основе глобальных информационно-управляющих систем (ГИУС). Речь идет о создании системы поддержания стратегического равновесия и предотвращения глобальной ядерной войны на основе сохранения потенциала гарантированного уничтожения агрессора в ответно-встречном ударе.

За годы своего существования «Комета» накопила уникальный опыт в создании всеобъемлющих информационно-управляющих систем.

В мирном русле

За годы своего существования «Комета» накопила уникальный опыт в создании всеобъемлющих информационно-управляющих систем. Сегодня эти технологии получили применение в самых разных сферах, порой весьма далеких от вооруженных сил. В частности, разработана глобальная система мониторинга Земли, позволяющая до некоторой степени контролировать и предсказывать природные и техногенные катастрофы, такие как землетрясения и цунами. На разработках «Кометы» основана и новейшая медицинская аппаратура для кардио- и иридодиагностики.

Академик же Савин в свободное от задач космического масштаба время с удовольствием рисует, несмотря на почтенный возраст, по-прежнему увлекается спортом и радуется талантливым дочкам и внучкам. ■



У каждого третьего пользователя электронной почты четыре из пяти принимаемых писем оказываются спамом. Поэтому разработчики компьютерных систем решили объединить усилия по борьбе с нежелательной корреспонденцией.

Джошуа Гудман, Дэвид Хекерман, Роберт Раунтвейт

Все на борьбу со спамом!

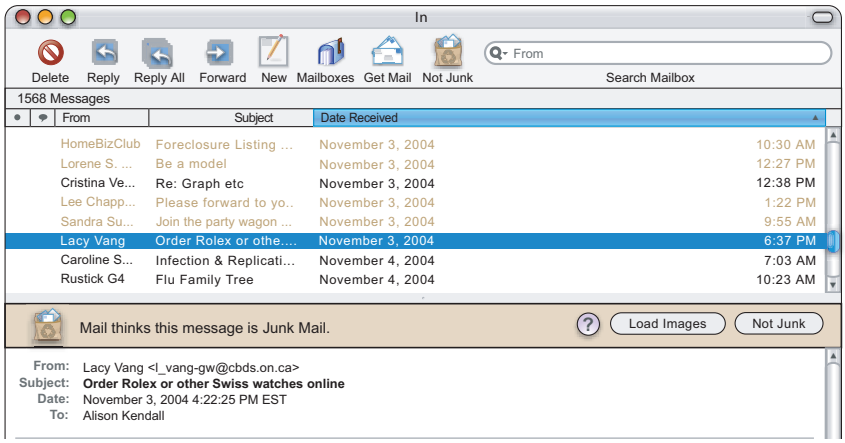
В 1978 г. 400 пользователей сети *Arpanet* получили первое спамовое сообщение с рекламой компьютера *DECsystem-20*, которое было разослано отделом маркетинга корпорации *DEC*. Сегодня нежелательная корреспонденция рекламного характера составляет более 2/3 от общего числа сообщений, передаваемых через Интернет. В почтовом ящике каждого третьего пользователя электронной почты около 80% писем оказываются спамом, который стал еще опаснее с появлением так называемого фишинга: мошенники рассылают письма от имени банков и крупных компаний и похищают номера кредитных карт и другую конфиденциальную информацию. Согласно исследованиям, проведенным компанией *Gartner Research* в 2004 г., ущерб от фишинговых атак составляет $1,2 млрд. в год.

Спам встречается не только в электронной почте. Например, в чатах специальные программы-роботы выдают себя за людей и заманивают простаков на сайты порнографического содержания. Так называемые ссылочные спамеры нарушают работу поисковых систем, добавляя гиперссылки, искажающие поисковый рейтинг веб-ресурсов.

Если так и дальше пойдет, то в один прекрасный день системы связи, поддерживающие Интернет, захлебнутся в потоках бесполезной информации. К счастью, не все так плохо. Сегодня разрабатываются и вводятся в эксплуатацию различные механизмы выявления и удаления несанкционированных сообщений. Методы, которые мы рассмотрим ниже, направлены на перехват нежелательной электронной почты, но могут быть использованы для борьбы с другими проявлениями спама. Ни одну из методик нельзя считать универсальной панацеей, однако эффект от совместного их применения достаточным количеством пользователей может превзойти все ожидания. Мы вправе надеяться, что когда-нибудь наши почтовые ящики будут полностью очищены от назойливой рекламы.

Коварные письма

Быстрый рост количества нежелательных сообщений объясняется исключительной дешевизной их распространения. По нашим оценкам, одно сообщение стоит около 0,01 цента. При таких демпинговых ценах спамер не останется внакладе, даже если прибыль с одной ▸



Антиспамовая программа оценивает элементы сообщения, опираясь на опыт предыдущих случаев, когда пользователь определял характер писем.

продажи составляет всего $11, а коэффициент отклика на рекламу не превышает 1/100 000. Таким образом, получатели спама страдают по вине тех, кто покупает рекламируемые товары.

Самое неприятное, что каждый раз, когда программисты находят очередное противоядие, спамеры изобретают обходной путь. В результате стремительной «гонки вооружений» обе противоборствующие стороны невероятно усовершенствовали и усложнили свой арсенал.

Особую сложность представляет правовая идентификация спама. В большинстве законов под ним подразумевается самовольная отсылка коммерческого сообщения без установления предварительных деловых отношений. Такое описание достаточно размыто. Допустим, вы получили предложение о съемке фильма по мотивам опубликованной вами в Интернете истории. Все признаки совпадают с юридическим определением: самовольное, коммерческое, от неизвестного отправителя, но вряд ли кто-то назовет это нежелательной корреспонденцией. Можно уточнить формулировку и добавить фразу о том, что спам рассылается массово. Однако недавно мы подготовили документы для технической конференции по проблемам несанкционированных почтовых рассылок и отправили их 50 коллегам, с которыми не были лично знакомы. Никто из них не жаловался. Возможно, самым точным признаком спама является неопределенность целевой аудитории и его ненужность адресатам. Абсолютно точно описать спам крайне сложно, однако, как и порнографию, мы без труда выделяем его среди других электронных писем.

Как бороться с потоком нежелательных почтовых сообщений?

Изменчивые сообщения

Мы занялись проблемой спама в 1997 г., когда Хекерман предположил, что для эффективной борьбы с нежелательной корреспонденцией нужно разработать обучающуюся программу. С тех пор мы с коллегами разработали несколько программных средств и законопроектов для предотвращения спама.

Для начала рассмотрим так называемую технику сравнения отпечатков. Прежде всего необходимо найти экземпляры спамовых сообщений и занести их характерные отпечатки в программу. Отпечаток – это номер, присвоенный письму исходя из его содержания. Таким образом, похожие сообщения получают одинаковые номера. Например, можно взять количество букв «A», прибавить количество букв «B», умноженное на 10, затем количество букв «C», умноженное на 100, и т.д. Когда придет новое письмо, программа рассчитает его отпечаток, и если он совпадет с любым из имеющихся в базе, удалит сообщение или отправит в архив.

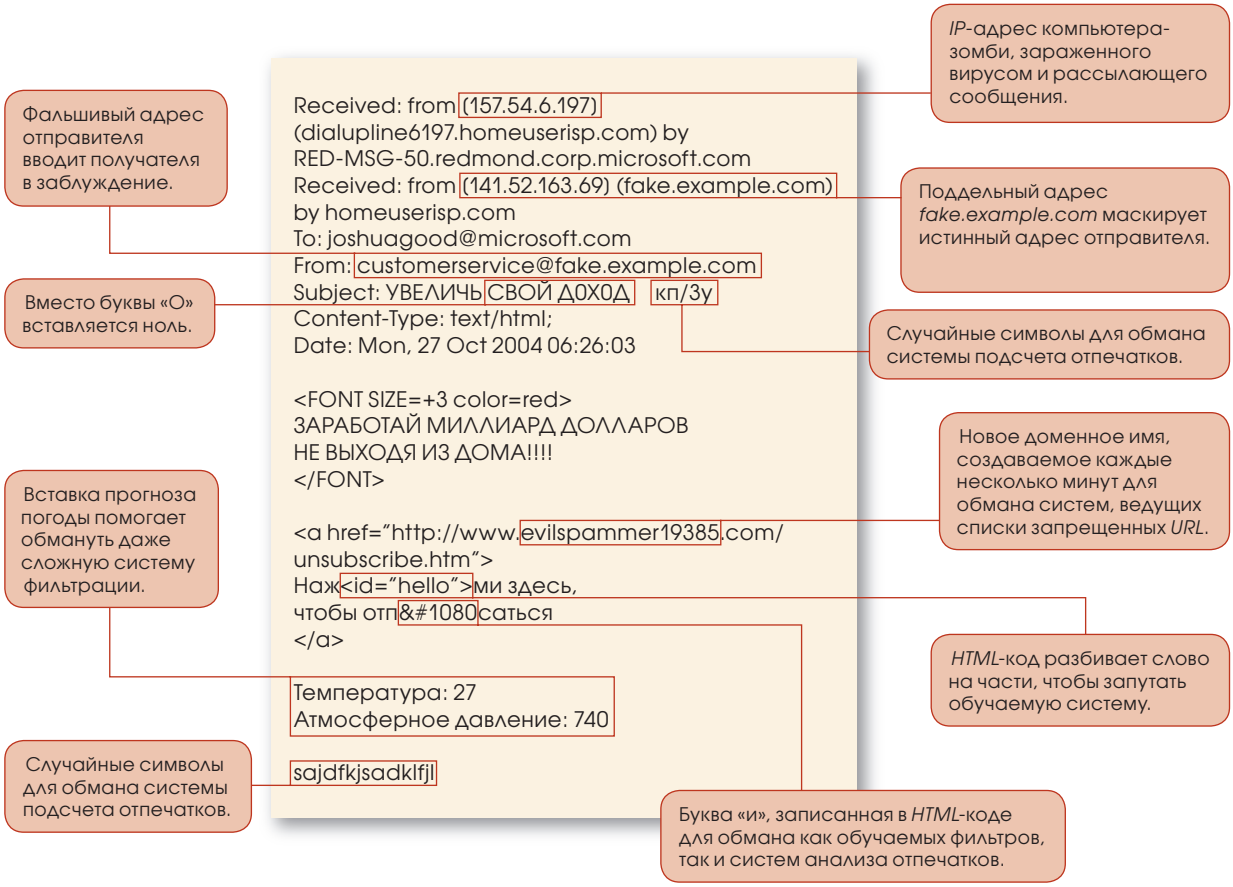
К сожалению, спамеры быстро придумали способ защиты против столь прямолинейных методов борьбы и стали помещать в свои сообщения случайные символы *(см. врезку на стр. 23)*. Борцы со спамом ответили усложнением техники расчета отпечатков и научились выявлять бессмысленные наборы символов. Тогда спамеры начали добавлять более информативные

ОБЗОР: ЗАЩИТА ПОЧТОВОГО ЯЩИКА

- Растущий поток нежелательной почты – спама – угрожает целостности Интернета. Поэтому программисты всего мира самоотверженно борются с массовыми рекламными рассылками.
- Современные средства борьбы со спамом, в том числе обучающиеся фильтры, системы опознавания отправителей почты и строгие законодательные меры, могут оказаться весьма эффективными, если будут применяться повсеместно.

JEAN-FRANCOIS PODEVIN (preceding pages); ALISON KENDALL (this page)

Спамеры используют различные методы для обмана фильтров. Простейшая антиспамовая технология подсчета отпечатков заключается в анализе известных сообщений и удалении похожих на них писем. Для борьбы с такими фильтрами спамеры добавляют в свои сообщения случайные символы или, например, прогнозы погоды. Кроме того, практикуется изменение написания слов: скажем, в слове «доход» вместо буквы «О» вставляется ноль. Некоторые фильтры анализируют имеющиеся в сообщениях ссылки, однако спамеры постоянно регистрируют новые веб-адреса.



вставки, например, прогнозы погоды *(см. врезку вверху)*. Короче говоря, создание систем, основанных на вычислении отпечатков, превратилось в кошмар.

Умные алгоритмы

Мы решили не связываться с подсчетом отпечатков и занялись разработкой обучаемых систем. Они постепенно учатся выбирать из потока корреспонденции письма со спамом, и их не так-то легко обмануть простым добавлением случайной информации.

Для начала мы попробовали простейший и наиболее распространенный метод обучения систем. Простой алгоритм Байеса (*Naive Bayes Algorithm*) состоит в определении вероятности появления слов в сообщении. Например, слова «нажми», «здесь» и «отписаться» в спамовых сообщениях появляются с вероятностью 0,9, а в обычных – с вероятностью 0,2. Перемножив вероятности появления всех слов сообщения и применив статистическое правило Байеса, можно оценить вероятность того, что данное письмо является спамом.

Описанный алгоритм быстро учится правильно отличать полезные сообщения от спама и хорошо противостоит простым спамерским уловкам. Впрочем, нам прекрасно известны и его недостатки. Предположение о том, что слова в сообщении независимы, в большинстве случаев не верно (например, слова «нажми» и «здесь» часто появляются вместе), поэтому результаты часто искажаются.

Приняв во внимание эти трудности, мы сосредоточили наши исследования на дифференциальных линейных моделях. В них используется весовая оценка признаков, в число которых входят слова и свойства письма, например, количество адресатов, которым оно отослано.

ALISON KENDALL

ПОЛЬЗОВАТЕЛИ ОБУЧАЮТ ФИЛЬТРЫ

Первые фильтры спама, произведенные компанией *Microsoft*, использовали для обучения данные от 20 пользователей. По мере усложнения спамовых писем возникла необходимость в увеличении источников данных. В настоящее время 100 тыс. добровольцев из числа пользователей *Hotmail* помогают выделять спамовые сообщения. Когда спамеры находят очередной способ обойти фильтр, система быстро учится опознавать нежелательные сообщения нового типа.



Такие алгоритмы способны в некотором смысле изучать взаимосвязь различных слов. Предположим, что сообщение, в котором есть слова «нажми», «здесь» и «отписаться», обрабатывается по простому алгоритму Байеса. Программа может счесть это достаточным основанием, чтобы удалить письмо как спам. При таком подходе довольно часто будут уничтожаться полезные сообщения. Дифференциальная линейная модель примет во внимание, что в нежелательных письмах названные слова обычно находятся рядом, и назначит им меньший вес. Со временем система поймет, что слово «здесь» вообще встречается довольно часто, и перестанет учитывать его. В результате обучения программа усвоит, что некоторые слова нейтрализуют друг друга. Хотя слово «влажная» чаще встречается именно в спаме, находящееся рядом слово «погода» снизит его вес.

Преимущество систем, основанных на простом алгоритме Байеса, в том, что их легко обучать. Определение веса в случае дифференциальных моделей намного сложнее: программист должен перепробовать множество комбинаций слов и признаков, чтобы определить оптимальный набор, характеризующий спамовое сообщение. К счастью, исследователи достигли значительного прогресса в данной области. Такие методы, как алгоритм последовательной минимальной оптимизации (*Sequential Minimal Optimization*), разработанный Джоном Платтом (John C. Platt) из компании *Microsoft*, а также алгоритм последовательного обобщенного условного масштабирования (*Sequential Conditional Generalized Iterative Scaling – SCGIS*), предложенный Гудманом, работают в десятки и даже сотни раз быстрее своих предшественников. Когда для обучения системы приходится обрабатывать миллионы сообщений и рассчитывать сотни тысяч весовых коэффициентов, скорость алгоритма становится важнейшим параметром.

Шило в мешке

Обычные алгоритмы, анализирующие текст писем, неадекватно оценивают письма с сознательно искаженными словами. Например, в слове «доход» спамеры могут написать ноль вместо буквы «О» или при помощи языка гипертекстовой разметки *HTML* разбить слово на несколько частей («наж» и «ми» вместо «нажми»). Поскольку слова-предатели как бы исчезают из сообщения, фильтр может пропустить его *(см. врезку на стр. 23)*. Впрочем, обучаемые системы способны адаптироваться даже к таким уловкам.

Мы наивно полагали, что никто не станет отвечать на явный спам, проскочивший сквозь фильтр, но жестоко ошиблись: покупатели запрещенной продукции вовсе не ждут от продавцов использования легальных рекламных технологий. Поэтому нам пришлось настроить обучаемую систему на работу с так называемыми *N*-граммами и для определения ключевых слов, ха-

ОБ АВТОРАХ:

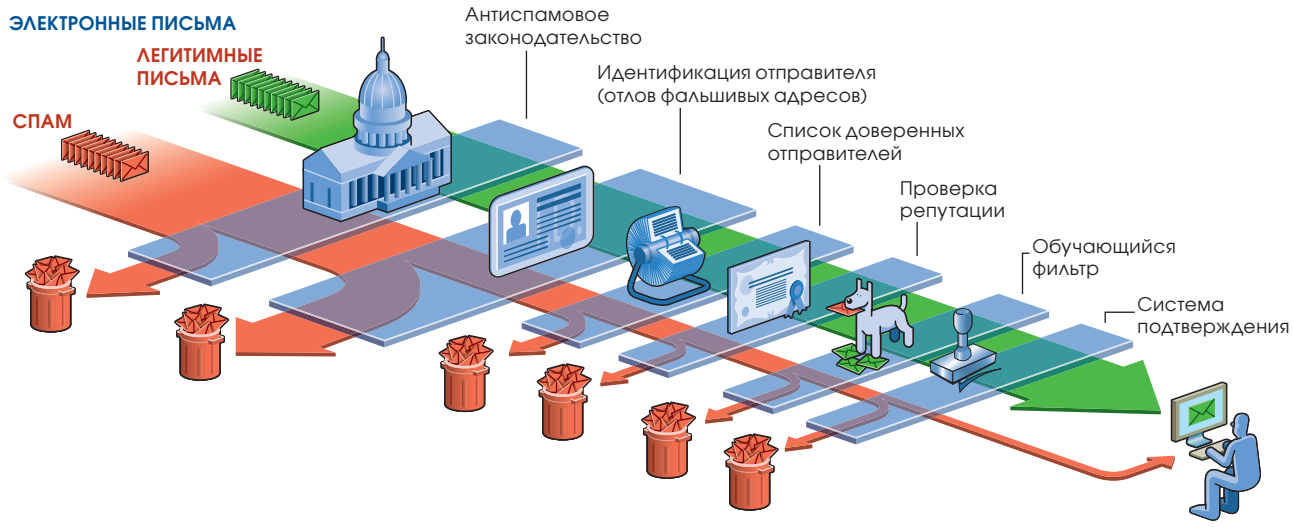
Джошуа Гудман (Joshua Goodman), **Дэвид Хекерман** (David Heckerman) и **Роберт Раунтвейт** (Robert Rounthwaite) давно работают над проблемой спама. Хекерман и Раунтвейт создали первый обучаемый антиспамовый фильтр в 1997 г. Гудман и Раунтвейт основали в *Microsoft* группу, которая занимается внедрением антиспамовых технологий в *Exchange, Outlook, MSN* и *Hotmail*.

SAMUEL VELASCO

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕРЫ БОРЬБЫ СО СПАМОМ

Для уничтожения спама требуется многоуровневая защита, сочетающая запрещающие его законы, технологии выявления мнимых адресов, умные фильтры и системы подтверждения подлинности отправителей.

Первая линия обороны – государственное законодательство. Акт *CAN-SPAM* запрещает использование некоторых нечестных приемов, но у спамеров остается много свободы. Поскольку около половины спама приходит с фальшивыми адресами, новый стандарт *Sender ID Framework* подразумевает хранение на серверах доменных имен (*DNS*) дополнительной информации, содержащей *IP*-адреса компьютеров, которым разрешено отправлять почту с данного домена. Сначала почтовый клиент сверяется с «белым списком» доверенных отправителей. Письма с содержащимися в нем адресами доставляются без фильтрации. Остальные проходят проверку репутации отправителя по списку пользователей, принявших жесткие правила борьбы со спамом. Если обратного адреса нет ни в одном из списков, сообщение обрабатывается обучаемым фильтром. Если есть хоть малейшее подозрение на спам, отправителю предлагается либо сделать гарантийный взнос, либо решить задачу, с которой может справиться только человек.



рактеризующих спам, использовать группы последовательностей символов. Если сообщение содержит фразу «обн@женные д@мы», то из него будут извлечены *N*-граммы «<пробел>обн@», «н@жен», «@женн» и т.д. Поскольку данные фрагменты появляются в подтвержденных спамовых сообщениях, их наличие служит верным признаком нежелательной почты.

N-граммные методики оказались весьма эффективными при анализе писем на семантически других языках. Например, японцы и китайцы не пользуются пробелами, и найти границу слова совсем не просто. Поэтому системе, оперирующей *N*-граммами, приходится проверять все возможные слова и их фрагменты.

Веселые картинки

Иногда спамеры прячут рекламу в рисунках, содержание которых с помощью обычного обучаемого алгоритма проанализировать нельзя (остается только отфильтровать письмо по другим признакам, например, по имеющимся гиперссылкам или сведениям об отправителе). Наиболее перспективный подход подразумевает распознавание изображения (как при обработке отсканированного текста) и передачу результатов обучаемому фильтру.

Одно из наиболее неприятных свойств спама – периодическое появление в почтовых ящиках писем с порнографическими изображениями. Сегодня программы распознавания таких материалов широко применяются для ограничения доступа детей к веб-ресурсам сомнительного содержания и борьбы с размещением откровенных картинок на серверах бесплатного хостинга. И все же анализ изображений занимает слишком много времени, а его качество зачастую оставляет желать лучшего: обычные фотографии, на которых запечатлены большие участки кожи, нередко отфильтровываются как спам *(см. рис. на стр. 26)*.

Мы также исследуем анализ унифицированных указателей информационных ресурсов (*uniform resource locator – URL*), т.е. ссылок на веб-страницы, которые содержатся в 98% нежелательных сообщений. Большинство спамеров стремятся всеми силами заставить пользователя перейти по указанной ссылке, поэтому анализ ее адреса помогает фильтровать спам.

Ссылочную информацию можно использовать по-разному. В некоторых фильтрах используются списки адресов, связанных со спамом. Указание в адресе ссылки на неизвестный домен тоже вызывает подозрение: спамеры постоянно генерируют новые доменные имена, тогда как легитимные сайты

SAMUEL VELASCO





Автоматические системы распознавания изображений сексуального характера порой делают ошибки, запрещая изображения, показанные слева.

существуют продолжительное время. С другой стороны, отсутствие ссылок или указание в них адресов надежных ресурсов может свидетельствовать о легальности письма.

С кем имею честь?

Хотя методы фильтрации хорошо зарекомендовали себя, спамеры всегда будут пытаться обойти их. Поэтому вместо того, чтобы стараться выиграть бесконечное соревнование, лучше поменять правила игры. Для этого можно использовать системы подтверждения, которые будут требовать от спамеров больше, чем они могут дать. Первое спамовое письмо было разослано по 400 адресам, набранным вручную. Сегодня спам рассылается автоматически. Если отправитель сможет доказать, что он не робот, значит, скорее всего, он не спамер. Мони Наор (Moni Naor) из Израильского НИИ им. Вейцмана предложил различные способы интерактивного подтверждения человека (*HIP – human interactive proofs*) и несколько полностью автоматических открытых тестов Тьюринга, позволяющих отличать компьютеры от людей (*CAPTCHA – completely automated public Turing test to tell computers and humans apart*)[1]. Речь идет о задачах, которые слишком сложны для вычислительных машин, но без труда решаются любым человеком. Например, люди, в отличие от компьютеров, легко распознают искаженные алфавитно-цифровые символы.

HIP входит в состав системы опознавания, определяющей, что отправитель – человек. Если адрес отправителя содержится в «белом списке» получателя, письмо доставляется сразу, если нет, то отправителю направляется запрос с предложением распознать *HIP*. После получения правильного ответа письмо попадает в ящик получателя.

Такая система может быть очень надоедливой. Мало кто согласится разгадывать *HIP*. Автоматическая система подтверждения, предложенная Наором и его коллегой Синтией Дворк (Cynthia Dwork), предлагает компьютеру отправителя перед отправкой письма решить вычислительную задачу. Идея в том, чтобы заставить спамера затрачивать на отсылку сообщения больше времени, чем он может себе позволить. Используемые вычислительные задачи чем-то похожи на составные картинки-головоломки: сложно решить, но просто проверить. Чтобы быстро справляться с такими проверками, спамерам придется покупать множество компьютеров, что сделает массовую рассылку невыгодной.

В другой системе подтверждения используются деньги. Отправители прикрепляют к своим сообщениям электронный чек на небольшую сумму, предположим, один цент. Если сообщение легитимно, пользователь игнорирует чек, но если это спам, стандартный механизм компенсации позволяет получателю обналичить его (или передать на благотворительность). Система запрещает отсылку писем при нулевом балансе на счету абонента. Для обычных пользователей электронная почта остается бесплатной, но для спамеров цена сообщения вырастает примерно в сто раз, и рассылка становится им не по карману. Клиентам интернет-провайдеров и покупателям почтового ПО предоставляется виртуальный счет с небольшой суммой, так что им отправка писем ничего не стоит.

С виду концепция проста, но ее практическая реализация сопряжена с некоторыми сложностями. Системы электронных переводов требуют определенного управления и поэтому стоят денег. С проведением микроплатежей связаны многие вопросы. Откуда будут браться деньги для платежей? Кто будет осуществлять транзакции и получать прибыль? Как система будет противостоять мошенничеству? Ответов пока нет.

Комплексная атака

Наилучшая стратегия борьбы со спамом – сочетание фильтрации с механизмами подтверждения: *HIP*, вычислительными задачами и микроплатежами. В таком случае,

[1] Такие тесты также называют обратными тестами Тьюринга.

JOSHUA GOODMAN (left); DAN GURAVICH Corbis (right)

если адрес отправителя не содержится в разрешенном списке, оно направляется на обучаемый спамовый фильтр для максимально агрессивного поведения системы. Если сообщение вызывает малейшее подозрение, начинается проверка отправителя. Таким образом, легитимность большинства обычных писем от одного пользователя другому проверяться не будет, так что нагрузка в общем будет невелика. Затем отправителю предлагается либо решить *HIP* или вычислительную задачу, либо совершить микроплатеж. Если на компьютере пользователя установлено новейшее ПО, оно решит вычислительную задачу в автоматическом режиме, и последний даже не догадается об этом. В противном случае отправитель решит *HIP* либо предпочтет микроплатеж.

Примерно 2/3 всех адресов электронной почты оказываются ложными. Протоколы электронной почты, применяемые сегодня, основываются на доверии: отправитель просто называет себя, и адресат ему доверяет. Данный подход работал в начале эры Интернета, когда спам еще не был так распространен и письма не использовались для бизнес-приложений.

Как известно, замена стандартов Интернета чрезвычайно сложна, и особенно для протоколов электронных писем. Для решения проблемы ложных адресов предложен новый стандарт *Sender ID Framework*: на сервер доменных имен (*DNS*) добавляется дополнительная информация в виде списка *IP*-адресов, с которых возможна отсылка писем. *IP*-адрес любого компьютера представляет собой набор цифр, например, «195.34.32.10». Новый набор *DNS*-записей для каждого домена, например, *example.com*, определяет, с каких *IP*-адресов разрешается отправлять письма. Если спамер хочет притвориться *example.com*, его *IP*-адрес не совпадет с адресом в списке, и почтовая программа сделает вывод, что письмо поддельно.

Хотя идентификация отправителя необходима для предотвращения мошенничества, например, фишинга, она не решает всех проблем. Ничто не мешает спамерам делать новые записи каждый день или даже каждые несколько минут. В этом случае важными оказываются службы репутации – в них пользователь может сертифицировать свою легитимность.

В случае с программой *IronPort's Bonded Sender* отправители имеют на депозитном счету деньги в качестве гарантии. Если количество жалоб на пользователя превышает определенный порог, деньги дотируются на благотворительность. Спамовые фильтры могут проверять списки программы и пропускать письма без фильтрации, даже если они кажутся подозрительными. Такие программы работают и для тех, кто отсылает всего несколько сообщений. Провайдеры интернет-услуг (*ISP*), например, *MSN* или *AOL*, могут вступить в данную систему для получения доступа к сертификатам и мониторинга статистики своих пользователей, определяя спамеров.

Если большинство легитимных пользователей примут такую систему, спамовые фильтры могу быть более агрессивными к остальным сообщениям, останавливая поток ненужной почты. Работу служб репутации можно подстраховать подтверждением по ответу, чтобы у тех, кто не может работать с ними, был альтернативный способ проверки.

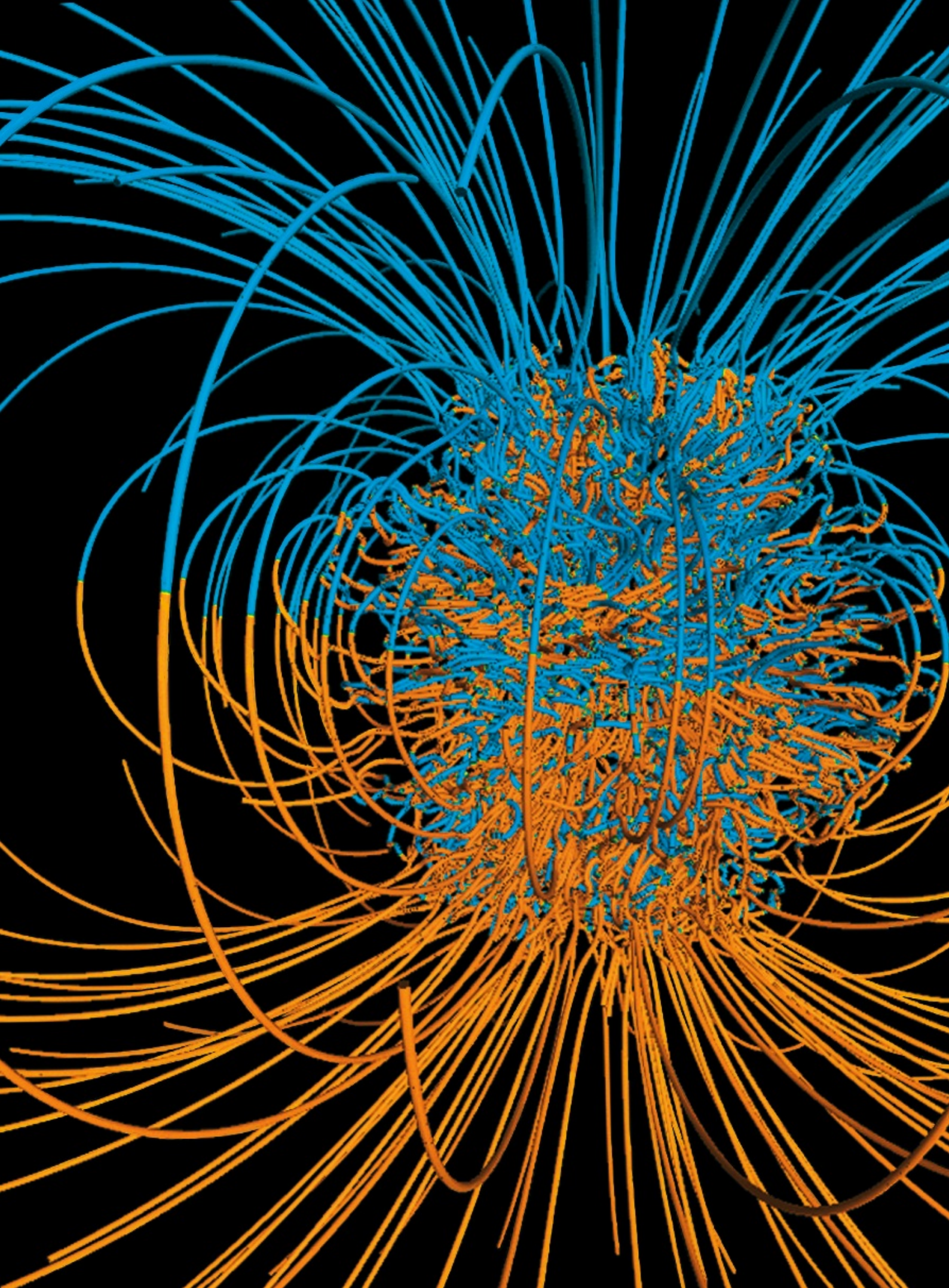
Немаловажную роль в борьбе со спамом могут сыграть законодательные меры. В США акт *CAN-SPAM* вступил в силу в январе 2004 г. Он не ставит спам вне закона, но запрещает, например, подделку поля «От:». К сожалению, эффект от введения *CAN-SPAM* пока очень мал. Количество спама с обманным полем «От:» выросло с момента его введения с 41% до 67%. Европейские страны, наоборот, приняли более строгие законы, запрещающие людям отправлять письма коммерческого содержания без разрешения адресата. Анекдотично, но данные законы оказались эффективны в первую очередь против рекламных рассылок больших корпораций.

Ясно, что законы одной страны не в силах бороться со спамом. Только около половины нежелательной почты приходит из США, отправители остальной находятся за границей. Только одно из трех наименований товаров или услуг, проданных с помощью спама (такие, как страховки или закладные), требует присутствия компании в США. Другие, включая порнографию, растительные добавки и аферы на доверии, могут приходить из-за рубежа либо уже работают нелегально.

Будущее без спама

Компьютерная промышленность, свободные разработчики и научное сообщество продолжают искать способы борьбы со спамом. Недавно мы помогли организовать первую конференцию на тему борьбы со спамом, которая привлекла внимание разработчиков всего мира. Инженеры из *IBM* показали, как использовать технологии их биоинформатики, изначально созданные для нахождения генов по шаблону, для фильтрации спама. Исследователи из *AOL* продемонстрировали, что эффективность систем, работающих по отпечаткам, возрастает при добавлении нескольких словарей. Ученые из Калифорнийского университета объяснили, почему добавление нескольких одинаковых слов позволяет обойти антиспамовые фильтры и как их обучаемость помогает противостоять этому.

Мы сомневаемся, что системы борьбы со спамом когда-нибудь полностью остановят его. Всегда найдутся люди, готовые любой ценой доставить свои сообщения в наши почтовые ящики. Но все же поток нежелательной корреспонденции можно превратить в тоненькую струйку. ■



Гэри Глацмайер, Питер Олсон

ИЗУЧЕНИЕ геодинамо

Ученые давно задавались вопросом, почему магнитные полюса Земли время от времени меняются местами. Последние исследования вихревых перемещений расплавленных масс внутри Земли позволяют понять, как происходит переполяризация.

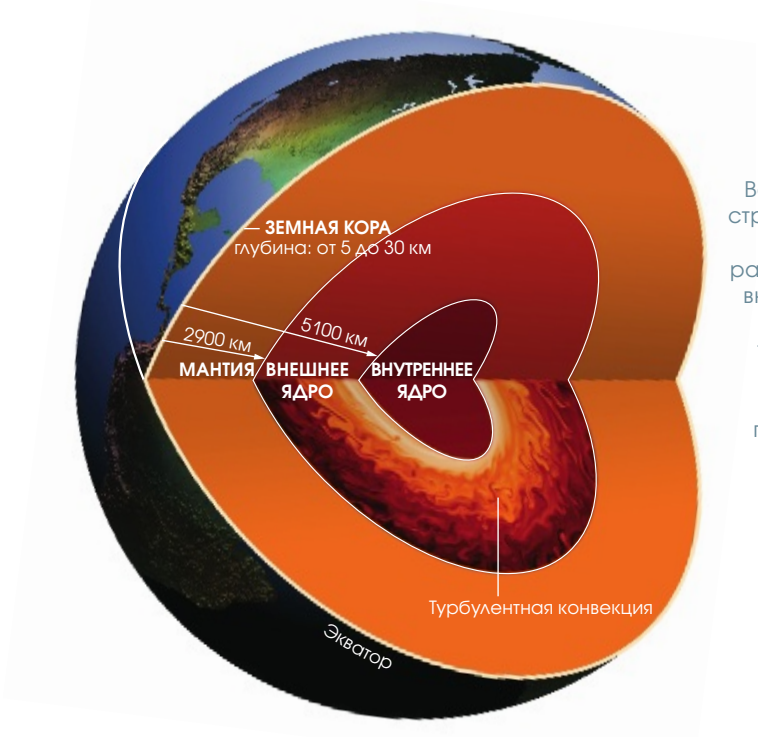
Большинство людей обычно не задумываются, почему стрелка компаса показывает на север или юг. Но магнитные полюса планеты не всегда располагались так, как сегодня.

Исследования минералов показывают, что магнитное поле Земли за 4–5 млрд. лет существования планеты меняло свою ориентацию с севера на юг и обратно сотни раз. Однако в течение последних 780 тыс. лет ничего подобного не происходило, несмотря на то, что средний период смены магнитных полюсов – 250 тыс. лет. Кроме того, геомагнитное поле ослабло почти на 10% с тех пор, как оно впервые было измерено в 30-х гг. XIX в. (т.е. почти в 20 раз быстрее, чем если бы, лишившись источника энергии, оно снизило свою силу естественным путем). Грядет ли следующая смена полюсов?

Источник колебаний магнитного поля спрятан в центре Земли. Наша планета, подобно другим телам Солнечной системы, создает свое магнитное поле с помощью внутреннего генератора, принцип работы которого такой же, как и обычного электрического, преобразующего кинетическую энергию своих движущихся частиц в электромагнитное поле. В электрогенераторе движение происходит в витках катушки, а внутри планеты или звезды – в проводящей жидкой субстанции. Огромная масса расплавленного железа объемом в 5 раз больше Луны циркулирует в сердцевине Земли, образуя так называемое геодинамо.

За последние десять лет ученые разработали новые подходы к исследованию работы геодинамо и его магнитных свойств. Спутники передают четкие моментальные фотоснимки геомагнитного поля на поверхности Земли, а современные методы компьютерного моделирования и созданные в лабораториях физические модели помогают интерпретировать данные орбитальных наблюдений. Проведенные эксперименты натолкнули ученых на новое объяснение того, как происходила переполяризация в прошлом и как она может начаться в будущем.

Магнитные силовые линии, созданные на компьютерной модели геодинамо, показывают, насколько структура магнитного поля Земли проще за ее пределами, чем внутри ядра (*спутанные трубочки в центре*). На поверхности Земли большая часть линий магнитного поля выходит изнутри (*длинные желтые трубочки*) у Южного полюса и входит внутрь (*длинные голубые трубочки*) около Северного.



Во внутреннем строении Земли выделяется расплавленное внешнее ядро, где сложная турбулентная конвекция генерирует геомагнитное поле.

Энергия геодинамо

Прежде чем приступить к исследованию переполяризации, важно рассмотреть, что же приводит в действие геодинамо. К 40-м гг. прошлого столетия физики признавали три необходимых условия образования магнитного поля планеты, и последующие научные построения исходили из данных положений. Первое условие – большой объем электропроводящей жидкой массы, насыщенной железом, образующей внешнее ядро Земли. Под ним расположено внутреннее ядро Земли, состоящее почти из чистого железа, а над ним – 2900 км твердых пород плотной мантии и тонкой земной коры, образующей континенты и ложе океана. Давление на ядро, создаваемое земной корой и мантией, в 2 млн. раз выше, чем на поверхности Земли. Температура ядра также крайне высока – около 5000° по Цельсию, как и температура поверхности Солнца.

Вышеописанные параметры экстремальной среды предопределяют второе требование к работе геодинамо: необходимость источника энергии для приведения в движение жидкой массы. Внутренняя энергия отчасти термального, отчасти химического происхождения создает внутри ядра условия выталкивания. Ядро больше разогревается внизу, чем наверху. (Высокие температуры «замурованы» внутри него со времен образования Земли.) Это означает, что более разогретая, менее плотная металлическая составляющая ядра стремится вверх. Когда жидкая масса достигает верхних слоев, она теряет часть своего тепла, отдавая его вышележащей мантии. Затем жидкое железо остывает, становясь плотнее, чем окружающая масса, и опускается. Процесс перемещения тепла путем поднятия и опускания жидкой массы получил название тепловой конвекции.

В 60-х гг. XX в. Станислав Брагинский (Stanislav Braginsky) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе предположил, что тепло, выделяемое из верхних слоев жидкой массы, также вызывает расширение внутреннего кристаллического ядра и снабжает конвекцию двумя дополнительными источниками подъемной силы. Затвердение жидкой массы вокруг кристаллического ядра сопровождается выделением скрытого тепла, которое усиливает выталкивание. Кроме того, менее плотные химические соединения, так же как сульфид и окись железа, устремляются из внутреннего ядра наверх, провоцируя конвекцию.

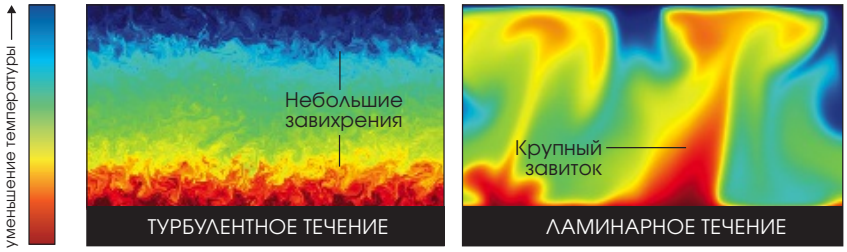
Третье необходимое условие поддержания магнитного поля – вращение Земли. Возникающая при этом сила Кориолиса отклоняет движение поднимающейся жидкой массы внутри Земли так же, как она поворачивает океанические течения и тропические циклоны, вихри перемещения которых видны на космических снимках. В центре Земли сила Кориолиса закручивает поднимающуюся жидкую массу в штопор или спираль, подобно оторвавшейся пружине.

Земля обладает насыщенной железом жидкой массой, сосредоточен-

ОБЗОР: ТУРБУЛЕНТНОЕ ТЕЧЕНИЕ

- Исследователи геологического прошлого нашей планеты свидетельствуют, что магнитное поле Земли время от времени меняло полярность.
- Благодаря современным компьютерным моделям движения жидкой массы ядра было воспроизведено магнитное поле. Но ввиду того, что движение жидкости на этих моделях существенно проще, чем турбулентные течения, существующие внутри Земли, пока остается неясным, насколько полученные результаты соответствуют действительности.
- Трехмерные модели, способные отразить турбулентные течения, карты магнитного поля, сделанные со спутников, и лабораторные опыты в области конвекции позволят приблизить разгадку работы геодинамо.

GARY A. GLATZMAIER (*preceding pages*); JEN CHRISTIANSEN (*cutaway*); GARY A. GLATZMAIER (*outer core overlay*)



Поток внутри расплавленного внешнего ядра Земли по своей сложной структуре напоминает турбулентную конвекцию, создаваемую на двухмерных компьютерных моделях (*слева*). На трехмерных моделях геодинамо наблюдаются более крупные завитки, присущие ламинарному течению (*справа*). До сих пор невозможно вычислить трехмерный турбулентный поток, создаваемый внутри ядра.

ной в ее центре, энергией, достаточной для поддержания конвекции, и силой Кориолиса, закручивающей конвекционные потоки. Данный фактор крайне важен для поддержания работы геодинамо на протяжении миллионов лет. Но нужны новые знания, чтобы ответить на вопрос о том, как образуется магнитное поле и почему время от времени полюса меняются местами.

Карты магнитного поля

Теперь ученые получили возможность сравнить точные карты геомагнитного поля, полученные за последние двадцать лет. В 1980 г. измерения геомагнитного поля над земной поверхностью были сделаны со спутника *Magsat*, а с 1999 г. – с *Oersted* (*см. врезку на стр. 32*). Используя математические методы, исследователи экстраполировали данные спутников на поверхность ядра, исходя из положения, что электрические токи в мантии ничтожно малы. Магнитное поле, значительно интенсивнее и сложнее поля ядра, внутри которого и образуются магнитные колебания, было обнаружено на границе мантии и ядра. Возникающие в сердцевине электротоки препятствуют непосредственным измерениям его магнитного поля.

Важно, что большая часть геомагнитного поля образуется только в четырех обширных областях на границе ядра и мантии. Хотя геодинамо продуцирует очень сильное магнитное поле, только 1% его энергии распространяется за пределами ядра. Общая конфигурация магнитного поля, измеренного на поверхности, носит название диполя, который большую часть времени ориентирован по земной оси вращения. Как и в поле линейного магнита, основной геомагнитный поток направлен от центра Земли в Южном полушарии и к центру – в Северном. (Стрелка компаса указывает на северный географический полюс, поскольку рядом находится южный магнитный полюс диполя.) Космические наблюдения показали, что магнитный поток имеет неравномерное глобальное распределение, наибольшая напряженность прослеживается на Антарктическом побережье, под Северной Америкой и Сибирью.

Ульрих Кристенсен (Ulrich R. Christensen) из Научно-исследовательского института Солнечной системы Макса Планка в Катленбурге-Линдау, Германия, считает, что эти обширные участки земли существуют тысячи лет и поддерживаются постоянно развивающейся конвекцией внутри ядра. Могут ли аналогичные явления быть причиной смены полюсов? Историческая геология свидетельствует, что смены полюсов происходили в относительно короткие промежутки времени – от 4 тыс. до 10 тыс. лет. Если бы геодинамо прекратило свою работу, то диполь существовал бы еще 100 тыс. лет. Быстрая же смена полярности дает основание полагать, что некое неустойчивое положение нарушает первоначальную полярность и вызывает новую смену полюсов.

В отдельных случаях таинственная неустойчивость может объясняться некоторым хаотическим изменением структуры магнитного потока, которое лишь случайно приводит к переполяризации. Однако частота смены полярности, проявляющаяся все более устойчиво за последние 120 млн. лет, говорит о возможности внешнего регулирования (*см. иллюстрацию на стр. 35*). Одной из причин его может быть перепад температуры в нижнем слое мантии, и вследствие этого – изменение в характере излияний ядра.

Некоторые симптомы переполяризации были выявлены при анализе карт, которые были сделаны со спутников *Magsat* и *Oersted*. Готье Гюло (Gauthier Hulot) и его коллеги из Парижского геофизического института отметили, что длительные изменения геомагнитного поля возникают на границе ядра и мантии в тех местах, где направление геомагнитного потока обратно нормальному для данного полушария. Наибольший из так называемых участков обратного магнитного поля протянулся из южной оконечности Африки на запад к Южной Америке. На данном участке магнитный поток направлен внутрь, к ядру, в то время как большая часть его в Южном полушарии направлена из центра.

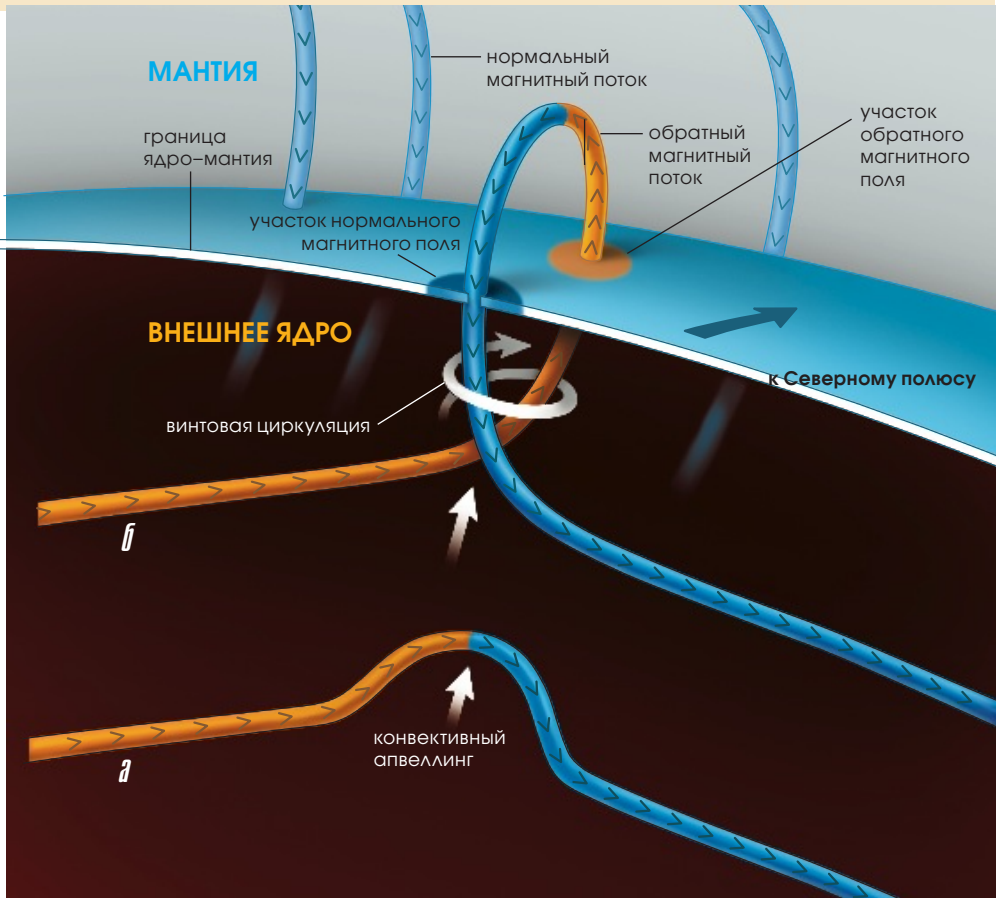
Образование участков обратного магнитного поля

Самое серьезное открытие, сделанное при сравнении последних измерений, полученных с *Oersted*, ▸

GARY A. GLATZMAIER

УЧАСТКИ ОБРАТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Районы, где магнитное поле направлено в противоположную для данного полушария сторону, возникают при случайном прорыве закрученных и петляющих линий магнитного поля за пределы ядра Земли. Участки обратного магнитного поля могут существенно ослабить магнитное поле на поверхности Земли, называемое диполем, и свидетельствовать о начале смены земных полюсов. Они появляются, когда поднимающаяся жидкая масса проталкивает горизонтальные магнитные линии вверх в расплавленном внешнем ядре. Такое конвективное излияние иногда закручивает и выдавливает магнитную линию (*а*). Одновременно силы вращения Земли вызывают винтовую циркуляцию расплава, которая может затянуть петлю на выдавленной магнитной линии (*б*). Когда выталкивающая сила достаточно велика, чтобы выбросить петлю из ядра, на границе ядро–мантия образуется пара участков магнитного потока.



и проведенных в 1980 г., заключалось в том, что новые участки обратного магнитного поля продолжают формироваться, например, на границе ядро–мантия под восточным побережьем Северной Америки и Арктикой. Более того, ранее выявленные участки выросли и немного сдвинулись в сторону полюсов. В конце 80-х гг. XX в. Дэвид Габбинс (David Gubbins) из Лидского университета в Англии, изучая старые карты геомагнитного поля, отметил, что распространение, рост и смещение в сторону полюсов участков обратного магнитного поля объясняет снижение силы диполя в историческом времени.

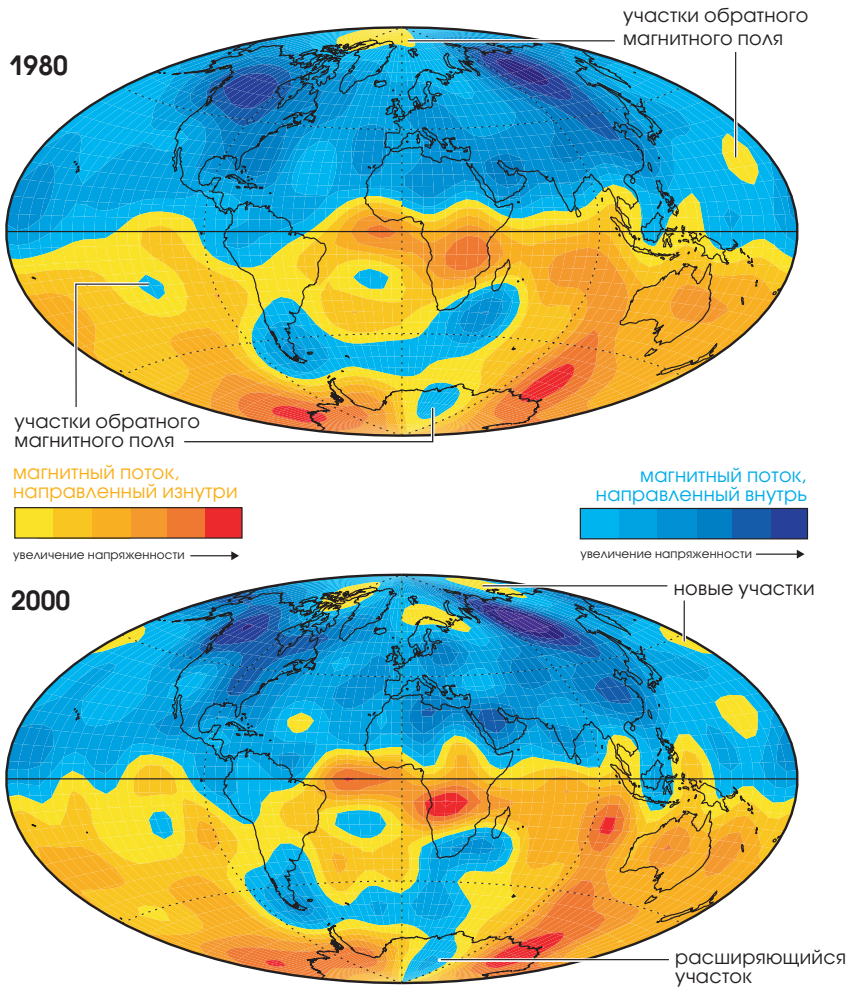
Согласно теоретическим положениям о силовых магнитных линиях, возникающие в жидкой среде ядра под действием силы Кориолиса малые и большие вихри закручивают силовые линии в узел. Каждый поворот собирает все больше силовых линий в ядре, усиливая таким образом энергию магнитного поля. Если процесс продолжается беспрепятственно, то магнитное поле усиливается бесконечно. Однако электрическое сопротивление рассеивает и выравнивает витки силовых линий настолько, чтобы остановить самопроизвольный рост магнитного поля и продолжить воспроизводство внутренней энергии.

Участки с интенсивным магнитным нормальным и обратным полем формируются на границе ядро–мантия, где малые и большие завихрения взаимодействуют с магнитными полями восточно-западного направления, описываемыми как тороидальные, которые проникают внутрь ядра. Турбулентные жидкостные перемещения могут закручивать линии тороидальных полей в петли, называемые полоидальными полями, имеющими ориентацию север-юг. Иногда закручивание происходит при поднятии текучей массы. Если такое излияние достаточно мощно, то вершина полоидальной петли выталкивается из ядра (*см. врезку слева*). В результате такого выталкивания образуются два участка, на которых петля пересекает границу ядро–мантия. На одном из них возникает направление магнитного потока, совпадающее с общим направлением поля диполя в данном полушарии; на другом же участке поток направлен противоположно.

Когда вращение относит участок обратного магнитного поля ближе к географическому полюсу, чем участок с нормальным потоком, наблюдается ослабление диполя, который наиболее уязвим вблизи своих полюсов. Таким образом можно объяснить обратное магнитное поле на юге Африки. При глобальном наступлении смены полюсов участки обратного магнитного поля могут разрастаться по всему региону вблизи географических полюсов.

JEN CHRISTIANSEN

Контурные карты магнитного поля Земли на границе ядро–мантия, составленные по измерениям, сделанным со спутника, показывают, что большая часть магнитного потока направлена от центра Земли в Южном полушарии и к центру в Северном. Но в некоторых районах складывается обратная картина. Участки обратного магнитного поля росли в числе и размерах между 1980 и 2000 г. Если они заполонят все пространство у обоих полюсов, то может произойти переполяризация.



PETER OLSON; SOURCE: GAUTHIER HULOT ET AL. IN *NATURE*, VOL. 416, PAGES 620–623, APRIL 11, 2002

Компьютерное моделирование

Чтобы узнать, как участки обратного магнитного поля могут предупреждать о наступлении следующей переполяризации, ученые смоделировали геодинамо на суперкомпьютерах и в лабораториях. В 1995 г. три группы ученых – Акиры Кагеямы (Akira Kageyama) из Токийского университета, Поля Робертса (Paul H.Roberts) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе вместе с одним из авторов этой статьи (Глацмайер) и Криса Джонса (Chris Jones) из Эксетерского университета в Англии – независимо разработали цифровые модели магнитных полей, схожих с существующими на поверхности Земли. На моделях был воспроизведен процесс, показывающий, как на границе ядро–мантия в течение сотни тысяч лет конвекция может создавать участки обратного магнитного поля, которые появляются перед спонтанной сменой полюсов диполя, которую также можно смоделировать.

Моделирование переполяризации дает ученым первое представление о том, как могут возникать и развиваться такие переключения (*см. врезку на стр. 34*). На одной из трехмерных моделей, которая должна была выполняться по 12 часов в день более года, чтобы воспроизвести 300 тыс. лет, начало смены полюсов выразилось как падение напряженности поля диполя. Затем стали появляться участки обратного магнитного поля, похожие на те, что образуются сегодня на границе ядра и мантии. Но вместо того, чтобы погасить магнитное поле совсем, эти участки в переходный период создали слабое поле с разнородной полярностью.

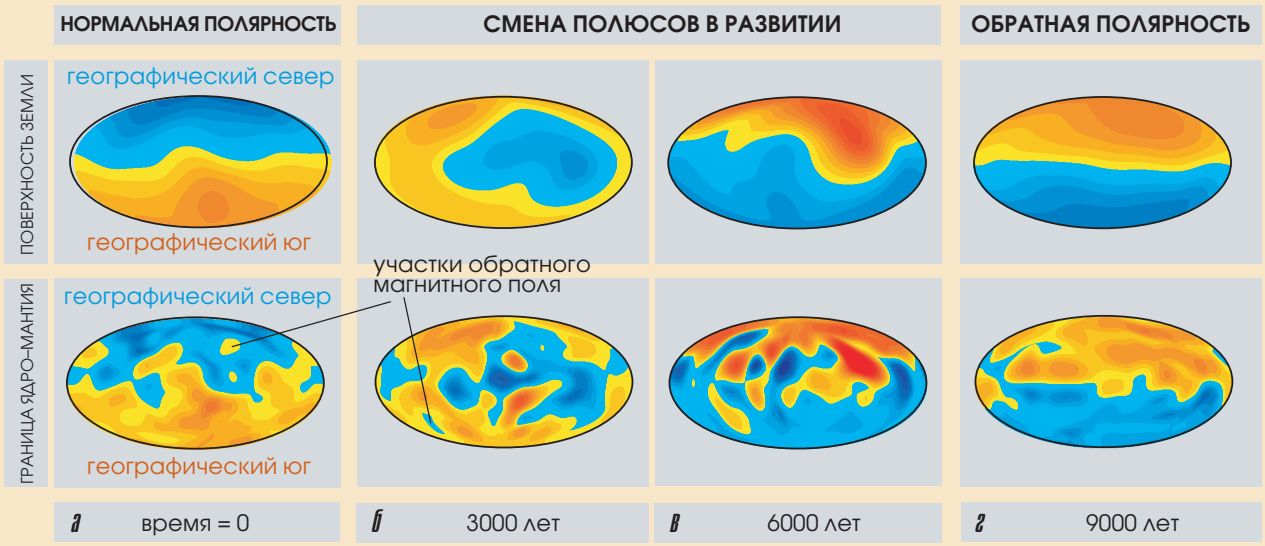
При моделировании смена полюсов диполя на поверхности Земли наблюдалась в то время, когда на границе ядро–мантия участки обратного магнитного поля начинали превалировать над участками с первоначальной полярностью. В целом исчезновение прежней полярности и возникновение новой внутри ядра заняло 9 тыс. лет.

ОБ АВТОРАХ:

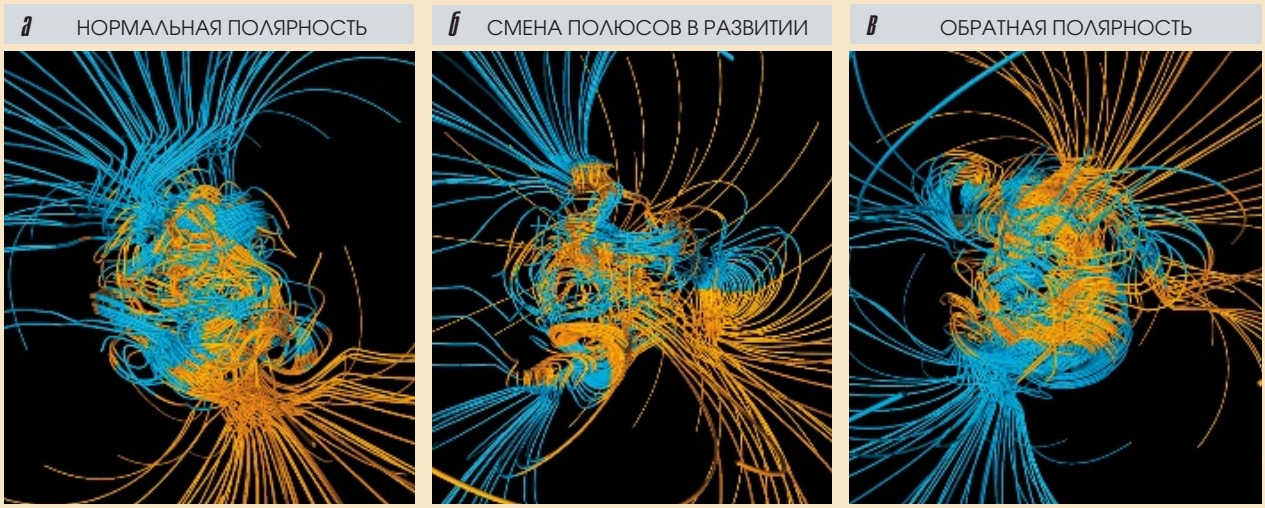
Гэри Глацмайер (Gary A. Glatzmaier), **Питер Олсон** (Peter Olson) разрабатывают компьютерные модели для изучения структуры планет и звезд. В середине 90-х гг. XX в. в Лос-Аламосской национальной научной лаборатории Глацмайер вместе с Полем Робертсом из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе создали первую модель геодинамо, которая воспроизвела произвольную переполяризацию магнитного диполя. Глацмайер – профессор факультета наук о Земле в Калифорнийском университете в Санта-Крус. Олсон специализируется в вопросах взаимодействия ядра Земли и мантии, сотрудник факультета наук о Земле и планетах в Университете Джонса Гопкинса.

МОДЕЛИ СМЕНЫ ПОЛЮСОВ

Современные трехмерные компьютерные модели геодинамо могут воспроизводить произвольную переполяризацию магнитного диполя Земли (*см. схему на стр. 35*). Одна из моделируемых смен произошла с интервалом в 9 тыс. лет. Модели с изображением магнитных силовых линий позволят представить смену полюсов.

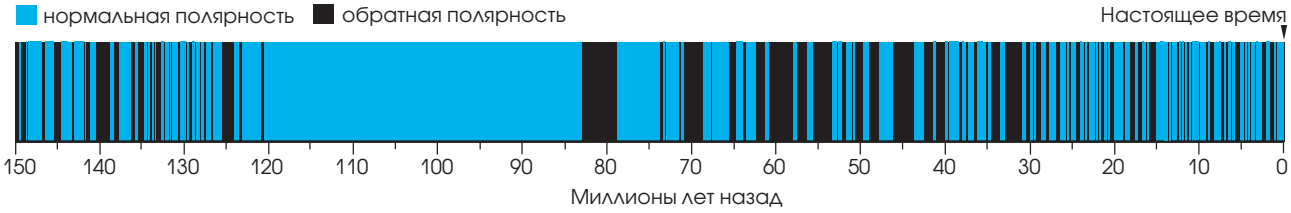


На картах магнитного поля представлено, как при нормальной полярности большая часть магнитного потока направлена от центра Земли (*желтый цвет*) в Южном полушарии и к ее центру (*голубой цвет*) в Северном (*а*). Начало переполяризации отмечается появлением нескольких ареалов обратного магнитного поля (*голубой цвет в Южном полушарии и желтый в Северном*), напоминающих об образовании его участков на границе ядро–мантия. Приблизительно за 3 тыс. лет они уменьшили напряженность поля диполя, которое сменилось более слабым, но более сложным переходным полем на границе ядро–мантия (*б*). Смена полюсов стала частым явлением через 6 тыс. лет, когда на границе ядро–мантия стали преобладать участки обратного магнитного поля (*в*). К этому времени полная смена полюсов проявилась и на поверхности Земли. Но только еще через 3 тыс. лет произошла полная замена диполя, включая ядро Земли (*г*).



На модели представлены магнитное поле внутри ядра (*пучок силовых линий в центре*) и появление диполя (*длинные изогнутые линии*) за 500 лет (*а*) до середины переполяризации (*б*) магнитного диполя и спустя 500 лет на этапе ее завершения (*в*).

GARY A. GLATZMAIER, SIMULATED AT THE PITTSBURGH SUPERCOMPUTING CENTER



За последние 150 млн. лет переполяризация происходила сотни раз, о чем свидетельствуют минералы, намагниченные полем Земли во время разогрева горных пород. Затем породы остыли, а минералы сохранили прежнюю магнитную ориентацию.

Что могло быть не учтено

Насколько достоверно отражают модели внутреннюю энергетику Земли, никто не знает. Ни одна модель не воспроизвела турбулентность в недрах планеты, поскольку пока невозможно смоделировать магнитную турбулентность, сохраняя физические параметры в трех измерениях. Вихревые малые и большие движения, закручивающие магнитные силовые линии, измеряются в метрах, а наилучшее разрешение современного компьютера составляет 10 км. Это означает, что все трехмерные компьютерные модели геодинамо до сих пор воспроизводили крупномасштабные ламинарные течения. При изучении некоторых свойств жидкой субстанции ядра для более точного определения турбулентного потока на ламинарной модели ученые могут воспользоваться большими величинами, которые на самом деле будут слишком малы для цифрового решения. Чтобы получить достоверную картину, исследователи должны использовать двухмерное изображение, однако поток в двухмерной модели не сможет поддерживать работу геодинамо. Моделируемые сегодня ламинарные течения спокойнее, чем турбулентные потоки, вероятно, присутствующие внутри земного ядра.

Важно проследить, как проходит поднимающаяся из ядра расплавленная масса. На простых моделях ламинарное течение сопровождается большими шлейфами на всем протяжении от центра ядра к его периферии. На турбулентных двухмерных моделях конвекционное течение отличается многочисленными мелкими завихрениями, которые разъединяются вблизи нижней и верхней границ ядра и взаимодействуют в главной конвективной зоне.

Такие различия в структуре течения жидкой массы могут оказать воздействие на магнитное поле Земли и время его изменения. Вот почему исследователи занимаются разработкой трехмерных моделей следующего поколения. Возможно, лет через десять программы с повышенными скоростями обработки данных позволят создать модель геодинамо с сильной турбулентностью. А пока мы проводим эксперименты с лабораторными моделями генерации внутренней энергии.

Лабораторные генераторы внутренней энергии

Для того чтобы понять работу геодинамо, необходимо сравнить динамо-машины, созданные на компьютерах и в лабораториях. Первые лишены турбулентности, вторые – конвекции. Впервые лабораторные исследования начались в 60-х гг. XX в., но дорога к успеху оказалась длинной. Слишком велика разница в размерах между лабораторными аппаратами и реальным ядром планеты. Для воспроизводства внутренней энергии в жидкой среде необходимо, чтобы магнитное число Рейнольдса (безразмерная величина) превысило значение, приблизительно равное 10.

Магнитное число Рейнольдса ядра Земли, вероятно, из-за его больших линейных размеров (радиус около 3485 км) составляет 1000. Большое магнитное число Рейнольдса трудно создать в малых объемах жидкой массы, если не добиться высокой скорости ее движения.

В 2000 г. Агрис Гаилитис (Agris Gailitis) из Латвийского университета и Роберт Штиглиц (Robert Stieglitz), Ульрих Мюллер (Ulrich Muller) из Научного центра в Карлсруэ и Фриц Буссе (Fritz Busse) из Университета Бейреута, Германия, независимо получили самопроизвольное поле в больших объемах жидкого натрия. Обе группы добились высоких скоростей течения в винтообразных трубах длиной 1–2 м и критического значения магнитного числа Рейнольдса около 10.

Сейчас многие группы исследователей заняты разработкой следующего поколения генераторов внутренней энергии. Стараясь как можно точнее сформулировать геодинамо, ученые перемешивают жидкий натрий в огромных сферах трехметрового диаметра. Спутник *CHAMP* (*Challenging Minisatellite Payload*) проводит съемку геомагнитного поля, непосредственно измеряя его изменения в реальном времени на границе ядро–мантия. Ученые рассчитывают в течение пяти лет получить изображение геомагнитного поля, что поможет им в исследованиях участков обратного геомагнитного поля и других признаков ослабевания диполя Земли.

Таким образом, наблюдения со спутника, компьютерное моделирование и лабораторные опыты позволят создать более полную картину работы геодинамо и объяснят смену полюсов. ■

JEN CHRISTIANSEN; SOURCE: D. V. KENT AND W. LOWRIE IN *TIMESCALES OF THE PALEOMAGNETIC FIELD*. EDITED BY J.E.T. CHANNELL ET AL. AGU, 2004

У мыши и человека сходны 88% генов. Различие же между двумя видами во многом определяется тем, как редактируется заключенная в этих генах информация.



Гил Аст

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ГЕНОМ

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

Весной 2000 г., когда работы по расшифровке генома человека вышли на финишную прямую, многие молекулярные биологи были замечены за совершенно не свойственным им занятием – они делали ставки на то, сколько в нем будет генов. Большинство сходилось во мнении, что их число составит 150 тыс. Дело в том, что в организме человека синтезируется 90 тыс. разных типов белков, а значит, кодирующих их генов должно быть никак не меньше. Кроме того, уже было известно, что у круглого червя *Caenorhabditis elegans*, состоящего всего из 1 тыс. клеток, в геноме содержится 40 тыс. генов, а по сложности наш организм несопоставим с организмом беспозвоночных.

Первые результаты по геному человека, опубликованные летом того же года, привели многих в состояние шока: по предварительным оценкам, число белок-кодирующих генов не превышало 35 тыс. Это казалось почти невероятным. Но когда картирование генома было полностью завершено, цифра оказалась еще меньше – всего 25 тыс. В это время генетики стали все больше склоняться к мысли, что относительная немногочисленность генов у человека свидетельствует о его сложности, поскольку для реализации всего многообразия функций ему приходится изощряться гораздо больше, чем простым организмам.

Экономность в использовании генетического материала достигается благодаря альтернативному сплайсингу: информация, хранящаяся в генах сложных живых существ, прочитывается по-разному, и в результате один ген может кодировать два и более белков. Когда появилась возможность сравнивать геном человека с геномами других организмов, стало ясно, что именно альтернативный сплайсинг во многом определяет различие между видами со сходными наборами генов. Он же, оперируя ограниченным ассортиментом генов, приводит к функциональным различиям разных типов тканей.

Наиболее распространен альтернативный сплайсинг у сложных организмов: ему подвергаются три четверти генов человека. По-видимому, сам процесс был одной из движущих сил усложнения организмов в ходе эволюции. Появляется все больше свидетельств в пользу того, что ошибки при сплайсинге лежат в основе многих врожденных заболеваний и играют существенную роль в канцерогенезе.

Решающий выбор

От хода альтернативного сплайсинга зависит жизнь организма, по крайней мере, так происходит, когда поврежденная клетка принимает решение о своей дальнейшей судьбе. Известно, что каждая клетка все время отслеживает изменение

как внешних условий, так и своего состояния, и при определенных условиях ей приходится делать выбор: поддерживать ли свое существование или вступать на путь апоптоза (запрограммированной гибели). Если клетка не способна устранять повреждения в своем генетическом материале, то она включает программу апоптоза. Недавно Крейг Томпсон (Craig B. Thompson) из Пенсильванского университета показал, что ген *Bcl-x*, участвующий в регуляции этого процесса, подвергается альтернативному сплайсингу. В результате его трансляции образуются два разных белка, *Bcl-x(L)* и *Bcl-x(S)*. Первый подавляет апоптоз, второй – способствует ему.

О том, что продуктом одного гена может быть несколько разных белков, стало известно еще 25 лет назад, однако это явление считалось редкостью. Оно во многом изменило взгляды ученых на детали процесса перевода закодированной в гене информации на язык аминокислот. Геном любого организма содержит все инструкции, необходимые для его функционирования. Они записаны в молекуле ДНК с помощью четырехбуквенного алфавита, где буквы представляют собой азотистые основания *A* (аденин), *T* (тимин), *C* (цитозин) и *G* (гуанин), соединенные друг с другом в полинуклеотидную цепочку. Цепочек в молекуле ДНК две, они обвивают друг друга, образуя в результате двойную спираль. Когда начинается считывание заключенной в данном гене информации, происходит локальное раскручивание спирали, и цепи в этом месте расходятся на время, необходимое для синтеза на ДНК-матрице ее химической кузины, молекулы РНК. Каждый сегмент ДНК, который транскрибируется в РНК, называется геном. Однако не все РНК служат матрицей для синтеза белков, многие из них выполняют другие важные функции, прежде всего регуляторные (*см. «Теневая часть генома, или Сокровища на свалке», «В мире науки», №2, 2004 г.*). Белок-кодирующие же РНК перед трансляцией подвергаются редактированию.

Поясним суть процесса. Еще в 1977 г. Филлип Шарп (Phillip A. Sharp) из Массачусетского технологического института и Ричард Робертс (Richard J. Roberts) из биолабораторий Новой Англии обнаружили, что первичные РНК-транскрипты похожи на книгу, текст которой прерывается многостраничными бессмысленными вставками. Не несущие никакой информации «главы» (интроны) перед трансляцией изымаются, а куски основного текста (экзоны) сшиваются стык в стык, так что получается один осмысленный рассказ – молекула матричной РНК (мРНК). Процесс вырезания-сшивания и называется сплайсингом.

Между тем в 1980 г. Рандолф Уолл (Randolf Wall) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе показал, что сплайсинг – это не запрограммированный раз и навсегда процесс. Клетка имеет свободу выбора: она может вырезáть тот или иной экзон или оставлять какой-либо интрон (либо их фрагменты) и менять тем самым содержание текста мРНК. Возможность альтернативного редактирования первичного транскрипта увеличивает кодирующий потенциал гена, а сплайсинг становится мощным инструментом его реализации.

В 1984 г. Том Маниатис (Tom Maniatis) и Майкл Грин (Michael Green) из Гарвардского университета разработали методику, позволяющую на молекулярном уровне исследовать механизм вырезания интронов и соединения экзонов. Детали работы аппарата сплайсинга и контролирующих его регуляторных систем выяснены не до конца, но уже то, что сделано, указывает на его чрезвычайную сложность и необычность происхождения.

ОБЗОР: «КРОЙКА И ШИТЬЕ» НА ГЕНЕТИЧЕСКОМ УРОВНЕ

- Информация, закодированная в генах, в результате редактирования генетического текста прочитывается по-разному, так что относительно небольшой набор генов обеспечивает образование широкого спектра белков.
- О существовании альтернативного сплайсинга ученые знали давно. Но лишь с появлением возможности сравнивать геномы человека и других видов они увидели, как широко пользуются этим механизмом сложные организмы и какую роль он играет в создании совершенно не похожих друг на друга живых существ на основе сходного генетического материала.
- Альтернативный сплайсинг обеспечивает формирование сложных организмов при минимальном наборе генов, расписывая, как по нотам, когда, где и какого типа белки они должны синтезировать. Быть может, вскоре ученые смогут регулировать этот процесс и предотвращать развитие различных заболеваний.

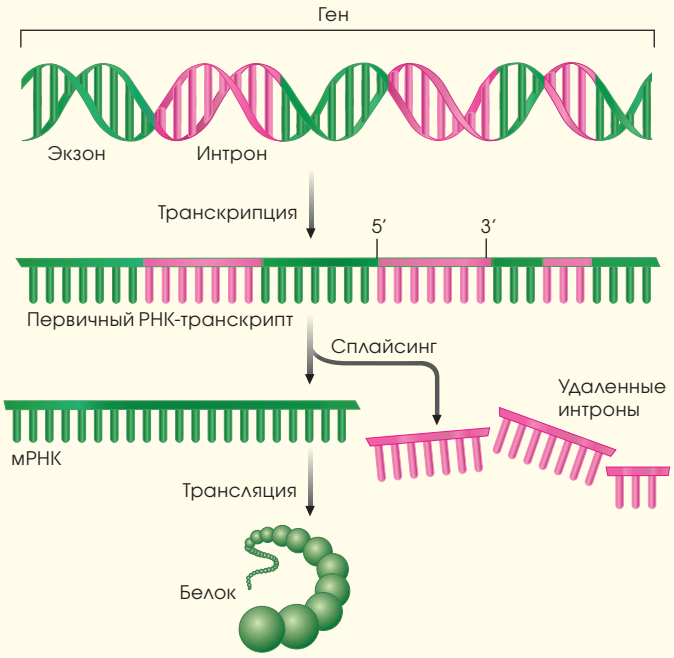
Аппарат сплайсинга

У сложных организмов существует двухуровневая система сплайсинга. Механизм первого уровня действует у всех живых существ, геном которых содержит интроны, и примерно одинаков во всем биологическом мире: от дрожжей до человека. Основу аппарата сплайсинга первого уровня составляют пять молекул малой ядерной РНК (мяРНК), U_1, U_2, U_4, U_5 и U_6. Вместе со 150 белками они образуют комплекс под названием сплайсингосома, который распознает концы интронов, вырезает их из первичного транскрипта и соединяет экзоны.

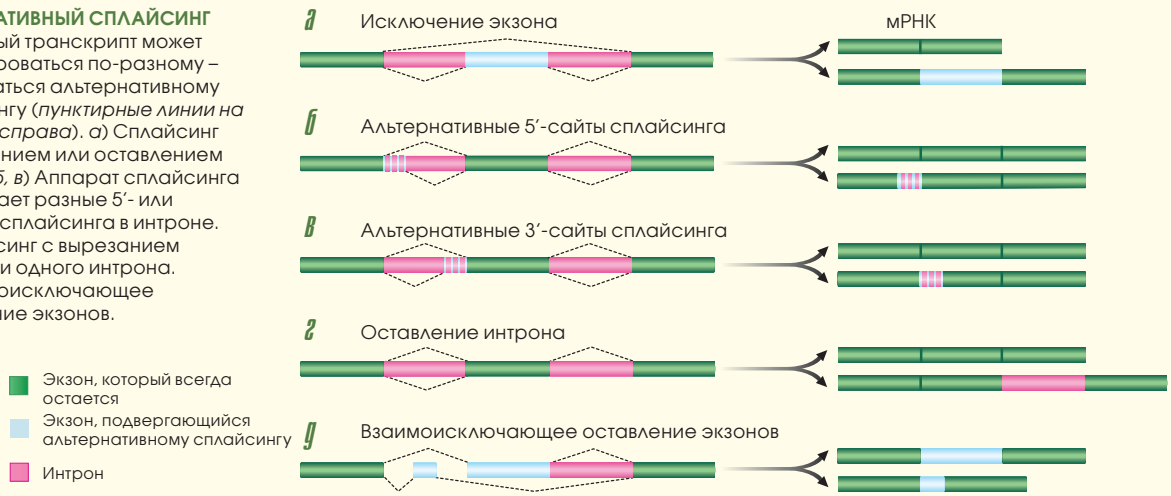
BILL STEELE (*preceding pages*)

Традиционное представление об экспрессии генов состоит в следующем: вначале ген (сегмент ДНК) транскрибируется с образованием другой нуклеиновой кислоты – РНК, а затем клеточная машина сплайсинга вырезает из РНК лишние куски (интроны) и соединяет вместе оставшиеся смысловые фрагменты (экзоны). В результате образуется зрелая матричная РНК (мРНК), которая служит матрицей для синтеза белка (этот процесс называется трансляцией). Однако оказалось, что правила соблюдаются не всегда. У сложных организмов первичный РНК-транскрипт может подвергаться альтернативному сплайсингу, т.е. иногда какие-то экзоны удаляются из него, а интроны или их сегменты сохраняются. В результате из одного гена может образоваться несколько альтернативных мРНК, на которых синтезируются разные белки.

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА: КЛАССИЧЕСКИЙ ВАРИАНТ
Ген транскрибируется в одноцепочечную копию, молекулу РНК. Этот первичный транскрипт подвергается сплайсингу. Интроны – сегменты, имеющие 5′- и 3′-концы (начало и конец соответственно), – полностью вырезаются, а экзоны соединяются вместе. Образующаяся в результате мРНК служит матрицей для синтеза белков.



АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПЛАЙСИНГ
Первичный транскрипт может редактироваться по-разному – подвергаться альтернативному сплайсингу (*пунктирные линии на рисунке справа*). *а*) Сплайсинг с вырезанием или оставлением экзона. *б, в*) Аппарат сплайсинга распознает разные 5′- или 3′-сайты сплайсинга в интроне. *г*) Сплайсинг с вырезанием обоих или одного интрона. *д*) Взаимоисключающее оставление экзонов.



Маяками, указывающими сплайсингосоме места разрезания транскрипта, служат короткие нуклеотидные последовательности внутри интронов (*см. врезку на стр. 40*). Один из маяков находится вблизи начала интрона (5′-сайт сплайсинга), другие – ближе к концу; это так называемая точка разветвления, полипиримидиновый участок и, наконец, 3′-сайт сплайсинга.

К местам связывания с интроном сплайсингосому направляет особая регуляторная система. К настоящему времени идентифицировано более 10 ее белковых компонентов, так называемых сплайсинг-регулирующих белков (*SR*, от англ. *splising regulatory*). Они могут быть неодинаковы в разных тканях и даже в одной ткани на разных ▸

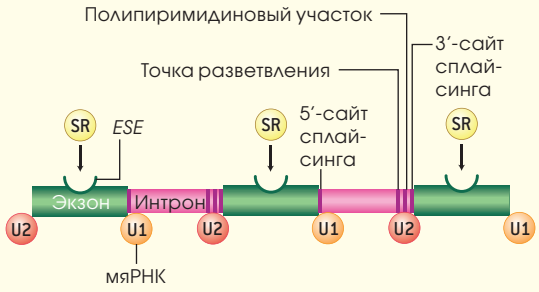
LUCY READING-IKKANDA

АППАРАТ СПЛАЙСИНГА

Как только образуется первичный РНК-транскрипт данного гена, в работу включается аппарат редактирования – сплайсингосома. У сложных организмов сплайсинг регулируется *SR*-белками, которые распознают экзоны и направляют сплайсингосомы к сайтам сплайсинга. Таким образом эти регуляторные молекулы задают место и время альтернативного сплайсинга. *SR*-белки представлены множеством форм и не одинаковы в разных тканях и даже в одной ткани на разных стадиях развития.

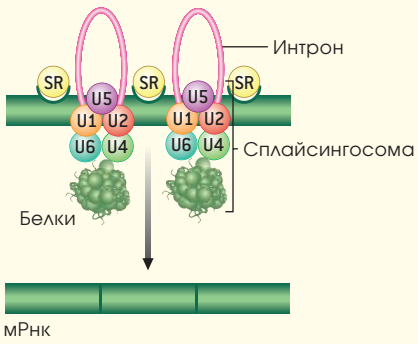
МАРКИРОВКА ЭКЗОНОВ

SR-белки связываются с особой последовательностью в каждом экзоне транскрипта – энхансером сплайсинга (*ESE*). Это служит сигналом для аппарата сплайсинга к присоединению его компонентов, малых ядерных РНК (мяРНК), U_1, U_2, к сайтам сплайсинга в смежном интроне.



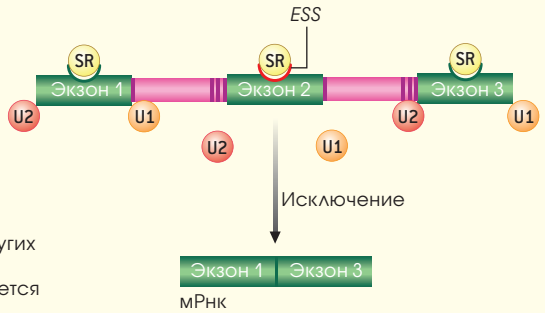
ОБРАЗОВАНИЕ СПЛАЙСИНГОСОМ

После того как первые мяРНК распознают сайты сплайсинга в интроне, они образуют комплекс с другими мяРНК и более чем 100 белками. Сплайсингосома вырезает интрон и соединяет экзоны.



СУПРЕССИЯ СПЛАЙСИНГА

Если *SR*-белок связывается с экзонным супрессором сплайсинга (*ESS*), то присоединение мяРНК к сайтам сплайсинга не происходит, и соответствующий экзон вырезается вместе с прилегающими к нему интронами. У человека и других млекопитающих сплайсинг с исключением экзона является преобладающим среди остальных типов альтернативного сплайсинга.



стадиях развития организма. *SR*-белки связываются с короткими нуклеотидными последовательностями внутри экзонов, называемыми экзонными энхансерами сплайсинга (*ESE*, от англ. *exonic splising enhancer*). Когда *SR* присоединяется к *ESE*, посылается сигнал механизму первого уровня к связыванию его мяРНК с сайтами сплайсинга, соседствующими с любым концом экзона. Однако *SR*-белок может связаться и с экзонным супрессором сплайсинга (*ESS*, от англ. *exonic splising supressor*), и тогда присоединение мяРНК к концам данного экзона блокируется, что приведет к вырезанию этого экзона.

Исключение всего одного экзона может иметь самые серьезные последствия для организма. Рассмотрим один из таких примеров. У дрозофилы альтернативный сплайсинг играет важную роль в становлении пола. Во время экспрессии гена *Sex-lethal* при сплайсинге может быть исключен экзон, специфичный для самцов, что приведет к синтезу белка *Sex-lethal*, специфичного для самок. Этот белок может связаться с любым первичным транскриптом данного гена; тогда все последующие раунды сплайсинга будут протекать с удалением экзона, специфичного для самцов, что гарантирует синтез только белка, специфичного для самок. Однако если в первом раунде сплайсинга упомянутый экзон будет оставлен, то образуется нефункциональная мРНК, и клетки будут развиваться по мужскому типу.

Исключение экзона – самый распространенный тип альтернативного сплайсинга у млекопитающих. У растений и простых многоклеточных преобладает другой механизм – сохранение интронов в зрелой мРНК; по-видимому, это наиболее древний из всех типов сплайсинга. У современных одноклеточных, например у дрожжей, аппарат сплайсинга до сих пор действует по принципу распознавания интронов, в отличие от *SR*-системы у высших организмов, мишенью которой являются экзоны.

У одноклеточных аппарат сплайсинга может распознавать только те интроны, длина которых не превышает 500 нуклеотидов. Поэтому он отлично работает у дрожжей – у них совсем мало интронов, а их средняя длина составляет 270 нуклеотидов. Но с увеличением размера генома увеличивается как число интронов, так и их длина, и аппарат сплайсинга все чаще переходит от распознавания коротких интрон-

LUCY READING-IKKANDA

Исключение всего одного экзона может привести к катастрофическим последствиям для организма.

ных последовательностей внутри экзонов к «выуживанию» непротяженных экзонов в «интронном море». У человека средняя длина белок-кодирующего гена составляет 28 тыс. нуклеотидов, и состоит он из 8,8 экзонов, разделенных 7,8 интронами. Экзоны относительно короткие, обычно 120 нуклеотидов, а длина интронов варьирует от 100 до 100 тыс. нуклеотидов.

Размер и число интронов в геноме человека в расчете на один ген больше, чем у любого другого организма. Интроны обходятся человеческому организму совсем не дешево. Их сохранение в геноме и поддержание в рабочем состоянии, транскрипция и удаление при сплайсинге, последующая деградация требуют больших энергетических затрат. Кроме того, вырезание интронов – процесс небезошибочный, и ошибки эти могут дорого стоить. Каждое неточное вырезание или сшивание сегментов первичного транскрипта приводит к изменению белок-кодирующей последовательности и нередко к синтезу дефектного белка.

Так, в основе наследственного заболевания под названием «семейная вегетативная дисфункция» (синдром Райли–Дея) лежит однонуклеотидная замена в гене *IKBKAP*, приводящая к альтернативному сплайсингу в тканях нервной системы. В результате возникает дефицит нормального белка, обычно кодируемого данным геном, и нарушается ход развития нервной системы. Примерно половина больных с этой патологией умирает, не дожив до 30 лет. Примечательно, что не менее 15% мутаций, приводящих к развитию наследственных (а также, возможно, онкологических) заболеваний, имеет в своей основе ошибки при сплайсинге про-мРНК. Почему же тогда природа сохранила столь энергозатратную систему, ошибки в которой к тому же приводят к различным заболеваниям? Не потому ли, что с ней связаны некие преимущества, перевешивающие возможные риски?

Преимущества – в наличии альтернативы

Альтернативный сплайсинг создает условия для образования в расчете на один ген более одной молекулы мРНК и, следовательно, более одного белка. Это позволяет организму человека синтезировать 90 тыс. различных белков, оперируя гораздо меньшим числом генов. В результате альтернативного сплайсинга каждый ген дает начало примерно трем разным мРНК. Это никаким образом не объясняет, зачем организму человека нужно такое огромное количество интронов: на долю экзонов в геноме человека приходится всего 1–2% длины всего генома.

Когда ученые обнаружили, насколько безжизнен пустынный геномный ландшафт, они задались еще одним вопросом: почему при этом у мыши почти столько же генов, сколько и у человека? Ведь с момента дивергенции этих двух видов прошло примерно 100 млн. лет. Большинство интронов и экзонов у них имеют сходную архитектуру, очень близки и нуклеотидные последовательности экзонов. Что же в таком случае делает нас столь отличными от грызунов?

Недавно Кристофер Ли (Christopher J. Lee) и Бармак Модрек (Barmak Modrek) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе обнаружили, что четверть экзонов, подвергающихся альтернативному сплайсингу в обоих геномах, встречаются либо только у человека, либо только у мыши. Значит, они могут быть ответственны за образование видоспецифичных белков, которые и определяют различие между видами. Есть группа альтернативно сплайсируемых экзонов, встречающихся исключительно у приматов. Возможно, они отвечают за отличие последних от других млекопитающих. Изучая, откуда берутся подобные экзоны, мы, возможно, поймем, зачем нужны интроны, и тогда энергозатраты на их поддержание перестанут казаться напрасными.

Специфичные для приматов экзоны произошли от мобильных генетических элементов под названием *Alu*. Они относятся к обширному классу ретротранспозонов,

ОБ АВТОРЕ:

Гил Аст (Gil Ast) работает старшим преподавателем на факультете генетики человека и молекулярной медицины в Медицинской школе Тель-Авивского университета в Израиле. В круг его научных интересов входит изучение молекулярных механизмов сплайсинга, эволюции и регуляции альтернативного сплайсинга, связи между ошибками при сплайсинге и развитием онкологических и наследственных заболеваний. Недавно он в сотрудничестве с учеными из *Compugen* разработал биоинформационную систему для предсказания путей альтернативного сплайсинга с целью обнаружения новых вариантов белков.



MIKEL ROBERTS Corbis Sygma

Геном человека и шимпанзе совпадает на 99%. Это касается и мобильных *Alu*-элементов, обнаруженных только у приматов. Элементы обладают свойствами, благодаря которым с участием альтернативного сплайсинга в организме могут образовываться новые белки. Возможно, это стало одной из причин обособления приматов в мире млекопитающих. Дальнейшее расхождение человека, с одной стороны, и всех остальных приматов – с другой тоже могло иметь в своей основе альтернативный сплайсинг. Недавние исследования показали, что, несмотря на почти полную идентичность генов у человека и шимпанзе, в некоторых отделах их головного мозга синтезируются разные белки. В этих отделах у человека некоторые гены более активны, а другие кодируют совершенно другие белки, чем у шимпанзе, благодаря альтернативному сплайсингу.

коротких нуклеотидных последовательностей, чья функция состоит в воспроизведении самих себя и встраивании своих копий в геном в случайных сайтах. Ретротранспозоны обнаружены в геноме почти всех организмов, они сыграли значительную роль в разрастании генома, которым сопровождалась эволюция многоклеточных организмов. Геном человека почти наполовину состоит из мобильных элементов, и *Alu* – самые многочисленные из них.

Alu-последовательность приматов представляет собой димер, состоящий из двух повторов длиной примерно 130 п.н. Каждый из мономеров заканчивается *poly*(*A*)-хвостом. Сегодня геном человека уже содержит 1,4 млн. *Alu*-копий, их число продолжает расти, и они встраиваются во все новые сайты с частотой примерно одно новое встраивание на каждые 100–200 новорожденных.

Долгое время *Alu*-последовательности считали генетическим хламом, но когда ученые осознали, что их распространение по геному повышает кодирующий потенциал генов, отношение к ним стало меняться. В геноме человека 5% экзонов, подвергающихся альтернативному сплайсингу, содержат *Alu*-последовательность. Вероятнее всего, такие экзоны появляются после ряда событий вслед за встраиванием *Alu*-элемента в какой-нибудь интрон гена. Подобное встраивание обычно не сказывается отрицательно на жизнедеятельности примата, поскольку большинство интронов удаляется при сплайсинге. Однако в результате случайной мутации в *Alu* несущий его интрон может превратиться в последовательность, содержащую осмысленную генетическую информацию, т.е. в экзон. Это может произойти, если в результате изменений в *Alu*-элементе в составе интрона появляется новый 5′- или 3′-сайт сплайсинга, и часть интрона воспринимается сплайсингосомой как «экзон». (Обычно подобные мутации происходят во время деления клеток.)

Если этот новый *Alu*-экзон подвергается альтернативному сплайсингу, то организм может воспользоваться преимуществами, которые дает каждый из вариантов. Оставив *Alu*-экзон в мРНК, он будет синтезировать новый белок, причем эта новая возможность никак не повредит исходной функции гена – если *Alu*-экзон будет исключен, прежняя мРНК все еще будет синтезироваться. И только когда мутантный *Alu* будет подвергаться конститутивному сплайсингу, т.е. станет включаться абсолютно во все молекулы мРНК данного гена, могут возникнуть проблемы, обусловленные дефицитом исходного белка. На сегодняшний день известны три связанные с этим заболевания, в частности синдром Альпорта.

По данным, полученным мной вместе с моими коллегами, для того, чтобы молчащий интрон вместе с *Alu*-элементом превратился в полноценный экзон, достаточно, чтобы в *Alu* произошла точковая мутация. Сегодня в геноме человека содержится примерно 500 тыс. *Alu*-элементов, входящих в состав интронов, и 25 тыс. из них могут дать начало новым экзонам, если в них такая мутация возникает. Таким образом, *Alu*-элементы явля-

ются инструментом дальнейшего обогащения генетического материала человека и появления у него все новых белков.

РНК-терапия

Изучением сложных реакций, участвующих в альтернативном сплайсинге, занимаются сегодня примерно 3 тыс. ученых в более чем 400 лабораториях. Исследования находятся на ранней стадии, но полученные в последнее время данные указывают на реальную возможность применения сплайсинга для лечения как наследственных, так и онкологических заболеваний.

Рассмотрим один из возможных способов такого лечения. Если в клетки ввести короткие синтетические антисмысловые РНК или ДНК, которые маскируют либо специфические сайты сплайсинга, либо регуляторные последовательности, то сплайсинг может произойти в других точках. Применимость такого метода для лечения больных наследственной β-талассемией, при которой вследствие мутации в 5′-сайте сплайсинга образуется дефектный гемоглобин, впервые продемонстрировал Р. Коле (R. Kole) из Северокаролинского университета в г. Чэпел-Хилл. Маскировав сайт мутации, Коле направил сплайсинг в правильное русло и восстановил синтез нормального гемоглобина.

Вскоре он провел аналогичные эксперименты на раковых клетках человека, растущих в культуре. Маскировав 5′-сайт сплайсинга в транскрипте гена *Bcl-x*, ответственного за регуляцию апоптоза, Коле изменил картину сплайсинга, так что вместо *Bcl-x(S)*-формы мРНК стала синтезироваться *Bcl-x(L)*-форма. Это привело к подавлению синтеза в раковых клетках белков, блокирующих апоптоз, и активации синтеза белков, способствующих ему. В результате в некоторых раковых клетках включилась программа апоптоза, а в других усилилось действие химиотерапевтических средств, введенных одновременно с олигонуклеотидами.

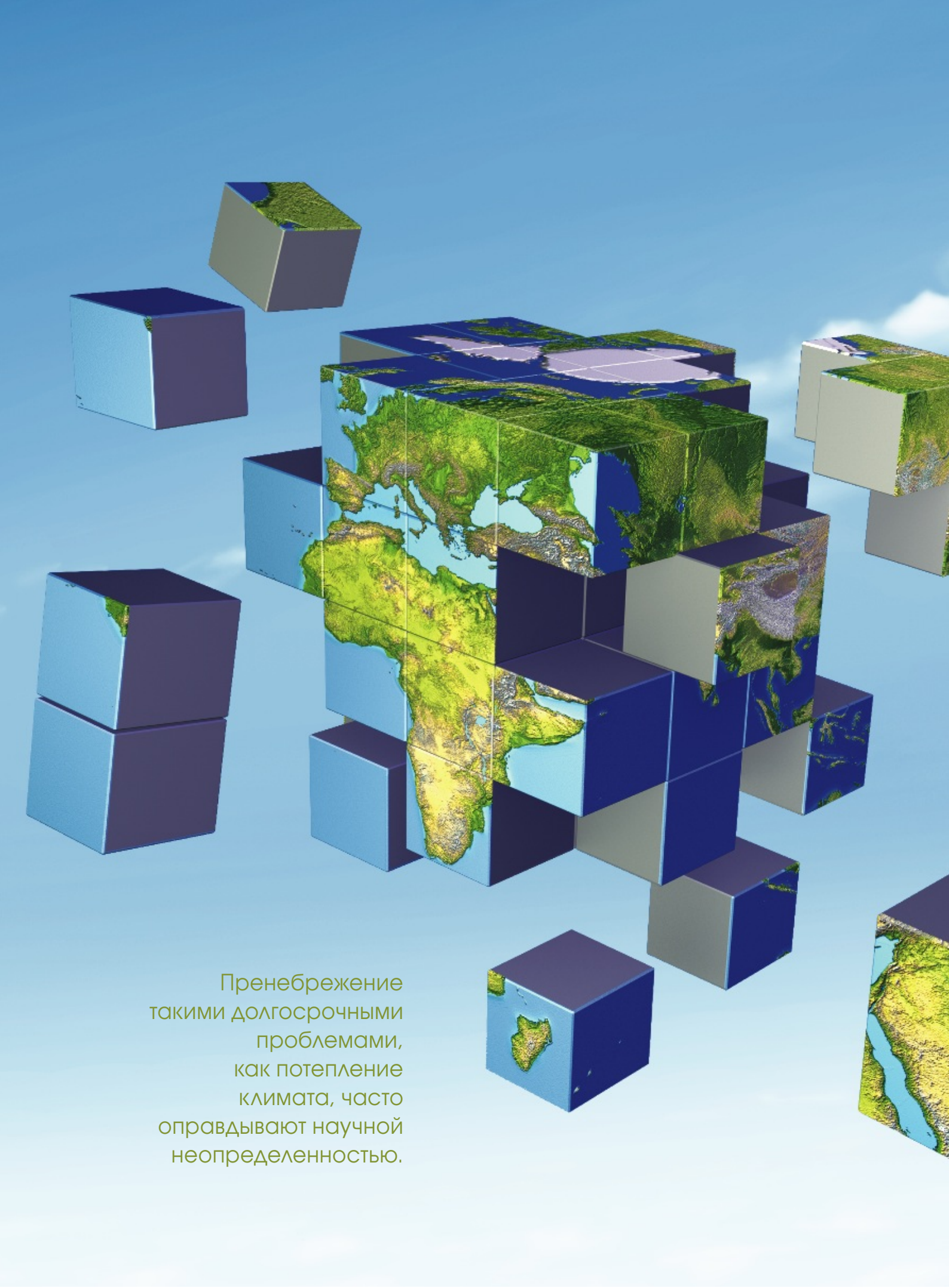
Еще один вариант применения альтернативного сплайсинга в терапевтических целях продемонстрировали в 2003 г. Адриан Крайнер (Adrian Krainer) и Лука Картеньи (Luca Cartegni) из лаборатории в Колд-Спринг-Харбор на Лонг-Айленде (Нью-Йорк). Они нашли способ заставить клетки не исключать определенный экзон, используя некую искусственную молекулу. Ее можно было настраивать на связывание с тем или иным участком РНК в соответствии с его нуклеотидной последовательностью, к которой затем присоединится РНК-связывающая часть *SR*-белка. Таким образом, химерная молекула была способна и связываться со специфической последовательностью первичного транскрипта, и направлять к нужным сайтам компоненты аппарата сплайсинга. Апробируя данный метод на клетках человека в культуре, Крайнер и Картеньи скорректировали дефекты сплайсинга в мутантных версиях гена *BRCA1*, ассоциированного с раком молочной железы, и в гене *SMN2*, связанного с развитием атрофии мышц спины.

Третий подход основан на способности сплайсингосом соединять два разных первичных транскрипта одного гена. Так называемый трансплайсинг широко распространен у червей и очень редко происходит в клетках человека. Подтолкнув сплайсингосомы к транс-сплайсингу, можно легко заменить дефектный участок про-мРНК, ответственный за определенное заболевание, гомологичной ему нуклеотидной последовательностью из другой мРНК. Недавно Джон Энглхардт (John Englehardt) из Университета штата Айова проверил применимость этого метода *in vitro* для частичного устранения дефекта в мРНК, которая кодирует аномальный белок в клетках выстилки дыхательных путей у больных муковисцидозом.

До расшифровки генома человека мало кто думал, что такой сложный организм, как наш, может функционировать при столь небольшом числе генов – всего 25 тыс. С тех пор в мировоззрении ученых многое изменилось. Стало ясно, что альтернативный сплайсинг способен обеспечить образование всех необходимых белков, дирижируя процессом разрезания и сшивания про-мРНК в пространстве и времени. Более того, этот же процесс объясняет абсолютное несходство таких организмов, как человек и мышь, у которых сходны 88% генов.

Почему природа сохранила сложную систему сплайсинга, ошибки в котором могут приводить к различным заболеваниям?

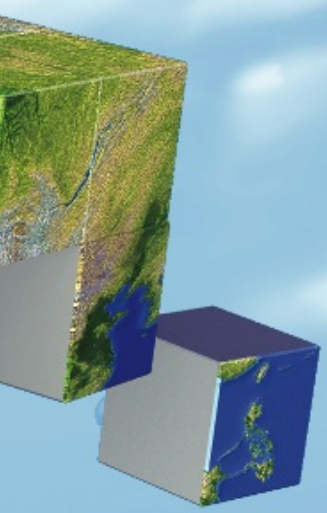
Эволюция дает организмам новые возможности и затем поддерживает те из них, которым выбранный путь дает преимущества. Может быть, белки, появившиеся в организме человека в результате включения в мРНК новых *Alu*-экзонов, и «сделали нас людьми», а детальное изучение альтернативного сплайсинга и целенаправленное его использование поможет улучшить качество нашей жизни. ■



Пренебрежение
такими долгосрочными
проблемами,
как потепление
климата, часто
оправдывают научной
неопределенностью.

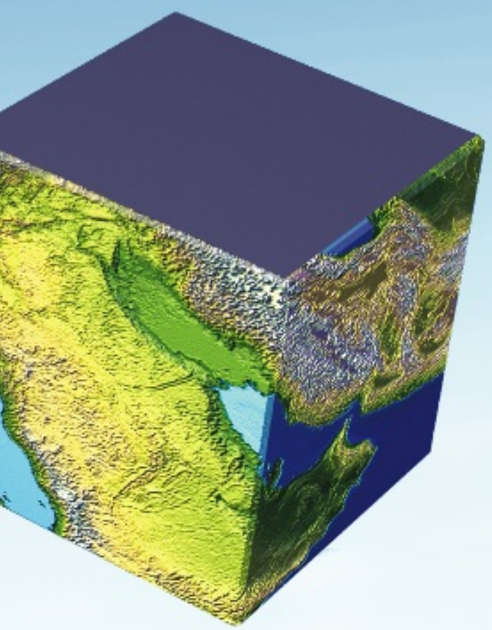
Стивен Поппер,
Роберт Лемперт,
Стивен Банкс

формирование будущего



По инициативе Датского института экологических оценок в 2004 г. была сформирована группа специалистов, известная под названием Копенгагенский консенсус. Проанализировав соотношения затраты/выгоды, ученые пришли к выводу, что следует заниматься теми неотложными задачами, способы решения которых понятны, – например, борьбой с малярией. Те же долгосрочные проблемы, пути решения и даже масштаб угрозы которых не ясны (изменение климата), были признаны второстепенными.

В результате работы Копенгагенского консенсуса было установлено, что наука бессильна, когда будущее неопределенно. Не оправдались ни мрачные экономические и экологические предсказания 1970-х гг., ни надежды на то, что «новая экономика» покончит с чередованием подъемов и спадов в экономике. Неудивительно, что те официальные лица, которые призваны принимать решения, стараются не строить планов на будущее.



Наука может прогнозировать последствия выбора той или иной политики. В сочетании с использованием математических моделей и статистических методов эти прогнозы позволяют определить неизбежные компромиссы, на которые приходится идти обществу. Возможно, руководители корпораций и представители выборных кампаний не всегда прислушиваются к мнению ученых, тем не менее они опираются на данные научных исследований гораздо чаще, чем полагают некоторые скептики. В последнее время наметились позитивные сдвиги в законотворчестве, управлении и капиталовложениях. Такие понятия, как уровень безработицы, дефицит бюджета и валовой национальный продукт, введенные аналитиками в 30–40-х гг. XX в., сегодня используются повсеместно. Правительства в основном научились контролировать существенные подъемы и спады в экономике, ставшие обычным явлением в XIX и начале XX в.

Пока неизвестно, как сохранить окружающую среду, обеспечить общественную безопасность, защититься от терроризма или предсказать последствия внедрения новых технологий. Такие проблемы слишком сложны и непредсказуемы, чтобы ученые могли делать надежные долгосрочные прогнозы.

Мы пересмотрели роль анализа и использовали методы, позволяющие рассмотреть проблему в условиях неопределенности. Вместо того чтобы искать способ, как ее полностью устранить, мы выдвигаем ее на первый план и ищем возможность ею управлять. Некоторые компании, в частности *Volvo*, уже применяют наш подход при выработке корпоративной стратегии.

Наш метод помогает выйти из идеологических тупиков, слишком часто возникающих в Вашингтоне. Мы не стремимся ответить на вечный вопрос: «Что принесет нам отдаленное будущее?», а ставим другой, реально отражающий заботы сегодняшнего дня: «Какие действия будут способствовать формированию желаемого будущего?».

Новый подход в прогнозировании будущего похож на тот, который часто применяют люди при выборе решений в сложных и неопределенных обстоятельствах повседневной жизни.

Опасности прогнозирования

Наиболее яркий пример того, как трудно использовать науку для формирования долгосрочных решений, – вопрос о нарушении равновесия между экономикой и природой. В 2002 г. Эдвард Уилсон (Edward O. Wilson) в книге «Будущее жизни» (The Future of Life) описал споры между экологами и экономистами. Последние утверждают, что современные политики успешно справятся со многими проблемами общества. Благодаря техническим новшествам уменьшится загрязнение окружающей среды и повысится эффективность использования энергии. Экологи же утверждают, что цивилизация рискует оказаться за гранью черты, когда восстановление природы станет почти невозможным.

Независимо от того, насколько убедительны доводы той и другой сторон, их детальные прогнозы заведомо ошибочны. Принимаемые сегодня решения будут оказывать воздействие на мир еще лет пятьдесят, а то и все сто, но никто не может предсказать, по какому пути развития пойдет общество. Стороны видят одну и ту же неполную совокупность данных, но применяют к ним разные оценки и допущения и приходят к различным выводам.

Примером того, как стандартные приемы анализа часто не помогают решить проблему, пасуя перед подобными дебатами, стал пресловутый отчет «Пределы роста» (*The Limits of Growth*), появившийся в начале 1970-х гг. Тогда группа ученых и общественных деятелей, известная под названием Римского клуба, предсказала, что, если не принять экстренных мер, природные ресурсы будут исчерпаны. На этот вывод, сделанный на основе совершенной для того времени компьютерной модели динамики использования ресурсов, обрушилась буря критики. Со времен Томаса Мальтуса (Thomas Malthus) новые технологии, которые повысили эффективность производства и обеспечили альтернативы скудеющим ресурсам, развеяли угрозу их истощения.

Однако модель не была неверной, она лишь неправильно использовалась. Любая компьютерная модель – упрощенное отражение реального мира, и ее предсказания подвержены влиянию некоторых неучтенных факторов. Та, на основе которой был составлен отчет «Пределы роста», выявила ряд важных аспектов проблем, стоящих перед человечеством. Представляя результаты анализа в виде прогноза, авторы вышли за пределы применимости модели, что снизило надежность всей их программы исследований.

Столкновение с будущим

Осознав свою неудачу, аналитики обратились к таким методам, как планирование сценариев с учетом различных вариантов будущего, вместо того, чтобы делать ставку на один-единственный прогноз. Так, в 1995 г. группа глобальных сценариев при Стокгольмском институте окружающей среды разработала три типа сценариев. Первый, «Традиционный мир», описывал будущее, в котором технические новшества, вызываемые к жизни рынками и слегка направляемые политикой правительств, приводят к экономическому росту без ущерба для качества окружающей среды. Во втором, «Одичание», доказыва-

ОБЗОР: ОПАСНОСТИ ПРОГНОЗОВ

- Наука стала важным инструментом принятия решений как для правительств, так и для бизнеса, но неопределенность может повлиять на такие средства для принятия решений, как анализ соотношения затраты/выгоды.
- Авторы разработали другую методику, сосредоточенную на выборе гибкой стратегии.
- Новые механизмы стратегии позволяют изменять их в соответствии с обстоятельствами. Применительно к теории о глобальном потеплении климата такой механизм представляет собой «предохранительный клапан», гарантирующий, что выбросы будут уменьшаться.
- Новые методы помогут расставить приоритеты в вопросах защиты окружающей среды, развития экономики во всем мире, реформы программ помощи и разработки новых биотехнологий. Кроме того, они улучшат планирование в автомобилестроении и других отраслях экономики.

GEORGE RETSECK (*preceding pages*)

ется, что те же факторы (технические новшества, рынки и политика) не позволят решить проблему, что приведет к коллапсу общества и к росту преступности и нищеты. Третий тип, «Великая смена курса», обрисовывает широкое признание обществом ценности защиты окружающей среды. Группа глобальных сценариев считает, что реализация сценариев «Традиционного мира» вероятна, но не гарантирована, и во избежание риска одичания общество должно пойти по пути «Великой смены курса».

Анализ позволяет рассмотреть лишь немногие правдоподобные варианты будущего, которые не так легко трансформировать в планы действий. Неизвестно, как должны использовать эти сценарии те люди, которые принимают решения.

Европейский союз часто выбирает «принцип предосторожности» (базирование политики на самом опасном из возможных вариантов развития событий). Так, Киотский протокол требует уменьшить объем выбросов парниковых газов в атмосферу, последствия от воздействия которых еще не известны. С одной стороны, принцип предосторожности не лишен смысла. Лучше обезопасить себя сейчас, чем потом кусать локти. Отдаленное будущее всегда туманно и чревато опасностями. Следует ли заботиться обо всем в равной мере? Так, вред от выбросов парниковых газов и затраты на их уменьшение пока не поддаются точному определению. Ради защиты природы их уже сегодня необходимо снижать, а с точки зрения экономики – спешить не следует. И что же делать?

В отличие от Европейского союза в США многие склонны к анализу соотношения между затратами и выгодами. Когда и те и другие не ясны, им приписывается различный вес. Так, если устранение последствий возможного загрязнения обойдется в $1 тыс., а вероятность его возникновения составляет 50%, то для его предотвращения мы должны быть готовы истратить до $500. Во многих случаях такой анализ не дает однозначного ответа. Содержащийся в бензине свинец, попадая в окружающую среду, оказывает отрицательное воздействие на развитие мозга у детей. Несмотря на то что ученые не знают в точности количество пострадавших, преимущества исключения вредных примесей намного перевешивают связанные с этим затраты. Но отдаленное будущее редко предоставляет такой ясный выбор. Часто и выгоды, и затраты настолько неопределенны, что небольшое расхождение в оценках может привести к прямо противоположным рекомендациям.

Выбор надежных стратегий

Анализ соотношения затраты/выгоды подразумевает, что на основании предварительного прогноза будет определена политика, которую лучше всего проводить в ожидаемых обстоятельствах. Но людям трудно выбрать единственно верный путь из многих. И какой бы выбор ни был сделан, он будет уязвим.

Наш подход состоит в поиске не оптимальных, а надежных стратегий, которые при различных сценариях развития общества будут давать удовлетворительные результаты как в легко прогнозируемых, так и в маловероятных обстоятельствах.

Люди часто его применяют при выборе решений в сложных ситуациях в повседневной жизни. Нобелевский лауреат Герберт Саймон (Herbert A. Simon) первым начал в 1950-х гг. изучать, как люди принимают решения, и обнаружил, что они редко ищут оптимальный вариант. Как правило, они выбирают стратегию, которая будет их страховать от неудач при различных поворотах событий, т.е. она должна быть адаптивной.

До сих пор включать надежность и адаптивность в формальный анализ решений не удавалось из-за сложности и огромного объема



FIRST LIGHT/CORBIS

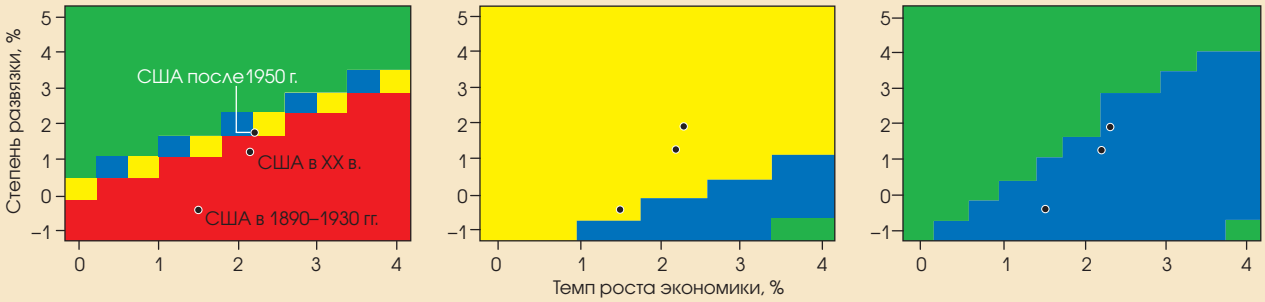
Долгосрочное планирование – неотъемлемая часть повседневной жизни: поступление в школу, страхование и т. д. Но использовать его для принятия решений в правительстве или корпорациях сложнее.

ОБ АВТОРАХ:

Стивен Поппер (Steven W. Popper), **Роберт Лемперт** (Robert J. Lempert) и **Стивен Банкс** (Steven C. Bankes) работают в корпорации *RAND* в Санта-Монике (шт. Калифорния). Экономист Поппер исследует внедрение компаниями технических новшеств, физик Лемперт специализируется на экологической и энергетической политике, а специалист по вычислительной технике Банкс разрабатывает новые методы компьютерного моделирования. Ученые сотрудничают с такими правительственными и международными организациями, как Управление научно-технической политики Белого дома, министерство обороны, Национальный научный фонд и ООН. Кроме того, они преподают в аспирантуре *RAND* в Пердью и основали компанию *Evolving Logic* по разработке программного обеспечения.

Как сделать планету чище, не выходя за рамки необходимых затрат? Ответ зависит от того, как будут расти темпы экономики и насколько законодательные нормы смогут уменьшить загрязнение окружающей среды. Многие предлагаемые подходы (*слева и в центре*) могут нарушить баланс, тогда как гибкая стратегия (*справа*) позволит решить проблему.

На графиках различными цветами показаны области различной степени соответствия трех рассматриваемых стратегий теоретически идеальному сценарию: зеленым – отличное, синим – приемлемое, желтым – плохое, красным – очень плохое. Точками обозначены фактические положения дел в нескольких исторических периодах.



Стратегия «сохранения курса» не предусматривает какой-либо новой экологической политики. Она хороша при высокой степени развязки и плоха при низкой.

«Аварийная программа» предполагает, что будут предприняты максимальные усилия по очищению окружающей среды. Она может оправдать себя только при условии, что «естественная» степень развязки окажется очень низкой.

Стратегия «предохранительного клапана» ставит целью уменьшить загрязнения, но позволяет снизить ограничения на выполнение этой задачи.

требуемых вычислений. Теперь эти препятствия преодолены. Однако вычислительной мощности недостаточно. При традиционном подходе «предскажи, а потом действуй» компьютер рассматривается как мощный калькулятор. Исследователь выбирает модель и задает допущения, а машина на основе исходных данных рассчитывает оптимальную стратегию. Она подбирает сценарии, в которых данные стратегии окажутся непригодными.

Одним из достоинств такого подхода является то, что при выборе решений компьютер используется в интерактивном режиме. Человек лучше, чем машина, находит возможные модели, делает заключения и формулирует новые вопросы, но может и не заметить тревожных фактов и не определить, какие причины могут повлиять на следствия. Компьютер гарантирует, что все требования к стратегиям не противоречат имеющимся данным, и способен выявлять спорные сценарии. Таким образом, техника помогает человеку, используя всю имеющуюся в ее распоряжении информацию, сделать выбор и противостоять тенденциям и неожиданностям.

Устойчивое развитие

Чтобы посмотреть, насколько данный подход может быть осуществлен на практике, вернемся к дилемме устойчивого развития. Сначала следует определить, что именно должен рассчитать компьютер. Для принятия взвешенного решения необходимо, чтобы учитывалось все разнообразие возможных ситуаций. Мы можем не знать, каким окажется будущее, но любая стратегия, которая будет хорошо работать в широком круге предложенных компьютером сценариев, будет способна справиться с проблемами, которые могут возникнуть при реальном развитии событий.

В анализе устойчивого развития мы используем усовершенствованную версию модели *Wonderland* (Страна чудес), созданной Уорреном Сандерсоном (Warren C. Canderson) из Университета в Стони-Брук и Международного института Прикладного системного анализа в Лаксенбурге (Австрия). *Wonderland* включает научное понимание динамики развития мировой экономики, демографии и состояния окружающей среды. Рост населения и его благосостояния приведет к увеличению загрязнения природы, а технологические новшества способны уменьшать их. Загрязнение, в свою очередь, наносит вред экономике, которая может нанести непоправимый вред природе.

Наша версия модели *Wonderland* подобна той, которая использовалась авторами отчета «Пределы роста», но гораздо проще, поскольку содержит всего 41 неопределенный параметр. Это ее качество может быть достоинством: опыт

JOHNNY JOHNSON

свидетельствует, что одни только дополнительные детали не делают прогноз более точным, если структура модели или входные данные остаются неопределенными.

В рамках специальной программы исследовательского моделирования аналитики могут проверять различные стратегии, которые предлагает человек, а компьютер сравнивает их с оптимальной для каждого сценария применительно к таким показателям, как доход или средняя продолжительность жизни. Систематический процесс выявляет те варианты будущего, в которых стратегия может работать плохо, и предлагает альтернативные пути решения проблем.

Мы использовали модель для периода до 2100 г. Двумя основными неопределенностями были средний темп роста мировой экономики и степень уменьшения загрязнения на единицу объема производства при отсутствии новой экологической политики. Степень развязки будет положительной, если существующие законодательные нормы, рост производительности и переход на экономику услуг обеспечат уменьшение загрязнения окружающей среды без ущерба для роста экономики, и может быть отрицательной, если последний требует увеличения загрязнения.

В зависимости от значения, приписываемого этим двум величинам (росту экономики и загрязнению), разные стратегии будут давать различные результаты. Стратегия «сохранения курса» (продолжение существующей политики) хороша тогда, когда степень развязки больше темпа роста, но в противном случае загрязнение со временем станет настолько серьезным, что политикам придется отказаться от этой стратегии. В XX в. темп роста и степень развязки были примерно равными. Если такое положение сохранится и в XXI в., мир будет на грани либо подъема, либо и краха экономики (*см. врезку на стр. 48*).

Более агрессивная стратегия – «аварийная программа» – предусматривает вложение средств в совершенствование технологий и использование экологического законодательства, которые обеспечат более высокую степень развязки, чем при сохранении традиционного способа ведения дел. Хотя такая стратегия уменьшает риск катастрофы, она может потребовать слишком больших затрат, которые не позволят экономике расти.

Нужно проявлять гибкость

Рассмотренные стратегии заранее предусматривают неизменность политики, в отличие от более прогрессивной – адаптивной стратегии. Исходя из взаимно дополняющих слабых и сильных сторон стратегий сохранения курса и аварийной программы, мы разработали альтернативу, которая налагает жесткие ограничения на выбросы загрязнений, но позволяет ослаблять их, если они требуют слишком больших затрат. Если правыми окажутся технические оптимисты (степень развязки будет высокой), предел затрат не будет превышаться и промышленность будет отвечать строгим экологическим требованиям. Если же правда будет на стороне технических пессимистов (степень развязки будет низкой), то расходы на соблюдение строгих ограничений на выбросы превысят согласованный предел.

Такая стратегия может положить конец бесконечным спорам, предложив план действий, который подойдет независимо от того, какое представление о будущем окажется правильным. Наша адаптивная стратегия похожа на стратегии «предохранительного клапана», предлагаемые некоторыми экономистами в качестве альтернативы Киотскому протоколу. Наш новый аналитический инструментарий позволяет тем, кто принимает решения, как разрабатывать стратегии, так и демонстрировать их эффективность различным группам.

Разумеется, уязвимые места есть и у адаптивных стратегий. В варианте «предохранительный клапан» сочетание экологических целей и ограничений на затраты наглядно проявляется в большинстве сценариев будущего, но плохо работает в условиях, когда технологические новшества оказываются слишком дорогими. Чтобы решить проблему, пользователь может повторить анализ и получить ряд надежных стратегий, каждой из которых соответствуют свои условия. Выбор между ними потребует неизбежного компромисса. Компьютер рассчитывает вероятности каждого сочетания обстоятельств, и полученные результаты смогут быть использованы для обоснования выбора той или иной стратегии. Таким образом, наш метод позволяет свести сложную проблему к выбору из небольшого числа простых вариантов. Окончательный вывод делают те, кто отвечает за принятие решений. Вместо бесполезных споров о моделях и других допущениях они могут сосредоточиться на компромиссах, понимая, что будущее может преподнести сюрпризы.

Новый метод принятия решений позволит Вашингтону выйти из идеологического тупика.

Разумеется, такой подход позволит решить задачу устойчивого развития, в том числе и ряд других, таких как выпуск новых продуктов на рынок, управление национальными программами помощи и даже борьба с терроризмом. Наука и техника не могут предсказать будущее, но новые средства могут помочь нам выбрать верный курс. ■

Капуцины делятся друг с другом пищей точно так же, как шимпанзе и люди. Эта практика возникла вследствие тактики совместной охоты, которой придерживаются три вида живых существ.

На снимке: сложив ладонь горсткой, малыш капуцина выпрашивает пищу у взрослого самца.



Франс де Ваал

зверский бизнес и альтруизм

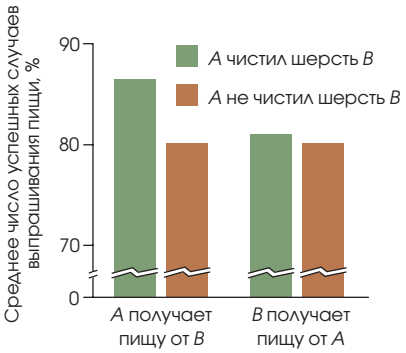
Деловая активность людей и животных основана на одних и тех же врожденных склонностях – готовности к сотрудничеству и взаимопомощи, стремлении избежать лишений.

Свято место пусто не бывает – стоит мне уволиться с работы, как мой кабинет тут же займет новый сотрудник. В природе жилье тоже все время меняет владельцев. Животные используют в качестве укрытий самые разнообразные места: от дупла в стволе дерева до пустой раковины на морском берегу. «Рынок недвижимости» существует и у раков-отшельников. Чтобы уберечь свое мягкое тельце от посягательств хищников, морской житель таскает свой домик (раковину какой-нибудь улитки) на спине. Однако в отличие от самого рака его жилище в размерах не увеличивается, поэтому отшельники вынуждены по мере роста подыскивать себе более просторную квартиру, а оставленные ими раковины тут же занимают новые хозяева. Деловые взаимоотношения между раками были бы куда интереснее, если бы они заключали сделки по принципу: «отдай мне эту дохлую рыбу – и занимай мой дом». Но раки – не бизнесмены. Мало того, они даже не стесняются силой приватизировать чужую жилплощадь. Животные, стоящие на более высоком уровне общественного развития, в таких случаях вступают друг с другом в переговоры. Их подход к обмену добычей и услугами помогает нам понять эволюцию делового поведения человека.

Новые экономические дисциплины

Классическая экономика рассматривает людей как «максимизаторов» прибыли, руководствующихся исключительно эгоистическими соображениями. При этом социальные нормы воспринимаются как общественный договор, который был заключен нашими предками, поскольку был им выгоден, а не потому, что они испытывали друг к другу горячую привязанность. Для биолога такие теоретические построения не имеют ничего общего с действительностью. Люди произошли от одной из ветвей приматов, тысячелетиями живших группами (т.е. человек от природы наделен стремлением подбирать подходящих партнеров и способен к ним приноравливаться). Такая теория эволюции человеческих взаимоотношений приобрела много сторонников среди ученых после того, как возникла так называемая поведенческая экономика. Эта новая отрасль науки объясняет механизмы принятия экономических решений на основе изучения фактического поведения людей, а не неких призрачных рыночных сил. Данное научное направление получило официальное признание в 2002 г., когда двум его основателям, Дэниелу Канеману (Daniel Kahneman) и Вернону Смиту (Vernon L.Smith), была присуждена Нобелевская премия по экономике.





Шимпанзе делятся друг с другом пищей (ветками с зелеными листьями) взамен полученных услуг (груминга). Существование у шимпанзе подобного обмена любезностями было подтверждено экспериментально путем регистрации утренних сеансов груминга в те дни, когда планировалось проведение тестов на раздел пищи. Из диаграммы видно, что после того, как животное *A* чистило шерсть животному *B*, его шансы на получение пищи от *B* резко возрастали. Но шансы *B* получить пищу от *A* при этом не менялись.

Поведенческая экономика животных – совсем юная отрасль науки, стремящаяся показать, что хозяйственная деятельность людей основана на точно тех же склонностях и поступках (взаимопомощи, взаимовыручке, сотрудничестве и т. д.), что и у животных.

Рассмотрим, к примеру, случай, с которым я столкнулся, работая в Национальном научно-исследовательском приматологическом центре Йеркса в Атланте. Чтобы достать стоящую на платформе миску с едой, капуцин должен был подтянуть к себе платформу за прикрепленную к ней планку. Затем мы утяжелили подставку настолько, что одной обезьяне подтянуть ее к себе было не под силу, и она вынуждена была обратиться за помощью к сородичу.

В одном из опытов платформу с двумя мисками должны были подтягивать сидевшие в соседних клетках самки капуцинов, Байас и Сэмми. Животные успешно справились с задачей, но Сэмми так не терпелось завладеть лакомством, что она отпустила планку до того, как Байас успела схватить свою миску. В результате платформа отползла назад, и еда оказалась вне досягаемости обезьяны. Когда Сэмми начала есть, Байас подняла истошный визг. Она неистовствовала с полминуты, пока наконец ее подруга не схватилась за планку и не помогла ей подтянуть емкость с угощением. Сэмми сделала это не ради своей выгоды: ее собственная миска к тому времени была уже пустой.

ОБЗОР: ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА

- Поведенческая экономика – молодая научная дисциплина, изучающая деловую активность людей как врожденную склонность, видоизменившуюся в процессе эволюции.
- Принципы «услуга за услугу» и «спрос рождает предложение» оказывают влияние не только на рынок товаров и услуг в человеческом обществе, но и на деловую активность животных.
- В основе деловых переговоров как людей, так и животных лежат эмоциональные реакции (например, вспышки гнева при несправедливом распределении пищи).
- Этими психологическими механизмами можно объяснить такой любопытный феномен, как альтруизм.

Эволюция взаимопомощи

Животные, как и люди, время от времени помогают друг другу совершенно бескорыстно. Чем можно объяснить такой альтруизм? Если дело касается помощи членам семьи, ответить на вопрос не трудно. Биологи объясняют взаимовыручку генетическими преимуществами: выживание родственника повышает вероятность того, что животные смогут передать свои гены потомкам. Но взаимопомощь между чужими друг другу особями ника-

FRANS B. M. DE WAAL (*preceding pages and this page*); ALISON KENDALL (*graph*)

Люди и животные обмениваются между собой самыми разными услугами. Каковы бы ни были механизмы данного процесса, важно то, что оказанная помощь так или иначе оборачивается благом для самого благодетеля.

МЕХАНИЗМ ВЗАИМОПОМОЩИ		ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ
Основанный на взаимной симпатии («Мы – приятели»)		Если между двумя особями существует взаимная привязанность, им не нужно вести счет оказанным и полученным за день услугам. Возможно, это наиболее распространенный мотив взаимопомощи. Он типичен как для людей, так и для шимпанзе, состоящих в дружеских отношениях. **Пример:** Шимпанзе-приятели нередко держатся вместе, чистят друг другу шерсть и поддерживают товарищей в драках.
Основанный на взаимной вежливости («Будешь хорошим – и я тоже»)		Стороны занимают по отношению друг к другу сходные позиции, обмениваясь услугами «не сходя с места». Отвечать любезностью на любезность принято у многих обезьян. Люди нередко строят подобным образом отношения с незнакомцами. **Пример:** Капуцины делятся пищей с теми, кто помог им подтянуть платформу с пищей.
Основанный на расчете («Что ты там недавно для меня сделал?»)		Животные ведут счет услугам, которыми они обмениваются с партнерами, что помогает им решить, кому нужно оказать ответный знак внимания. Подобный механизм взаимопомощи характерен для шимпанзе и людей, состоящих друг с другом в не слишком близких или деловых отношениях. **Пример:** Шимпанзе вознаграждают пищей сородичей, которые недавно чистили им шерсть.

ROBERTO OSTI

ких генетических преимуществ не дает. Одну из первых попыток объяснить данный феномен сделал русский князь Петр Кропоткин в своей книге «Взаимная помощь как фактор эволюции», вышедшей в 1902 г. По его мнению, взаимовыручка идет на пользу обоим партнерам, поскольку повышает шансы на выживание и того, и другого. Лишь в 1971 г. исследователь из Гарвардского университета Роберт Трайверс (Robert L. Trivers) сформулировал эту мысль в терминах современной эволюционной науки, разработав теорию реципрокного (взаимного) альтруизма.

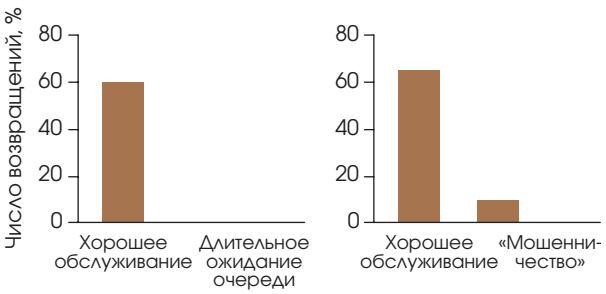
Трайверс исходил из того, что тот, кому было оказано содействие, впоследствии старается отблагодарить своего благодетеля. Животные иногда отвечают услугой на услугу. Ученые выявили положительную корреляцию между частотой предоставления помощи животным *A* животному *B* и тем, насколько регулярно животное *B* ответно благодарит животное *A*. Но означает ли это, что звери помнят и отдают себе отчет в оказанной и полученной поддержке? В конце концов, они попросту могут разделять окружающих на симпатичных приятелей, несимпатичных субъектов и просто посторонних, до которых им нет никакого дела. Если такие чувства взаимны, контакты между живыми существами будут либо им выгодны, либо бесполезны. Такими отношениями, например, можно объяснить известные случаи взаимовыручки у рыб, летучих мышей-вампиров (они отрыгивают кровь, чтобы накормить голодных приятелей), дельфинов и многих обезьян.

Каков же истинный механизм взаимопомощи? И какую роль при этом играет память? Шимпанзе, похоже, единственные, кто может помочь нам разобраться в этих вопросах. В природе они охотятся на небольших обезьян колобусов целыми группами. Жертву хватает один из преследователей, который затем разрывает добычу на части и делит ее между соплеменниками. Но еду получают не все: даже доминантный самец тщетно будет выпрашивать кусочек мяса, если он не принимал участия в облаве.

Чтобы выяснить механизмы подобного поведения, мы наблюдали, как делит пищу колония шимпанзе в неволе. Когда мы давали одному из животных арбуз или веточку с сочной листвой, его тут же окружали несколько приятелей, с которыми он щедро делился. Тех, кому еды доставалось больше всего, окружали другие особи, также получавшие свою долю угощения. Таким образом, каждый член сообщества постепенно получал кусочек лакомства. Шимпанзе свято чтут права собственности и почти никогда не отбирают друг у друга пищу силой. Они выпрашивают ее у сородичей точно так же, как нищие на улице – протягивая руку ладонью вверх. При этом они скулят и хнычут, но агрессивность проявляют крайне редко. Каков бы ни был социальный статус того, кому принадлежит добыча, только он имеет право ею распоряжаться.

Мы проанализировали 7 тыс. подобных ситуаций, сравнив отношение владельца пищи к просителям с количеством услуг, ранее полученных им от этих животных. В те





На снимке: губанчик-чистильщик удаляет паразитов из ротовой полости крупного «клиента». Рыбы, свободно перемещающиеся на большие расстояния, редко возвращаются к тому чистильщику, который заставил их слишком долго ждать (*на диаграмме слева*) или пошел на жульничество – откусил у клиента кусочек здоровой ткани (*справа*). Рыб-скитальцев губанчики обычно обслуживают лучше, чем рыб-резидентов.

дни, когда планировалось провести эксперимент с разделом лакомства, в сообществе шимпанзе тщательно регистрировались все случаи груминга (взаимной чистки шерсти). Мы обнаружили, например, что если доминантный самец Сокко утром чистил шерсть самке Мэй, его шансы получить от нее днем несколько зеленых веточек повышались. И такая зависимость носила общий характер. Ее нельзя было объяснить личными симпатиями и антипатиями шимпанзе, т.к. характер распределения пищи изо дня в день менялся. Таким образом, в нашем исследовании впервые было показано, что общение животных тоже может строиться на принципе «услуга за услугу».

Необходимое условие подобной взаимопомощи – способность запоминать предшествующие события, а также придавать воспоминаниям эмоциональную окраску, определяющую дружеское расположение. У людей такое отношение называется благодарностью – почему бы не назвать так же поведение шимпанзе, хотя говорить о том, что человекообразные обезьяны чувствуют себя в долгу за оказанные благодеяния, пока преждевременно. Любопытно, что готовность отвечать услугой на услугу зависит от характера взаимоотношений между животными. Особи, которые постоянно общаются и подолгу чистят друг другу шерсть, не придают большого значения каждому отдельному случаю груминга. По-видимому, они оказывают друг другу мелкие повседневные услуги, даже не фиксируя их в памяти. Похоже, животные руководствуются при этом исключительно симпатиями и антипатиями, о которых речь шла выше. И только особи, не связанные друг с другом тесными узами, считают, что чистка заслуживает особого поощрения. Поскольку Сокко и Мэй никогда не состояли в близких отношениях, после утренних «парикмахерских услуг» самец неизменно получал от самки щедрое вознаграждение.

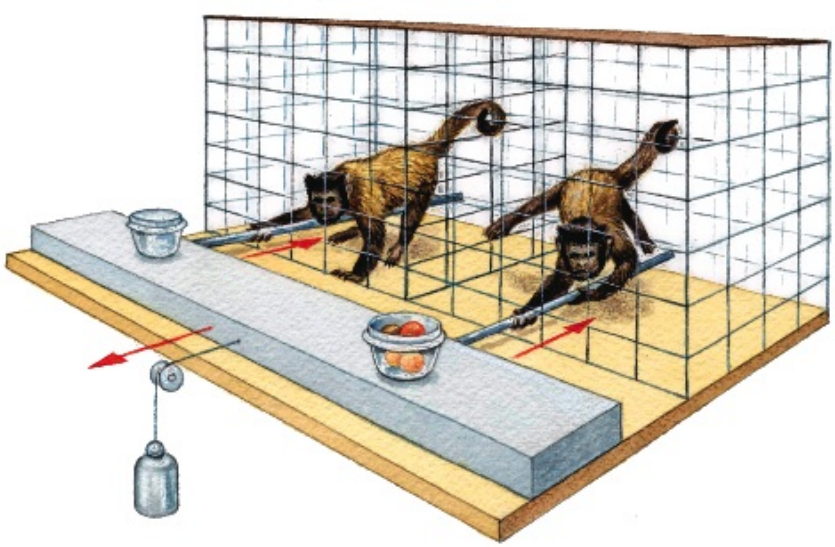
Биологические рынки

Повседневная деятельность приматов предполагает взаимодействие



Чтобы заслужить право взглянуть на новорожденных малышей, чадолюбивые самки павианов готовы чистить шерсть их мамашам. Чем меньше детенышей в сообществе, тем дольше должен продолжаться сеанс груминга – «дефицитный товар» (в нашем случае – возможность понянчить детенышей) стоит дорого.

TIM LAMan National Geographic Image Collection (top); S. P. HENZI (bottom); ALISON KENDALL (graph)



Эксперимент демонстрирует, что капуцины более охотно делятся пищей с теми сородичами, которые помогли им добыть ее. Сидящие в клетке капуцины разделены решеткой. Чтобы дотянуться до миски с угощением, они должны подтягивать платформу за прикрепленные к ней планки. «Работяга», который знает, что в его прозрачной миске еды нет, трудится во благо «призера», чья плошка наполнена пищей. Последний обычно делится пищей с товарищем через разделяющую их решетку.

ROBERTO OSTI

многочисленных деловых партнеров, которые расплачиваются друг с другом грумингом, половыми контактами, поддержкой в драках, пищей, помощью в уходе за детенышами и т.д. Существование такого рынка услуг означает, что каждая особь заинтересована в налаживании хороших отношений с вышестоящими членами сообщества, укреплении связей с партнерами по грумингу и заключении сделок с единомышленниками. Самцы шимпанзе, например, создают коалиции, чтобы свергнуть правящего диктатора. После переворота новый правитель должен ублажить своих союзников: альфа-самцу, пытающемуся монополизировать доступ к самкам, едва ли удастся надолго удержать свои позиции. Система взаимопомощи, при которой каждая особь стремится обзавестись надежными партнерами и выгоднее продать собственные услуги, функционирует по принципу «спрос рождает предложение». Эта идея лежит в основе теории биологического рынка, сформулированной Рональдом Ноэ (Ronald Noe) из Университета Луи Пастера в Страсбурге и Петером Хаммерштайном (Peter Hammerstein) из Университета Гумбольдта в Берлине. Согласно одному из положений теории, стоимость товаров и партнеров зависит от их доступности. Проверке данного предположения были посвящены два исследования биологических рынков: «рынок детенышей» у павианов и профессиональная деятельность маленьких рыбок – губанчиков-чистильщиков.

Самки павианов очень любят детенышей (не только собственных, но и соседских). При каждом удобном случае они норовят их потискать, издавая при этом нежное урчание. Матери, однако, весьма неохотно разрешают чужим трогать своих драгоценных чад. Чтобы приблизиться к малышу, заинтересованная самка принимается чистить шерсть его мамаше, украдкой поглядывая поверх ее плеча или из-под руки на детеныша. После сеанса груминговой релаксации мать, возможно, позволит чистильщице взглянуть на малыша поближе. Так любвеобильные самки покупают согласие матерей на общение с их отпрысками. Согласно теории биологического рынка, если детенышей в группе павианов мало, стоимость доступа к ним должна быть выше. Изучая в Южной Африке стада диких медвежьих павианов, Луиза Баррет (Louise Barrett) из Ливерпульского университета и Питер Хензи (Peter Henzi) из Университета Центрального Ланкашира (Англия) обнаружили, что в тех сообществах, где малышей было немного, матери и в самом деле взимали за право понянчить их более высокую мзду (в виде продолжительных сеансов чистки шерсти), чем в группах, где молодняка было больше.

Губанчик-чистильщик (*Labroides dimidiatus*) – крошечная морская рыбка, питающаяся наружными паразитами крупных рыб. Каждый губанчик обзаводится на коралловом рифе собственной станцией обслуживания, где принимает своих «клиентов». Чтобы облегчить труд чистильщика, рыбы расправляют грудные плавники, принимают соответствующие позы и даже разевают рот, а губанчик старательно удаляет паразитов. Порой у него столько работы, что желающим приходится выстраиваться в очередь. Клиентуру чистильщика составляют рыбы двух типов – «резиденты» и «скитальцы». Первые обитают неподалеку на собственной небольшой территории и, ▸

ОБ АВТОРЕ:

Франс де Ваал (Frans B.M. de Waal) – специалист в области поведения приматов, профессор Университета Эмори и директор Центра природных связей при Национальном научно-исследовательском приматологическом центре Йеркса. Область его научных интересов – социальное поведение и мыслительная деятельность низших приматов и шимпанзе.

поскольку выбора у них нет, посещают только местного чистильщика. Рыбы-скитальцы не имеют постоянного места обитания, плавают, где хотят, и могут обращаться за услугами к кому угодно. Им не хочется тратить время в очередях и становиться жертвами мошенничества: губанчики не прочь порой и обмануть клиента, принимаясь объедать здоровую слизь с его кожи. В этом случае возмущенная рыба стряхивает с себя хитреца и уплывает прочь.

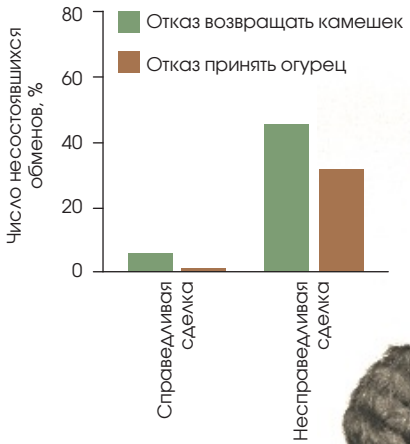
Реду Бхари (Redouan Bshary) из Института Макса Планка (Германия) изучал поведение губанчиков-чистильщиков как в естественной среде – на коралловом рифе, так и в лабораторных аквариумах. Ученый убедился, что, если чистильщик заставляет рыбу-скитальца слишком долго ждать своей очереди или недобросовестно выполняет работу, избалованный клиент, скорее всего, откажется от его услуг. Потому губанчики обслуживают скитальцев гораздо добросовестнее, чем резидентов. Если оба приплывают к чистильщику одновременно, первым почти всегда оказывается скиталец: резиденту деваться некуда, значит, он может и подождать. Единственная категория рыб, в отношении которых подводные косметологи всегда добросовестны, – это хищники: они могут попросту проглотить мошенника.

Как важно быть честным

Чтобы извлекать выгоду из сотрудничества, индивид должен постоянно вести счет услугам, оказываемым им своим партнерам, и сопоставлять получаемое вознаграждение с затраченными усилиями. Способны ли животные на такое поведение? Чтобы ответить на вопрос, обратимся вновь к изучению капуцинов. На сей раз мы исследовали их поведение на миниатюрном рынке труда, а навели нас на эту мысль полевые наблюдения за охотой обезьян на гигантских белок. Капуцины ловят свою жертву целой группой, однако достается она тому, кто ее поймал. Правда, если бы этот счастливец решил присвоить себе добычу целиком, едва ли его сородичи захотели бы снова выходить с ним на промысел. Капуцины делят трофей по той же причине, что и шимпанзе, и люди: совместная работа предполагает и награду для всех.

Пытаясь смоделировать аналогичную ситуацию в лаборатории, мы спланировали эксперимент таким образом, что только одно из пары животных («призер»), подтягивающих к себе платформу с пищей, получало тарелку с ломтиками яблока. В миске его партнера («работяги») еды не было, о чем он знал с самого начала: обе емкости были прозрачными. Таким образом, «работяга» подтягивал платформу исключительно во благо «призера». Обезьяны сидели в клетках, разделенных сеткой. Из предыдущих экспериментов нам было известно, что обладатель лакомства может разделить его на части и позволить соседу дотянуться до него через сетку, а в редких случаях даже готов протолкнуть соседу угощение через ячейки сетки.

Мы провели две серии опытов. В первой части эксперимента с тяжелой платформой животным удавалось справиться только вдвоем – каждый тянул за свою планку. Затем более легкую платформу мог подтягивать только «призер» – у «работяги» планки не было. Мы обнаружили, что обезьяны чаще делились друг с другом пищей в том случае, если им приходилось сообща добывать ее: «призеры» вознаграждали партнеров за оказанную помощь. Мы еще раз убедились и в том, что дележ пищи сказывается и на дальнейшем сотрудничестве животных. Оплата «призером» труда своего помощника – весьма дальновидная стратегия: откажись он делиться





Капуцины необычайно разборчивы в еде: они явно предпочитают фрукты овощам. Когда капуцинов обучили обменивать камешки на ломтики огурца, они с удовольствием играли в эту игру до тех пор, пока сосед получал то же угощение (*справедливая сделка на диаграмме справа*). Но когда одно из животных вместо огурца стало получать виноград (*несправедливая сделка*), остальные объявляли забастовку: они либо отказывались принимать огурцы, а то и вышвыривали их из клетки, либо не желали возвращать камешек.

FRANS B. M. DE WAAL; ALISON KENDALL (*graph*)

Описанные в статье Франса де Ваала эксперименты с животными подтверждают основные положения поведенческой экономики. Новая дисциплина бросает вызов и мало-помалу изменяет стандартную экономическую модель, предполагающую, что в основе принимаемых людьми экономических решений лежат рациональные мыслительные процессы. Так, например, люди, как правило, отвергают предложения, которые кажутся им бесчестными, между тем классическая экономика утверждает, что людям свойственно принимать все, что они могут получить. В 2002 г. Нобелевская премия по экономике была присуждена двум пионерам в этой области знаний – психологу из Принстонского университета Дэниелу Канеману и экономисту из Университета Джорджа Мейсона Вернону Л. Смиту.

Дэниел Канеман вместе с умершим в 1996 г. Амосом Тверски (Amos Tversky) проанализировал процесс принятия решений людьми в условиях неопределенности и риска. Согласно классической экономике, в основе данного процесса лежит ожидаемая полезность – суммарная прибыль, которую люди надеются получить в результате некоего события в будущем, помноженная на вероятность его свершения. Но Канеман и Тверски показали, что человек гораздо больше опасается возможных потерь, чем надеется на возможные выгоды. Кроме того, люди склонны идти на поводу у толпы. Наглядный тому пример – дутый рост котировок ценных бумаг на бирже в 2000 г. Исследования Смита показали, что лабораторные эксперименты могут с успехом проводиться и в области экономики, которая традиционно считалась неэкспериментальной наукой, всецело основанной на наблюдениях.



Безрассудное веселье на Нью-Йоркской бирже в 2000 г.

JIM SUGAR CORBIS

пищей, ему гораздо реже удавалось бы добыть ее.

Сара Броснан (Sarah F. Brosnan), одна из моих коллег из Центра Йеркса, решила изучить реакцию животных на распределение вознаграждения. Исследовательница давала капуцину маленький камешек, а затем предлагала ему ломтик огурца (в качестве компенсации за возвращение камешка). Обезьяны быстро понимали принцип обмена. Сидя бок о бок, два капуцина с удовольствием меняли камешки на угощение. Но стоило одному из животных вместо огурца получить более заманчивое лакомство – виноград, ситуация резко менялась. Обезьяны, которые до сих пор довольствовались огурцом, объявляли забастовку. Видя, что сосед заключил с экспериментатором более выгодную сделку, они начинали работать спустя рукава, проявляли беспокойство, вышвыривали из клетки камешки, а иногда в придачу и огурец. Пища, которая прежде их вполне устраивала, вдруг перестала их удовлетворять.

Отказ от несправедливой оплаты труда (нередко так поступают и люди) противоречит представлениям традиционной экономики. Если бы дело было в получении максимальной выгоды, животные получали бы то, что смогли заработать, и не испытывали бы никакой обиды и зависти. Согласно же представлениям поведенческой экономики, в процессе эволюции у животных выработались эмоции, направленные на поддержку духа здорового сотрудничества и серьезно влияющие на их поведение. Беспокойство по поводу того, что получают другие, только на первый взгляд кажется неразумным, но в конечном итоге оно не позволяет животному превратиться в жертву несправедливости. Противодействие эксплуатации – необходимое условие долгосрочного сотрудничества.

Но постоянно отслеживать услуги и выгоды – дело чрезвычайно хлопотное. Люди стараются избежать злоупотреблений и обмана, поддерживая дружеские отношения с партнерами, прошедшими проверку временем, с родными, супругами или старыми друзьями. Общаясь с теми, кто заслуживает доверия, человек расслабляется и смягчает правила игры. Но он по-прежнему фиксирует в памяти все поступки малознакомых людей и болезненно реагирует на любые их каверзы.

Мы обнаружили, что и у шимпанзе личные привязанности влияют на такие эмоции, как зависть, чувство несправедливости. Отношения между приятелями, изо дня в день оказывающими друг другу множество мелких одолжений, редко строятся на принципе «услуга за услугу». Кроме того, друзья-обезьяны меньше завидуют друг другу. Когда Броснан предложила группе шимпанзе менять камешки на огурцы или виноградины, оказалось, что те приматы, которые были мало знакомы, возмущались несправедливостью, а те, что прожили бок о бок 30 и более лет, почти не реагировали на нее.

С проблемой справедливого распределения прибыли, полученной в результате совместных усилий, сталкиваются все предприниматели – как люди, так и животные. Они отдают самую существенную ее долю тому, кто внес наибольший вклад в общее дело, и выказывают бурные эмоции, если их ожидания не оправдываются. Поведенческая экономика признает, что природа этих психических механизмов у человека и животных одинакова. Не исключено, что люди стремятся к справедливому распределению благ не случайно, а унаследовали его от своих далеких предков – коллективных приматов. ■

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ



На отполированном поперечном срезе провода из диборида магния отчетливо видны мелкие, хаотично расположенные зерна, по-разному отражающие белый свет. Такие снимки помогают разобраться в механизмах сверхпроводимости. Диаметр провода 0,14 мм.

Пауль Кенфилд,
Сергей Будько

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ СТАНОВИТСЯ ТЕПЛЕЕ

Диборид магния становится сверхпроводящим при температуре в 40 К – абсолютный рекорд среди низкотемпературных сверхпроводников.

Представьте, что, копая яму для пруда на своем дачном участке, вы вдруг натыкаетесь на золотую жилу или из земли начинает бить нефтяной фонтан. В похожей ситуации оказались ученые, занимающиеся физикой твердого тела, когда в 2001 г. было открыто, что диборид магния (MgB_2) переходит в сверхпроводящее состояние при температурах, близких к 40 *K* – рекордно высокое значение для обычного низкотемпературного сверхпроводника!

Ученые начали изучать диборид магния еще в 1950-х гг., однако ничего необычного не нашли и отложили на полку, даже не подозревая о скрытых возможностях. Хотя температура в 40 К (–233°C) может показаться довольно низкой, она почти в два раза выше, чем температура перехода в сверхпроводящее состояние для ниобиевых сплавов (примерно 23 К), которые широко применяются в науке и промышленности. Теперь температуру фазового перехода второго рода можно достичь гораздо более дешевым способом, чем при использовании ниобиевых сплавов. Новый материал подойдет для создания сверхпроводящих магнитов и линий электропередач.

В отличие от высокотемпературных сверхпроводников (оксиды на основе меди, которые становятся сверхпроводящими при 130 К) MgB_2 является традиционным низкотемпературным, хотя и необычным. За десятилетия поисков новых сверхпроводников с высокими температурами перехода физики сформулировали некоторые правила, которые определяют, какие комбинации элементов следует испытывать. Кроме того, многим казалось, что 23 К – это предел температуры для традиционного сверхпроводника. К большому удивлению, диборид магния вопреки всем правилам сдвинул планку в область более высоких температур.

Юун Акимицу (Jun Akimitsu) из Университета Аоямы Гакуина, Токио, объявил о своем открытии в январе 2001 г. Всего два месяца спустя на ежегодной мартовской встрече Американского физического сообщества прозвучало примерно сто двухминутных докладов о новом сверхпроводнике, а на сайте *arxiv.org* появилось более 70 репринтов на эту тему. Взрыв активности научного сообщества был обусловлен несколькими причинами. Во-первых, получить относительно чистый MgB_2 довольно ▸

HALSAILSBURY Materials Preparation Center, Ames Laboratory

просто. Во-вторых, в распоряжении физиков, занимающихся изучением конденсированных сред, был Интернет. В результате появление нового простого сверхпроводника со сравнительно высокой температурой перехода инициировало бурную интеллектуальную деятельность.

Подтверждение открытия

Сначала новости об открытии Акимицу распространялись устно и по электронной почте. Никаких подробных бумажных или электронных публикаций не было. Когда через несколько дней после слета физиков информация дошла до нашей группы, у нас возник ряд вопросов. Можем ли мы получить достаточно чистый диборид магния? Действительно ли он становится сверхпроводником при 40 К? (Ранее неоднократно сообщалось о различных сверхпроводящих соединениях с исключительно высокой температурой перехода, однако никому не удавалось воспроизвести опубликованные результаты.) Если MgB_2 действительно является перспективным сверхпроводником, сможем ли мы раскрыть механизм его сверхпроводимости? И, наконец, удастся ли нам выявить главные свойства этого соединения? К счастью, на все вопросы был дан положительный ответ.

Когда Акимицу сообщил о своем открытии, у нас, как и у других научно-исследовательских коллективов, началась интересная жизнь. Мы с коллегами специализируемся на изучении физических свойств металлических соединений и поэтому сразу освободили все печи, задействованные в текущих экспериментах, и попытались получить MgB_2.

Диборид магния состоит из двух металлических элементов. Самый простой способ получить интерметаллид – просто сплавить элементы вместе. Но в данном случае такой метод не подходит, поскольку температуры плавления сильно различаются – 650°C для магния и свыше 2000°C для бора. Так как при температуре выше 1100°C магний уже кипит, он испарился бы прежде, чем образовался интерметаллид.

Однако испарение магния удалось использовать в альтернативном способе получения. Мы заварили кусочек магния и порошок бора внутри химически инертной танталовой капсулы и нагрели смесь до 950°C, чтобы магний расплавился, но не кипел. При такой температуре примерно треть магния испаряется и находится в динамическом равновесии с жидким металлом. Мы предполагали, что плотный магниевый пар за счет диффузии проникнет в твердый бор, в результате чего получится MgB_2. Всего через два часа в капсуле получился диборид магния высокой чистоты в виде спеченных шариков, напоминающих песчаник. Не прошло и трех дней, а мы уже смогли убедиться, что полученное соединение действительно становится сверхпроводящим при заявленной температуре в 40 К.

Разобравшись с получением MgB_2, мы решили выяснить, объясняются ли его сверхпроводящие свойства традиционной теорией Бардина–Куппера–Шриффера (БКШ) (*см. врезку на стр. 64*). Если новое соединение окажется сверхпроводником нового типа, то можно будет говорить о выдающемся научном открытии. Если же его можно отнести к обычным сверхпроводникам, то потребуется научное объяснение исключительно высокой температуры перехода в сверхпроводящее состояние.

По ряду причин среди некоторых исследователей устоялось мнение, что MgB_2 не относится к стандартным сверхпроводникам, описываемым теорией БКШ. Во-первых, прежде чем в 1989 г. был открыт новый класс высокотемпературных сверхпроводников, в течение двух десятилетий считалось, что самая высокая температура сверхпроводящего перехода находится в районе 20 К. Некоторые теоретики предполагали, что предельная возможная температура сверхпроводящего перехода в рамках теории БКШ составляет примерно 30 К. Хотя высокотемпературные сверхпроводники на основе оксида меди существенно превысили этот предел, они, как полагают ученые, уже не относятся к сверхпроводникам типа БКШ. Во-вторых, относительно высокая температура сверхпро-

ОБЗОР: ДИБОРИД МАГНИЯ

- В 2001 г. выяснилось, что ничем не примечательный диборид магния становится сверхпроводником при 40 К, что почти в 2 раза выше критической температуры других похожих сверхпроводников. Рабочая температура MgB_2 составляет приблизительно 20–30 К.
- Диборид магния можно охлаждать жидким неоном или водородом, а также с помощью холодильных установок с замкнутым циклом. Все эти способы гораздо дешевле, чем охлаждение жидким гелием (4 К), которое требуется для ниобиевых сплавов, широко применяемых в промышленности.
- Диборид магния с примесью углерода и других элементов ведет себя не хуже, а иногда даже лучше, чем ниобиевые сплавы, и остается сверхпроводящим в присутствии сильных магнитных полей и электрических токов. Новый сверхпроводник можно использовать для создания мощных магнитов, экономичных линий электропередач и сверхчувствительных детекторов магнитного поля.

водящего перехода у MgB_2 (так называемая критическая температура, T_c) нарушает одно из основополагающих правил для интерметаллических соединений, которое гласит, что, чем больше электронов может участвовать в фазовом переходе к сверхпроводящему состоянию, тем выше будет температура перехода. Как известно, ни магний, ни бор не могут дать интерметаллиду MgB_2 много электронов.

Только непосредственный эксперимент мог показать, подчиняется ли этот сверхпроводник теории БКШ. Ключевую роль в ней играют колебания кристаллической решетки. Представьте себе, что составляющие ее тяжелые положительные ионы удерживаются на своих местах сильными пружинами (химическими связями). Возбуждение кристаллической решетки, например, при нагревании проявляется в виде колебания ионов на характеристических частотах. Теория БКШ предсказывает, что температура перехода в сверхпроводящее состояние пропорциональна частоте колебаний решетки. Для объектов одинаковой формы и размера, чем ниже массовое число материала, тем выше характеристические частоты колебаний. Применяя различные изотопы магния и бора, мы можем составить интерметаллид MgB_2 из атомов различной массы, чтобы изменить частоту колебаний решетки и определенным образом повлиять на критическую температуру T_c.

Есть два устойчивых изотопа бора: бор-10 и бор-11. Согласно теории БКШ, T_c для двух образцов MgB_2, сделанных на основе бора-10 и бора-11, должны отличаться на 0,85 К. На первых спеченных шариках MgB_2 мы обнаружили изменение в 1 К. Немного большее изменение T_c по сравнению с ожидаемым может быть истолковано в рамках теории БКШ как указание на то, что колебания атомов бора более существенны для создания состояния сверхпроводимости, чем колебания атомов магния (*см. врез на стр. 65*).

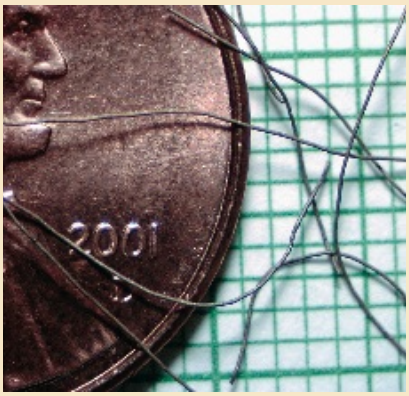
Близость экспериментального значения к расчетным 0,85 К показывает, что поведение MgB_2, скорее всего, укладывается в рамки теории БКШ. Очевидно, предположение о том, что верхний предел низкотемпературной сверхпроводимости располагается на уровне 30 К, неверно. Это хорошая новость, поскольку с традиционными интерметаллидными сверхпроводниками гораздо легче иметь дело, чем со сверхпроводниками на основе оксида меди. Не прошло и ночи, а мы уже научились получать удобные в применении провода из MgB_2, просто подвергая ниточку из бора воздействию паров магния (*см. вставку вверху*).

Через две недели с момента объявления о сверхпроводимости MgB_2 мы разработали технологию изготовления проводов из этого замечательного сверхпроводника. Интерметаллид MgB_2 образуется при взаимодействии паров магния с бором. Этот процесс продолжается нескольких часов при температуре около 1000°С. Бор захватывает пары магния из окружающей среды и превращается в MgB_2, заметно увеличиваясь в размерах. Длина волокон бора может достигать сотен метров. В эксперименте мы использовали нити диаметром от 0,1 мм до 0,3 мм.

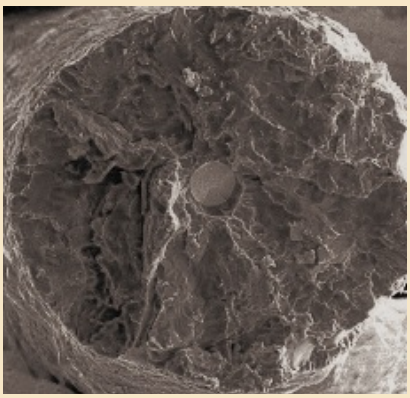
Отрезки проводов идеально подходят для исследования свойств диборида магния. Однако чтобы их можно было использовать на практике, сверхпроводник следуют заключить в прочную пластичную проводящую оболочку. По ней потечет ток, если MgB_2 утратит сверхпроводимость и окажется под угрозой перегрева. Исследователям пока не удалось создать подходящий материал для оболочки.

Более распространенный метод изготовления проводов заключается в следующем. Смесь порошков магния и бора либо порошок MgB_2 помещают в трубку, которую вытягивают в провод. Затем его отжигают и получается цельная структура. Таким способом удается получать образцы длиной от десятков до сотен метров.

Несмотря на то что сверхпроводимость диборида магния была открыта совсем недавно, на него уже обратили внимание коммерческие компании, например, *Diboride Conductors* и *Hyper Tech Research*, занимающиеся созданием и улучшением проводов из MgB_2, а также крупная фирма *Specialty Materials*, имеющая большой опыт производства нитей из бора.



Провода получаются при взаимодействии паров магния с нитью из бора.



На фотографии поперечного сечения проводника из диборида магния виден центральный сердечник из борида вольфрама диаметром 0,015 мм.

Применение сверхпроводников

Хотя сверхпроводимость наблюдается только при низких температурах, сегодня она находит широкое применение. Наиболее ценное свойство сверхпроводников – способность проводить высокие токи без потерь энергии и без нагрева. Например, сверхпроводящий

NORMAN E. ANDERSON, JR. (top); AND HALSALISBURY Materials Preparation Center, Ames Laboratory (bottom)

Сверхпроводимость была открыта в 1911 г. датским физиком Хейке Камерлинг-Оннесом (Heike Kamerlingh Onnes), который занимался исследованием электрических свойств металлов при низких температурах и использовал жидкий гелий в качестве хладагента. Ко всеобщему удивлению выяснилось, что при температуре примерно 4,2 K ртуть внезапно перестает оказывать сопротивление электрическому току. Температуру перехода в сверхпроводящее состояние назвали критической температурой (T_c).

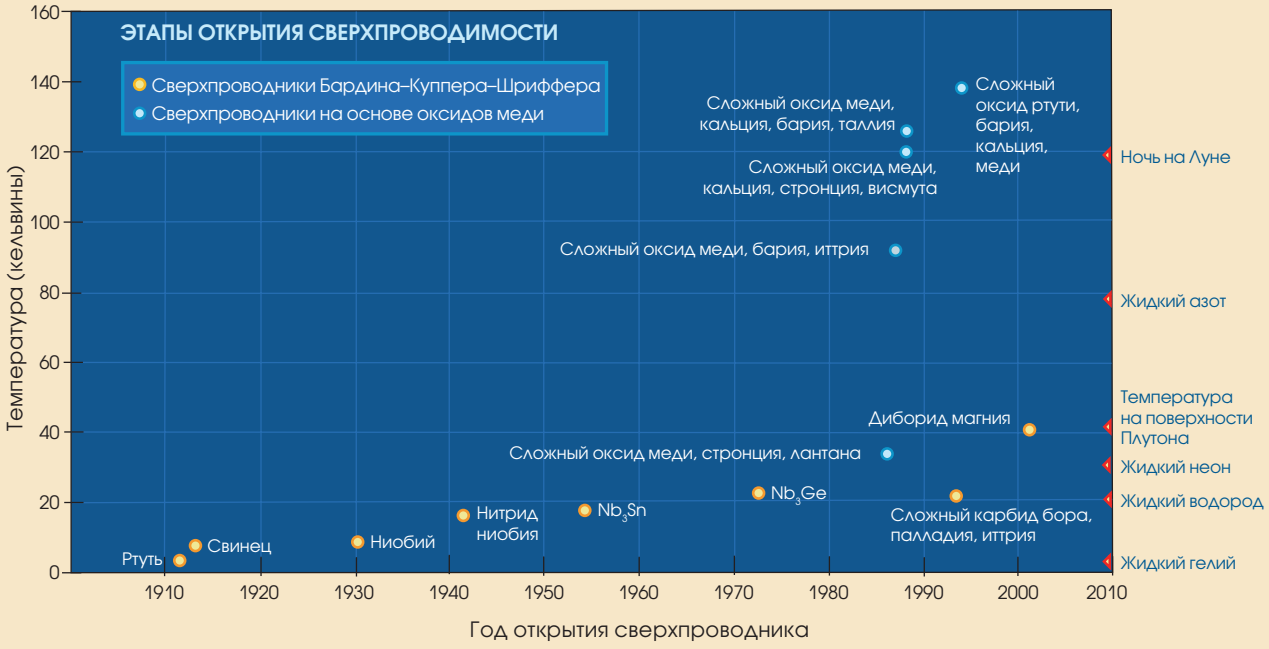
За следующие полвека исследований были открыты все основные сверхпроводники – чистые металлы и интерметаллиды, состоящие из двух и более металлических элементов. Однако до середины 1980-х гг. максимальное значение критической температуры лишь немного превышало 20 K.

Все изменилось в 1986 г., когда была открыта высокотемпературная сверхпроводимость у многих соединений на основе оксида меди. Всего за несколько лет максимальная критическая температура сложных оксидов на основе ртути, бария, кальция и меди подскочила почти до 130 K. Вскоре стало ясно, что ставшая традиционной теория Бардина–Куппера–Шриффера (*см. врезку на стр. 64*) не в состоянии объяснить сверхпроводимость этих материалов. За 20 лет интенсивных исследований ученым так и не удалось разработать теорию, объясняющую, почему сложные оксиды становятся сверхпроводящими при столь высоких температурах.

Высокотемпературные сверхпроводники оказались крепким орешком. Точное измерение их физических свойств весьма затруднено, поскольку подобные материалы очень трудно получить в виде монокристалла или добиться высокой очистки от примесей. Кроме того, сделать из них пригодный к использованию провод совсем не просто, т.к. для этого необходимо сориентировать отдельные зерна оксидного сверхпроводника в одном направлении. Одним словом, ученые и инженеры готовы были оставить сложные оксиды ради более простых в обработке интерметаллидных сверхпроводников, лишь бы критическая температура последних была существенно выше 20 K.

С начала нового тысячелетия сверхпроводимость стали получать сравнительно простыми и дешевыми способами. Оксиды охлаждают примерно до 77 K жидким азотом, а интерметаллические соединения, такие как Nb_3Sn, – до 4 K жидким гелием. Последние находят применение в мощных магнитах, входящих в состав медицинского оборудования.

Открытие сверхпроводимости диборида магния, простого интерметаллида с критической температурой чуть ниже 40 K, оказалось настоящим подарком для ученых и инженеров.



магнит может создавать магнитные поля мощностью свыше 20 Тл (примерно в 500 раз больше, чем дают типичные охлаждаемые электромагниты). Низкотемпературные сверхпроводящие магниты используются в лабораториях и в больницах для ядерно-магнитно-резонансной томографии. Объем продаж магнитов из ниобиевых интерметаллидов и сплавов неуклонно растет.

Другая перспективная сфера применения – создание линий электропередач, передающих токи большой плотности практически без потерь. Исследователи уже успешно проверили несколько опытных образцов на основе оксида меди, охлаждаемого жидким азотом примерно до 70 K.

Вообще говоря, чтобы применять сверхпроводники, их следует охлаждать до 0,5–0,7 T_c, потому что большие электрические токи или сильные магнитные поля при критической температуре уничтожают сверхпроводимость. Следовательно, если T_c=20 *K*, то рабочая температура составит 10 K, и сверхпроводник придется охлаждать неудобным и дорогим жидким гелием.

Ученые-прикладники заинтересовались диборидом магния потому, что его легче остудить до реальных рабочих температур, чем

TOMMY MOORMAN AND CARLI MORGENSTEIN

применяемые сегодня ниобиевые сплавы и капризные сложные оксиды. Сверхпроводник MgB_2 можно охлаждать либо жидким водородом или неоном, либо с помощью дешевых рефрижераторов с замкнутым циклом, обеспечивающих температуру ниже 20 К.

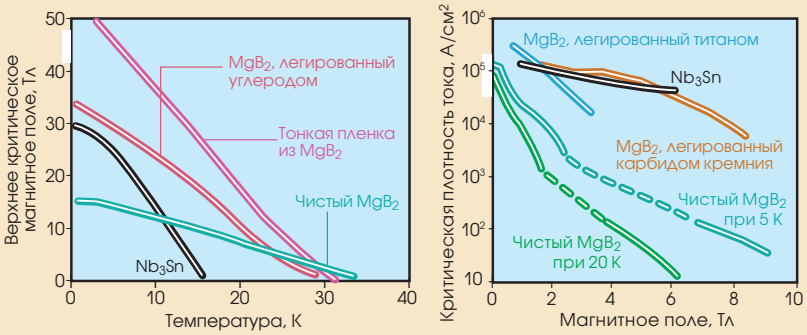
Однако прежде, чем начать использовать диборид магния в промышленности, следует выяснить, насколько хороши его характеристики. Особое внимание обычно уделяется так называемой смешанной фазе, в которой сверхпроводимость частично уничтожается магнитным полем. При практическом применении сверхпроводник находится именно в таком состоянии. Слабые магнитные поля не влияют на сверхпроводимость: сверхпроводящие области проводника вытесняют их и не теряют своих свойств. Магнитные поля средней напряженности проникают в сверхпроводник и образуют в нем маленькие трубки магнитного потока, которые называются вихрями. Их внутренняя часть перестает быть сверхпроводящей, однако окружающий материал остается сверхпроводником.

В смешанной фазе материал все еще проявляет сверхпроводящие свойства. С ростом напряженности приложенного магнитного поля объем, занятый вихрями, увеличивается. В конце концов они начинают перекрываться, и материал перестает быть сверхпроводником. Напряженность магнитного поля, при которой пропадает сверхпроводимость, называется верхней критической напряженностью магнитного поля (*upper critical field*). Это ключевая характеристика, определяющая практическую ценность сверхпроводника.

На практике обычно применяются как можно более сильные магнитные поля, которые, впрочем, всегда слабее предельного, чтобы в целом сохранялась сверхпроводимость. Поэтому главная цель исследователей – получить максимальный диапазон температур и магнитных полей, при которых сохраняется смешанная сверхпроводимость. При температуре чуть ниже T_c верхняя критическая напряженность поля практически равна нулю: даже слабенькое магнитное поле уничтожает сверхпроводимость. При более низких температурах сверхпроводимость сохраняется в условиях более сильных магнитных полей (*см. вставку выше*).

К счастью, верхняя критическая напряженность поля диборида магния зависит от технологии его производства. Например, если 5% бора заменить углеродом, она может увеличиться более чем в 2 раза! Кроме того, оказалось, что тонкие пленки из MgB_2 характеризуются намного более высокими значениями верхней критической напряженности поля, чем пленки из станнида ниобия (Nb_3Sn). Исследователям очень важно разобраться в этом феномене и выяснить, что способствует такому увеличению: малое содержание кислорода, структурные напряжения или незамеченная примесь, легирующая пленку непредсказуемым образом. Так или иначе, совершенно ясно, что диборид магния – многообещающий материал для производства сверхпроводящих магнитов, которые будут работать при более высоких температурах и, возможно, более сильных магнитных полях, чем станнид ниобия, который широко используется сегодня.

Перспективность применения того или иного сверхпроводника определяется тем, как он пропускает электрический ток, находясь в магнитном поле. На графиках видно, что легирование примесями улучшает физические характеристики MgB_2 и делает его не хуже, а в чем-то даже лучше применяемого в промышленности Nb_3Sn. Левый график показывает, что тонкая фольга из диборида магния с неизвестным содержанием примесей и провод из диборида магния, легированного углеродом, при любых температурах сохраняют сверхпроводимость в сильном магнитном поле лучше, чем Nb_3Sn. Кривые справа (построены при 4 К за исключением особо отмеченных случаев) свидетельствуют о том, что MgB_2, легированный карбидом кремния, не хуже Nb_3Sn пропускает сильные токи. Штриховой линией обозначены данные, полученные с помощью интерполяции.



ОБ АВТОРАХ:

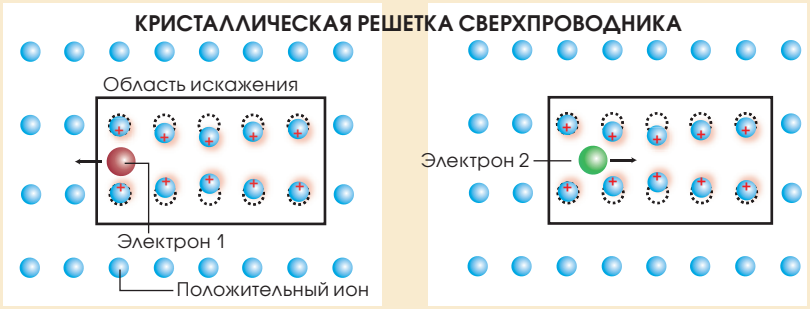
Пауль Кенфилд (Paul C. Canfield) и **Сергей Будько** (Sergey L. Bud'ko) работают в Лаборатории Эймса министерства энергетики США, штат Айова. Кенфилд занимает пост профессора физики и астрономии в Университете штата Айова. Он занимается созданием новых сверхпроводящих материалов и изучением низкотемпературных электронных и магнитных состояний металлических соединений. Будько изучает термодинамические, магнитные и проводящие свойства новых материалов, плазменные колебания в металлах и полуметаллах, физические свойства различных веществ при высоком давлении, мощном магнитном поле и сверхнизких температурах.

LUCY READING-IKKANDA

В 1957 г. Джон Бардин, Леон Куппер и Роберт Шриффер предложили теорию сверхпроводимости металлов. В обычном, не сверхпроводящем материале поток электронов рассеивается на дефектах кристаллической решетки, которые и создают электрическое сопротивление. Согласно теории БКШ, сверхпроводимость наступает тогда, когда электронный газ начинает перемещаться как единый коллективный объект, движущийся без рассеивания.

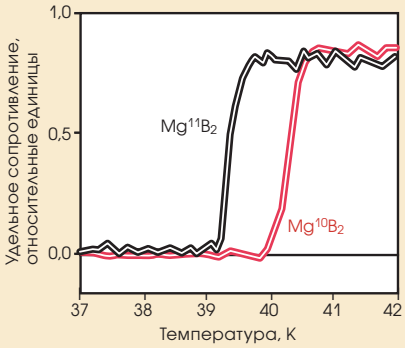
Мельчайшим элементом нового электронного состояния являются так называемые купперовские пары, состоящие из двух слабо связанных друг с другом электронов. Невозможное на первый взгляд притяжение двух одинаково заряженных частиц возникает из-за того, что металл состоит не только из электронов, но и из положительных ионов. Движущийся в металле электрон оставляет за собой след в виде кратковременных искажений кристаллической решетки, притягивающих другой электрон, образующий вместе с первым купперовскую пару. (Говоря точнее, спаривание электронов происходит под воздействием колебаний решетки определенной частоты.) Здесь можно провести аналогию с детьми, прыгающими на батуте: хотя они напрямую не связаны, деформации батута во время прыжков будут способствовать их сближению.

Купперовские электронные пары начинают накладываться друг на друга, при температуре ниже критической (T_c) образуют электронное состояние, охватывающее весь проводник, и перестают испытывать электрическое сопротивление.



Формирование куперовских пар в конечном итоге приводит к сверхпроводимости. Один электрон оставляет за собой искажения решетки, состоящей из положительно заряженных ионов (*левый рисунок*). Вскоре другой электрон притягивается сгущением положительно заряженных ионов (*правый рисунок*). В результате оба электрона оказываются слабо связанными.

Согласно упрощенной теории БКШ, T_c зависит от трех свойств материала: количества электронов, которые могут участвовать в создании состояния сверхпроводимости (чем больше электронов, тем выше T_c), характеристической частоты колебаний решетки, вовлекающих электроны в образование куперовских пар (чем выше частота, тем выше T_c), и силы сцепления между искажениями решетки и электронами (чем сильнее сцепление, тем выше T_c). В течение многих десятилетий исследователи занимались в основном оптимизацией перечисленных свойств, пытаясь получить как можно более высокое значение T_c. Раньше предпочтение отдавалось первым двум характеристикам материала. Судя по всему, диборид магния обладает столь высокой критической температурой из-за более сильного сцепления электронного газа с искажениями решетки (третья характеристика).



Удельное сопротивление диборида магния падает до нуля, когда материал охлаждают ниже его критической температуры (приблизительно 40 K). Критическая температура образцов на основе бора-10 и бора-11 различается. Это согласуется с теорией БКШ и свидетельствует о том, что MgB_2 – традиционный сверхпроводник.

Другой важной характеристикой является критическая плотность тока – максимальное отношение силы тока к площади поперечного сечения проводника, при котором последний остается в сверхпроводящем состоянии. Когда плотность тока превышает критическую, внутри проводника начинают скользить магнитные вихри, что приводит к потере энергии и возникновению ненулевого электрического сопротивления. Чтобы противостоять этому, вихри можно зафиксировать, введя в сверхпроводник нужный тип кристаллических дефектов. Часто эффект фиксации удается усилить в результате уменьшения зерна (отдельных кристаллитов) материала, которое приводит к увеличению поверхности, на которой тормозятся вихри. Добавление микроскопических включений оксида иттрия или диборида титана тоже способствует фиксации вихрей.

Основная трудность, связанная с созданием применимого на практике MgB_2, состоит в увеличении критической плотности тока при сильных магнитных полях. В слабых полях критическая плотность тока для чистого MgB_2 сопоставима с таковой для Nb_3Sn, но в сильных она падает намного быстрее. Это серьезное препятствие для использования диборида магния в мощных магнитах. Впрочем, изучение нового материала ведется очень активно, и ученые надеются в скором будущем добиться заметного улучшения его характеристик.

Прошлое, настоящее и будущее

Открытие высокотемпературной сверхпроводимости в диборид магния – это итог десятилетий упорных исследований, а также напоминание о том, что у каждого сформулированного теоретиками правила есть исключения. Хотя

LUCY READING-IKKANDA

MgB_2 известен уже более полувека, его никогда не проверяли на сверхпроводимость, потому что он не соответствовал устоявшемуся представлению о перспективных сверхпроводящих интерметаллидах. К счастью, в поисках новых материалов мы иногда слышим голос природы за шумом собственных предубеждений.

За последние четыре года мы многое узнали о сверхпроводимости диборида магния. Теперь нам ясно, каковы свойства высокоочищенного MgB_2, знаем, как изменить его, чтобы расширить диапазон допустимых магнитных полей и плотностей тока, при которых имеет смысл его практическое применение. Уже проведено пробное изготовление покрытий на сверхпроводящие провода из MgB_2 и даже сделаны экспериментальные магниты. Однако еще нужно приложить немалые усилия, чтобы оптимизировать свойства удивительного сверхпроводника, детально проработать технологию его обработки, а также подобрать подходящий материал для покрытия проводов.

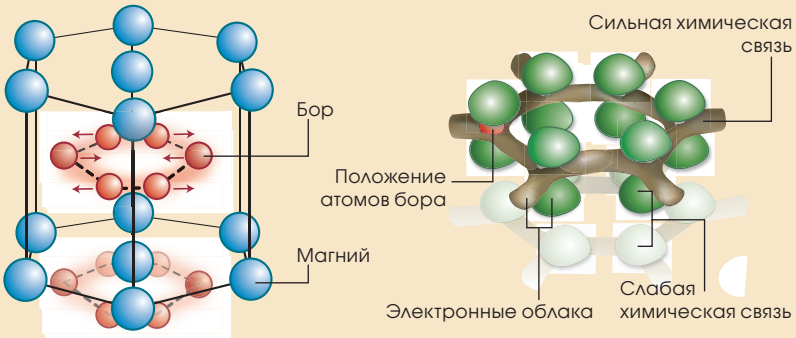
В целом применение MgB_2 выглядит весьма перспективным. Действительно, если произойдет переориентация экономики на водородное топливо, то MgB_2 мог бы занять свою промышленную нишу. Если потребуется производить большие количества водорода, например, для модульных газоохлаждаемых ядерных реакторов с шаровыми ТВЭЛ-ами (*pebble bed modular gas cooled reactor, PBMR*), то придется решать проблему его транспортировки. Возможно, появятся теплоизолированные трубы, несущие жидкий водород при температуре ниже 20 К (точка кипения водорода). В их термоизоляции могли бы расположиться электрические кабели из диборида магния. Хотя сегодня такой проект смахивает на научную фантастику, не исключено, что в будущем он будет серьезно изучен.

Главная причина удивительно высокой критической температуры диборида магния – сильное взаимодействие электронов с определенными модами колебаний решетки, обусловленное структурой соединения и типом его связей.

Атомы бора в MgB_2 образуют шестиугольную сотовидную структуру *(обозначено красным на левом рисунке)*. Слои бора отделены друг от друга слоями атомов магния *(синий)*. Электроны, ответственные как за обычную электрическую проводимость, так и за сверхпроводимость, предоставляются атомами бора и участвуют в одном из двух типов связей *(см. правый рисунок)*. В пределах слоев бора располагаются сильные химические связи; между слоями они намного слабее.

На электроны проводимости, участвующие в планарных связях, очень сильно воздействуют продольные колебания атомов *(показано стрелками на рисунке слева)*. В результате возникает электронное состояние, обеспечивающее сверхпроводимость при более высоких температурах.

Изучение диборида магния помогло ученым ответить на интереснейший вопрос физики сверхпроводников: может ли сформироваться состояние сверхпроводимости из двух различных подсистем куперовских пар? Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что в MgB_2 все так и обстоит: новый сверхпроводник стал первым красноречивым примером такого явления.



После открытия первого высокотемпературного сверхпроводника исследователи нашли множество сверхпроводящих сложных оксидов меди. Однако до сих пор не было открыто никаких низкотемпературных сверхпроводников с аномально высокой критической температурой, кроме диборида магния. Обнаружение высокотемпературной сверхпроводимости сложных оксидов меди напоминает открытие нового неисследованного континента, а выявление сверхпроводимости MgB_2 больше похоже на открытие отдаленного острова в хорошо исследованном архипелаге. Станет ли диборид магния последним звеном в цепи традиционных сверхпроводников или нас еще ждут удивительные открытия – покажет время. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Superconductivity at 39 K in Magnesium Diboride. Jun Nagamatsu et al. in Nature, Vol. 410, pages 63–64; March 1, 2001.
- Magnesium Diboride: One Year On. Paul C. Canfi eld and Sergey L. Bud'ko in Physics World, Vol. 15, No. 1, pages 29–34; January 2002.
- Energy for the City of the Future. Paul M. Grant in Industrial Physicist, Vol. 8, No. 1, pages 22–25; February/March 2002. Available at **www.aip.org/tip/INPHFA/vol-8/iss-1/p22.pdf**
- Magnesium Diboride: Better Late than Never. Paul C. Canfi eld and George W. Crabtree in Physics Today, Vol. 56, No. 3, pages 34–40; March 2003.
- Superconductivity in MgB_2: Electrons, Phonons and Vortices. Edited by Wai Kwok, George W. Crabtree, Sergey L. Bud'ko and Paul C. Canfi eld. Physica C, Vol. 385, Nos. 1–2; March 2003.

LUCY READING-IKKANDA



Улитка-конус впрыскивает яд в организм жертвы через хоботок, заканчивающийся «гарпуном».

Гэри Стикс

ТОКСИН-АНАЛЬГЕТИК

Много лет ученые обещают, что вскоре появятся лекарственные препараты, «поставщиками» которых будут обитатели моря. И вот наконец получено разрешение к применению синтетического аналога токсина, вырабатываемого морской улиткой.

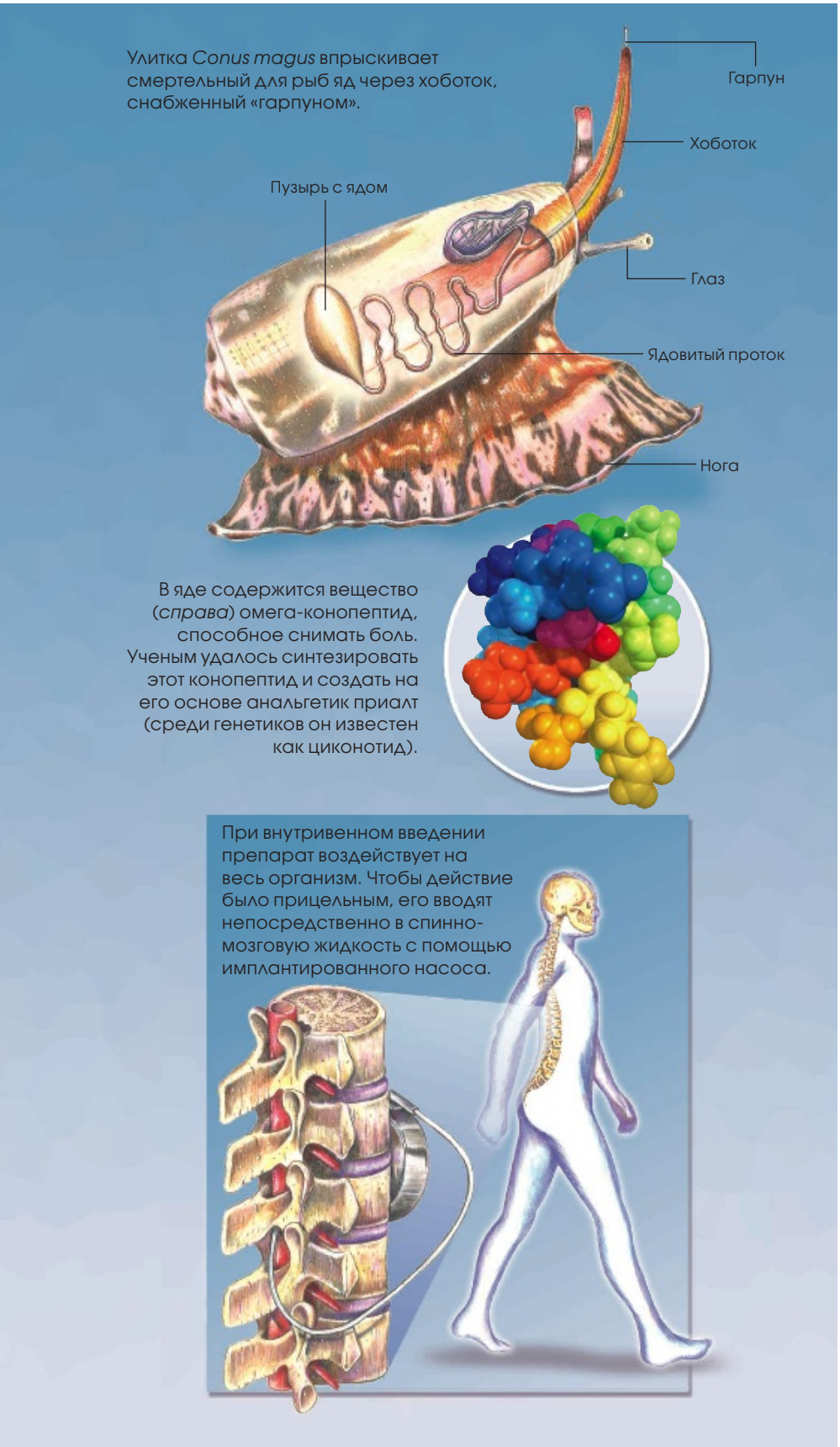
Последние полтора года принесли немалые прибыли специалистам в области гипноза, иглоукалывания и йоги. За помощью к ним обращаются люди, страдающие нестихающими болями, на которых обрушился поток отрицательных отзывов о таких анальгетиках, как виокс, целебрекс, алев и т.д.

Однако для тех, кто предпочитает медицину медитации, не все потеряно. В декабре 2004 г. появились два новых препарата, которые предназначены для лечения одной из форм болей, устойчивой к противовоспалительным средствам и опиатам, основным классам анальгетиков. Медицинский мир встретил их появление с энтузиазмом. «Это какое-то недоразумение, что до сих пор мы применяем в качестве обезболивающих опиаты и аспиринсодержащие вещества, – заявляет Эдвин Макклески (Edwin McCleskey) из Медицинского центра Мичиганского университета. – Ведь опиатам уже более 2 тыс. лет, а аспирину – почти 200!»

Неутихающую боль часто пытаются унять с помощью лекарств, изначально предназначенных для других целей. Так, прегабалин, выпускаемый фирмой *Pfizer*, получил одобрение *FDA* как средство для лечения невралгических заболеваний, возникающих при диабете и опоясывающем лишае. Он относится к классу противосудорожных средств и используется для временного облегчения состояния больных. *Pfizer* заплатил штраф в размере $430 млн. за то, что его филиал *Warner-Lambert* нелегально продвигал на рынок противоэпилептический препарат неуронтин для устранения невралгических болей еще до того, как сама фирма в 2000 г. получила разрешение на его применение.

Другой препарат, приалт (циконотид) фирмы *Elan*, одобренный к применению в декабре прошлого года, не обладает столь широким спектром действия. Это анальгетик, который нужно вводить в спинномозговую жидкость с помощью имплантированного насоса или наружного катетера. Такой метод обычно используется как крайнее средство для введения морфия больным СПИДом или онкологическим больным на терминальной стадии. Фармакологи и невропатологи считают приалт более перспективным анальгетиком, чем прегабалин. «Это первое лекарство, исходно предназначенное для обезболивания. Именно в таком качестве оно прошло испытания на животных и лишь потом на людях. В отличие от него, остальные обезболивающие изначально применялись для лечения других патологий и лишь после обнаружения у них анальгетических свойств испытывались

BRUNO GAGET



на животных», – замечает Аллан Басбаум (Allan I. Basbaum), профессор анатомии Калифорнийского университета в Сан-Франциско.

Приалт – это синтетическая копия яда, вырабатываемого улиткой *Conus magus*, обитающей в Индо-Тихоокеанском регионе. Его история началась в 1970 г., когда Бальдомеро Оливера (Baldomero Olivera) из Стэнфордского университета вернулся на родину в Филиппины с тем, чтобы основать там лабораторию. В Стэнфорде он участвовал в выделении и очистке ДНК-лигазы (фермента, сшивающего фрагменты ДНК). Ученый хотел продолжить исследования фермента на родине, однако в отсутствие средств и необходимого оборудования ему это не удалось. Хобби Оливеры было коллекционирование ракушек. Однажды ему пришла в голову мысль, что ядовитые улитки-конусы, которые в изобилии водятся у берегов Филиппин, могут вырабатывать вещества, способные блокировать ионные каналы в мембранах нервных волокон (известно, что подобным действием обладают токсины, с помощью которых умерщвляют жертву иглобрюх и один из видов тайваньских змей).

В 1978 г., спустя несколько лет после возвращения Оливеры в Америку, Крейг Кларк (Craig Clark), 19-летний студент из лаборатории Оливеры, тоже заинтересовался токсином улиток. Он решил проверить, что случится, если всего один или несколько из 100 пептидов, входящих в состав смертоносного яда *Conus geographus*, ввести мышам непосредственно в мозг, а не в брюшную полость, как это делали вначале. Ко всеобщему удивлению, пептиды по-разному воздействовали на грызунов: одни вызывали сонливое состояние, от других мыши непрестанно чесались.

Как показали исследования, сами конусы, а также вырабатываемые ими токсины чрезвычайно разнообразны. 500 видов улиток син-

LUCY READING-IKKANDA; KEN EWARD (*inset, middle*)

тезируют по крайней мере 50 тыс. токсичных пептидов. (Для сравнения: во всем мире известно не более 10 тыс. растительных алкалоидов.) Оливеру заинтересовал вопрос: как могло возникнуть такое разнообразие за относительно короткий период времени – 50 млн. лет? Кроме того, он решил выяснить, можно ли использовать токсины моллюсков как инструмент для изучения работы нервной системы и могут ли они пригодиться в медицине. «Ведь улитки – это настоящие природные нейрофармакологи», – отметил он.

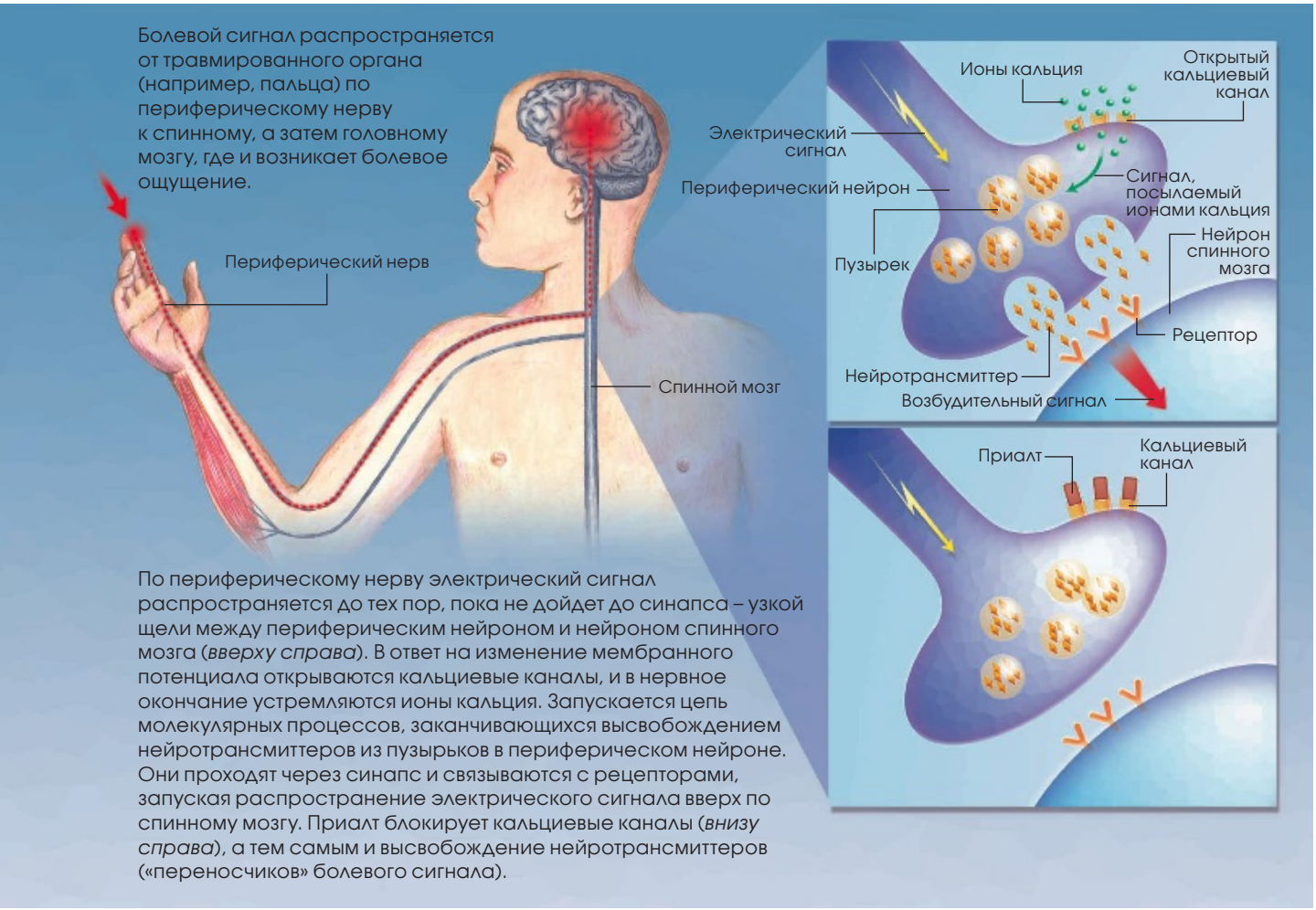
В поисках яда

Работы Оливеры привлекли внимание Джорджа Мильянича (George Miljanich), биохимика из Южно-Калифорнийского университета. Он занимался изучением процесса передачи нервных импульсов через синапсы, узкие щели между нейронами, а также участвовал в работах по идентификации и классификации разных типов кальциевых ионных каналов, которые опосредуют передачу химических сигналов в нервной системе. Мильянич получил грант от национальных институтов здравоохранения, намереваясь использовать в качестве инструмента в своих исследованиях токсины улиток-конусов. Однако, несмотря на все усилия ученых из лаборатории Оливеры, им удалось получить лишь каплю драгоценного яда. В 1988 г. Мильянич с радостью принял предложение о сотрудничестве от компании *Neurex*, созданной в 1986 г. профессорами из Стэнфорда. Ученые занимались исследованиями на стыке биотехнологии и нейробиологии и пригласили на работу высококлассного химика, специалиста по пептидам.

Мильянич уговорил коллег из исследовательского отдела *Neurex* взяться за трудную задачу – синтез омега-конопептидов, токсинов, блокирующих некоторые кальциевые каналы. В норме эти каналы отвечают за изменение потенциала клеточных мембран. Через них в клетку втекают ионы кальция, что обеспечивает передачу химического сигнала через синапсы. Некоторые из омега-конопептидов (токсичных для рыб, но не для человека) были получены в небольших количествах от *C. magus*. За короткое время химики-синтетики из *Neurex* научились получать искусственные омега-конопептиды в граммовых количествах. К этому моменту Мильянич составил список с перечислением возможных сфер применения особенно интересного конопептида, впервые выделенного в лаборатории Оливеры. Вначале обезболивание стояло в списке не на первом месте, но это длилось недолго. Надежды, возлагавшиеся на самый многообещающий омега-конотоксин *SNX-111* (позже получивший название приалт) как на противоэпилептическое вещество, рухнули, как только ученые перешли от опытов *in vitro* к испытаниям на мышах: вещество вызывало у животных тремор. Следующим в списке значилось внутривенное введение препарата с целью защиты клеток мозга от повреждений в условиях дефицита кислорода при черепно-мозговой травме или инсульте.

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ИЗ ЯДА УЛИТКИ

Компания	Препарат	Фаза клинических испытаний	Мишень	Вид улитки
Cognetix Солт-Лейк-Сити, США	*CGX-1160* Снимает хроническую боль	Рак – фаза I Повреждение спинного мозга – фаза II	Рецептор нейротензина	*Conus geographus* (яд смертелен для рыб)
Cognetix Дублин, Ирландия	Приалт (циконотид)	Получил разрешение на применение в США и Европе	Потенциал-зависимые кальциевые каналы	*C. magus* (яд смертелен для рыб)
Metabolic Pharma-ceuticals Мельбурн, Австралия	*ACV1* Снимает неврологические боли и ускоряет излечение при повреждении нейронов	Должен пройти клинические испытания	Рецептор никотина/ ацетилхолина	*C. victoriae* (яд смертелен для моллюсков)
Xenome Брисбен, Австралия	*Xen 2174* Уменьшает хроническую боль	Фаза I	Переносчик норадреналина (удаляет нейротрансмиттеры норадреналина из синапсов)	*C. marmoreus* (яд смертелен для моллюсков)
	TIA Лечение гиперплазии простаты на ранних стадиях и сердечно-сосудистых заболеваний	Должен пройти клинические испытания	Альфа-1-адренергический рецептор	*C. tulipa* (яд смертелен для рыб)



По периферическому нерву электрический сигнал распространяется до тех пор, пока не дойдет до синапса – узкой щели между периферическим нейроном и нейроном спинного мозга (*вверху справа*). В ответ на изменение мембранного потенциала открываются кальциевые каналы, и в нервное окончание устремляются ионы кальция. Запускается цепь молекулярных процессов, заканчивающихся высвобождением нейротрансмиттеров из пузырьков в периферическом нейроне. Они проходят через синапс и связываются с рецепторами, запуская распространение электрического сигнала вверх по спинному мозгу. Приалт блокирует кальциевые каналы (*внизу справа*), а тем самым и высвобождение нейротрансмиттеров («переносчиков» болевого сигнала).

Испытания начались в 1993 г., однако были временно приостановлены *FDA*, когда обнаружилось, что препарат вызывает гипотонию.

Находясь на грани банкротства, *Neurex* стала готовиться к клиническим испытаниям *SNX-111* как сильного болеутоляющего средства. Вдохновляло то, что морфин среди прочего блокирует один из типов кальциевых каналов (каналов *N*-типа). Электрофизиологические исследования и тестирование с использованием радиоактивной метки показали, что *SNX-111* избирательно связывается с указанными каналами, блокирует их открывание и приток ионов кальция. В результате подавляется передача сигналов в спинной, а затем головной мозг, где и возникают болевые ощущения. Исследования на животных показали, что *SNX-111* оказывает действие в дозах, в тысячи раз меньших, чем опиаты, при этом к нему не возникает привыкания и он не вызывает зависимости.

Дар природы

В 1995 г. *Neurex* начала клинические испытания *SNX-111* на пациентах, страдающих сильными нестихающими болями, которые не проходили при внутримозговом введении опиатов с помощью имплантированного насоса. Аналогичный способ был использован для введения препарата синтетического пептида только пациентам, находящимся на терминальной стадии болезни. Круг испытуемых ограничивался именно такими больными, поскольку было известно о наличии у *SNX-111* опасных побочных эффектов. Препарат был точной копией пептида, вырабатываемого улиткой. «Протестировав сотни аналогов, мы в конце концов вернулись к тому, что было создано природой», – заметил Мильянич.

Вскоре выяснилось, что для испытаний неверно подобрана дозировка. У некоторых пациентов возникали серьезные побочные эффекты: от нарушения координации до слуховых и зрительных галлюцинаций. С уменьшением дозы побочное действие становилось менее выраженными, но это происходило не всегда. Так, бред иногда удавалось устранить только после электрошоковой терапии. Одобрив препарат к применению в экстренных случаях, *FDA* потребовала, чтобы при этом проводился мониторинг нервно-психического статуса больных.

LUCY READING-IKKANDA

В 1998 г. фармацевтическая фирма *Elan* предложила *Neurex* продать контрольный пакет акций и сразу получила согласие. Несмотря на то что результаты двух последних стадий клинических испытаний показали несомненную действенность *SNX-111*, руководство *Neurex* понимало, что *FDA* может потребовать дальнейших проверок, поскольку в «анамнезе» препарата значились побочные эффекты. Кроме того, испытания *SNX-111* как протектора клеток мозга при травмах были приостановлены до 2000 г.

SNX-111, получивший теперь название «приалт», с успехом прошел еще один раунд клинических испытаний и в декабре 2004 г. был одобрен к применению как препарат для снятия непрекращающихся болей, не поддающихся действию никаких других анальгетиков. Он был с энтузиазмом встречен врачами, которым приходится иметь дело с пациентами, испытывающими сильнейшие боли. «Приалт помогает отчаявшимся людям, испробовавшим все, что только возможно», – говорит Майкл Лионг (Michael Leong), врач, курировавший клинические испытания.

Приалт – это последняя разработка *Elan* в сфере создания лекарств на основе пептидов, вырабатываемых моллюсками. Компания не смогла сохранить научную базу, унаследованную от *Neurex*, которая позволила бы продолжить исследования. А между тем резервы улитки-конуса как искуснейшего природного химика использованы далеко не до конца. В 1999 г. в солидном научном журнале *Proceedings of the National Academy of Science USA* появилась статья биологов из Гарвардского университета, которые обнаружили, что у двух видов конусов имеются токсиновые гены, изменяющиеся в ходе эволюции со скоростью, недостижимой ни для каких других генов у любых других организмов. Изменения служили способом приспособления к умерщвлению новых видов жертв улиток – обитателей тропических рифов.

Этим фактом заинтересовались руководители сразу нескольких компаний. Прежде всего Оливера – отец-основатель новой области биомедицины, а теперь руководитель компании *Cognetix* в Солт-Лейк-Сити. Интерес проявили и биотехнологические фирмы из Австралии, *Xenome* и *Metabolic Pharmaceuticals*. Они начали исследование пептидов, вырабатываемых улитками, которые можно использовать как основу для создания препаратов, снимающих хроническую боль.

Однако возросший спрос на улиток-конусов встревожил жителей тех стран, у берегов которых обитают эти животные. В филиппинских газетах стали появляться статьи, посвященные вопросам их незаконного вылова. А в 2003 г. в *Science* была опубликована заметка американских ученых, где говорилось о том, какую угрозу представляют улиткам-конусам загрязнение среды их обитания, изменение климатических условий, заселение прибрежных территорий и т.д. По оценкам авторов статьи, ежегодно США могут отлавливать в исследовательских целях до сотен тысяч улиток. Впрочем, для научных целей вполне достаточно изымать из популяции 5 тыс. экземпляров в год. Одна лаборатория даже содержит ферму для выращивания улиток, ученые извлекают из них яд без умерщвления животных.

Еще одну опасность представляет использование яда улиток для изготовления биологического оружия. Со времени, прошедшего с 11 сентября 2001 г., исследователям, имеющим дело с токсинами улиток, стало ясно, что нужно серьезно ужесточить правила работы с ними, хотя не все улитки вырабатывают яд, смертельный для человека. «Мы все время опасались, что нарушаем какие-то правила, которых сами не знаем», – отмечает Оливера. И основания для таких опасений были. Небольшой размер пептидов, входящих в состав ядов, делал их очень привлекательными для желающих синтезировать ядовитые молекулы и использовать их в качестве биологического оружия. Еще до того, как по указанию президента Бориса Ельцина в России в 1992 г. была свернута программа по созданию биологического оружия, ученые, работавшие в закрытых центрах, пытались встроить ген пептида *C. geographus,* опасного для человека, в геном вируса оспы. Получить смертоносный гибрид тогда, к счастью, не удалось – не хватило времени. «Эту проблему можно было решить», – говорит Сергей Попов, один из бывших руководителей проекта по созданию биологического оружия, а ныне – профессор биологии Университета Джорджа Мейсона.

Гены токсинов, вырабатываемых улитками-конусами, стали рекордсменами по скорости эволюции.



Легенды об улитке-конусе, скромном моллюске, поднявшемся на вершину морской пищевой пирамиды, по-прежнему будоражат воображение людей. В 1998 г. один выдающийся политический деятель Таиланда написал под псевдонимом Пол Адирекс (Paul Adirex) книгу «Эффект Кинг-Конга». Речь в ней шла о заговоре против президента Америки, которого намеревались отравить ядом улитки-конуса. Биологам нет дела до подобных фантазий. Их занимают реальные 50 тыс. пептидов, вырабатываемых улитками. Изучение этого чуда эволюции займет еще десятки лет. ■

LUCY READING-IKKANDA


100
ПОДДЕЛКА
БИЛЕТОВ
БАНКА РОССИИ
ПРЕСЛЕДУЕТСЯ
ПО ЗАКОНУ

богач–бедняк

По материалам беседы с Алексеем Шевяковым

Новые статистические методы обработки данных бюджетных исследований более совершенны и позволяют получить более точные оценки неравенства, бедности и уровня жизни.

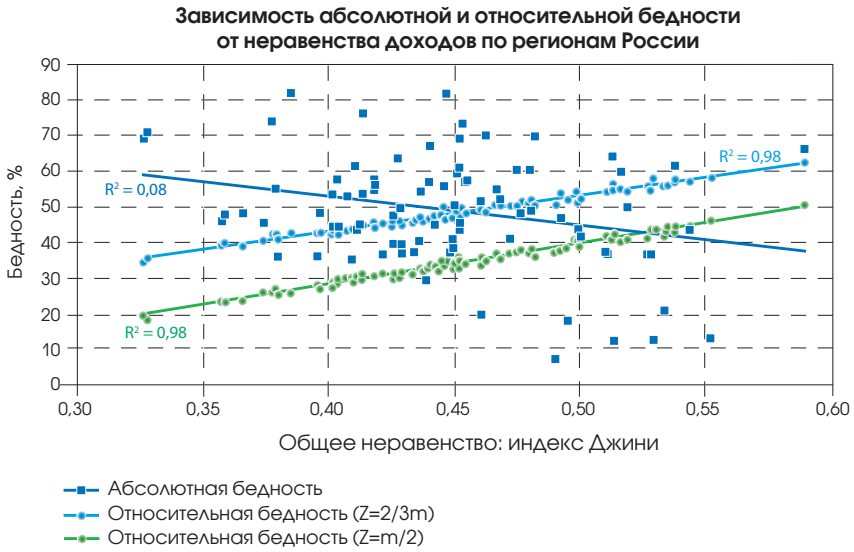
Невероятно, но факт – обладая колоссальными природными и человеческими ресурсами, Россия остается одной из самых бедных стран Европы. Человеческая нужда стала столь вопиющей, что президент провозгласил одной из приоритетных государственных задач борьбу с бедностью. Очевидно, что проблема неравенства в нашей стране давно уже вышла за рамки чисто экономического фактора и приобрела серьезный социально-политический аспект. Какие процессы привели к подобному расслоению общества? Каковы его последствия и существуют ли пути выхода из сложившейся ситуации? На эти животрепещущие вопросы современности мы попросили ответить доктора экономических наук, директора Института социально-экономических проблем народонаселения РАН Алексея Юрьевича Шевякова.

Что такое бедность?

Официально бедными называют граждан, получающих доходы ниже фиксируемого государственными органами прожиточного минимума, причем для каждого региона имеются свои цифры. Такая бедность называется абсолютной. В развитых странах бедность измеряется относительно среднего уровня доходов населения – бедными считаются те, чей доход ниже половины или даже двух третей среднего дохода. Такая бедность называется относительной. Контраст между этими двумя показателями в нашей стране поразителен (*см. рис. на стр. 74*). Относительная бедность в регионах России тем выше, чем выше валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения. Относительный дефицит доходов тоже возрастает с ростом ВРП, хотя и медленнее. Это говорит о наличии избыточного неравенства, выражающегося в чрезмерной концентрации и поляризации доходов, в том числе и в богатых регионах. Так, в Москве, где концентрация доходов наиболее высока, при абсолютном исчислении бедности малоимущие составляют 12,9% населения, а при относительном – 57,7%! Что же касается регионов, то показатели абсолютной бедности здесь колеблются от 12 до 90%.

В тисках дефицита

Важнейшим фактором, определяющим бедность, считается зарплата. В общем показателе бедности доля ее дефицита составляет более 40%. Около 30–35% дефицита доходов связаны с отсутствием благоприятной среды для частного бизнеса и мелкого предпринимательства. И только порядка 15–18% приходится на социальные трансферты – пенсии, пособия, различные фонды и т.п. Поэтому для борьбы



с нищетой важна прежде всего реформа заработной платы. Анализ оплаты труда в различных отраслях экономики показывает, что диспропорции крайне велики. По данным на 2004 г., зарплату ниже прожиточного минимума получают примерно 30% работающих граждан. В социальной сфере, науке, образовании, культуре этот показатель составляет около 50–60%. А в сельском хозяйстве – 80%. Между тем, зарплата половины работников топливной промышленности в 20 раз превышает прожиточный минимум, а оклад трети банковских служащих выше минимального в 26 раз. Таким образом, в целом по российской экономике зарплата 10% наиболее высокооплачиваемых работников в 28 раз превышает те средства, которые получают 10% самых низкооплачиваемых.



Правительство неоднократно с удовлетворением докладывало, что доходы населения возросли на 20%. Это прекрасно. Но никто не говорит о том, что прибыли богатых при этом возросли на 60%, а бедных – всего на 5%.

Таким образом, почти половина работающего населения фактически поставлена на грань выживания. Причем речь идет прежде всего о сферах социально-общественной системы, определяющих стратегические, фундаментальные направления развития общества, процветание которых должно быть основной прерогативой власти и государства.

Кто виноват?

Что же привело к столь вопиющему обнищанию народа? С одной стороны, это некорректная приватизация, позволившая определенной части населения за минимальную цену приобрести значительную собственность. С другой стороны, мы на протяжении десятилетий бездумно расточали и природные ресурсы, и человеческий капитал – и продолжаем поступать так до сих пор. В результате, теоретически обладая колоссальным богатством на душу населения, наши сограждане имеют уровень жизни в разы ниже, чем в других странах.

Но важнее всего то, что в нашей стране абсолютно отсутствуют адекватные механизмы перераспределения доходов. Государство совершенно устранилось от целенаправленного формирования соответствующих институтов, считая, что с ростом ВВП проблемы решатся автоматически. Россия настойчиво пытается перенять европейский и американский опыт строительства рыночной экономики, но совершенно не видит и не использует достижения развитых стран в области регулирования распределительных отношений. Более того, создается впечатление, что действия государства в данной области направлены на защиту чьих угодно интересов, кроме обездоленного большинства. Так, основным аргументом введения плоской шкалы налогообложения стало отнюдь не формирование социально ориентированной и справедливой системы взимания налогов, а удобство их сбора и возможное увеличение собираемости. Но и прогрессивная шкала была неэффективна, поскольку прогрессия начиналась с годового дохода, составляющего менее $1000. Между тем доходы ниже прожиточного уровня вообще не должны облагаться налогом. В противном случае не стоит и говорить о заботе о малоимущих и возрождении среднего класса.

Проще всего, конечно, обвинить в обнищании населения олигархов.

Однако вряд ли правомочно (хотя

Проще всего, конечно, обвинить в обнищании населения олигархов.

и соблазнительно) предъявлять претензии к бизнесу, поскольку он оптимизирует свою деятельность в тех условиях, которые создало государство. Кстати, серьезные предприниматели уже приходят к пониманию того, что поголовная бедность наносит вред национальной экономике и самому бизнесу, поскольку потребительская способность подавляющего большинства сведена к минимуму.

Доходный вектор

Дикий этап неуправляемого формирования распределительных механизмов привел к кардинальным деформациям системы распределения доходов. Если условно принять прирост валового регионального продукта на душу населения за 100 рублей, то бедные получают 5 рублей, а богатые – 200 рублей, то есть состоятельные люди получают в 40 раз больше неимущих (*см. рис. внизу*). Аналогичные цифры получаются при анализе результатов внешнеэкономической деятельности и торговли всеми видами ресурсов: при распределении доходов богатые получают в 36–38 раз больше, чем бедные. Именно в такой пропорции делятся все средства, полученные от экономической деятельности в нашей стране.

Россия очень неоднородна и экономически, и географически, и культурно, поэтому и доходы регионов распределяются неравномерно. В нашей стране представлен весь спектр показателей экономического неравенства, начиная с уровня африканских и латиноамериканских стран и кончая почти европейским (*см. рис. на стр. 77*). «Почти» – потому что даже Москва еще далека от европейских показателей. При этом по валовому региональному продукту на душу населения регионы различаются более чем в 20 раз, а по уровню жизни – в 10 раз. Кроме того, богатство регионов на 82% определяется доходами от внешнеторговой деятельности, т.е. Тюмень, допустим, стоит на порядок выше, чем центральная Сибирь.

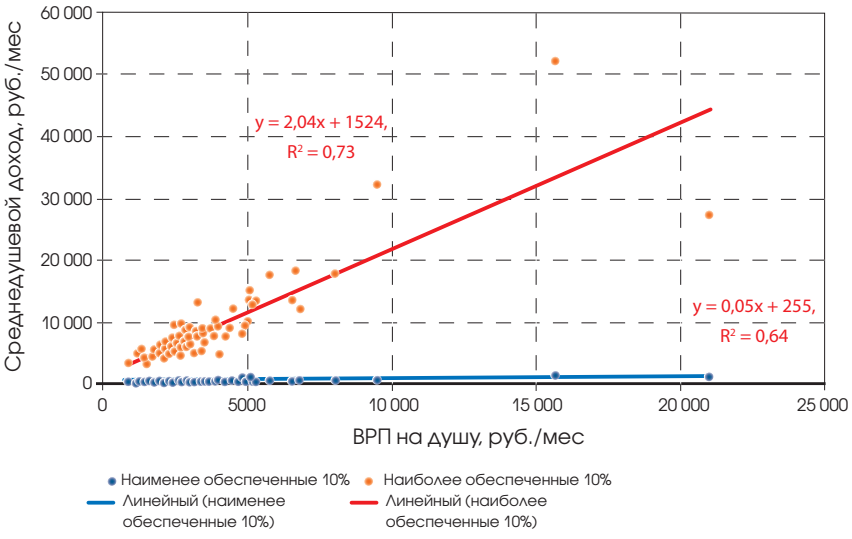
Компоненты неравенства

Бедность – очень болезненная тема. Левые, как правило, требуют «шариковской» уравниловки – дескать, взять все, да и поделить. Правые убеждены, что высокий уровень неравенства стимулирует экономический рост. Однако и те и другие не правы. Дело в том, что понятие неравенства имеет глубокие и сложные внутренние взаимосвязи, в которые экономисты и политики, как правило, не вникают.

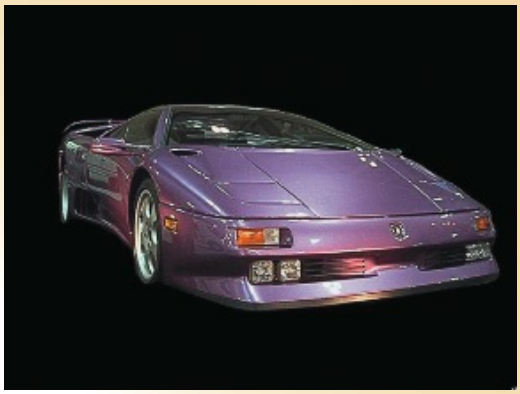


В начале прошлого века американский экономист Саймон Кузнец высказал предположение, что по мере экономического роста неравенство должно углубляться, постепенно достигая некоторого уровня насыщения. Однако исторический опыт показывает, что для некоторых стран такое утверждение верно, а для некоторых – нет, поэтому четкой закономерности не было выявлено. В разных государствах и даже в разных регионах одной страны одинаковый уровень неравенства может быть обусловлен действием принципиально различных механизмов. Однозначной связи между неравенством и экономическим ростом не существует. Но если разложить его на две составляющие – нормальную и избыточную, которая определяется бедностью, – картина проясняется, и обнаруживаются

Для того чтобы понять, к чему привел этот дикий этап неуправляемого формирования распределительных механизмов и институтов, посмотрим, как распределяется экономический эффект, который мы получаем от экономического роста по группам населения с различными уровнями доходов в региональном разрезе. Так вот, если мы проанализируем, какие приросты доходов получают бедные и богатые на 100 рублей прироста валового регионального продукта (ВРП) в расчете на душу населения, то мы увидим совершенно удручающую картину. Бедные получают прирост на 5 рублей, а богатые — на 200 рублей, т.е. разница между богатыми и бедными – 40 раз.



ВЛАДЕЛЕЦ ЗАВОДОВ, ГАЗЕТ, ПАРОХОДОВ...



Осенью в Москве произошел курьезный случай. Где-то в районе Кутузовского проспекта разбился *Lamborghini* – очень дорогая машина стоимостью в несколько сот тысяч долларов. Несколько дней все столичные СМИ бурно обсуждали, кому она может принадлежать. Наконец выяснилось, что автомобиль зарегистрирован на имя какой-то бедной старушки, более того, она же оказалась владелицей еще десятка столь же дорогих машин. Теперь представьте себе, что в аварии с участием подобной машины погиб человек. Ответственным лицом, которое должно понести наказание, возместить ущерб и т.д., оказывается старушка. А с нее нечего взять, поскольку у нее пенсия 500 рублей. Между тем собственность подразумевает ответственность за нее. Кроме того, дорогое имущество во всем мире облагается высокими налогами. Очевидно, что старая женщина в данном случае стала всего лишь подставным лицом, ширмой, за которой некто скрывается от налоговых органов. В Европе или США подобная ситуация невозможна, а у нас такое происходит сплошь и рядом.

Другой пример. Во всех развитых странах уровень налогообложения собственности, будь то квартира, пароход или земля, составляет в среднем 0,5–1,5% их рыночной стоимости. У нас же, если квартира стоит, допустим, $100 тыс., то налог не превышает нескольких тысячных процента. Пользуясь этим, состоятельные люди скупают квартиры, вкладывая средства в недвижимость. При этом 50% приобретенных квартир пустует. В результате активный капитал выводится из оборота, поскольку люди считают, что простое вложение денег в недвижимость принесет им больше пользы, чем участие этих денег в экономическом процессе.

Причем законодательство в нашей стране таково, что богатый человек имеет право официально владеть десятком дорогих машин и квартир и при этом платить мизерный налог. Естественно, человек хочет минимизировать свои затраты и будет это делать, пока закон позволяет. Но если будет произведена переоценка стоимости недвижимости и государство начнет официально взимать налог в размере, допустим, полпроцента, пусть даже десятую часть процента рыночной стоимости, владелец вынужден будет платить, поскольку таково будет законодательство.

К такому же типу доходов относится рента с природных богатств. Но государство в свое время не смогло эффективно распорядиться общественным достоянием, в результате получилось, что оно принадлежит не всем, а определенным группам, которые получают колоссальные доходы, торгуя национальным достоянием.

Между тем установление налоговых механизмов подразумевает создание условий, при которых владелец обязан эффективно использовать свою собственность, будь то предприятие, земля или недвижимость. Но в России в ходе приватизации предприниматель за ничтожную сумму получал завод, который ему просто незачем было эксплуатировать: он терпеливо ждал, когда цена начнет расти, – и она росла в 2, в 3, в 4, в 10 раз. В результате владелец делал капитал просто на перепродаже собственности.

Что касается недвижимости, то существует еще один парадокс. Можно ли считать бедным человека, который получает социальное пособие и еле сводит концы с концами, но при этом обладает достаточно заметной собственностью, например, приватизированной квартирой стоимостью несколько десятков тысяч долларов, дачным участком? Люди эксплуатируют эту собственность, но официально считаются бедными и нагружают социальную сферу.







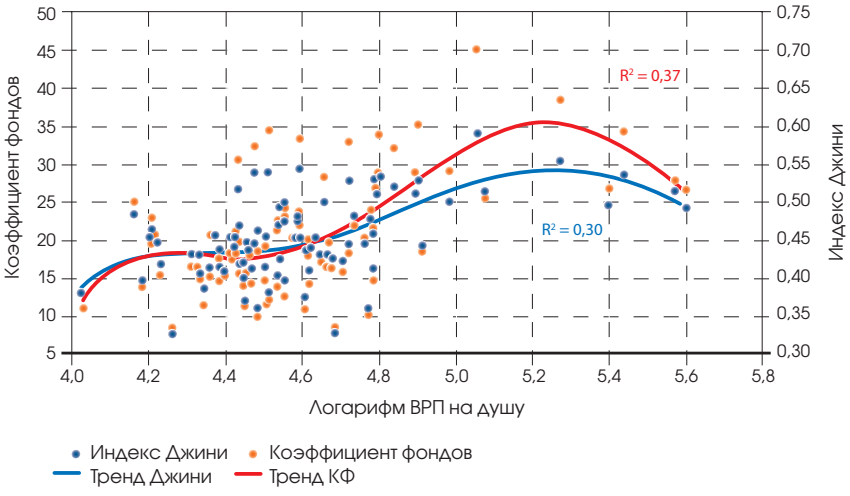
очень интересные зависимости. Общее неравенство, например, не ведет себя осмысленно и не демонстрирует никакой статистической связи с показателями экономического роста. Однако его компоненты – нормальное и избыточное неравенство – позволяют проследить четкие статистические соотношения с динамикой экономики. При этом нормальное неравенство положительно коррелирует с показателями экономического роста, а бедность и избыточное неравенство становятся его тормозом.

Правительственная доктрина, как это явствует из официальных заявлений, напрямую связывает вопросы ликвидации бедности с ростом ВВП. Однако реально ли обеспечить высокие показатели экономического роста при существующем расслоении общества, которое, по-видимому, будет только возрастать? Неравенство привело к тому, что население страны, по существу, распалось на две неравные части – с одной стороны, масса бедных и просто нищих людей, а с другой стороны – 10–12% богатых и состоятельных, которые фактически «страшно далеки от народа» и его проблем. Речь идет не только о вопиющем социальном неравенстве, но о разделении экономики на две составляющие: ту, что связана с экспортом сырья, и всю остальную ее часть, которая попросту деградирует. И ни о каком экономическом росте речи не будет до тех пор, пока не начнется реформирование и стимулирование именно этой, второй части экономики. Но даже если мы и сможем обеспечить декларируемые показатели роста ВВП, проблема бедности не решится автоматически. Как показывает опыт других развивающихся стран, никому не удается справиться с этой бедой без целенаправленных мер и реформ в области распределительных отношений.

Моральный аспект

Бедность страшна и многолика, она касается не только экономической и социальной сторон жизни общества, но и влияет на демографическое положение, калечит души, способствует росту преступности. Бедный человек не может ощущать себя полноправным и полноценным членом общества. А когда подобное самоощущение характерно для миллионов людей, проблема перерастает рамки личной трагедии и превращается в национальную катастрофу. Вероятно, ранняя смертность среди мужчин в значительной степени связана с тем, что люди, находящиеся в расцвете лет и сил, не имеют возможности себя реализовать, прокормить семью, дать образование детям, обеспечить себе достойную старость. Будучи не в силах жить, они умирают. Эта взаимосвязь стала столь очевидной в связи с недавно проведенным исследованием, которое показало тесную связь между избыточным неравенством и уровнем рождаемости и смертности населения: например, с лагом в один

Коэффициенты фондов и индексы Джини по регионам России в зависимости от валового регионального продукта (ВРП) на душу населения



Если говорить об общем показателе неравенства и как он варьируется по всем регионам, то мы пробегаем спектр практически всех стран, начиная с уровня африканских и латиноамериканских.

год кривая рождаемости повторяет кривую бедности (*см. рис. внизу*). Так экономические процессы получают социальное преломление.

Порочный круг

Даже в том случае, если страна будет развиваться теми же темпами, что и сейчас, то лишь через семь лет мы сможем сократить бедность вдвое. При этом, учитывая неравномерность развития регионов, в целом по стране она сохранится для некоторых регионов на уровне 60% всего населения. То есть тот экономический стимул, который закладывался в новую стратегию развития государства, не только не будет работать, но и усугубит ситуацию. Во-первых, дешевый труд не бывает качественным. При нынешнем уровне зарплат, скажем, в сфере образования, мы не можем рассчитывать на высокое качество преподавания в учебных заведениях, что, соответственно, влияет на степень подготовки выпускников школ и вузов – будущих специалистов в самых разных областях, которые в ближайшем будущем займут место во всех структурах национального хозяйства. Таким образом, экономика в том виде, в какой она сегодня существует, фактически рубит сук, на котором сидит.

Во-вторых, бедная часть населения по сути исключается из хозяйственного механизма страны, не стимулирует экономику. В то же время спрос богатых ориентирован в основном на импорт и тоже не стимулирует отечественную промышленность. В-третьих, богатые люди почти треть своих средств вкладывают в приобретение недвижимости, собственности, которая не играет активной роли в экономике и, по сути, тоже исключена из нее.

Таким образом, мы пришли к выводу, что корень глубоких деформаций и противоречий лежит в неправильной системе распределительных отношений. Любимая народом забава под названием «экспроприация экспроприаторов» ничего не даст, поскольку при существующих распределительных механизмах мы очень быстро вернемся к тем же проблемам – и так будет продолжаться до тех пор, пока уже нечего станет делить. Европа и Америка долгим историческим путем пришли к весьма эффективной системе распределения и контроля доходов. Мы, однако, отчего-то не торопимся перенять их опыт.

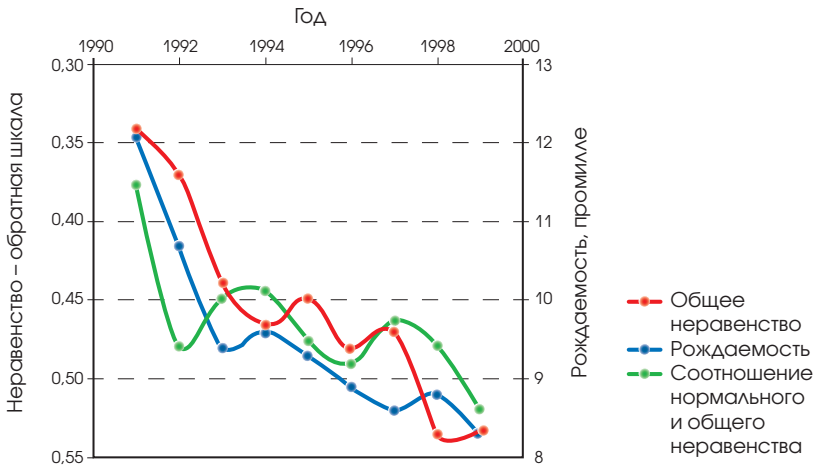
> При нынешнем уровне зарплат в сфере образования трудно рассчитывать на высокое качество преподавания.

А что в других странах?

Как же распределяются доходы в развитых странах? Если говорить о показателях дифференциации между бедными и богатыми, то они колеблются от 12–14 пунктов (в США) и ниже. Для стран с протестантской этикой характерны еще меньшие показатели: 6–7. В Финляндии социально приемлемой нормой считается значение коэффициента дифференциации на уровне 3. Напомним, что в России, по нашим расчетам, соотношение составляет 30 к одному, и изменение его на 20 к одному было бы уже колоссальным сдвигом.

Удивительно, что разрыв между богатыми и бедными невелик даже в тех странах, которые не имеют никаких ресурсов, – в Японии, скандинавских государствах. Но их экономические и распределительные механизмы настолько совершенны, что обеспечивают всем гражданам достойное существование.

Кстати, удельный вес налогов с недвижимости во всех развитых странах больше, чем тот, что можно получить с текущих доходов –



Связь динамики рождаемости с динамикой общего неравенства и соотношение нормального неравенства с общим неравенством: Общее неравенство (*красная линия*) — это индекс Джини неравенства денежных доходов, который с некоторыми колебаниями возрастает. Соотношение нормального неравенства (индекса Джини неравенства денежных доходов, когда доходы всех бедных повышены до прожиточного минимума) с общим неравенством нормировано так, чтобы оно было сопоставимо с коэффициентами рождаемости, и его значения соответствуют правой шкале, так что оно убывает и значения коэффициентов рождаемости снижаются по мере его убывания.

с зарплаты, с продаж и др. У нас же основную тяжесть налогового бремени несут рядовые работающие люди и наиболее активная часть экономики. В результате владельцы колоссальной частной собственности не вносят в казну практически ничего, а предприятие, выпускающее, допустим, высокотехнологичную продукцию, платит столь дискриминационные налоги, что его деятельность оказывается невыгодной. Между тем в развитых странах подобные фирмы имеют налоговые льготы, а потому имеют возможность успешно развиваться, внедрять инновации и приносить реальную пользу государству. Например, капитализация финской фирмы *Nokia*, которая производит порядка 20% электроники для сотовых телефонов, в полтора раза больше, чем Газпрома, и в 2,5 больше, чем ЮКОСа. Причем Финляндия не имеет никаких ресурсов и расположена севернее нашей страны.

Между тем ничтожная капитализация самых крупных российских предприятий и концернов указывает на колоссальный недобор средств.

Что делать?

Как же разорвать порочный круг, не прибегая к революциям, экспроприациям и прочим социальным катаклизмам?

Если бы государству удалось ограничить темп роста доходов богатой части населения 10% в год, увеличив рост доходов бедных до 30–38%, то за 2,5–3 года уровень бедности снизился бы до 10%. То есть, по существу, нищета была бы уничтожена как социальное явление.

Для этого следует значительно – в 2–3 раза – повысить минимальную заработную плату, прежде всего в бюджетной сфере – за ней подтянутся все остальные. Если умело корректировать распределительные отношения, то такое повышение не приведет к гиперинфляции.



Таким образом, не уповая ни на дополнительные инвестиции, ни на помощь или кредиты других стран, не нарушая собственных рыночных механизмов, мы можем направить вектор распределения в нужном направлении. Причем речь идет не только о повышении зарплат, но о комплексном подходе. В частности, следует раскрепостить малый бизнес, что позволит ему быстро, легко и непринужденно откликнуться на тот дополнительный спрос, который возникнет после повышения доходов бедной части населения. Причем именно эта категория граждан станет основным потребителем продукции отечественной промышленности, что, в свою очередь, даст ей дополнительный стимул.

Третий момент – необходимо путем оптимизации налоговой системы заставить имеющуюся собственность работать и приносить доход. Ведь вопрос не в том, кому принадлежит завод или, допустим, прииск, а в том, как они эксплуатируются и какую прибыль получает общество.

Удивительно, что мы даже не можем толком сказать, чем и в каких размерах владеют люди. Наши исследования показывают, что дооценка здесь составляет 450% к официальным цифрам, а дифференциация зашкаливает за два порядка. Кроме всего прочего это свидетельствует о колоссальном недоборе налогов. Даже не перераспределяя собственность, оставаясь в рамках сложившейся системы и нормы налогообложения, можно было бы получать примерно на 150 млрд. руб. в год больше и из полученных средств финансировать бюджетную сферу. А если перейти на рентные платежи, поступления в бюджет были бы много больше.

Долой Плюшкина

Известный герой «Мертвых душ» Плюшкин, владея изрядным богатством, имел весьма жалкий вид, поскольку только обладал, но не эксплуатировал свое состояние. К сожалению, российская экономика сегодня напоминает этого малосимпатичного гоголевского персонажа. Однако, подводя итог вышесказанному, можно утверждать, что, используя рыночные, финансовые механизмы, вполне реально за несколько лет превратить «плюшкинское» хозяйство в эффективную и живую экономику. ■

Дарья Костикова

Редакция выражает благодарность за помощь в подготовке статьи А.Ю. Шевякову и передаче «Очевидное–невероятное» за предоставленные материалы.

сохранить наследие



Культурный ландшафт как объект наследия. – СПб.: Дмитрий Буланин, 2004. – 620 с.

Поколение ныне живущих несет ответственность за богатства, оставленные нашими ушедшими предками, и обязано сохранить их для потомков. Первым шагом на этом пути может стать исследование ландшафта как культурного целого. Предлагаемая книга систематизирует и выделяет наиболее характерные для России типы культурных ландшафтов: усадебный, монастырский, крестьянский и военный. Авторы выявляют роль гуманитарного фактора в их формировании и развитии, анализируют их отражение в фольклоре.

Грамотное использование пейзажа невозможно без надлежащего менеджмента. Данная проблема, давно изученная за рубежом, впервые рассматривается российскими исследователями. На примерах национальных парков «Угра» и «Веркола», а также усадьбы «Ясная поляна» показаны приемы научно обоснованного управления культурными объектами. Прекрасно иллюстрированная книга станет полезным пособием не только для специалистов, но и для краеведов, историков, фольклористов, архитекторов.

кто такие горгульи?

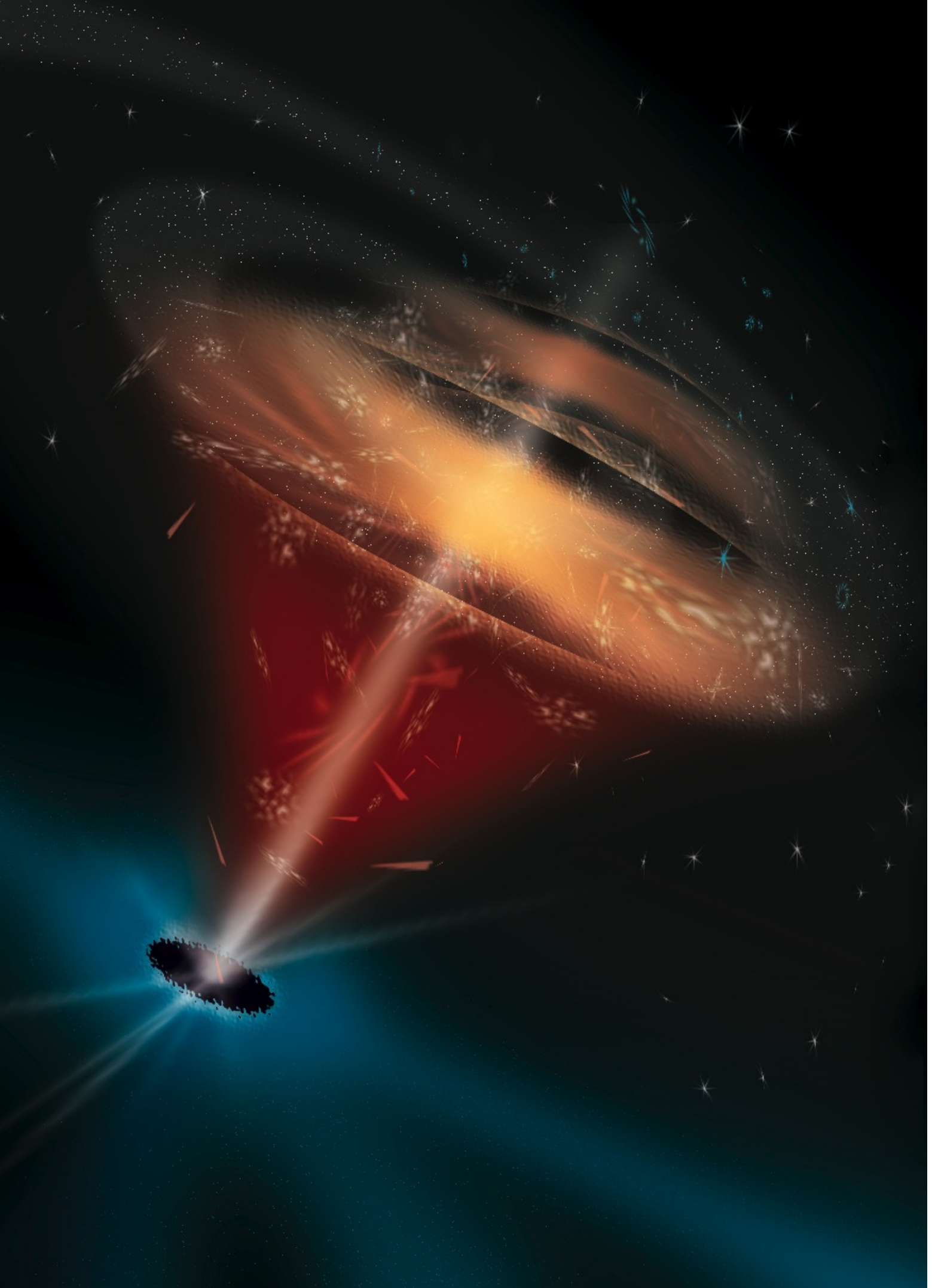
Выход в свет двух архитектурных энциклопедий подряд не случаен. Они восполняют обширную лакуну в истории культуры, освещая «жизнь и судьбу» выдающихся памятников зодчества. Каждый авторский коллектив представил собственную концепцию. Так, в книге «Архитектура» приведено более 800 статей, причем акцент сделан на архитектурных памятниках, шедеврах современных школ. Статьи содержат описание, краткую историю построек, сравнения особенностей определенных приемов строительства у разных народов, характеристики отдельных школ, влияния особенностей той или иной архитектуры на последующие поколения мастеров.

«Малая архитектурная энциклопедия» комментирует, прежде всего, те понятия, с которыми читатель сталкивается в путеводителях и исторической литературе. Издание содержит 1700 статей, в которых представлена как общая терминология, так и специфические понятия и определения, относящиеся к особенностям зодчества разных стран и времен, изобразительному и декоративному искусству, приводятся сведения об основных строительных материалах.

Обе книги сообщают также краткие биографические данные об известных архитекторах и содержат богатые иллюстрации. Справочники удачно дополняют друг друга и дают довольно полное представление об истории развития мировой архитектуры.



Архитектура. Краткий справочник / Гл. ред. М.В. Адамчик. – Минск: Харвест, 2004. – 624 с.
Малая архитектурная энциклопедия. – СПб.: Дмитрий Буланин, 2005. – 706 с.



рождение Вселенной

По материалам беседы с Андреем Линде

Казалось маловероятным, что эхо событий, происходивших в первые миллисекунды рождения Вселенной, может дойти до нас. Однако это оказалось возможным.

Космология, строение Вселенной, прошлое, настоящее и будущее нашего мира – эти вопросы всегда занимали лучшие умы человечества. И составители Ветхого Завета, и древние философы из разных уголков света предлагали свои, порой эволюционные, варианты космологии, основанные на временной шкале, и описывали некую последовательность событий в образах своего времени. Представления наших предков не так уж кардинально отличаются от современных моделей, опирающихся на данные современной наблюдательной астрономии, в первую очередь внеземной.

Для дальнейшего развития космологии, да и науки в целом, крайне важно понимание Вселенной как единого целого. Особую роль играют экспериментальная проверка абстрактных построений, подтверждение их наблюдательными данными, осмысление и сопоставление результатов исследований, адекватная оценка тех или иных теорий. Сейчас мы находимся на середине пути, который ведет от решения уравнений Эйнштейна к познанию тайны рождения и жизни Вселенной.

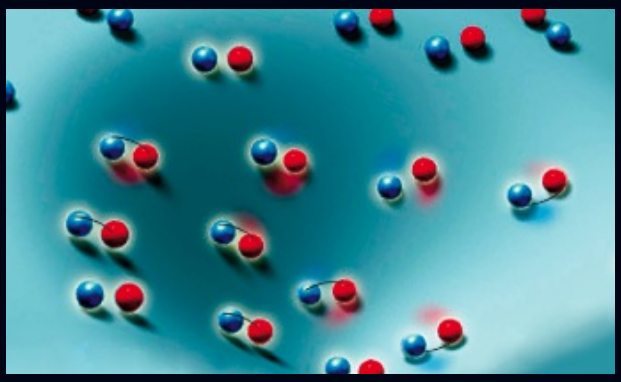
Очередной шаг на этом пути сделал создатель теории хаотической инфляции, воспитанник Московского государственного университета, ныне профессор Стэнфордского университета Андрей Дмитриевич Линде, внесший существенный вклад в понимание самой ранней стадии развития Вселенной. Многие годы он проработал в одном из ведущих академических российских институтов – Физическом институте им. Лебедева Академии наук (ФИАН), занимался следствиями современных теорий элементарных частиц, работая вместе с профессором Давидом Абрамовичем Киржницем.

В 1972 г. Киржниц и Линде пришли к выводу, что в ранней Вселенной происходили своеобразные фазовые переходы, когда различия между разными типами взаимодействий вдруг исчезали: сильные и электрослабые взаимодействия сливались в одну единую силу. (Единая теория слабого и электромагнитного взаимодействий, осуществляемых кварками и лептонами посредством обмена безмассовыми фотонами (электромагнитное взаимодействие) и тяжелыми промежуточными векторными бозонами (слабое взаимодействие), создана в конце 1960-х гг. Стивеном Вайнбергом, Шелдоном Глэшоу и Абдусом Саламом.) В дальнейшем Линде сосредоточился на изучении процессов на еще более ранних стадиях развития Вселенной, в первые 10^{-30} с после ее рождения. Раньше казалось маловероятным, что до нас может дойти эхо событий, происходивших в первые миллисекунды рождения Вселенной. Однако

PSTUDIO

В 1931 г. английский физик-теоретик Поль Дирак предположил существование магнитных монополей. Если такие частицы действительно существует, то магнитный заряд должен быть кратен некоторой заданной величине, которая, в свою очередь, определяется фундаментальной величиной электрического заряда. Почти на полвека эта тема была практически забыта, но в 1975 г. было сделано сенсационное заявление о том, что магнитный монополь обнаружен в космических лучах. Информация не подтвердилась, но сообщение вновь пробудило интерес к проблеме и способствовало разработке новой концепции.

Согласно новому классу теорий элементарных частиц, возникшему в 70-е гг., в ранней Вселенной в результате фазовых переходов, предсказанных Киржницем и Линде, могли появиться экзотические объекты, каждый из которых имел отдельно северный и отдельно южный полюс. (У магнита, на сколько частей его бы ни распиливали, всегда остается два полюса.) Они назывались монополями. Масса каждого монополя в миллион миллиардов раз



больше массы протона. В 1978 г. ученые обнаружили, что таких монополей рождалось довольно много, так что сейчас на каждый протон приходилось бы по монополю, а значит, Вселенная была бы очень тяжелой и быстро сколлапсировала под своим собственным весом. Тот факт, что мы до сих пор существуем, опровергает такую возможность.

в последние годы современные методы астрономических наблюдений позволили заглянуть в далекое прошлое.

Проблемы космологии

Рассматривая теорию Большого взрыва, исследователи сталкивались с проблемами, ранее воспринимавшимися как метафизические. Однако вопросы неизменно возникали и требовали ответов.

Что было тогда, когда ничего не было? Если Вселенная родилась из сингулярности, значит, когда-то ее не существовало. В «Теоретической физике» Ландау и Лившица сказано, что решение уравнений Эйнштейна нельзя продолжить в область отрицательного времени, и потому в рамках общей теории относительности вопрос «Что было до рождения Вселенной?» не имеет смысла.

Пересекаются ли параллельные линии? В школе нам говорили, что нет. Однако когда речь заходит о космологии, ответ не столь однозначен. Например, в замкнутой Вселенной, похожей на поверхность сферы, линии, которые были параллельными на экваторе, пересекаются на северном и южном полюсах. Так прав ли Евклид? Почему Вселенная кажется настолько плоской (по последним данным – с точностью до 10^{-60})? Была ли она такой с самого начала?

Согласно теориям нового типа, Вселенная расширялась экспоненциально.

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо установить, что представляла собой Вселенная на самом раннем этапе развития.

Почему Вселенная однородна? На самом деле это не совсем так. Существуют галактики, звезды и иные неоднородности. Если посмотреть на ту часть Вселенной, которая находится в пределах видимости современных телескопов, и проанализировать среднюю плотность распределения вещества в космических масштабах, окажется, что она одинакова во всех направлениях с точностью до 10^{-5}. Почему же Вселенная везде однородна? Вообще говоря, все объясняется космологическим принципом Эйнштейна: каждый наблюдатель в один и тот же момент времени, независимо от места и направления наблюдения, обнаруживает во Вселенной одну и ту же картину. Но так ли это?

Сомнения возникали всегда, и чем больше ученые узнавали о строении и истории существования нашего мира, тем больше вопросов оставалось без ответов. Однако люди старались о них не думать, воспринимая большую однородную Вселенную и непересекающиеся параллельные линии как данность, не подлежащую обсуждению. Проблема реликтовых монополей стала последней каплей, заставившей физиков пересмотреть отношение к теории ранней Вселенной.

Пересмотр теории ранней Вселенной

Одна из трудностей, с которой сталкивается традиционная теория Большого взрыва, – необходимость объяснить, откуда взялось колоссальное количество энергии, требующееся для рождения частиц.

На этот и ряд других вопросов попытались ответить авторы теорий раздувающейся Вселенной.

Инфляционная теория. В 1980 г. сотрудник Массачусетского технологического института Алан Гус (Alan Guth) в статье «Раздувающаяся Вселенная: возможное решение проблемы горизонта и плоскостности» изложил интересный сценарий раздувающейся Вселенной. Основным его отличием от традиционной теории Большого взрыва стало описание рождения мироздания в период с 10^{-35} до 10^{-32} с. Гус предположил, что скорость расширения Вселенной была высока в течение более длительного времени, чем предполагалось ранее. Примерно через 10^{-35} с Вселенная перешла в состояние псевдовакуума, при котором ее энергия исключительно велика. Поэтому расширение (раздувание) происходило быстрее, чем по теории Большого взрыва.

Через 10^{-35} с после рождения мира не было ничего, кроме черных минидыр и «обрывков» пространства. При резком раздувании участки «пены» превратились в отдельные вселенные. Некоторые из них, возможно, оказались вложенными друг в друга. Следовательно, может существовать множество вселенных, недоступных для нашего наблюдения.

Инфляционная теория была основана на так называемой теории фазовых переходов в ранней Вселенной. В отличие от Стробинского, Гус придумал некий механизм и постарался с помощью одного простого принципа объяснить, почему Вселенная большая, плоская, однородная, изотропная, а также почему монополей нет. Модель такого решения не давала. Так же трудно было объяснить, почему, начавшись, раздувание в конце концов прекращается. Несмотря на ряд противоречий и трудностей, модель Гуса стала значительным достижением космологии и стимулировала разработку новых сценариев раздувающейся Вселенной.

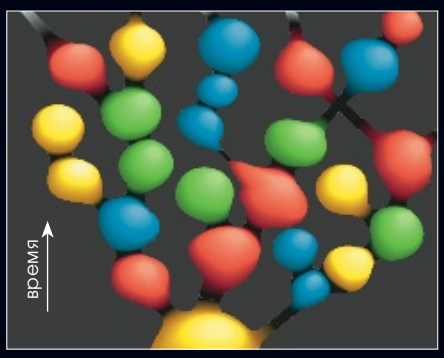


Космологический принцип был впервые сформулирован немецким философом Николаем Кузанским (1401–1464), который еще в XV в. утверждал: «Вечно движущаяся Вселенная не имеет ни центра, ни окружности, ни верха, ни низа, она однородна, в разных частях ее господствуют одинаковые законы». Ему же принадлежит знаменитый афоризм: «Вселенная есть сфера, центр которой всюду, а окружность нигде», который часто ошибочно приписывают Джордано Бруно или Паскалю, всего лишь повторившим изречение кузанца.

Новая инфляционная теория. В середине 1981 г. Линде предложил первый вариант нового сценария раздувающейся Вселенной, основывающийся на более детальном анализе фазовых переходов в модели Великого объединения. Он пришел к выводу, что экспоненциальное расширение не заканчивается образованием пузырьков, а инфляция может идти не только до фазового перехода с образованием пузырьков, но и после, уже внутри них. (В рамках этого сценария наблюдаемая часть Вселенной считается содержащейся внутри одного пузырька.)

В новом сценарии Линде показал, что разогрев после раздувания происходит за счет рождения частиц. Таким образом, соударения стенок пузырьков, порождающих неоднородности, стали не нужны, и тем самым была решена проблема крупномасштабной однородности и изотропности Вселенной. Новый сценарий содержал два ключевых момента: во-первых, процесс нарушения симметрии должен идти сначала медленно, чтобы обеспечивалось раздувание внутри пузырька; во-вторых, на более поздних стадиях должны происходить процессы, обеспечивающие разогрев Вселенной ▸

КВАНТОВАЯ ПЕНА



Разработка инфляционных сценариев в космологии завершилась, по словам одного из авторов А. Д. Линде, созданием теории хаотической инфляции. В его сценарии становление Вселенной описывается как случайное следствие хаотического «кипения» пространственно-временной квантовой пены. Процесс рождения вселенных в такой пене не только случаен и хаотичен, но и бесконечен: одни вселенные, рождаясь, тут же коллапсируют, другие растут, оставаясь мертвыми, третьи лишены времени и развития, а четвертые заполняются галактиками, звездами, планетами и становятся подобны нашей Вселенной.

РАЗДУВАЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ АЛАНА ГУСА

Модель Гуса использует представление о «ложном» вакууме, из которого началась инфляция Вселенной. Он отличается от «истинного» (т.е. от состояния с самой плотностью энергии) тем, что может обладать огромной энергией. Нарушение принципа энергодоминантности, характерное для вакуума, наделяет его отрицательным давлением, которое приводит к гравитационному отталкиванию, обеспечивающему раздувание Вселенной. При расширении ложного вакуума его полная энергия не уменьшается, а растет.

Если вероятность образования пузырьков очень мала, то до их возникновения Вселенная быстро расширяется и становится большой и однородной.

В целом «ложный» вакуум – симметричное, но энергетически невыгодное, нестабильное состояние, т.е. он стремится к распаду. Квантовый распад вакуума и знаменует собой конец фазового перехода и прекращение инфляции. Новая фаза представляет собой «истинный» вакуум, для которого выполняется условие энергодоминантности.

Внутри каждого пузырька новой фазы Вселенная переходит во власть гравитационного притяжения, и экспоненциальное расширение заканчивается. Благодаря первоначальному импульсу, приобретенному в период инфляции, она продолжает расширяться, но скорость с течением времени уменьшается, как в теории горячей Вселенной.

Переход из стадии инфляции на стадию, описываемую теорией горячей Вселенной, представляет основную трудность для модели Гуса. Дело в том, что для того, чтобы энергия, выделяемая при фазовом переходе, перешла в тепловую энергию Вселенной, необходимо столкновение стенок огромных пузырей при достаточно большой плотности. Это противоречит малой скорости их образования, необходимой для замедления фазового перехода, и, следовательно, для значительного раздувания Вселенной. Кроме того, столкновения пузырьков должны приводить к нарушению однородности и изотропности Вселенной после раздувания, что противоречит поставленной задаче.

после фазового перехода. Спустя год исследователь пересмотрел свой подход, предложенный в новой инфляционной теории, и пришел к выводу, что фазовые переходы не нужны, равно как переохлаждения и ложный вакуум, с которого начинал Алан Гус. Это был эмоциональный шок, т.к. предстояло отказаться от считавшихся истинными представлений о горячей Вселенной, фазовых переходах, переохлаждении, которым соответствовали наблюдательные данные. Необходимо было найти новый способ решения проблемы. Тогда была выдвинута теория хаотической инфляции.

Хаотическая инфляция. Идея, лежащая в основе теории хаотической инфляции Линде, очень проста. Существуют направленные поля – электромагнитное, электрическое, магнитное, гравитационное, но может быть по крайней мере еще одно – скалярное, которое никуда не направлено, а представляет собой просто функцию координат.

Начиная с 1970-х гг. в теории элементарных часто использовалась концепция скалярного поля, самым близким аналогом которого можно считать электростатический потенциал. Напряжение в электрических сетях США – 110 В, а в России – 220 В. Если бы человек одной рукой держался за американский провод, а другой – за российский, его бы убила разница потенциалов. Если бы напряжение везде было одинаковым, не было бы разницы потенциалов и ток бы не тек. Так вот в постоянном скалярном поле разницы потенциалов нет. Поэтому мы не можем увидеть постоянное скалярное поле: оно выглядит как вакуум, который в некоторых случаях может обладать большой плотностью энергии.

Считается, что без полей такого типа очень трудно создать реалистичную теорию элементарных частиц. В последние годы были обнаружены практически все частицы, предсказанные теорией электрослабых взаимодействий, кроме скалярной. В рамках земной экспериментальной физики наблюдательное подтверждение инфляционной теории пока остается трудноразрешимой задачей. Однако уже активно ведется поиск скалярных частиц, для чего в *CERN* (Европейская лаборатория физики элементарных частиц) построен огромный ускоритель, так как их обнаружение представляет чисто техническую проблему.

Согласно теории электрослабого взаимодействия, нас окружает скалярное поле.

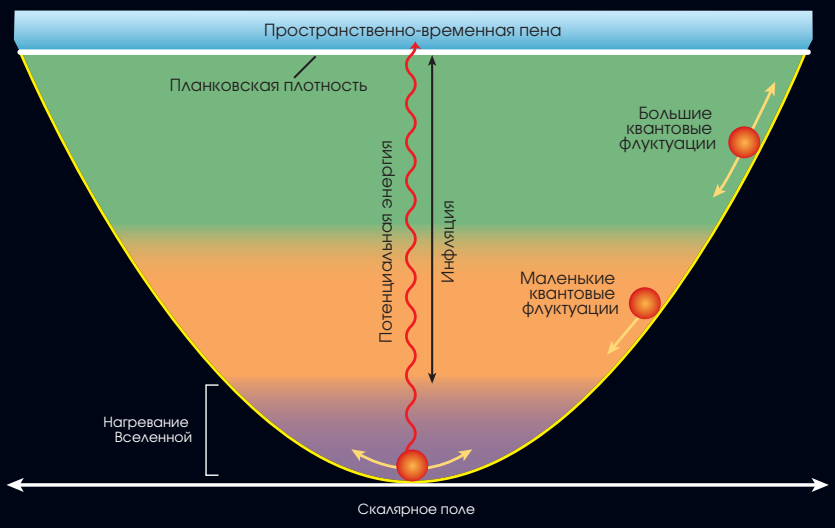
Скалярное поле

Скалярное поле присутствовало практически во всех инфляционных сценариях. Гус предложил использовать потенциал, который выглядел очень своеобразно. Новой инфляционной теории Линде требовался потенциал, которому соответствует почти плоская вершина, но позже оказалось, что достаточно взять обычную параболу, и все срабатывает.

Рассмотрим простейшее скалярное поле (*см. врезку справа*), плотность потенциальной энергии которого пропорциональна квадрату его величины, подобно тому как энергия маятника пропорциональна квадрату его отклонения от положения равновесия:

$$V(\blacklozenge)=m^2\blacklozenge^2/2.$$

Маленькое поле ♦ ничего не будет знать про Вселенную и станет ко-



Представим, что изначально во Вселенной существовало однородное скалярное поле. Если скалярное поле равно нулю, то энергии нет, и оно будет находиться в статичном состоянии. Если поле не равно нулю, оно начнет катиться вниз, стремясь к минимуму и постепенно меняя амплитуду. Если в общем объеме пространства оно характеризовалось цифрой 100, то потом стало 50, затем 30 и так до нуля.

Скалярное поле подобно маятнику, который хочет упасть в минимум, но промахивается и начинает колебаться. (В простейшем случае энергия пропорциональна квадрату отклонения.) В обычной жидкости колебания маятника станут затухающими, а в очень вязкой жидкости он будет медленно-медленно двигаться вниз. Оказалось, что эта простая идея имеет непосредственное отношение к расширению Вселенной.

лебаться вблизи своего минимума. Однако если поле будет достаточно велико, то оно будет скатываться вниз очень медленно, разгоняя Вселенную за счет своей энергии. В свою очередь, скорость движения Вселенной (а не какие-либо частицы) будет затормаживать падение скалярного поля.

Таким образом, большое скалярное поле приводит к большой скорости расширения Вселенной. Большая скорость расширения Вселенной мешает полю спадать и тем самым не дает плотности потенциальной энергии уменьшаться. А большая плотность энергии продолжает разгонять Вселенную со все большей скоростью. Этот самоподдерживающийся режим и приводит к инфляции, экспоненциально быстрому раздуванию Вселенной.

Чтобы объяснить этот удивительный эффект, необходимо совместно решить уравнение Эйнштейна для масштабного фактора Вселенной:

$$H = \frac{\dot{a}}{a} = \sqrt{\frac{8\Theta}{G}}\, m\blacklozenge$$

и уравнение движения для скалярного поля:

$$\ddot{\blacklozenge} + 3H\dot{\blacklozenge} = -m^2\blacklozenge.$$

Здесь H – постоянная Хаббла, пропорциональная плотности энергии скалярного поля ♦ массы m, G – гравитационная постоянная.

Исследователи уже рассматривали, как скалярное поле будет вести себя в окрестностях черной дыры и во время коллапса Вселенной. Но почему-то одно простое решение не было найдено. А следовало лишь грамотно написать уравнение для скалярного поля ♦, которое в стандартном варианте (то есть без учета расширения Вселенной) выглядело как уравнение для маятника:

$$\ddot{\blacklozenge} = -m^2\blacklozenge.$$

Но вмешался некоторый дополнительный член – сила трения, который был связан с геометрией; его сначала никто не учитывал. Он представляет собой произведение постоянной Хаббла на скорость движения поля:

$$3H\dot{\blacklozenge}.$$

Когда постоянная Хаббла была большой, трение тоже было велико, и скалярное поле спадало медленно. Когда поле уменьшилось, постоянная Хаббла тоже уменьшилась, трение стало маленьким, и поле начало колебаться, порождая элементарные частицы. Эти частицы сталкивались, обменивались энергией и постепенно пришли в состояние термодинамического равновесия. В результате Вселенная стала горячей. Раньше считалось, что она была горячей с самого начала. К этому выводу приходили, изучая микроволновое излучение, которое интерпретировали как следствие Большого взрыва и последующего остывания. Затем стали думать, что сначала Вселенная была горячей, затем произошла инфляция, и после нее Вселенная вновь стала горячей. Однако, в теории хаотической инфляции первая горячая стадия оказалась ненужной.

Если Вселенная имела форму огурца, то им она и останется. Наблюдатель же, живущий на ее поверхности, увидит лишь часть этой поверхности, которая будет выглядеть плоской и однородной.

Экспоненциальное расширение

Представим, что Вселенная была маленькая, как шарик. По теории Большого взрыва, она вырастала до порядочных размеров, но все равно оставалась относительно небольшой и шарообразной. А согласно инфляционной теории, крошечный шарик в результате экспоненциального взрыва за очень короткое время стал огромным. Находясь на нем, наблюдатель увидел бы плоскую поверхность.

Представим себе Гималаи, где существует множество различных уступов, расщелин, пропастей, ложбин, каменных глыб, т.е. неоднородностей. Но вдруг кто-то или что-то совершенно невероятным образом увеличил горы до гигантских размеров или мы уменьшились, как Алиса в Стране чудес. Тогда, находясь на вершине Эвереста, мы увидим, что она совершенно плоская – ее как бы растянули, и неоднородности перестали иметь какое-либо значение. Горы остались, но, чтобы подняться хотя бы на один метр, нужно уйти невероятно далеко. Таким образом, может быть решена проблема однородности. Этим же объясняется, почему Вселенная плоская, почему параллельные линии не пересекаются и почему не существуют монополи. Параллельные линии могут пересекаться, и монополи могут существовать, но только так далеко от нас, что мы не можем этого увидеть.

Возникновение галактик

Маленькая Вселенная стала колоссальной, и все стало однородным. Но как же быть с галактиками? Оказалось, что в ходе экспоненциального расширения Вселенной маленькие квантовые флуктуации, существующие всегда, растягивались до колоссальных размеров и превращались в галактики. Согласно инфляционной теории, галактики – это результат квантовых флуктуаций, т.е. усиленный и замерзший квантовый шум.

Впервые на эту поразительную возможность указали сотрудники ФИАН Вячеслав Федорович Муханов и Геннадий Васильевич Чибисов в работе, основанной на модели, предложенной в 1979 г. членом-корреспондентом Академии наук Алексеем Александровичем Старобинским. Эта модель, по сути дела, являлась первой версией инфляционной космологии.

Вечная и бесконечная

Рассмотрим рисунок (*см. стр. 87*). В области, где скалярное поле мало, оно осциллирует, и Вселенная не расширяется экспоненциально. В области, где поле достаточно велико, оно медленно спадает, и на нем возникают маленькие флуктуации. В это время происходит экспоненциальное расширение и идет процесс инфляции. Если бы скалярное поле было еще больше (*на графике отмечено голубым цветом*), то за счет огромного трения оно бы почти не уменьшалось, квантовые флуктуации были бы огромны, и Вселенная могла стать фрактальной.

Представим, что Вселенная быстро расширяется, а в каком-то месте скалярное поле, вместо того чтобы катиться к минимуму энергии, из-за квантовых флуктуаций подскакивает вверх (*см. врезку на стр. 87*). В том месте, где поле подскочило, Вселенная расширяется экспоненциально быстрее. Низкорасположенное поле вряд ли подскочит, но чем выше оно будет находиться, тем больше вероятность такого развития событий, а значит, и экспоненциально большего объема новой области. Инфляционная теория дает нам единственное известное сейчас объяснение однородности наблюдаемой части Вселенной. Парадоксальным образом эта же теория предсказывает, что в предельно больших масштабах наша Вселенная абсолютно неоднородна и выглядит как огромный фрактал.

На рисунке (*см. врезку на стр. 85*) схематически показано, как одна раздувающаяся область Вселенной порождает все новые и новые ее части (в этом смысле она становится вечной и самовосстанавливающейся).

РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Предположим, что Вселенная, заполненная пылью, расширилась в 2 раза. Тогда ее объем вырос в 8 раз. Значит, в 1 см^3 стало в 8 раз меньше пыли. Если решить уравнение Эйнштейна для такой Вселенной, то станет очевидным, что, когда происходил Большой взрыв, плотность вещества быстро падала, а скорость расширения Вселенной быстро уменьшалась.

То же самое было бы и со скалярным полем. Но пока поле оставалось очень большим, оно само себя поддерживало, как барон Мюнхгаузен, вытаскивающий себя из болота за косичку.

В соответствии с теориями нового типа Вселенная быстро расширялась, а поле почти не менялось; соответственно, не менялась и плотность энергии. Значит, расширение шло экспоненциально, и скорость разбегания Вселенной долго не уменьшалась.

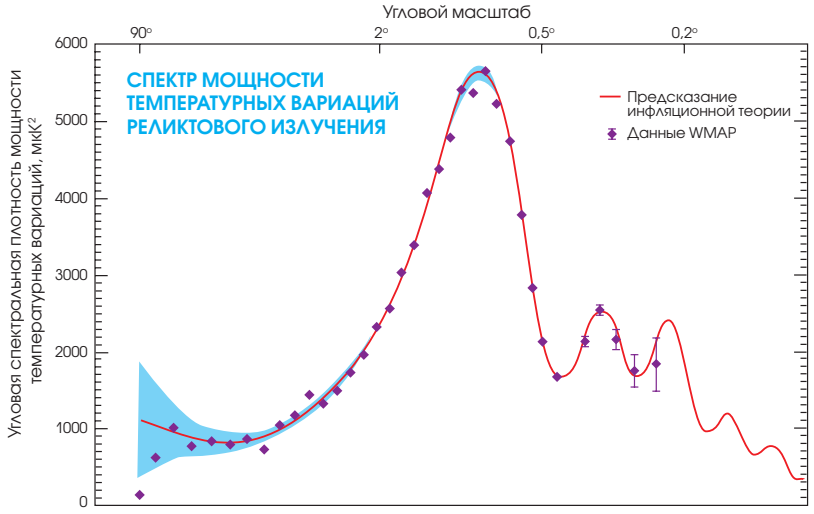
Свойства пространства-времени и законы взаимодействия элементарных частиц друг с другом в разных областях Вселенной могут быть различны, равно как и размерности пространства, и типы вакуума.

Этот факт заслуживает более детального объяснения. Согласно простейшей теории, с одним минимумом потенциальной энергии скалярное поле катится вниз к этому минимуму. Однако более реалистические версии допускают множество минимумов с разной физикой, что напоминает воду, которая может находиться в разных состояниях: жидком, газообразном и твердом. Разные части Вселенной также могут пребывать в разных фазовых состояниях; это возможно в инфляционной теории даже без учета квантовых флуктуаций.

Следующим шагом, основанным на изучении квантовых флуктуаций, является сценарий самовосстанавливающейся Вселенной. В этой модели учитывается процесс постоянного воссоздания раздувающихся областей, перебирающих разные возможности и размерности. Так Вселенная становится вечной и бесконечной. Вся Вселенная никогда не сколлапсирует. Однако это не означает, что отсутствуют сингулярности. Напротив, значительная часть физического объема Вселенной все время находится в состоянии, близком к сингулярному. Но так как различные объемы проходят его в разное время, единого конца пространства-времени, после которого все области исчезают, не существует. И тогда вопрос о множественности миров во времени и в пространстве приобретает совершенно другое звучание: Вселенная может самовоспроизводиться бесконечно во всех своих возможных состояниях.

Небо в крапинку

Исследовать анизотропию реликтового излучения ученым помогают современные искусственные спутники Земли. Самые ценные данные



удалось получить с помощью космического зонда *WMAP* (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), названного так в честь астрофизика Дэвида Уилкинсона (David Wilkinson). Разрешающая способность его аппаратуры в 30 раз больше, чем у его предшественника – космического аппарата *COBE*.

Ранее считалось, что температура неба равна 2,7 К, однако *WMAP* смог измерить ее с точностью до 10^{-5} К с высокой угловой разрешающей способностью. Согласно данным, полученным за первый год наблюдений, небо оказалось неоднородным: где-то горячее, а где-то холоднее. Простейшие модели инфляционной теории предсказали рябь на небе. Но пока телескопы не зафиксировали его пятнистость, наблюдалось только трехградусное излучение, служившее мощнейшим доказательством горячей Вселенной. Теперь же выяснилось, что теории горячей Вселенной не хватает.

Удалось получить фотографии раздутых квантовых флуктуаций, которые появились спустя 10^{-30} с после рождения мироздания и сохранились до наших дней. Исследователи не только обнаружили пятнистость неба, но и изучили спектр пятен, т.е. интенсивность сигнала на разных угловых направлениях.

Результаты проведенных с помощью *WMAP* высокоточных измерений поляризации излучения подтвердили теорию расширения Вселенной и позволили установить, когда произошла ионизация межгалактического газа, вызванная самыми первыми звездами. Полученная со спутника информация подтвердила положение инфляционной теории о том, что мы живем в большой плоской Вселенной.

На рисунке (*вверху*) красной линией показано предсказание инфляционной теории, а черные точки соответствуют экспериментальным данным *WMAP*. Если бы Вселенная не была плоской, то пик графика находился бы правее или левее.

В рамках эксперимента, проводимого с помощью *WMAP*, составляется карта поляризации реликтового излучения, которая, согласно гипотезе, тоже должна быть пятнистой. Предполагается, что существует корреляция между температурой и поляризацией. Однако подтвердить или опровергнуть это смогут только результаты второго года работы. ■

Тина Катаева

Редакция выражает благодарность за помощь в подготовке статьи А. Д. Линде и передаче «Очевидное–невероятное» за предоставленные материалы.

Татьяна Черний

ИСКУССТВЕННЫЕ БЕЛКИ ПАУТИНЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

Уникальный материал на основе белков паутины создают российские исследователи из ГНЦ РФ «ГосНИИгенетика», Научно-исследовательского центра «Углехимволокно» и Института молекулярной биологии РАН.

Ловчая сеть паука построена из нескольких белков. Ученых больше всего интересует каркасная нить паутины, необычайно прочная (нити на разрыв в несколько раз прочнее стали) и эластичная. Каркасная нить паутины состоит из двух белков: более прочного спидроина-1 и более эластичного спидроина-2. Именно сочетание их свойств определяет уникальные свойства паутины. Такой материал может найти применение в первую очередь в медицине в качестве шовного материала, искусственных связок и сухожилий, пленок для заживления ран, ожогов и пр.



Искусный прядильщик – паук *Nephila clavipes* со своим творением.

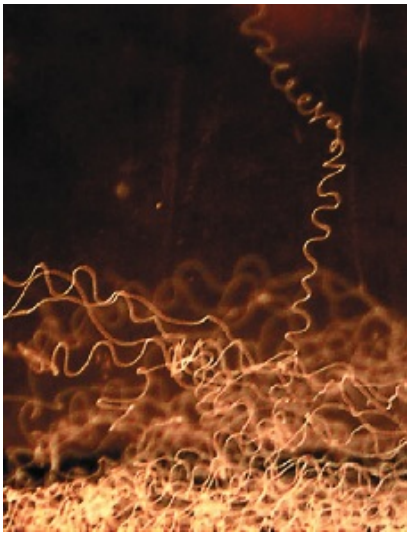
© ГНЦ РФ ГосНИИгенетика

Синтезировать эти белки в лаборатории химическим путем невозможно – они слишком сложны. Но их можно получить биотехнологическим способом, синтезировав соответствующий ген и заставив его работать в составе некоего микроорганизма. На первом этапе исследователи сосредоточились на получении спидроина-1. Проблема в том, что структура этого белка не полностью расшифрована, и в международной базе данных есть только фрагменты, а полной аминокислотной последовательности нет. Поэтому ученые решили попробовать использовать известный фрагмент для синтеза гена и получения рекомбинантного белка.

Исследователям удалось синтезировать ген, кодирующий фрагмент спидроина-1 размером 3600 пар нуклеотидов. Ген в составе плазмиды перевели в клетки дрожжей *Pichia pastoris*, специальный штамм которых благодаря особой мутации идеально подходит для биотехнологических манипуляций, и убедились в том, что внутри дрожжевой клетки он работает – дрожжи продуцируют белок. Наличие искомого белка в отобранных дрожжевых клетках проверяют методом электрофореза (на геле появляется полоска белка, положение которой соответствует его молекулярной массе) и последующего иммуноблоттинга (полоски белка переносят на специальную мембрану и выявляют с помощью специфических антител).

Дрожжи растут и нарабатывают белок в специальном аппарате – ферментере. Через несколько суток суспензию клеток с готовым продуктом частично сливают, доливают свежую культуральную среду, и цикл повторяется. Поэтому процесс называют квазинепрерывным.

Ученые разработали оригинальную методику выделения и очистки рекомбинантных белков и с ее помощью получили сотни мг продукта. Однако получить обычными способами белковый раствор 40%-ной концентрации (400 мг в одном мл)



Фотография искусственной нити, полученной на основе выделенного из клеток дрожжей рекомбинантного белка – аналога белка каркасной нити паутины паука *Nephila clavipes*. (В сосуде с этанолом).

задача не простая. Для растворения белка использовали соль роданид натрия, и таким образом получили так называемый прядильный раствор, из которого надо было спрясть нитку, как это делает паук.

На этом этапе ученые разработали процесс искусственного прядения и научились получать эластичную нить, которую проверили на прочность специалисты Научно-исследовательского центра «Углехимволокно» в Мытищах. Нить толщиной всего в несколько микрон выдерживает на разрыв 50–100 мг груза. Она оказалась всего лишь в четыре раза менее прочной, чем у паука, а это очень хороший результат. В то же время величина значения энергии разрыва (упругость) у этой нити уже выше, чем у кости или сухожилия.

Из белка можно делать не только нити, но и пленки. Именно в таком виде его предполагают использовать для изготовления заживляющих покрытий для ран и ожогов, которые не будут отторгаться организмом и будут стимулировать регенерацию собственного эпителия. Пока пленки, изготовленные из рекомбинантного белка, исследовали в экспериментах на культуре клеток на предмет токсичности. Вывод ученых – пленки нетоксичны.

Параллельно проводится работа по получению рекомбинантного спидроина-2. Структура большей части этого белка известна, но чрезвычайно сложна. Прежде, чем синтезировать ген спидроина-2, надо было тщательно исследовать последовательность аминокислот в молекуле. За дело взялись математики, которые выявили и проанализировали в цепочке перидически повторяющиеся последовательности. Благодаря этому, молекулу оказалось возможным разделить на блоки-мономеры и сначала синтезировать отдельные блоки, а затем соединять их в определенной последовательности. «Таким путем мы собираем ген, – рассказывает руководитель проекта ведущий научный сотрудник Государственного научно-исследовательского института генетики и селекции промышленных микроорганизмов Владимир Григорьевич Богуш. – Это очень длительная работа, и она еще не закончена. Но наша конечная цель – получить максимально полный аналог природного гена спидроина-2».

Пока идет работа над сложным геном спидроина-2, ученые синтезировали ген, соответствующий одному из его фрагментов (так же, как они работали со спидроином-1). Созданный ген встроили в клетки дрожжей и получили белок – аналог спидроина-2.

Когда ученым удастся довести до конца синтез сложнейшего гена и получить полный природный аналог спидроина-2, можно будет, смешивая два белка в разных соотношениях и меняя свойства искусственной нити паутины в ту или иную сторону, довести ее до совершенства. ■

Редакция выражает благодарность МНТЦ за помощь в подготовке материала.

© ГНЦ РФ ГосНИИгенетика

Марк Фишетти

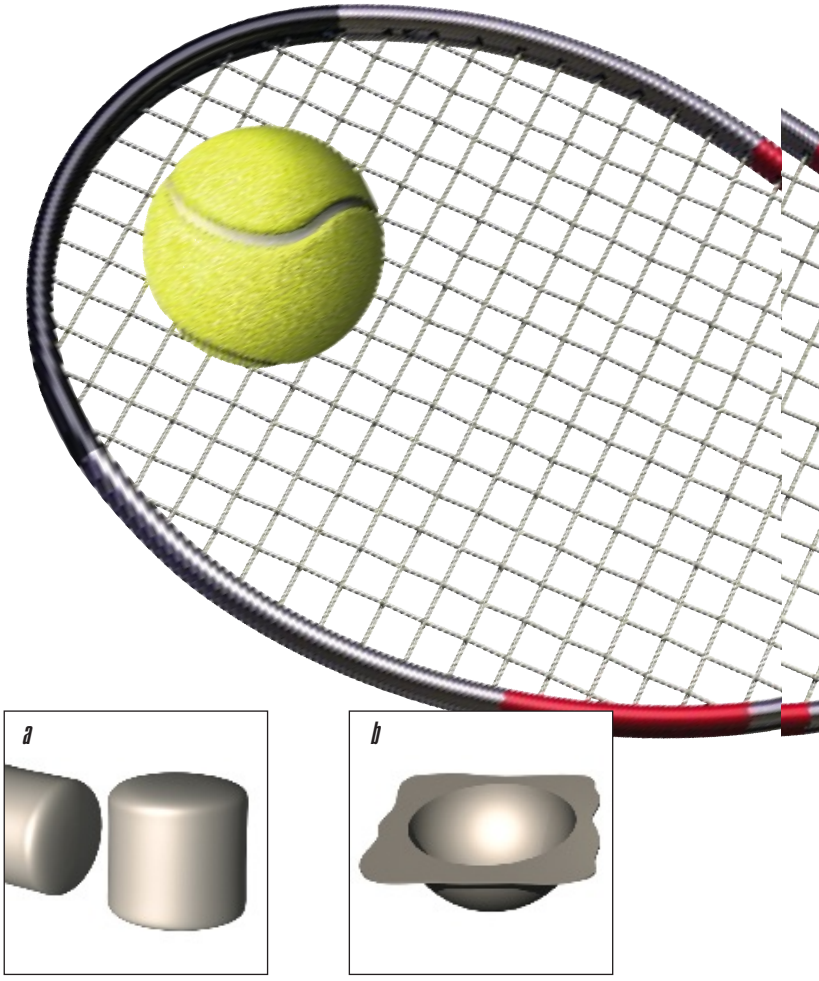
ОДИНАКОВЫЕ, НО РАЗНЫЕ

Ежегодно в мире производится 250 млн. мячей для игры в теннис. Все они внешне очень похожи и изготавливаются из резины и шерсти, на этом их сходство заканчивается. Для того, чтобы соответствовать требованиям Международной федерации тенниса, мячи должны испытываться по уровню деформации и на отскок (*см. табл. на стр. 93*). По словам Луи Гагнона (Lou Gagnon), технолога компании *Head/Penn Racquet Sports* из штата Аризона, при изготовлении резины в нее добавляется 11 компонентов, обеспечивающих высокую однородность исходного материала. Далее масса проходит обработку и приобретает сферическую форму, создавая основу для будущего изделия. Поверхность резиновой заготовки покрывается волокнами шерсти, нейлона и хлопка, затем сушится.

В зависимости от свойств резины, длины и износостойкости ворса, производители выпускают три типа мячей для игры в теннис: быстрые – для кортов с искусственным покрытием, средние – для обычных, и медленные – для травяных. Американцы предпочитают быструю игру на твердых кортах, мячи с внутренним давлением в 2 атм., а европейцы – в 1 атм. и медленную на мягких кортах.

Свойства изделия в большой степени зависят от ворса. «Мы используем различные материалы и технологии при производстве мячей для игры на жестких кортах», – рассказывает Стив Джад (Steve Judge), вице-президент компании *Tex Tech Industries* штата Аризона. Чем выше ворсистость, тем лучше взаимодействие со струнами ракетки, но выше аэродинамическое сопротивление. Европейцы любят такие мохнатые мячи.

Во время игры оболочка мяча деформируется, и давление воздуха уменьшается. Для того чтобы этого избежать, их хранят в герметичных контейнерах, где давление составляет около 2 атм. Именно поэтому, открывая новую коробку, мы слышим характерный хлопок.



ПРОИЗВОДСТВО ТЕННИСНОГО МЯЧА
начинается с подготовки резины, в которую добавляются различные компоненты. Из заготовки, имеющей определенный вес и форму, методом прессования при температуре 300° по Фаренгейту получают полусферу, края которой выравнивают и готовят к склеиванию.
С помощью специальных обручей полусферы прижимаются друг к другу в камере под давлением в 2 атм. В результате они склеиваются, и создается избыточное давление. Далее происходит нагрев и вулканизация материала. Готовые резиновые изделия охлаждаются водой.

GEORGE RETSECK

ПРЫГАЮЩИЙ ПОВСЮДУ

Для придания необходимой формы и улучшения механических свойств натуральная резина, применяемая для теннисных мячей, подвергается вулканизации. Такой же процесс используется для изготовления автомобильных камер. Британская компания *Dunlop Slazenger*, занимающаяся производством мячей для тенниса на Филиппинах, использует в технологическом цикле глину из Южной Каролины, кремнезем из Греции, серу из Южной Кореи, оксид цинка из Таиланда, карбонат магния из Японии и другие минералы.

НЕ ВСЕГДА ТРИ

В США в одной упаковке содержится три мяча, а в Японии и Европе – четыре. Американцы шутят по этому поводу: «Они часто подают вторую подачу».

ПОЧЕМУ ЖЕЛТЫЙ

На протяжении десятилетий мяч был белого цвета. В 70-х гг. специалисты пришли к выводу, что желтый будет лучше виден на экранах телевизоров на фоне зеленого корта, белой одежды теннисистов и разноцветно одетой публики.

ПРИДИРЧИВЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЫ

При проведении лишь одного Открытого чемпионата Америки по теннису используется более 70 тыс. мячей. Их меняют через девять геймов.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

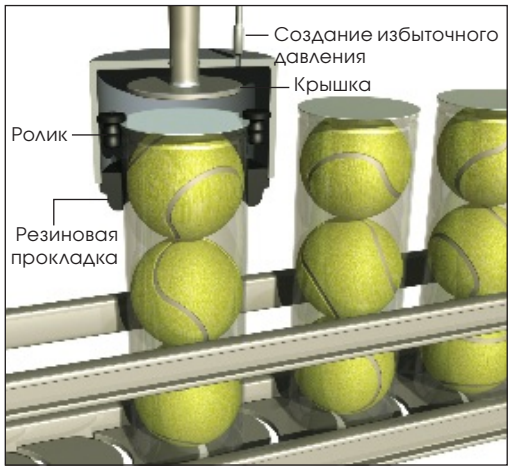
Отскок
При падении с высоты 254 см отскок должен составлять от 134 до 147 см

Вес
От 56 до 59,3 г

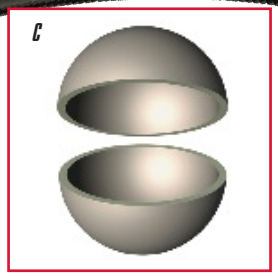
Диаметр
От 6,52 до 6,85 см

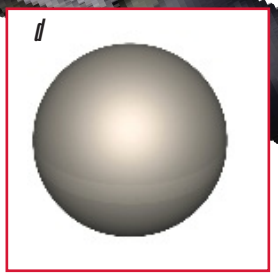
Деформация
При нагрузке в 8 кг деформация должна составить от 0,55 до 0,73 см

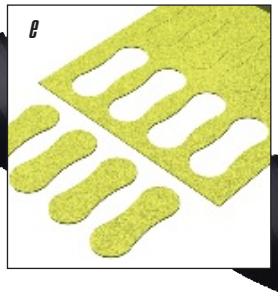
Примечание. Данные требования предъявляются Международной федерацией тенниса к мячам для игры на универсальных кортах

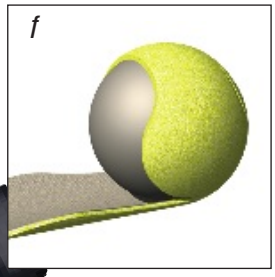


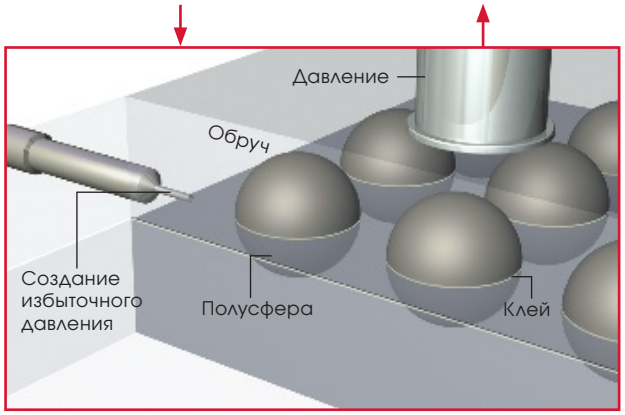
ОТКРЫТЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ с мячами помещаются в специальную камеру, куда под давлением подается воздух. Затем они закупориваются крышкой.





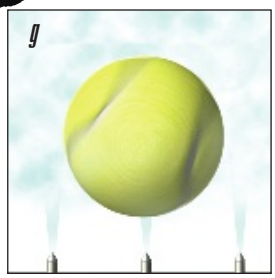






ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВНЕШНЕГО СЛОЯ начинается с подготовки пряжи, в состав которой входят шерсть и нейлоновые нити. Затем материал наносят на основу из хлопчатобумажной ткани, пропитывают специальным составом и пропускают через ролики, которые формируют ворсистую структуру ткани. Далее для формирования и закрепления свойств ворса материал сушится под прессом.

На внутреннюю поверхность заготовки наносится клей. На завершающей стадии две заготовки под давлением наклеиваются на резиновую сферу. Готовые изделия поступают в сушильный барабан, где с помощью водяного пара окончательно формируется ворсистая поверхность.



какое самое быстрое событие может быть измерено?

Сотрудник отдела Времени и частоты Национального института стандартов и технологии **Скот Диддамс** (Scott A. Diddams) и **Томас О'Брайн** (Tomas O'Brian) отвечают на этот вопрос:

– Все зависит от того, как мы понимаем термин «измерение». При проведении научного эксперимента интерес представляют как временные рамки самого процесса, так и его фиксация для дальнейшего анализа. Исходя из этого, мы предлагаем разбить этот вопрос на два. «Какой временной промежуток может быть измерен с достаточной степенью точности?» и «Какое событие в окружающем мире может быть зафиксировано и исследовано?»

Сегодня самый совершенный прибор для измерения времени – атомные часы. Цезиевый генератор обеспечивает постоянство частоты колебаний, равной с точностью до 10^{-15}. За 30 млн. лет такие часы идут вперед или отстают не более чем на 1 с. Фиксировать продолжительность события протяженностью в один день с помощью такого точного устройства довольно сложно.

К числу самых краткосрочных физических явлений, которое может быть измерено, относится импульс лазера длительностью от фемтосекунды (10^{-15} с) до аттосекунды (10^{-18} с). Такие короткие импульсы можно использовать как своего рода фотовспышку, позволяющую фиксировать слишком быстрые явления, недоступные человеческому глазу. Ни у одного электронного датчика не хватает быстродействия, чтобы измерять столь короткие импульсы. Поэтому ученые используют корреляционные методы, в которых измерения времени заменяются измерением расстояния. Сегодня длительность самого короткого импульса составляет несколько сотен аттосекунд. Самый кратковременный физический процесс наблюдался учеными во время работы на ускорителе элементарных частиц. Его продолжительность составила 10^{-25} с. Речь идет о времени жизни кварка, составляющей $4 \cdot 10^{-25}$ с.

что общего между отпечатками пальцев детей и родителей?



Отвечает **Гленн Лангенбург** (Glenn Langenburg), дипломированный эксперт по отпечаткам Миннесотского криминалистического бюро:

– Да, человек наследует размер, форму и глубину складок и бороздок, но индивидуальные особенности, делающие отпечатки уникальными, генетически не заданы. Даже у однояйцевых близнецов дактилоскопические узоры не совпадают. Складки и бороздки помогают нам захватывать и удерживать предметы. Их узор не меняется в течение жизни, исключение составляют существенные повреждения подушечек, когда образуется постоянный шрам. Причина того, что особенности папиллярных узоров не наследуются, кроется в особенностях эмбрионального развития. У зародышей подушечки на ладонях, пальцах и стопах ног гладкие из-за разрастания мезенхимы, из которой впоследствии формируются кровеносные сосуды и соединительные ткани. Примерно на 10-й неделе конечности зародыша уже сформированы, но рука продолжает расти. В течение следующих недель появляются первые признаки узоров на коже ладоней, пальцев и стоп. Форма подушечек обусловлена генетически, а особенности отпечатков диктуются случайными ограничениями напряжения на коже.

почему нормальным считается давление 120/80? зависит ли этот показатель от роста человека?

На вопрос отвечает старший научный сотрудник Института военной медицины **Юлия Кислова**:

– Понятие нормального давления для человеческого организма было введено в начале XX в. в Англии после обследования нескольких тысяч человек, которые считали себя здоровыми. Таким образом, этот показатель был получен статистически.

У человека в возрасте 16–45 лет систолическое давление (при сокращении желудочков) в аорте составляет 110–125 мм рт. ст., а в плечевой артерии 110–120 мм рт. ст. Его величина отражает деятельность сердца и состояние стенок сосудов. Диастолическое давление (во время расслабления сердечной мышцы) зависит главным образом от периферического сопротивления кровотоку и частоты пульса, в плечевой артерии оно равно 70–80 мм рт. ст.

В современной медицине нормальным считается давление 110–139/70–89. Отклонения от этих показателей в ту или иную сторону характеризуют нарушения гемодинамики, что является риском для развития сердечно-сосудистых заболеваний.

От роста эти показатели не зависят, так как давление в сосудах определяется минутным объемом крови и сопротивлением сосудов, которое, в свою очередь, зависит от их эластичности (жесткости), просвета, наличия повреждений сосудистой стенки.

Читайте в следующем выпуске журнала:

НЕЙРОМОРФНЫЕ МИКРОЧИПЫ

Микрочипы, копирующие нервные структуры, уже продемонстрировали свою эффективность.

В ПОИСКАХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СОКРОВИЩ

Математик-биолог Андрей Ржетский нашел несколько сотен статей, посвященных интересующей его теме, для их просмотра он решил создать автоматизированный поисковый инструмент, для анализа многочисленных публикаций.



ГРОМ СРЕДИ ЯСНОГО НЕБА

Чтобы изучить процессы, вызывающие начало разряда молнии и позволяющие ей распространяться, исследователи строят во Флориде массив из детекторов рентгеновских лучей.

КАК ОСТАНОВИТЬ ХЛАМИДИЮ?

Вряд ли врачи когда-либо смогут выявить всех носителей хламидий, поэтому остается надеяться только на создание эффективной вакцины.

ЧТО РАЗОГРЕЛО АСТЕРОИДЫ?

Внутренний разогрев Земли обеспечивают четыре долгоживущих радиоизотопа: выделяющие энергию в течение миллиардов лет. Но каков механизм нагрева астероидов?

как работает местная анестезия?

Отвечает **Билл Перкинс**, профессор анестезиологии из Медицинского колледжа клиники Мейо:

– Местная и общая анестезия блокируют передачу нервного импульса болевым центрам в центральной нервной системе. Точные механизмы работы обезболивающих средств пока не совсем ясны, несмотря на то, что они используются уже больше 150 лет. Средства местной анестезии (новокаин, например) блокируют натриевые ионные каналы, уменьшая проницаемость мембраны нервной клетки. Поэтому на участке, где введен анестетик, отсутствует чувствительность.



журнал «В МИРЕ НАУКИ»

ГДЕ КУПИТЬ ТЕКУЩИЕ НОМЕРА:

- в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., 1;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА;
- в киосках г. Зеленограда;
- в Санкт-Петербурге, ЗАО «НЕВА-ПРЕСС», тел. (812) 324-67-40;
  ООО «Заневская пресса» тел. (812) 275-07-21
- в Новосибирске, АРПИ «Сибирь», тел. (3832) 20-36-26;
- в Нижнем Новгороде, «Роспечать», тел. (8312) 35-15-92, 35-72-42, 19-76-05; «Шанс-пресс», тел. (8312) 31-31-14, 31-31-16; «Региональная пресса», тел. (8312) 35-88-16
- в Киеве, KSS, тел. (044) 464-02-20.

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

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

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, и ваш полный почтовый адрес.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже).
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате по **адресу**:105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22, редакция журнала «В мире науки». Бланк подписки можно отправить по электронной почте **distr@sciam.ru**, или по факсу: **105-03-72**.

Подписку можно оформить со следующего номера.

Бланк подписки

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

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

Цена за один номер журнала по подписке в 2005 г. 65 руб. 00 коп.

В 2006 году стоимость подписки на полугодие составит 540 руб. 00 коп., на год – 1080 руб. 00 коп.

Цена за один номер журнала по подписке в 2005 г. 90 руб. 00 коп.

Контактные данные

Ф.И.О. _____

Индекс_____

Область_____

Город_____

Улица_____

Дом_____Корп._____Кв._____

Телефон_____

Дата рождения

_____/_____/20_____

Бланк заказа

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

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

Всего _____ экземпляров.

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

Цена за один номер журнала 65 руб. 00 коп.

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

_____

_____

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик

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

_____

_____

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО:

- по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970;
- подписка на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 10729
- через редакцию (только по России), перечислив деньги через Сбербанк или по почте, отправив копию квитанции (с указанием Ф.И.О., точного адреса и индекса подписчика) в редакцию по почте, по факсу: (095) 105-03-72; 727-35-30 или по e-mail: distr@sciam.ru. Стоимость подписки на полугодие – 390 руб., на год – 780 руб. Подписаться можно со следующего номера, в квитанции обязательно указать номер, с которого пойдет подписка. Бланк подписки можно взять в любом номере журнала, получить в редакции или на сайте www.sciam.ru.