

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

№9 2007

МЕТАНОВАЯ МИСТЕРИЯ

Мозг и кома

Молекулярное лего

Пробки в Интернете

Глобальное потепление:
угроза для России



www.sciam.ru

содержание

СЕНТЯБРЬ 2007

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 22 НАУКИ О КОСМОСЕ**
МЕТАН НА МАРСЕ И ТИТАНЕ
Сушил Атрея
Присутствие метана в атмосферах Марса и Титана может свидетельствовать как о возможности жизни, так и о наличии геологической активности на планетах
- 32 МЕДИЦИНА**
ХРОМОСОМНЫЙ ХАОС И РАК
Питер Дюсберг
Устоявшиеся представления о ключевой роли мутаций отдельных генов в развитии рака не могут объяснить целый ряд особенностей канцерогенеза. Приходится обращаться к более масштабным изменениям в клетке
- 40 КОСМОЛОГИЯ**
РОЖДЕНИЕ КОСМОЛОГИИ ЧАСТИЦ
Дэвид Кайзер
История становления нового направления в физике — космологии элементарных частиц — наглядно демонстрирует, какими путями идет развитие современной науки
- 48 НЕЙРОНАУКИ**
ГЛАЗА ОТКРЫТЫ, МОЗГ ДРЕМЛЕТ
Стивен Лорис
Новые методы визуализации работы мозга позволят исследователям лучше понять, что происходит в организме человека, находящегося в вегетативном состоянии
- 54 НАНОТЕХНОЛОГИИ**
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КОНСТРУКТОР
Христиан Шафмейстер
Всего из нескольких стандартных блоков можно конструировать наноскопические структуры любой формы
- 62 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
БОРЬБА С ПРОБКАМИ: БИТЫ И АВТОМОБИЛИ
Ральф Кеттер, Мюриэл Медар и Мишель Эффрос
Новый подход к распределению информации по сетям общего пользования поможет повысить быстрдействие и надежность систем связи
- 70 НАУКИ О ЗЕМЛЕ**
ЗЕМЛЯ БЕЗ ЛЮДЕЙ
Интервью с американским писателем и журналистом Аланом Вайсманом
- 78 ИННОВАЦИИ**
ТРЕХМЕРНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ
Стюарт Браун
Появились устройства, позволяющие не только видеть, но и изменять трехмерное изображение
- 82 КЛИМАТ**
ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: ВЫЗОВ ДЛЯ РОССИИ
По материалам беседы с Владимиром Катцовым, директором Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова

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

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

Редактор: Ю.Г. Юшквичюте

Спецкорреспондент: Д.В. Костикова

Над номером работали:
А.Н. Божко, А.В. Ващенко, Б.А. Квасов, М.И. Маркова,
Д.А. Мисюров, И.И. Прошкина, А.А. Приходько,
Л.С. Раткин, В.В. Ремизова, Л.П. Рочева, Т.Н. Саранцева
И.Е. Сацевич, В.Г. Сурдин, А.П. Худoley, Б.В. Чернышев,
Н.Н. Шафрановская, М.А. Янушкевич

Научные консультанты:
доктор физ.-мат. наук, директор Главной геофизической
обсерватории им. А.И. Воейкова (Росгидромет) В.С. Катцов;
заместитель Председателя комитета Государственной
Думы по образованию и науке, руководитель Подкомитета
по инновационной деятельности и интеллектуальной
собственности, член Президиума РАМН С.И. Колесников;
профессор, доктор экономических наук М.В. Конотопов

Верстка: А.Р. Гукасян

Корректурa: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор
ЗАО «В мире науки»: О.А. Василенко

Главный бухгалтер: Н.М. Воронина

Отдел распространения, подписка: А.С. Будилова

Л.В. Леонтьева

Адрес редакции и издателя:
105005, Москва, ул. Радио, д. 22, к. 409
Телефон: (495) 727-35-30, тел./факс: (495) 105-03-72
e-mail: edit@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.
В верстке использованы шрифты Helios и BookmanC

Отпечатано:
ООО «Центральное полиграфическое агентство»
Адрес: г. Москва, Денисовский пер., д. 30
Тел.: +7 (495) 646-69-91

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

Тираж: 11 600 экземпляров
Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors: Mark Alpert, Steven Ashley, 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 Brandon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: John Sargent

President and chief executive
officer: Gretchen G. Teichgraber

Vice President and managing director,
international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

3 **ОТ РЕДАКЦИИ**
ПРАВО НА ОШИБКУ

4 **50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

6 **СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

- Эффект рикошета
- Загрязнители вызывают засуху
- Горячие камни
- Британские женщины не боятся риска
- Побочные эффекты ароматерапии
- Консервативный взгляд на климат
- Диета для больных аутизмом
- Робот — чуткое ухо
- Нюансы языка нуклеотидов
- Темная вода

18 **ПРОФИЛЬ**
Х, Y... ЧТО ДАЛЬШЕ?

Салли Лерман

Как считает Эрик Виен, новые генетические данные заставляют по-другому взглянуть на вопросы половой принадлежности и гендерной идентичности

20 **МНЕНИЕ**
ИННОВАЦИИ В РОССИИ

Дмитрий Мисюров

С Сергеем Колесниковым о перспективах развития инновационной деятельности в нашей стране беседовал Дмитрий Мисюров

86 **ЗНАНИЕ — СИЛА**
БЫЛ ЛИ АУТ?

Марк Фишетти

Следящая система Hawkeye позволяет определить, куда попал мяч — на поле, в аут или на линию

ОБЗОРЫ:

88 **КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ**

91 **ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ**

93 **ФАКТ ИЛИ ФИКЦИЯ?**

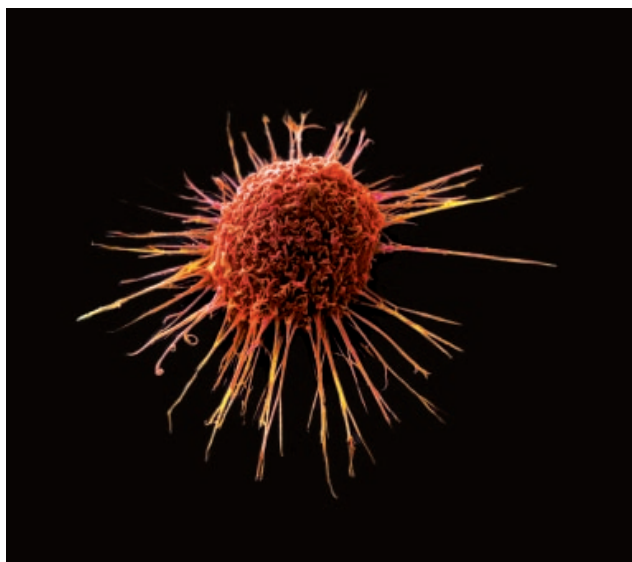
94 **СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ**
Что происходит, когда мы сбрасываем лишний вес?

ПРАВО На ошибку

Одно только упоминание о Питере Дюсберге вызывает бурю эмоций — как положительных, так и отрицательных. В 1970-х гг. он прославился как первооткрыватель гена, который ассоциирован с раком, а в 1980-х гг. стал идейным вдохновителем так называемых «диссидентов от СПИДа», оспаривавших вирусную теорию происхождения этого заболевания. Приверженцы Дюсберга видели в нем Галилея, осмелившегося опровергнуть устоявшуюся научную догму. Однако большинство ученых и врачей, занимавшихся проблемой СПИДа, полагали, что Дюсберг ведет себя, мягко говоря, неадекватно, не желая замечать доказательств своей неправоты, и дезинформирует общественность.

Возникает резонный вопрос: зачем же мы поместили статью ученого со столь неоднозначной репутацией в своем журнале? Скажем сразу, что тема публикации — вовсе не СПИД. Дюсберг известен также как создатель новой теории канцерогенеза, согласно которой рак возникает не в результате постепенного накопления мутаций в определенных генах, а вследствие хромосомных перестроек. Нельзя сказать, что теория была встречена с энтузиазмом, но все же она вызвала интерес и ее проверкой сегодня серьезно занимаются во многих лабораториях мира.

Принимая к рассмотрению рукописи исследователей, мы считаем хорошим знаком, если авторы откровенно высказываются как о своих единомышленниках, так и об оппонентах, и указывают на возможные конфликты интересов, не дожидаясь, пока мы спросим их об этом. Если они судят о работах своих конкурентов непредвзято, то скорее всего так же они оценивают и собственные достижения. Обычно мы отклоняем материалы, в которых излагаются противоречивые идеи, сформулированные совсем недавно и не получившие должной оценки в научной среде. Другое дело — если этим идеям уже несколько лет и накоплено достаточно данных в их пользу. Мы не претендуем на безупречность наших суждений,



Новая теория возникновения рака — под пристальным вниманием но надеемся, что они отражают тенденции, господствующие в научном сообществе.

Иногда в биографии ученого после опубликования «сенсационных результатов» происходит резкий перелом. Так случилось с южнокорейским исследователем Хван У Соком, заявление которого о клонировании эмбриональных стволовых клеток человека наделало столько шума два года назад. Обнаружилось, что «ученый» сфальсифицировал результаты, и теперь он — персона нон грата во всех научных изданиях. Но было бы неправильно поступать таким образом с человеком, который просто ошибся или опубликовал работу, противоречащую общепринятым взглядам. Так можно вместе с водой выплеснуть и ребенка. Мы с пониманием воспримем любую критику в наш адрес в связи с опубликованием статьи Дюсберга, но надеемся, что критика эта будет содержательной. ■

Секрет ДНК ■ Аэроприз ■ Зажигательная мода

СЕНТЯБРЬ 1957

ДНК. «Трудно усомниться в том, что ДНК — генетический материал. Если это так, теперь наша главная задача — понять, как ДНК воспроизводит себя. Бифилярная структура молекулы подсказывает возможный ответ. Основная мысль заключается в том, что две цепи молекулы ДНК, которые соответствуют друг другу, как рука — перчатке, каким-то образом разъединяются, и тогда «рука» служит образцом для формирования новой «перчатки», а «перчатка» — матрицей для новой «руки». В итоге мы получаем две «руки в перчатке» вместо одной. В химических терминах это можно сформулировать так: мономеры, воспроизведенные цепью, выстраиваются в цепь, подобную исходной, объединяясь парами по принципу комплементарности оснований» — Френсис Крик.

ПАГУОШСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ. В июле этого года 22 ученых из 10 стран встретились в деревне Пагуош в Новой Шотландии (Канада) и в течение шести дней обсуждали «угрозы человечеству, возникшие из-за совершенствования оружия массового уничтожения». Эта конференция, профинансированная кливлендским промышленником Сайрусом Итоном, уроженцем Пагуоша, стала достойным ответом Альберту Эйнштейну и Бертрану Расселу, которые уже два года назад говорили о необходимости такого рода мероприятия. Рабочая группа включала исследователей из США, СССР, Китая и Японии. Они начали с соглашения «не утверждать ничего такого, что могло бы показаться поощрением противоборствующих сторон, разделивших мир». (Более подробно о Пагуошских конференциях: www.pugwash.org — Ред.)

СЕНТЯБРЬ 1907

ТОРЖЕСТВО ОБЖОРСТВА. Бедой прошлого столетия был алкоголизм, в нынешнем же веке американцы слишком много едят, в особенности мяса. Вот обратная сторона

процветания! Этому явлению профессор Читтенден (Russell Chittenden) посвятил свою научную работу, где он детально описывает эксперимент, проводимый более шести лет им и его коллегами в Йеле. Мужчин-атлетов перевели на диету без белков животного происхождения, в результате чего их физическая сила и выносливость возросли, более того, было



СЧЕТЧИК РАСХОДА ВОДЫ, 1857 г.: устройство нуждается в доработке с целью уменьшения его размеров

отмечено и духовное совершенствование. Ученый заключает, что для улучшения здоровья, повышения работоспособности и продления жизни необходимо уменьшить объем протеинов в рационе как минимум вдвое.

СТИМУЛ ДЛЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ. Почти четыре года назад братья Райт объявили о том, что создали аэроплан с бензиновым двигателем. Однако в силу того, что изобретение публично продемонстрировано не было, многие до сих пор сомневаются в том, что проблема решена, вопреки свидетельствам очевидцев и утверждениям самих изобретателей. В любом случае, возможно, что разработать летательные аппараты тяжелее воздуха удастся и другим. Чтобы поощрить изобретателей в этой научной области и дать им стимул, ради которого стоит

трудиться и обнародовать свои результаты, *Scientific American* создал приз и передал его Американскому аэроклубу. Приз посвящен памяти летательного аппарата Сэмюэля Лэнгли — первой модели моторного аэроплана, которая совершила успешный полет почти километровой дальности.

СЕНТЯБРЬ 1857

СЧИТАЕМ ВОДУ. Обильное водоснабжение в городах — это благо, которое трудно переоценить. Тем не менее, чтобы избежать расточительства, необходимо каким-то образом учитывать, сколько воды расходуют тот или иной частный дом или учреждение. Счетчик, представленный на рисунке, работает практически независимо от трения и производит точные измерения как при быстром, так и при весьма медленном токе воды.

ТЕЛЕГРАФ-СПАСИТЕЛЬ. «Как удар грома потрясла Индию новость, что в Мируте и Дели восстали полки сипаев. Индусы убили своих начальников, вырезали всех англичан, проживавших в Дели, посадили на трон короля и угрожали империи. Все это случилось 11 мая, а 13 мая стало известно европейцам, находящимся в Индии, — только европейцам, потому что почтовое сообщение было немедленно заблокировано, а на всю корреспонденцию туземцев наложен запрет. Не будет преувеличением сказать, что телеграф спас Индию» — *London Times*.

ПЛАМЕННЫЕ ТАНЦЫ. Многие дамы находят смерть в огне из-за своих легких газовых и батистовых одеяний, которые вспыхивают мгновенно и горят так быстро, что невозможно успеть сбить пламя. Особенно уязвимы актрисы и танцовщицы: именно так лишилась жизни талантливая балерина Клара Уэбстер. Поэтому необходимо довести до общего сведения, что если погрузить ткань в слабый раствор хлорида цинка, то она становится практически огнестойкой.

Тематика статей номера, как всегда, широка и разнообразна.

Мосты — продукт, как правило, штучный. Абсолютно похожих среди них почти не попадается, хотя уже тысячи лет создают их с единственной целью: соединить берега, разделенные водным или иным непреодолимым пространством. Оттого строительство мостов давно уже не просто ремесло, а искусство. На свете немало мостов, через которые специально прокладывают туристические маршруты, потому что люди едут любоваться их совершенными формами. Мосты могут выглядеть монументально-могучими или ажурно-воздушными, но они всегда прекрасны — как всякое совершенное творение человеческих рук и разума. Теперь и в Москве станет одним таким творением больше: в декабре 2007 г. намечено завершить строительство моста через Москву-реку в районе Серебряного Бора.

Ст. «Мост вдоль Москвы-реки»

...Хочу сказать о том, что есть у нас общая болезнь и общая опасность для науки в целом: очень большой разрыв между поколениями. Какие-то тоненькие ниточки, которые связывают старшее поколение и молодых людей, желающих заниматься наукой, еще остались. Но в середине — пустота, «белое пятно». К счастью, нитей становится больше. Достаточно посмотреть на абитуриентов, которые поступают в МГУ на математику, на механику, на кибернетику, на вычислительную технику. Очень сильные ребята. Так что есть еще порох в пороховницах, основа для науки хорошая осталась еще. Созданная в Советском Союзе научная и инженерная культура понесла, конечно, определенный урон, потускнела, но ядро ее существует. Главное — не уничтожить ее полностью, и мы еще многое сможем сделать.

Ст. «Академик Ю. Осипов: Куда же идет наша наука?»

Бурное развитие молекулярной биологии и генетики постоянно ставит перед человечеством этические вопросы, на большинство из которых ответов пока нет. Они могут появиться через десятки лет, когда наберется достаточный опыт использования открытий, сделанных сегодня. И пусть пока эти открытия и наблюдения мало что дают для практики, обозначим пунктиром хотя бы очень небольшую часть вопросов, уже поставленных современной молекулярной биологией, генетикой, медициной. В этом номере журнала рассказ о цепочке: брак между близкими родственниками — генная мутация — нарушенный белок — больной ребенок — поиск лекарств.

Ст. «Молекулярный легион, или Некоторые вопросы биоэтики»

В космос на реактивной тяге — эта гениальная идея К.Э. Циолковского стала реальностью. Имя С.П. Королева связано прежде всего с запусками первых искусственных спутников и полетами первых космонавтов. Но мало кто знает, что Королев разрабатывал и программу экспедиции на Марс. Об этом направлении его деятельности рассказывает непосредственный разработчик марсианского и лунного проектов Королева Владимир Евграфович Бугров.

Ст. «Циолковский и Королев: мечты и реальность»

Теория эволюции нередко отождествляется с учением Дарвина. Но можно ли полностью объяснить развитие жизни на Земле на основе предложенного им принципа естественного отбора? Или у эволюции есть и другие движущие силы? Специалист по истории естествознания Ю.В. Чайковский продолжает разговор об узких местах дарвинизма и альтернативных эволюционных теориях.

Ст. «Что же движет эволюцию?»

Болезни кожи приносят не только физические, но и эмоциональные страдания. Красное лицо, свекольного цвета нос, сетка сосудов — неприятные ощущения испытывает немолодой уже человек, взглянув на себя в зеркало. Многие не знают, что виной всему не возраст, а болезнь — розацеа. Ее можно предупредить и лечить. Как же это сделать?

Ст. «О розе с железными шипами»



НОВОЕ СЛОВО В МОСТОСТРОЕНИИ - АРОЧНЫЙ ПИЛОН

ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

9
2007

● По мнению президента РАН, академика Ю. С. Осипова, в обществе идет переоценка ценностей. В частности, общество пытается понять, что такое наука, что такое Академия наук, какова ее роль в жизни страны ● Страницы недавней истории: четыре десятилетия назад в КБ С. П. Королева шла работа над проектом полета на Марс ● Чтобы привлечь внимание родителей, птенец белого журавля кричит в два голоса ● Брачный договор в России — плод цивилизации или дань моде?



Совершенно новой ягодной культурой ремонтантную малину назвать нельзя — ведь ее первые сорта были получены без малого сто лет назад. Естественно, селекция за эти годы не стояла на месте, и современные ремонтантные сорта, полученные российскими учеными, не похожи на своих прародителей. В результате различных комбинаций скрещивания отечественные селекционеры вывели сорта малины ремонтантного типа, не имеющие аналогов в мире. Плоды этих сортов начинают созревать в начале августа, разгар их плодоношения приходится на конец августа — начало сентября.

Ст. «Ремонтантная малина»

Две страны с наибольшим разнообразием языков, которыми пользуется местное население, это Папуа — Новая Гвинея (более 850 языков) и Индонезия (около 670 языков). От них отстают Нигерия (410), Индия (380), Камерун (270), Австралия (250), Мексика (240), Заир и Бразилия (по 210 языков). В этих девяти странах, таким образом, представлено более половины языков, существующих сейчас на нашей планете. В России говорят на 100–150 языках.

Рубр. «Кунсткамера»

Электронная версия ISSN 1683-9528 представлена в сети Интернет, ежемесячно регистрируется более 60 000 обращений.

Адрес редакции: 101990, Москва, Центр, ул. Мясницкая, д. 24. Тел.(495) 624-1835, факс (495) 625-0590.

Служба распространения и связей с общественностью: Ю.А. Сигорская — (495) 621-9255. Рекламная служба: (495) 628-5965.

http://www.nkj.ru, e-mail: mail@nkj.ru.

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

ЭФФЕКТ рикошета

При снижении стоимости ресурсов их потребление возрастает

Экономисты утверждают, что снижение цен на энергоносители приведет к росту потребительского спроса. Сегодня ученые стараются использовать закон потребления при выработке политической программы, подразумевающей сокращение расхода энергии и вредных выбросов в атмосферу. В качестве конечной задачи их усилия направлены на борьбу с глобальным потеплением. Однако результат не всегда совпадает с теорией. Уже сегодня приходится сталкиваться с так называемым эффектом рикошета, когда развитие технологий приводит к увеличению потребления энергии.

Например, потратив средства на теплоизоляцию своего дома, хозяин захочет повысить температуру в помещении следующей зимой. Несмотря на использование новых энергосберегающих технологий, расход энергии все равно увеличится.

«Если вы проводите программу и политику, направленные на снижение цены, потребление возрастает», — отмечает Ричард Ньюэлл (Richard Newell), специалист по энергетике Университета Дьюка.

Несмотря на то что большинство экспертов согласны с существованием эффекта рикошета, споры о том, насколько серьезно он повлияет на глобальную экономику, продолжаются до сих пор. Проведенные

исследования еще раз доказали правильность теории о том, что при снижении стоимости энергоресурсов их потребление возрастает. Из этого следует, что наиболее эффективным механизмом в борьбе за окружающую среду является налог на выбросы в атмосферу соединений углерода.

В январе 2007 г. в журнале *Energy Economics* была опубликована статья ученых Калифорнийского университета, в которой авторы пытались



МЕНЬШЕ ПЛАТИМ, БОЛЬШЕ ЕЗДИМ
Потребление энергии возрастает, если цена на нее снижается. Ученые еще только приступили к изучению данного эффекта и его влияния на окружающую среду

представить влияние различных факторов, в том числе эффективности использования автомобильного топлива, на увеличение среднего пробега автомобиля за год. В исследовании использовались статистические данные за период с 1966 по 2001 г. В итоге выяснилось, что десятипроцентное снижение эксплуатационных расходов на автомобиль привело к тому, что его пробег увеличился на те же 10%.

По мнению Курта Ван Дендера (Kurt Van Dender), проанализировавшего

данные за 2006 г., эффект рикошета уменьшается по мере роста доходов населения и цен на энергоносители. Это объясняется тем, что автомобилисты начинают предпочитать автомобили, потребляющие меньше топлива. По мнению Дендера, при решении вопроса потребления энергии необходим комплексный подход.

В исследовании, опубликованном в журнале *Energy Economics*, приводится точка зрения экономистов из Шведского университета. Они проанализировали данные о влиянии энергосбережения на потребление, отражающие расходы на транспорт, отопление, продовольственные товары и т.д. В итоге выяснилось, что при увеличении на 20% эффективности использования энергии на 5% возрастают выбросы в атмосферу соединений углерода.

«Внедрение новых технологий приводит к уменьшению потребления энергии, но сэкономленные средства могут расходоваться на другие продукты, при производстве которых вырабатывается большое количество вредных для окружающей среды веществ. Мы обманываем самих себя, предполагая, что при увеличении КПД потребления энергии на 20% на столько же снижнется уровень загрязнения атмосферы», — считает Рунар Браннлунг (Runar Brannlung). Для решения этой проблемы нужны не только технические инновации, но и политические решения. Для того чтобы Швеция смогла вернуться к уровню вредных выбросов, соответствующих 1991 г., следует увеличить налог на соединения углерода на 130%.

Браннлунг отмечает, что Европейский Союз разрабатывает новые энергетические стандарты. Американские законодатели в свою очередь разрабатывают новые, более жесткие стандарты для автомобильного транспорта. По мнению Курта Ван

Дендера, в целом законодательное регулирование защиты окружающей среды соответствует современному уровню. Если потребители бензина и энергии не будут задумываться над проблемой загрязнения атмосферы, единственным средством

сохранения окружающей среды станут высокие налоги на их потребление. Если не принимать этого во внимание, то мы не сможем избавиться от пробок на дорогах и будем дышать отравленным воздухом.

Линда Бейкер

загрязнители ВЫЗЫВАЮТ ЗАСУХУ

Крошечные частицы, возникающие при сгорании топлива, влияют, как выяснилось, на формирование дождя, снега и льда на одной из горных вершин Китая. При увеличении количества аэрозолей в атмосфере эти небольшие образования, сталкиваясь, соединяются в дождевые капли. Ученые-метеорологи изучили записи наблюдений, производившихся в последние 50 лет из обсерватории на вершине священной горы Хуа. Как они выяснили, дальность видимости сданной точки, расположенной на высоте 2 км, сократилась

за последнее время с 30 до 10 км, а количество осадков в сравнении с соседними территориями уменьшилось на 17%. Данные согласуются с повсеместно наблюдаемой тенденцией, указывающей на сокращение выпадения осадков в горах по сравнению с прилегающими низменностями (от Канады до Южной Америки и Израиля). Загрязнение атмосферы не только ухудшает видимость — оно лишает воды горные реки. О своей работе исследователи рассказали в номере журнала *Science* от 9 марта.

Дэвид Биелло



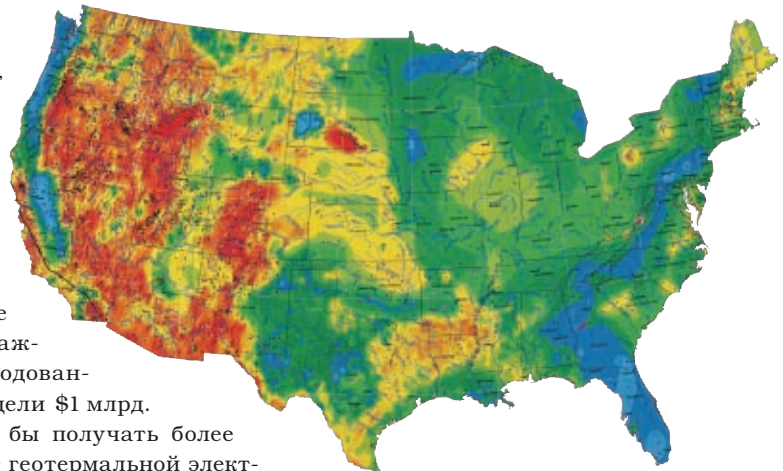
Времена засухи: дымка, окутывающая гору Хуа, мешает формированию дождя

ГОРЯЧИЕ КАМНИ

Геотермальные электростанции могли бы полностью удовлетворить потребности США в электроэнергии — таков вывод экспертной группы из 18 специалистов, включающей представителей Массачусетского технологического института. Эти станции вырабатывают электроэнергию за счет воды или пара, разогреваемых в недрах Земли. Эксперты предложили соорудить много новых геотермальных электростанций путем бурения скважин в высокотемпературной коренной породе, создания глубинных резервуаров и закачивания в них жидкости для нагревания. По оценкам исследователей, в США в недрах земли скрыто примерно 13 септильонов (10^{24}) джо-

улей энергии, 1,5% которой (если не учитывать затраты) может стать возобновляемой. В ближайшие 40 лет за каждый израсходованный на эти цели \$1 млрд. можно было бы получать более 100 гигаватт геотермальной электроэнергии (1/10 полной выработки в США), что соответствует стоимости одной тепловой электростанции на угле или 1/3 новой АЭС.

Дэвид Биелло



Геотермальный тепловой поток плотностью от 25 (красный) до 150 (синий) мВт/м² с лихвой обеспечил бы США электроэнергией

британские женщины НЕ БОЯТСЯ РИСКА

Британские исследователи установили, что женщины, подвергшиеся экстракорпоральному оплодотворению (ЭКО), часто производят на свет близнецов

Как утверждает Грэхем Скотланд (Graham S. Scotland) из шотландского Университета Абердина, в Европе 25% беременностей с применением ЭКО заканчивается появлением двойняшек, рождение которых представляет большой риск как для матери, так и для малышей. Поэтому многие европейцы предпочитают имплантацию единственного эмбриона.

В Великобритании за счет бюджета можно предпринять только одну попытку ЭКО. Но до сих пор остается

неясно, должна ли имплантация более одного эмбриона быть выбором самих женщин или осуществляться по медицинским показаниям.

Исследовав восприятие рисков, связанных с многоплодной беременностью, группа Скотланда провела опрос 74 женщин, подвергшихся искусственному оплодотворению. Они спрашивали, предпочитают ли будущие мамы родить ребенка, зная, что у него могут быть некоторые серьезные нарушения.

В целом большинство из них были готовы произвести на свет малыша даже с небольшими проблемами со здоровьем или недоношенного, но все склонны были дать только отрицательный ответ, если возникала вероятность ранней смерти младенца.

«Полученные данные наглядно демонстрируют, что женщины осознанно принимают решение об имплантации двух эмбрионов. Опасность возникновения осложнений во время беременности близнецами относительно мала, тем не менее в масштабах страны затраты, связанные с рождением двойняшек, для государства весьма существенны», — сообщает Скотланд.



Он также отметил, что согласно опыту европейских стран вероятность наступления беременности при имплантации единственного эмбриона или двух и более примерно равна. Но для того чтобы подобный опыт прижился в Великобритании, необходимо сделать ЭКО доступными для любой женщины, желающей стать матерью.

Энн Хардинг (по информации агентства «Рейтер»)

побочные эффекты АРОМАТЕРАПИИ

Лавандовое и другие ароматические масла могут вызвать развитие молочных желез (гинекомастию) у мальчиков. Такую патологию диагностировал детский эндокринолог Клиффорд Блох (Clifford Bloch) из Колорадского университета в Денвере у трех здоровых во всех других отношениях мальчиков четырех, семи и десяти лет. Все они пользовались косметическими средствами,

содержащими лаванду и масло чайного дерева. Симптомы гинекомастии исчезли через несколько месяцев после того, как средства были исключены из употребления. Коллеги Блоха из Национального института по охране окружающей среды проверили, влияют ли упомянутые масла на рост в культуре раковых клеток молочной железы. Обнаружилось, что они имитируют действие женских

половых гормонов эстрогенов и подавляют активность андрогенов — мужских половых гормонов. Влияют ли эти масла на девочек, девушек и женщин, не известно.

Чарлз Чой



Всероссийский конгресс ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

23-26 октября

Москва
Всероссийский
выставочный центр



**ВСЕРОССИЙСКАЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ
ЯРМАРКА**

2007

Под патронатом:

Правительства Российской Федерации

Организаторы:

Правительство Российской Федерации
Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации
Министерство экономического развития и торговли Российской Федерации
Министерство регионального развития Российской Федерации

При профессиональной поддержке:

Министерства образования и науки Российской Федерации,
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
Комитета Государственной Думы РФ по промышленности, строительству и наукоемким технологиям
Федерального агентства по промышленности
Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии
Федерального агентства по науке и инновациям
Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
Правительств Москвы и Московской области
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

Дирекция: **БИЗНЕС**  **Н** ОБЪЕДИНЕНИЕ
ВЫСТАВОЧНЫХ
КОМПАНИЙ

Тел.: (495) 937-40-81; E-mail: b95@online.ru

КОНСЕРВАТИВНЫЙ ВЗГЛЯД НА КЛИМАТ

Как решить проблему изменения климата Земли

Тающие ледники, преждевременное цветение растений и растущие показатели температуры атмосферы — все это признаки глобального изменения климата. Фактически, 11 из последних 12 лет стали самыми теплыми за всю историю наблюдений. В феврале 2007 г. в Париже члены Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) составили довольно консервативного характера документ, в котором не получили должной оценки будущие последствия потепления климата нашей планеты.

В работе МГЭИК приняли участие более 2 тыс. ученых из 154 стран мира, которые подготовили три Оценочных доклада. В первом рассматривалась лишь научная физическая основа происходящих климатических изменений. Исследователи, выступавшие в качестве ведущих авторов, подготовили главы по различным предметам, от научно-исторического обзора прежних глобальных изменений климата до соответствующих региональных прогнозов. Затем эксперты-рецензенты

представили более 30 тыс. комментариев на этот счет. Наконец, ведущие авторы и дипломаты собрались в Париже для выверки текста итогового документа, удаляя противоречивые научные сведения.

Например, после возражения Саудовской Аравии и Китая из доклада было изъято предложение, где утверждалось, что по величине воздействия на тепловой баланс Земли деятельность человека превосходит Солнце в 5 раз. «В действительности одно отличается от другого в 10 раз», — указывает Пирс Форстер (Piers Forster) из Лидсского университета в Великобритании. Солнечная радиация отдает сегодня каждому квадратному метру земной поверхности на 0,12 Вт больше энергии, чем в прошлом, тогда как созданные человеком источники энергии задерживают на той же площади дополнительно 1,6 Вт энергии.

Консерватизм доклада обусловлен также характером научной методологии оценки будущих климатических изменений. В различных моделях, предлагающих всевозможные сценарии развития событий, прогнозируется подъем уровня моря в диапазоне от 18 до 59 см. Специалисты по моделированию климата не включают в свои модели воздействие



Так изменение климата действует на айсберг от ледника Кангерлуссуак в Гренландии

на наземные ледниковые покровы Гренландии и Антарктиды.

В настоящее время происходит таяние гренландских ледников и увеличение средней скорости их сползания в море, однако данные изменения не следуют простому возрастающему линейному тренду. Например, согласно исследованиям Иэна Хауата (Ian Howat) из Вашингтонского университета, ледник Кангерлуссуак замедлил скорость своего движения к морю вследствие существенного уменьшения массы в результате таяния. А примерно 80% талой воды образовалось всего лишь за год до некоторой его стабилизации. Как указывает гляциолог Ричард Алли (Richard Alley) из Университета штата Пенсильвания, ледниковый покров становится тоньше, причем сегодня данный процесс ускорился. По существу, на состояние сплошного ледяного щита Гренландии влияют многочисленные переменные величины.

В свою очередь, другие важные природные факторы (такие, как

ХРУСТАЛЬНЫЙ ШАР КЛИМАТА

Несмотря на некоторую долю неопределенности, глобальные климатические модели становятся сегодня все точнее, позволяя исследователям уверенно устанавливать диапазон различных климатических сценариев и их вероятность, указывает Стивен Зебиак (Stephen E. Zebiak), специалист по моделированию климата из Колумбийского университета.

Согласно моделям, в ближайшие 20 лет средняя годовая температура воздуха на Земле возрастет на 0,4° С. Причем даже при немедленном прекращении выбросов парниковых газов этот показатель все равно увеличился бы к концу столетия на 0,6° С из-за накопленного океаном тепла и долговременных эффектов окиси углерода в атмосфере. По оценке МГЭИК, в случае удвоения доиндустриального уровня концентрации CO_2 в атмосфере, составлявшего примерно 280 ppm (частей на миллион частей воздуха), температура воздуха должна подняться на 3° С. К концу 2005 г. количество CO_2 в атмосфере Земли достигало 379 ppm — показатель, какого не бывало в последние 650 тыс. лет.

вызывающая грозы атмосферная конвекция) можно анализировать лишь приближенно из-за их малого масштаба.

Несмотря на некоторые недостатки, такого рода глобальные климатические модели завоевывают все большее доверие: при включении в них факторов, влиявших на климат Земли в последние 100 лет, они дают

четкую картину того, что действительно происходило в данный период.

Затем МГЭИК представила второй доклад, посвященный различным возможным последствиям глобального потепления, от жестоких засух и страшных ливней до других экстремальных погодных явлений. В третьем докладе предполагалось рассмотреть возможности для

ослабления данных последствий, например поиски альтернатив ископаемому топливу. Если финансирование исследований по биологическому и водородному топливу увеличилось, то выделение финансовых средств на разработку других возобновляемых источников энергии на оборот сократилось.

Дэвид Биелло

цвета для больных аутизмом

Может ли исключение молока и хлеба из рациона больных аутизмом облегчить их состояние?

Родители детей, страдающих аутизмом (болезнь характеризуется нарушением социальных взаимоотношений, расстройством речи, недостаточностью понимания, навязчивыми действиями), отмечают значительное улучшение их состояния, как только они перестают получать продукты, содержащие глютен (смесь растительных белков) и казеин (белок). Как показывают исследования, до 40% больных детей время от времени находятся на специальных диетах. Увлечение ими — это скорее вопрос веры. Пока ученые не нашли никаких свидетельств того, что ограничение в потреблении каких-то продуктов смягчает симптомы аутизма. Недавно этот вопрос впервые подвергся серьезной научной проверке, результаты которой будут известны в течение года.

Основанием к переходу на специальную диету послужил тот факт, что у больных аутизмом часто возникают нарушения в работе пищеварительной системы, в результате чего в кровь попадают шлаки (синдром «дырявого кишечника»). Согласно

одной из гипотез, побочные продукты, образующиеся при метаболизме глютена и казеина, нарушают работу мозга, изменяя активность опиатов, которые участвуют в регуляции болевых ощущений и социального поведения. По другой версии, попадание в кровоток шлаков запускает неадекватный иммунный ответ. Оба предположения нельзя считать хоть сколько-нибудь обоснованными. Более того, специалисты не уверены даже в том, что у больных аутизмом проблем с пищеварением больше, чем у обычных людей.

В настоящее время исследователи в своих работах используют метод двойного слепого контроля: ни испытуемые, ни врачи не знают, кто из больных детей получает глютен, а кто нет. В рамках испытаний, проводимых Робин Хансен (Robin Hansen) из Калифорнийского университета в Дэвисе, все участники



Семьи, в которых имеются дети, страдающие аутизмом, хотели бы знать, поможет ли их близким та или иная диета

в течение двух месяцев будут находиться на безглютеновой диете. Затем в течение следующих двух месяцев половина из них каждый день будет получать на полдник закуску, в которой глютен присутствует, а половина — закуску без глютена. В обоих случаях еда выглядит совершенно одинаково. Специалисты из Медицинского центра при Питтсбургском университете намереваются проверить влияние такой же диеты и параллельного приема омега-3-жирных кислот.

Марк Олперт

ПОВЕРНУТЬ ПРОЦЕСС ВСПЯТЬ

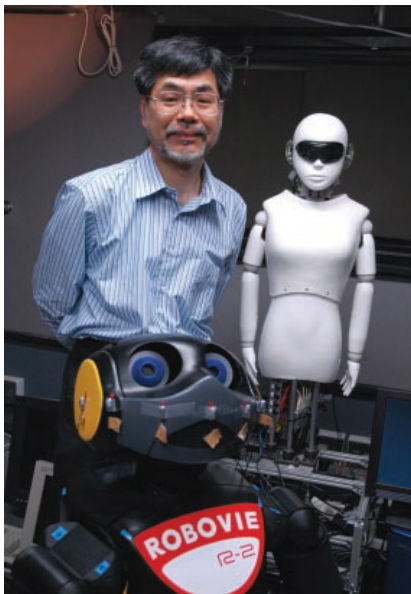
Исследования влияния диеты на проявления аутизма только начинаются, а между тем в изучении генетической основы патологии, которой в США страдает один ребенок из каждых 150, наметился значительный прогресс. Установлено, что синдром Ретта, наиболее выраженный физический дефект у больных аутизмом, обусловлен мутациями в гене *MECP2*.

Группа ученых под руководством Адриана Берда (Adrian Bird) из Эдинбургского университета в Шотландии недавно показала, что устранение мутации в гене *MECP2* у мышей с неврологическими нарушениями приводит к исчезновению таких симптомов, как тремор и затрудненное дыхание. К развитию аутизма причастны многие гены. Исследователи надеются, что когда-нибудь появятся лекарственные препараты направленного действия, которые восстановят нормальное функционирование головного мозга у детей, страдающих этим недугом.

РОБОТ – ЧУТКОЕ УХО

Робот может слушать трех ораторов одновременно

Японский принц Шотоку (Shotoku), живший в XII в., прославился тем, что мог одновременно слушать десятых просителей и при этом принимать решения по сути дела. Воодушевленные способностями великого предка, ученые Страны восходящего солнца на протяжении пяти лет работали над созданием робота, который может общаться с несколькими говорящими одновременно. Чтобы проверить возможности механического аналога, исследователи придумали сценарий, в котором он выполнял работу официанта в ресторане. Когда три клиента одновременно заказали различные блюда, электронный помощник подтвердил заказы и указал их стоимость. Роботу удалось усвоить до 70% полученной



Хироши Окуно вместе с роботами *Robovie R2* and *SIG2*, способными воспринимать речь нескольких одновременно выступающих ораторов

информации, на обработку которой у него ушло не более двух секунд. Даже настройка на голос не потребовалась.

Решение подобной задачи стало важной вехой в создании искусственного интеллекта, т.к. теперь специалисты научились выделять полезный звуковой сигнал из сплошного шумового фона. («Эффект коктейльной вечеринки» предполагает, что человек, даже принявшей небольшую дозу алкоголя, с трудом распознает в общем гаме голосов слова соседа, обращенные к нему.) Хироши Окуно (Hiroshi G. Okuno), руководитель группы исследователей из Киотского университета, считает, что для робота также довольно сложно выделить человеческую речь из гула толпы.

Диалог с машиной на языке человека остается мечтой со времен Алана Тьюринга. Например, в прошлом году компания *Microsoft* представила пакет программ для распознавания речи. В процессе тестирования даже обычная фраза превратилась в бессмысленный набор слов.

В отличие от упомянутой выше, программа Окуно более корректна. Кроме того, пользователю не требуется микрофон, т.к. он входит в комплектацию робота. Система обработки звукового сигнала позволяет переводить звук в цифровую форму, затем данные анализируются с помощью статистических алгоритмов. В первую очередь программа выбирает основной источник сигнала и убирает посторонние шумы. Следующая, самая важная стадия обработки голосового сообщения — автоматическое восстановление потерянных фрагментов, когда производится анализ звуковых сигналов от всех источников и выделяется основной. После этого полученный цифровой код проходит обработку через базу данных, содержащую 50 млн. японских слов, и робот

начинает «понимать» значение сказанного. Итогом этого процесса становится идентификация речи каждого из участников диалога.

Такая технология позволяет максимально приблизить восприятие речи машиной к тому, что слышит человек. Разработчики заявляют, что робот способен воспринимать слова семи говорящих в зависимости от места их расположения и количества микрофонов (сейчас их восемь). Кроме того, он может передвигаться и ориентироваться в пространстве, что обеспечивает наилучший режим приема звукового сигнала.

«Разработанная Окуно автоматическая система распознавания речи от нескольких источников соединила в себе технологию использования нескольких микрофонов и обработки перекрестных сигналов», — считает Дан Эллис (Dan Ellis), руководитель акустической лаборатории Колумбийского университета. «В отличие от прочих разработок в этой области, данная система позволяет машине с высокой степенью точности воспринимать реальную человеческую речь».

Новая технология может быть использована при разработке слуховых аппаратов для слабослышащих людей. Более того, в это устройство будет скоро интегрирована система перефразирования, что позволит слабослышащим проще общаться. Окуно сам нуждается в медицинской помощи, т.к. годы прослушивания слишком громкой музыки через наушники не прошли для него даром, и сегодня его роботы слышат лучше, чем их создатель.

По мнению специалистов, в ближайшие годы появятся и другие новые направления использования созданной Окуно технологии, и роботы с чутким слухом смогут быть полезны не только в ресторане.

Тим Хорняк

V МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА РОБОТОТЕХНИКА

РОБОТОТЕХНИКА, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, МЕХАТРОНИКА, ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

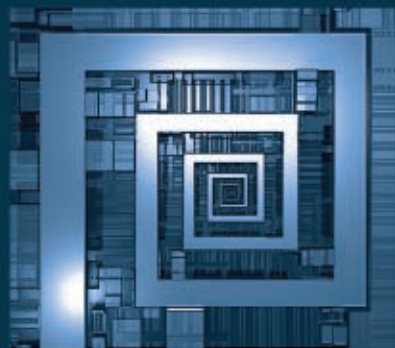
ОРГАНИЗАТОР: РУССКАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ «ЭКСПОДИЗАЙН»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ: МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ; МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ (МЧС РОССИИ); ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО НАУКЕ И ИННОВАЦИЯМ; ДЕПАРТАМЕНТА НАУКИ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ Г. МОСКВЫ

ТЕМАТИКА:

**17–20
ОКТАБРЯ
2007**

**РОССИЯ, МОСКВА,
ВВЦ, ПАВИЛЬОН 70**



- ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА, РОБОТЫ СФЕРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РОБОТЫ;
- РОБОТЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ – СПАСАТЕЛЬНЫЕ, ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ И АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ;
- НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ;
- ПРОМЫШЛЕННЫЕ, ВСТРАИВАЕМЫЕ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
- КОМПЛЕКТУЮЩИЕ, УЗЛЫ, АГРЕГАТЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ
- АЛГОРИТМЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
- ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
- СЕНСОРЫ И ДАТЧИКИ;
- МЕТРОЛОГИЯ, ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ;
- СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ, АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ;
- ИСТОЧНИКИ И СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ;
- ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ТОВАРЫ
- РОБОТЫ – ИГРУШКИ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИГРЫ;
- СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ СОСТОИТСЯ **МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ** ПО МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЯМ И СИСТЕМАМ, ОРГАНИЗОВАННЫЙ КОМИТЕТОМ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРОГРАММЫ ИРМАН (УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ МАКРО-, МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ) И ОБЪЕДИНЕНИЕМ MINAM (ПО МИКРО- И НАНОСИСТЕМАМ). НА СИМПОЗИУМЕ СВОИ ДОКЛАДЫ СДЕЛАЮТ УЧЕНЫЕ ИЗ РОССИИ, ГЕРМАНИИ, АНГЛИИ, ИТАЛИИ, ДАНИИ, АВСТРИИ И ВЕНГРИИ. ПРИГЛАШАЕМ ВСЕХ ЖЕЛАЮЩИХ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В ЗАСЕДАНИИ ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЫ И МЕЖДУНАРОДНОМ СИМПОЗИУМЕ.

НА ВЫСТАВКЕ ПРОЙДЕТ РЯД СПОРТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ЗРЕЛИЩНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, С УЧАСТИЕМ РОБОТОВ РАЗНЫХ КЛАССОВ И ВИДОВ: СОРЕВНОВАНИЯ ПО РОБОКРОССУ, ГОНКИ РОБОТОВ, **БОИ БОЙЦОВЫХ РОБОТОВ**, СОРЕВНОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

С 17 ПО 19 ОКТЯБРЯ В РАМКАХ ВЫСТАВКИ ПРОЙДЕТ **ЧЕМПИОНАТ ПО БОЯМ РОБОТОВ АНДРОИДОВ И ЧЕМПИОНАТ ПО РОБОФУТБОЛУ**, КОТОРЫЕ ОРГАНИЗОВЫВАЕТ РОССИЙСКАЯ КОМПАНИЯ «АНДРОИДНЫЕ РОБОТЫ».

ДИРЕКЦИЯ ВЫСТАВКИ:

ТЕЛ./ФАКС: +7 (095) 258-87-63, 181-60-39, 783-06-22, 181-06-35

E-MAIL: ROBOT1@EXPO-DESIGN.RU

HTTP://WWW.EXPO-DESIGN.RU

РОБОТОТЕХНИКА, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, МЕХАТРОНИКА, ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

НЮАНСЫ ЯЗЫКА НУКЛЕОТИДОВ

«Молчание» мутации вовсе не так уж безмолвны

Каждый дипломат знает, что тончайшие языковые нюансы могут сказаться на исходе переговоров самым неожиданным образом. Общие между клетками человеческого организма и вовсе не допускает никаких вольностей, считают исследователи из Национального института по изучению раковых заболеваний. Ими был идентифицирован белок человека, молекула которого принимает две разные конформации при совершенно ничтожных различиях в кодирующем этот белок гене, которые не должны были сказаться на свойствах белка. Это открытие объясняет изменчивость в реакции на химиотерапии среди больных некоторыми формами рака и вновь ставит на повестку дня вопрос о так называемых «молчащих» мутациях.

Чава Кимчи-Сарфати (Chava Kimchi-Sarfaty) и Михель Готтесман (Michael M. Gottesman) исследовали ген *MDR1*, связанный с резистентностью раковых клеток ко многим лекарственным веществам. В частности, их интересовал полиморфизм однонуклеотидных замен (*single-nucleotide polymorphism, SNP*) в этом гене. Некоторые замены не приводят к изменению аминокислотой

последовательности, кодируемой данным геном, и не должны влиять на свойства соответствующего белка. Тем не менее синонимичные однонуклеотидные замены, обнаруженные при исследовании генов раковых клеток, каким-то образом сказывались на чувствительности последних к химиотерапии.

Избрав мишенью три конкретные синонимичные замены, исследователи встроили содержащие их *MDR1*-гены в клетки человека и обезьяны. Ген *MDR1* кодирует белок мембранного насоса *P*-гликопротеин и работает как сифон, откачивающий химические вещества (в частности, лекарственные) из клеток. Целью эксперимента было проследить, как функционирует мембранный насос в присутствии данных веществ. Обнаружилось, что в клетках, геном которых содержит одну из трех *SNP*, насос работает с трудом, а *P*-гликопротеин принимает необычную конформацию и вырабатывается медленнее, чем в норме. «Мы подумали, что все дело в частоте использования кодонов и что произошла перегрузка системы, вынужденной экспрессировать большее число *MDR1*-генов», — отметила Кимчи-Сарфати.

Кодон представляет собой тройку нуклеотидов, стоящих в полинуклеотидной цепи в определенной последовательности, которая кодирует

одну из 20 аминокислот. Из четырех разных азотистых оснований ДНК можно составить 64 триплета, поэтому некоторые аминокислоты кодируются более чем одним кодоном. Разные организмы используют альтернативные синонимичные кодоны с неодинаковой частотой, что отражается на относительном количестве соответствующих транспортных РНК (тРНК). Каждая тРНК распознает определенный кодон в гене первичного транскрипта и доставляет к месту синтеза белка (рибосоме) нужную аминокислоту. Если один из альтернативных кодонов используется реже, чем тот, что находился в данном сайте прежде, то в клетке возникает дефицит соответствующей тРНК, и работа рибосомы замедляется.

Те синонимичные замены, которые изучала Кимчи-Сарфати, приводили к появлению редко используемых кодонов, и поскольку синтез *P*-гликопротеина замедлялся, последний принимал неправильную конформацию. Такое же явление наблюдается у микроорганизмов, например у *Escherichia coli* и дрожжей, когда они синтезируют белок, кодируемый встроенным чужеродным геном, который содержит относительно редкие для данного микроорганизма кодоны.

Однако известны случаи, когда в присутствии какого-нибудь необычного кодона выработка белка замедляется таким образом, что его пространственная упаковка оказывается оптимальной. Дэвид Бейкер (David Baker) из Вашингтонского университета, изучающий динамику упаковки белков, считает, что такое редкое событие — просто случайность, проигнорированная естественным отбором.

Как считает Лоренс Херст (Laurence D. Hurst) из Батского университета и другие специалисты по анализу генома, слабый

ЯЗЫК НУКЛЕОТИДОВ: ЕДВА ЗАМЕТНЫЕ НЕТОЧНОСТИ

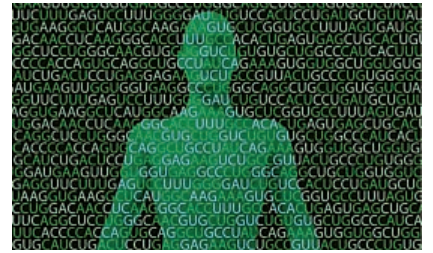
Промышленное производство лекарственных препаратов и других биологически активных веществ часто предполагает встраивание чужеродных генов в такие микроорганизмы, как бактерии и дрожжи. Чтобы при этом не возникло никаких проблем с синтезом целевого продукта, необходимо учитывать различия в частоте использования кодонов. Стивен Фрилэнд (Stephen J. Freeland) из Мэрилендского университета создает базу данных по синтетическим генам и компьютерную программу, с тем чтобы выбирать для встраивания такие гены, которые максимально соответствуют предпочтениям микроорганизма. Синонимичная замена кодонов может привести к неправильной пространственной укладке белков. Это значит, что представление о генетической языковой системе как о цифровом механизме слишком упрощено.

эволюционный отбор кодонов у млекопитающих все-таки существует. Учет различий в использовании кодонов может повлиять на оценку частоты мутаций, получаемую в рамках предположения о неразличимости синонимичных кодонов на уровне белков. Разнообразие механизмов, благодаря которым синонимичные нуклеотидные замены не всегда оказываются нейтральными, навело Херста на мысль, что

«это может оказаться крайне важным для понимания природы генетических заболеваний и разработки методов борьбы с ними».

Кимчи-Сарфати полагает, что «молчание» мутации, которыми так долго пренебрегали, время от времени «подают голос», и это может пригодиться для получения, например, более эффективных белковых коагулянтов.

Кристина Соарес



Изменения в кодах (нуклеотидных триплетах, кодирующих аминокислоты) сказываются на свойствах синтезируемых в клетке белков сильнее, чем это считалось ранее

ТЕМНАЯ ВОДА

Причины сокращения численности обитателей морей и рек

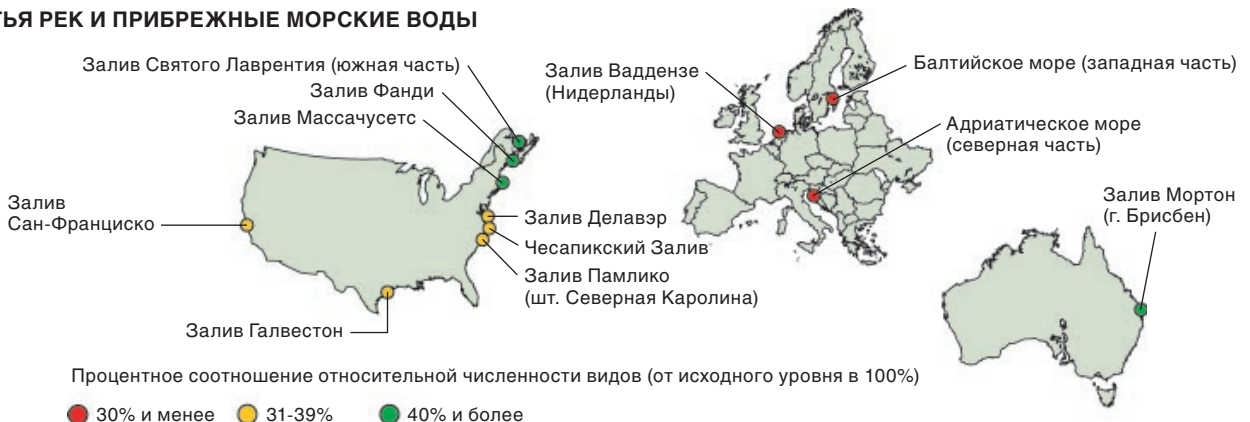
Устья рек, где смешивается пресная и морская вода, представляют собой динамичную и весьма сложную экосистему. Вместе с прибрежными водами, которые подвергаются практически тем же видам неблагоприятного внешнего воздействия, они уже давно пребывают в состоянии экологической деградации. Не случайно в прошлом году ООН объявила устья двух великих рек Китая — Янцзы и Хуанхэ — «мертвыми зонами». Такого же рода ущерб наносится обитателям морей и океанов.

Для оценки размеров такого вреда, а также для воссоздания их экологической истории была создана международная группа исследователей, которую возглавил Хейке Лотце (Heike K. Lotze) из канадского Университета Далхаузи (г. Галифакс, провинция Новая Шотландия). Проанализировав сотни документов, исследователи сконцентрировали внимание на 12 экосистемах в устьях рек и прибрежных водах умеренного пояса, подвергавшихся хозяйственному освоению человеком на протяжении периодов от 150 до 2500 лет. В каждой экосистеме они изучили 30–80 биологических видов, включая те, что считались чужеродными, и проверили качество воды по семи показателям.

Как выяснилось, на стадиях охоты, собирательства и земледелия

экологическая деградация была, как правило, незначительной. (Даже в доисторические времена люди наносили вред природе. Так, в заливе Сан-Франциско из-за интенсивной охоты почти исчезли морские выдры, гуси и т.д.) Когда около 300 лет назад началось внедрение рыночной экономики, снижение численности биологических видов стало происходить еще более быстрыми темпами. Но в последние 50 лет ситуация несколько улучшилась: увеличились размеры популяций птиц, а количество пресмыкающихся, млекопитающих и разного рода растительности оставалось более или менее стабильным. Впрочем, за тот же период резко сократилось число беспозвоночных и рыб. Причем размеры рассмотренных экосистем, их видовое многообразие, а также плотность местного ▶

УСТЬЯ РЕК И ПРИБРЕЖНЫЕ МОРСКИЕ ВОДЫ



Регион	Сохранившиеся виды (в %)	Период антропогенного воздействия (лет)
Адриатическое море (сев. часть)	25	2500
Залив Ваддензе	28	1000
Балтийское море (зап. часть)	30	1000
Залив Памлико (шт. Сев.Каролина)	31	300
Залив Делавэр	32	240
Чесапикский Залив	35	240
Залив Сан-Франциско	35	180
Залив Галвестон	37	180
Залив Мортон	40	150
Залив Массачусетс	42	320
Залив Святого Лаврентия (юж. часть)	44	240
Залив Фанди	47	240

населения не были напрямую связаны со степенью экологической деградации. Наибольшему разрушению подверглись те природные экосистемы, которые дольше всего испытывали действие активной коммерческой деятельности — северная часть Адриатического и западная часть Балтийского морей и залив Ваддензе.

К концу XX в. 91% изученных биологических видов находились в состоянии истощения (сокращение численности каждого вида на 50% и более). 31% приобрели статус реликтовых, а 7% полностью вымерли. Ни одну из этих потерь нельзя было объяснить вторжением каких-то чужеродных видов (например,

двустворчатых моллюсков мия) или изменением климата.

В последние 100 лет, явно благодаря охранным мерам, в некоторых экосистемах (таких, как залив Фанди, южная часть залива Святого Лаврентия и залив Массачусетс), произошло умеренное улучшение видового состава, тогда как в других регионах наблюдалось снижение темпов вымирания. Лотце считает, что подобные результаты стали признаком того, что наиболее тяжелая стадия экологической деградации осталась позади, и экосистемы, хотя и медленно, но восстанавливаются.

Роджер Дойл

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Heike K. Lotze, Hunter S. Lenihan, Bruce J. Bourque et al. in Science, Vol. 312, pages 1806 — 1809; June 23, 2006.
- Boris Worm, Edward B. Barbier, Nicola Beaumont et al. in Science, Vol. 314, pages 787 — 790; November 3, 2006.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

3-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
ОБОРУДОВАНИЯ, МАШИН, ПРИБОРОВ
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

9 – 11 Октября 2007
 ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ
 РОССИЯ, МОСКВА

ОРГАНИЗАТОР:
INCONEX
 International Conferences & Exhibitions

ООО Инконэкс
 Тел: +7 (495) 739 5509,
 Факс: +7 (495) 641 22 38
 E-mail: electronica@inconex.ru,
 www.inconex.ru

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

 Федеральное агентство по атомной энергии

 ФГУП концерн "Росэнергоатом"

**УНИКАЛЬНОЕ ЕВРОПЕЙСКОЕ СОБЫТИЕ!
ВПЕРВЫЕ В РОССИИ!**

EURO DISPLAY 18-20 сентября
2007
МОСКВА

**СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА**



**МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР
18-20 СЕНТЯБРЯ**

**ПРОВОДИТСЯ ОДНОВРЕМЕННО С ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИЕЙ ПО ДИСПЛЕЯМ (ЗДАНИЕ РАН)**

- TFT, ЭЛТ, ЖК дисплеи и индикаторы
- Информационные табло, мониторы, дисплеи
- Плазменные дисплеи
- Цифровые и матричные дисплеи
- Лазерные технологии визуализации
- Светодиодные средства отображения
- Проекционное оборудование и системы
- Средства и технологии отображения специального назначения
- Компоненты средств отображения
- Электронные модули управления
- Передовые научные разработки
- Технологии производства и обслуживания
- Услуги по созданию комплексных информационных систем



Тел: (495) 221-5015
<http://display.chipexpo.ru>

<http://www.sid.org>

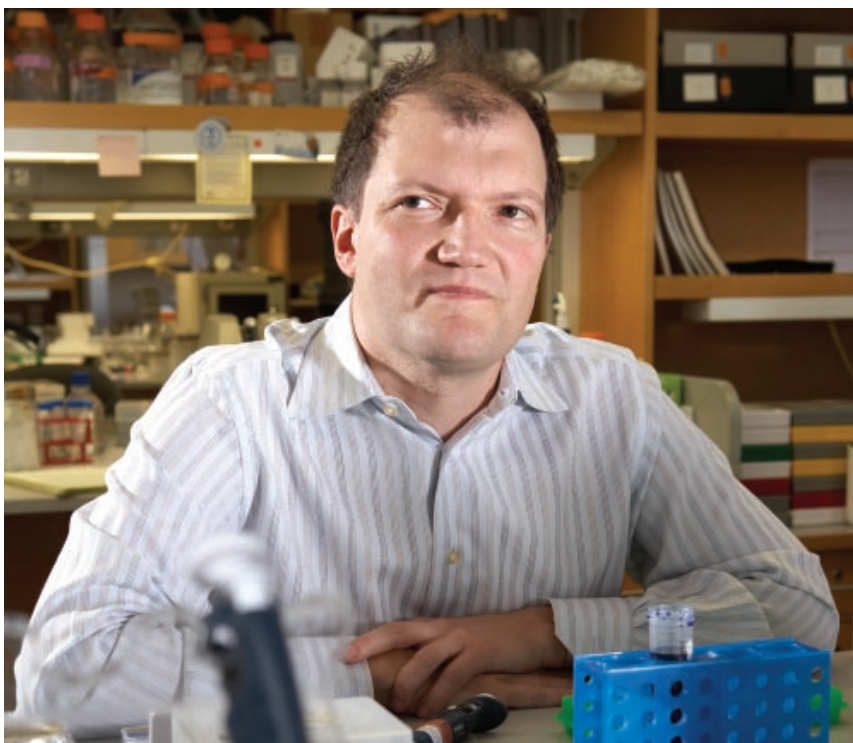


Х, Y... что дальше?

Когда 20 лет назад Эрик Вийен окончил медицинский колледж, он попал на стажировку в Консультационный центр для детей с гениталиями нечеткой половой принадлежности. Молодой человек не раз становился свидетелем того, как врачи Парижской больницы, осмотрев младенца, принимали решение о том, какого он пола. Казалось, они не были уверены в правильности своих выводов. Вийен не мог понять, на чем основано их заключение. Ведь внешние половые признаки ребенка могут не соответствовать типу внутренней репродуктивной системы.

По случайному совпадению тогда Вийену попались воспоминания Эркюлин Барбен, жившей в XIX в. женщины, которую все считали мужчиной (книгу издал философ Мишель Фуко). История ее любви и полной горестных переживаний жизни заставила исследователя задуматься над тем, что такое норма в вопросах пола, и попытаться найти ответ, опираясь на биологические основы половых различий.

Сегодня 40-летний ученый возглавляет лабораторию в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. Он принадлежит к числу тех немногих генетиков, с чьим мнением считаются врачи, пытающиеся понять, как и почему процесс детерминации пола у плода пошел по необычному пути. Исследования Вийена и его группы помогают не только разобраться в сути проблемы, но и принять обоснованное решение, как поступать в тех или иных случаях. «Что именно побуждает человека



ЭРИК ВИЙЕН: БИОЛОГИЯ ПОЛА НА РАСПУТЬЕ

- Занимается исследованием генетических основ детерминации пола, консультирует врачей при постановке диагноза бисексуальным пациентам.
- Частота появления новорожденных с неопределенной половой принадлежностью: 1 на 4500.
- Противник поспешного оперативного вмешательства, когда дело касается предопределения половой принадлежности.

ощущать себя индивидом женского (или, напротив, мужского) пола — вопреки тому, что думают по этому поводу его родители или врачи?» — не раз задавался вопросом Вийен. По оценкам, неопределенность в характере внешних половых признаков встречается у одного из 4500

новорожденных, а различные проблемы (например, неопущение яичек) возникают у одного человека из 100.

Целый ряд работ Вийена и его коллег способствовали ниспровержению господствовавшей много веков идеи половой детерминации, согласно которой формирование пола у мужской

особи идет по «активному» пути, предопределяемому наличием Y-хромосомы, а у женской — по «пассивному». Данную теорию, казалось бы, подтверждали эксперименты французского физиолога Альфреда Жоста (Alfred Jost), проведенные им в 1940-х гг., которые показали, что кастрированный эмбрион кролика развивается в особь женского пола.

В 1990 г. Питер Гудфеллоу (Peter Goodfellow) из Кеймбриджского университета идентифицировал ген *SRY* на Y-хромосоме, названной им «главным переключателем». Всего одна нуклеотидная замена в данном гене должна была приводить к тому, что половое развитие плода переходило с мужского типа на женский. Когда ген *SRY* был встроен в геном мыши, являющейся по всем генетическим признакам самкой, ее XX-плод развивался как самец.

По мнению Вийена, такие термины, как «гермафродит» и «бисексуал», некорректны и имеют уничижительный оттенок

Но исследования Вийена свидетельствовали о том, что дело обстоит гораздо сложнее. Во-первых, среди особей мужского пола, несущих ген *SRY* и при этом обладающих двумя X-хромосомами, были как вполне нормальные самцы, так и особи с неопределенными половыми признаками. Во-вторых, опыты *in vitro* показали, что *SRY* может подавлять транскрипцию, т.е. действовать по механизму интерференции. И наконец, в 1994 г. Вийен с сотрудниками обнаружил, что особь мужского пола может появиться и в отсутствие *SRY*-гена. Исследователь построил модель, согласно которой пол определялся в ходе тонких взаимодействий между разнообразными промужскими, антимужскими и, возможно, проженскими генами.

Поскольку долгое время процесс полового развития у женских особей считался пассивным, поисками проженских генов мало кто занимался. Однако в последние несколько лет генетики получили свидетельства активной детерминации женского пола.

По-видимому, у истоков процесса находится ген *DAX1* на X-хромосоме, одновременно подавляющий формирование яичек. Если доза гена *DAX1* слишком высока, то плод с генотипом XY разовьется в особь женского пола. Аналогичным образом действует еще один ген, *WNT4*. Оба гена совместно «ополчаются» на ген *SRY* и другие промужские факторы. Как писал генетик Дэвид Шлессингер (David Schlessinger) в 2006 г. в журнале *Bioessays*, формирование яичников — такой же детерминированный процесс, как и формирование яичек.

Затем Вийен занялся исследованием молекулярных детерминантов пола в головном мозге, пытаясь выяснить, связаны ли они с гендерной самоидентификацией. Вопреки общепринятому мнению, он был уверен, что половые гормоны как таковые не обуславливают различий

в поведении. Гены *SRY* экспрессируются в головном мозге и, как считал Вийен, именно они напрямую определяют половую дифференциацию на уровне мозга. В его лаборатории были идентифицированы 50 генов, разбросанных по разным хромосомам, которые могли бы участвовать в детерминации пола. Семь из них обнаруживали различия в функционировании еще до образования гонад. Сейчас Вийен и его сотрудники тестируют данные гены в экспериментах на мышах, а также исследуют картину экспрессии связанных с полом генов у транссексуалов.

Исследования Вийена затрагивают довольно интимные стороны человеческой жизни, поэтому он деликатно относится к чувствам тех, кого затрагивают эти исследования. Вийен пришел к выводу, что необходимо изменить терминологию, которая используется для характеристики детей с нечетко выраженным полом.

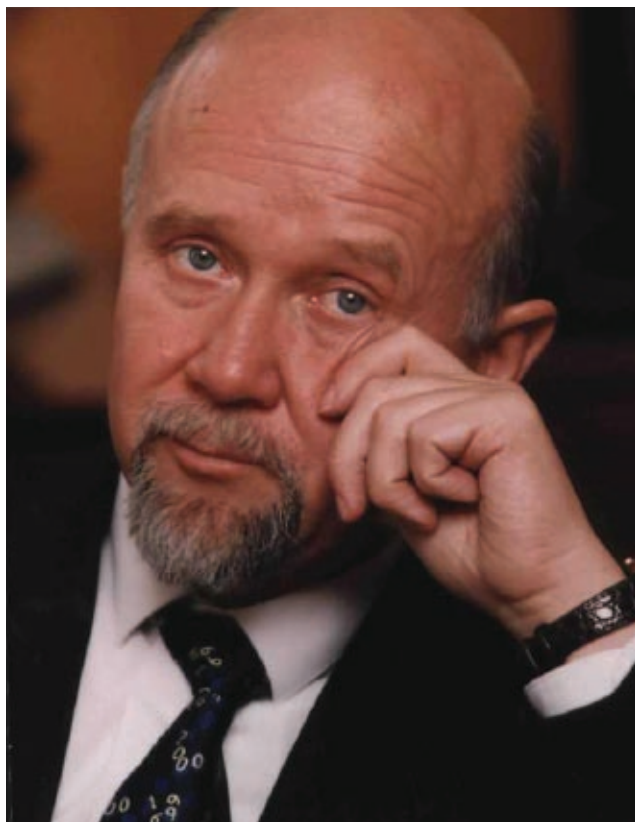
На состоявшемся в Чикаго в 2005 г. Советании по вопросам интерсексуальности Вийен убеждал генетиков,

хирургов, психологов и других специалистов в том, что такие термины, как «гермафродит», «псевдогермафродит», «бисексуал», некорректны и имеют уничижительный оттенок. Вместо того чтобы сосредотачиваться на обескураживающих аномалиях внешних половых признаков у новорожденных, следовало бы опираться на достижения генетики. Так, термин «гермафродитизм» Вийен предлагал заменить словосочетанием «отклонение полового развития».

Решение об изменении терминологии нашло поддержку у Черил Чейс (Cheril Chase), исполнительного директора Общества бисексуалов Северной Америки (*Intersex Society of North America, INSA*). Долгие годы Чейс боролась против той поспешности, с какой принимаются решения о хирургическом вмешательстве, с тем чтобы успокоить родителей и «подогнать» анатомию к «присвоенному» ребенку полу. Вспоминая, как однажды врач назвал ее «бывшим бисексуалом», она настаивает на том, что медикам не следует торопиться принимать окончательное решение о половой принадлежности. «Теперь, когда мы пришли к согласию относительно терминологии, общество будет относиться к нам с меньшим подозрением», — надеется Чейс. Благодаря ей *INSA* приобрела в лице Вийена ценного помощника, т.к. он согласился взять на себя обязанности консультанта.

По мнению Питера Ли (Peter A. Lee), одного из организаторов Советания, врачам не следует сосредотачиваться только на аномалиях половых органов, а постараться всесторонне изучить проблему и более осторожно подходить к вопросу хирургического вмешательства. В принятии решения должны участвовать как члены семьи, так и различные специалисты, в частности психологи и эксперты по вопросам этики. Ли, будучи педиатром-эндокринологом, предупреждает, что предстоит еще многое сделать, чтобы заполнить пробелы, существующие сегодня в данной области. Например, врачи еще не знают, как их выбор сказывается на судьбе пациента. ■

КАК СТИМУЛИРОВАТЬ ИННОВАЦИОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РОССИИ?



О перспективах развития инновационной деятельности в России рассказал заместитель Председателя комитета Государственной Думы по образованию и науке, руководитель Подкомитета по инновационной деятельности и интеллектуальной собственности, член Президиума Российской академии медицинских наук **Сергей Иванович Колесников** корреспонденту журнала «В мире науки».

Поддержка инноваций

По доле наукоемкой продукции среди развитых стран мира Россия далеко не в первой десятке: если, например, в Китае она составляет 0,9%, то у нас она значительно ниже. Это низкий показатель, причем доля этого

сектора прогрессивно падает, потому что ориентирована на сырьевой фактор. В национальном богатстве большинства развитых стран мира человеческий капитал составляет свыше 70–76%, воспроизводимые физические факторы, т.е. то, что берется из природы и возвращается обратно — около 20%, а используемые природные ресурсы — 2–5% (неважно, заемные ли они или собственные).

В России эта структура другая, всего 50% составляет человеческий капитал (т.е. образование, социальное развитие, наука, то, что зависит от человека и что направлено на него и его благополучие), доминируют природные факторы. (см.: Костикова Д. *Богач-бедняк* // ВМН, № 7, 2005; Интеллектуальный прорыв // ВМН, № 9, 2005, Костикова Д. *Капитал с человеческим лицом* // ВМН, № 9, 2006.)

Последние два года в России нарастает интерес к науке, в том числе со стороны властей. Стоит отметить несколько новых явлений, которые призваны способствовать развитию экономики, основанной на знаниях.

Во-первых, появился так называемый Инвестиционный фонд. Мы надеялись, что средства государственного фонда пойдут преимущественно на науку и новые технологии, но они в основном тратятся на транспортные системы, трубопроводы. Таким образом, поддерживается в основном сырьевая инфраструктура, а хотелось бы значительные средства направлять в новейшие технологии и в другие сферы.

Во-вторых, начал работать закон «Об особых экономических зонах». Полагается, что так называемые техно-внедренческие зоны будут способствовать продвижению российских научных разработок. Однако закон оказался централизованным. Были сделаны поправки об образовании особых рекреационных зон, где могут развиваться научные исследования на туристической, экологической основе. Закон работает, но средства экономятся и непонятно, как использовать инновационные факторы.

Третий созданный инструмент в области инноваций — Государственная венчурная компания, с использованием частного капитала, создающая на конкурсной основе дочерние филиалы, которые должны выделять средства на инновационные проекты.

Инструменты воздействия

Законопроект о введении понятий «инновация», «инновационный продукт», «инновационное предприятие», «инновационная деятельность» необходим. Он уже рассматривался Государственной Думой и получил отрицательное заключение правового управления президентской администрации, хотя правительство РФ законопроект поддержало — с оговорками, было решено его доработать. Есть надежда, что осенью 2007 г. в России законодательно будут утверждены «инновационные» определения, т.к. пока зачастую подобная деятельность попадает под нецелевые расходы.

В качестве инструментов воздействия на инновационную среду можно назвать несколько готовящихся законопроектов. Это, например, законопроект о налоговых льготах для тех компаний, которые занимаются научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими разработками и патентными работами: они либо не должны облагаться налогом на добавленную стоимость, либо эта деятельность включается в совокупный объем расходов, что фактически снижает налогообложение.

Законопроект депутатов Государственной Думы переработан Правительством России и принят Государственной Думой. Из последних законов хотелось бы упомянуть закон об освобождении от налогообложения грантов Российских фондов и некоторых организаций, где вновь заложены ограничения, которые могут привести к коррупционным последствиям. Перечень фондов и организаций утверждает Правительство.

Следующий законопроект — об интеграции науки и образования. Это попытка сделать так, чтобы работа совместных кафедр, лабораторий не подпадала под признаки аренды либо лизинга. Появляется понятие «студент научной организации», т.е. научным организациям дается право образовательной деятельности, начиная с магистров. По данному законопроекту научные учреждения могут готовить магистров, заниматься последипломной подготовкой.

Стоит отметить, что принята четвертая часть Гражданского кодекса, касающаяся интеллектуальной собственности. Кодекс будет последовательно вводиться в действие с 2008 по 2010 г. Готовится еще один законопроект о передаче технологий, полученных за федеральный счет в коммерческий сектор, который планируется принять в 2007 г.

Недавно удалось отстоять новый Устав Российской академии наук, другие научные академии также борются за свой статус. В целом Россия медленно движется в сторону более активной поддержки инновационной деятельности. Однако чиновники Минфина требуют конкретных результатов. Но могут ли они компетентно судить о результатах научных исследований? Меня, в частности, не устраивает финансирование наук о жизни, наук о человеке, особенно в сравнении, например, с Германией.

Корпорация нанотехнологий и российский *Microsoft*

Пример нанотехнологий весьма показателен. Принят федеральный закон «О российской корпорации нанотехнологий». По сути, появляется еще один фонд, который должен финансировать прорывное направление в науке и технологиях. В статье 3 «Цели и функции корпорации», указывается, что корпорация действует в целях реализации государственной политики в научно-технической и инновационной сфере, содействия перехода экономики Российской Федерации на инновационный путь развития, развития инновационной инфраструктуры, реализации проектов создания внешнеэкономической и иной предусмотренной настоящим Федеральным законом деятельности в России и за рубежом, в том числе с участием иностранного капитала.

Корпорация нанотехнологий будет, например, осуществлять отбор и финансирование проектов в этой области, включая проекты научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ; участвовать в разработке концепций и проектов нормативных актов, направленных на стимулирование научно-технической и инновационной деятельности, в проведении вневедомственной экспертизы и т.д.

Российское государство поддержало нанотехнологии. Однако думаю, что сейчас, например, появление нового аналога *Microsoft* в России в принципе невозможно. Появление подобной компании помешает глобализация и опереженная монополизация рынка. Разве что корпорация нанотехнологий или венчурная компания частично смогут взять на себя такую роль. У нас есть транснациональные корпорации, например, объединенная авиационная, формируется корпорация по судостроению, преобразовывается огромный атомный комплекс. Однако это скорее государственные организации, и чтобы создать в России нечто подобное *Microsoft*, без государственной помощи не обойтись. ■

Беседовал Дмитрий Мисюров

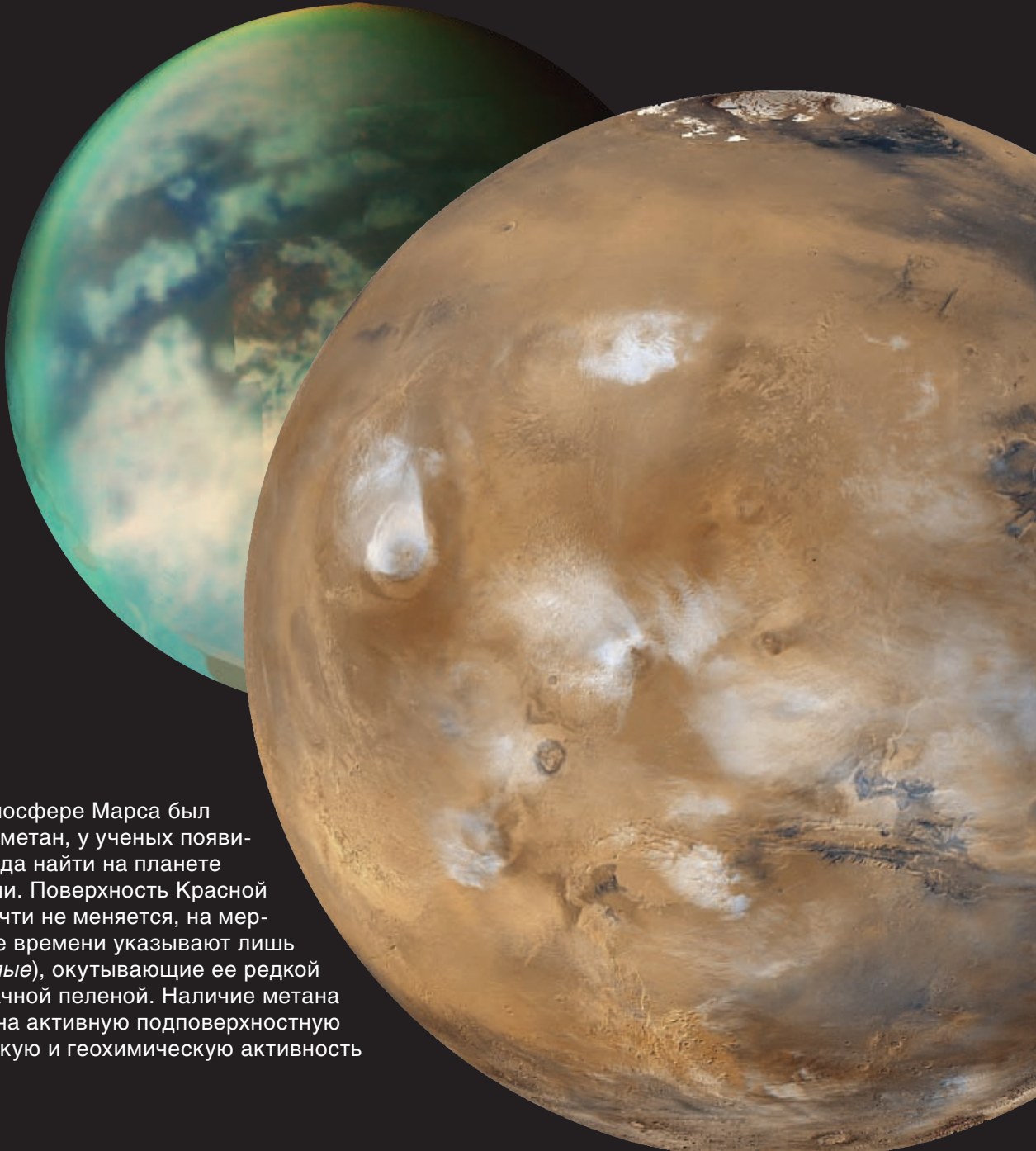
СПРАВКА

Экспертные органы Государственной Думы, связанные с инноватикой и интеллектуальной собственностью:

1. Совет по инновационной деятельности и интеллектуальной собственности (Комитет по образованию и науке) — С.И. Колесников.
2. Совет по интеллектуальной собственности (комитет по экономике) — А.Е. Лихачев.
3. Совет по профобразованию (В.Н. Иванова).
4. Совет по науке (Г.А. Месяц).
5. Совет по модернизации образования и науки при фракции «Единая Россия» (О.Н. Морозов).
6. Межфракционная группа по высоким технологиям (Ж.И. Алферов).
7. Совет по лазерным технологиям (И.Б. Ковш).
8. Совет по дистанционному образованию (В.А. Тихомиров).
9. Комиссия по техническому регулированию (Ю.Н. Волков).
10. Рабочая группа фракции «Единая Россия» по передаче федеральных технологий (О.Н. Морозов).
11. Экспертный совет по экологическому образованию в целях устойчивого развития (А.Н. Захлебный)

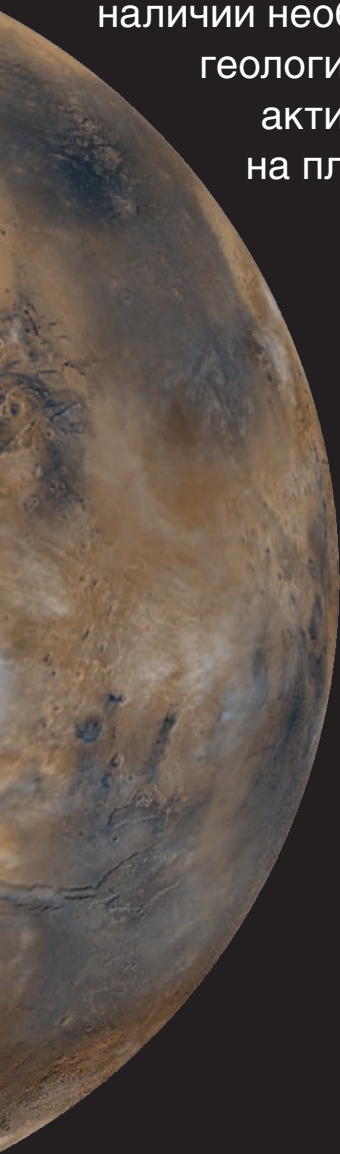
Сушил Атрея

Метан НА МАРСЕ И ТИТАНЕ



Когда в атмосфере Марса был обнаружен метан, у ученых появилась надежда найти на планете следы жизни. Поверхность Красной планеты почти не меняется, на мерное течение времени указывают лишь облака (*белые*), окутывающие ее редкой полупрозрачной пеленой. Наличие метана указывает на активную подповерхностную биологическую и геохимическую активность

Присутствие метана в атмосферах Марса и Титана, одна из удивительных загадок нашей Солнечной системы, может свидетельствовать как о возможности жизни, так и о наличии необычной геологической активности на планетах



Из всех планет, входящих в Солнечную систему, только на Земле и Марсе существовали и существуют условия, подходящие для жизни. Красная планета похожа на нашу во многих отношениях. История формирования и климатические условия на раннем этапе развития, водные резервуары, вулканические и прочие геологические процессы и здесь и там протекали одинаково. Могли быть также и микроорганизмы. Когда говорят о внеземной биологии, то кроме Марса обычно упоминают крупнейший спутник Сатурна — Титан, где в далеком прошлом условия способствовали формированию молекулярных предшественников жизни. Некоторые исследователи считают, что жизнь там была и, возможно, сохранилась.

Подозрения усилились, когда в атмосферах Марса и Титана обнаружился метан (CH_4) — газ, обычно связанный с живыми организмами. На Красной планете его немного, а вот Титан буквально «залит» им. И уж если не для Титана, то для Марса биологические источники метана столь же вероятны, как и геологические. Поэтому либо мы не одиноки во Вселенной, либо Марс и Титан обладают большими подповерхностными запасами воды и неожиданно высокой геохимической активностью. Установив источник CH_4 на этих телах, мы многое сможем понять в эволюции и зарождении жизни на планетах земного типа в Солнечной системе и за ее пределами.

Метана много на планетах-гигантах — Юпитере, Сатурне, Уране и Нептуне, где он возник как продукт химической переработки вещества протосолнечной туманности. Но на Земле он редок: его содержание в атмосфере нашей планеты — всего 1750 частей на миллиард по объему ($ppbv$). На 90–95% он имеет биологическое происхождение. Травоядные копытные животные, такие как коровы и козы, испускают пятую часть годового выброса метана: его вырабатывают бактерии в их желудках. Другими важными источниками служат термиты,

рис-сырец, болота, фильтрация естественного газа (это продукт прошлой жизни) и фотосинтез растений. Вулканы вносят в общий баланс метана на Земле менее 0,2%, но источником и этого газа могут быть организмы прошлых эпох. Промышленные выбросы метана незначительны. Таким образом, обнаружение метана на планете типа Земли указывает на наличие там жизни.

В атмосфере

В 2003 и 2004 гг. три независимые группы исследователей объявили об обнаружении метана в атмосфере Марса. Используя спектрограф высокого разрешения на Гавайском инфракрасном телескопе и на телескопе «Джемини-Юг» в Чили, группа Майкла Мумма (Michael Mumma) из Годдардского космического центра NASA обнаружила CH_4 в концентрации более 250 $ppbv$. Но эта величина не постоянна ни по поверхности, ни во времени. Витторио Формизано (Vittorio Formisano) с коллегами из Римского Института физики и межпланетных исследований (я также был в составе группы) проанализировали тысячи инфракрасных спектров, полученных орбитальным аппаратом «Марс Экспресс». Мы обнаружили гораздо меньше метана, в пределах от 0 до 35 $ppbv$, в среднем по планете — около 10 $ppbv$. Наконец, Владимир Краснопольский с коллегами из Католического университета Америки, используя Канадо-франко-гавайский телескоп, подтвердили, что среднее содержание метана около 10 $ppbv$, но из-за слабости сигнала и низкого разрешения они не смогли проследить изменения вдоль поверхности планеты.

Группа Мумма сейчас перепроверяет свои данные, пытаясь понять, почему получается такая большая концентрация. Пока я считаю значение 10 $ppbv$ наиболее вероятным: оно соответствует содержанию метана (в молекулах на единицу объема) в 25 тыс. раз ниже, чем в земной атмосфере.

Несмотря на то что астрономы обнаружили на Титане метан еще ▶

в 1944 г., интерес к этому далекому и холодному спутнику возник только 36 лет спустя, когда в его атмосфере нашли азот, важный компонент биологических молекул, таких как аминокислоты и нуклеиновые кислоты. Планета с метано-азотной атмосферой и давлением у поверхности в 1,5 атм. вполне годится для формирования предшественников живых молекул, а возможно, и самой жизни.

Метан играет главную роль в поддержании плотной азотной атмосферы Титана и служит источником углеводородного тумана, поглощающего инфракрасное излучение Солнца и нагревающего стратосферу приблизительно до 100° С. Он также является источником водорода, столкновения молекул которого приводят к нагреву тропосферы на 20° С. Если метан когда-нибудь иссякнет, температура понизится, газообразный азот сконденсируется, и атмосфера осядет. Уникальная природа Титана исчезнет навсегда: туман и облака рассеются, прекратятся метановые дожди, вероятно, поливающие сейчас его поверхность, высохнут озера и лужи. Завеса с поверхности Титана спадет, и она станет доступной земным телескопам. Титан потеряет свою загадочность и превратится в обычный спутник с разреженной атмосферой.

Может ли метан на Марсе и Титане иметь такое же биологическое происхождение, как на Земле, или же его источником служат вулканы или падения комет и метеоритов?

Наши знания о геофизических, химических и биологических процессах позволяют сузить диапазон возможных источников метана на Марсе, причем многие из этих аргументов применимы и к Титану.

Разрушение солнечным светом

Наша первая задача — определить скорость образования или поступления метана, что связано со скоростью ухода газа из атмосферы. На высоте 60 км и более над поверхностью Марса солнечный ультрафиолет разрушает молекулы метана. Ниже в атмосфере атомы кислорода и радикалы гидроксила (ОН), образующиеся при расщеплении молекул воды ультрафиолетовым излучением, окисляют метан. Без пополнения он постепенно исчез бы из атмосферы. «Время жизни» CH_4 — т.е. время, необходимое для уменьшения концентрации газа в e раз (примерно втрое) — составляет 300–600 лет и зависит от количества водяного пара, которое претерпевает сезонные изменения и меняется в зависимости от интенсивности излучения по ходу цикла активности Солнца. На Земле данные процессы определяют время жизни метана примерно в 10 лет. На Титане, где ультрафиолетовое излучение Солнца гораздо слабее и кислородосодержащих молекул гораздо меньше, этот газ может «жить» 10–100 млн. лет (не так долго в геологическом отношении).

На Марсе время жизни CH_4 достаточно велико, а значит, ветры

и диффузия успевают равномерно перемешать газ в атмосфере. Поэтому наблюдаемые изменения его количества над планетой озадачивают. Они могут означать, что газ поступает из локального источника или исчезает в локальных стоках, одним из которых может быть химически активная почва, ускоряющая уход метана. Если такие стоки существуют, то для поддержания наблюдаемого количества потребуются еще более мощные источники.

Вторая задача — разработка возможного сценария образования метана. И лучше начать с Красной планеты из-за низкого содержания метана на ней. Если механизм не сможет объяснить даже столь малое количество, то он и подавно не годится для объяснения появления метана на Титане. При времени жизни 600 лет требуется ежегодно производить немногим более 100 т CH_4 , чтобы поддерживать его среднюю концентрацию в атмосфере на уровне 10 *ppbv*. Это примерно одна четверть-миллионная доля скорости производства метана на Земле.

Как и на нашей планете, вулканы на Марсе, видимо, не вносят большого вклада в образование метана: они потухли сотни миллионов лет назад. Если бы они были там его источником, то они должны были бы выбрасывать огромное количество двуокиси серы, а в атмосфере Марса серы нет. Вклад космических источников скорее всего минимален. Масса микрометеоритов, падающих в течение года на Марс, оценивается в 2 тыс. т. Менее 1% этой массы составляет углерод, но даже если он сильно окислен, то не может стать существенным источником метана. В веществе комет метана около 1%, но на Марс кометы падают в среднем раз в 60 млн. лет. Поэтому они доставляют около одной тонны метана в год, что менее 1% от требуемого количества.

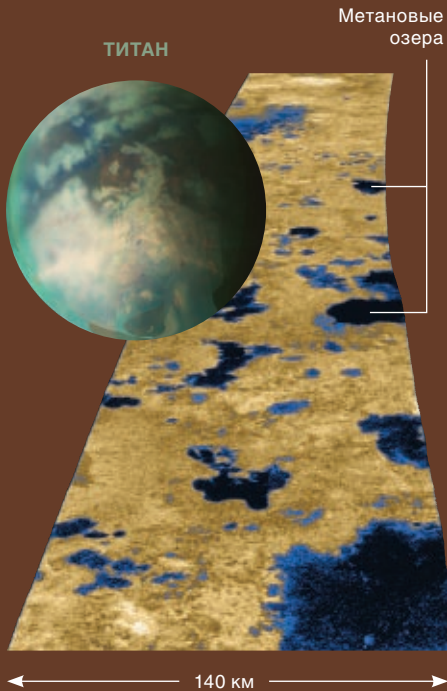
Быть может, комета врезалась в Марс в недалеком прошлом? Она могла бы доставить на Марс много метана, количество которого со временем снизилось до наблюдаемого значения. Столкновение с кометой ▶

ОБЗОР: МЕТАН

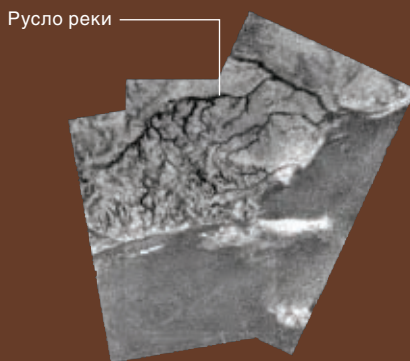
- В 2003 г., после того как метан был обнаружен в атмосфере Марса, астрономы серьезно задумались о существовании жизни на Красной планете.
- Чтобы разрушение метана солнечным светом возмещалось, он должен непрерывно рождаться в результате некоего процесса. Ученые располагают двумя гипотезами. Первая — марсиане: особые, испускающие метан бактерии, наподобие тех, что живут в желудке коров. Вторая — реакция между горными породами и водой, называемая серпентинизацией; на Земле она возникает в черных курильщиках на морском дне. Запуск нового марсохода, намеченный на 2009 г., может решить проблему.
- В 2005 г. зонд «Гюйгенс» показал, что на Титане метан играет ту же роль, что вода на Земле. Данный газ может быть продуктом геохимических реакций в огромном подземном океане.

ФОТОГРАФИИ С ТИТАНА И МАРСА

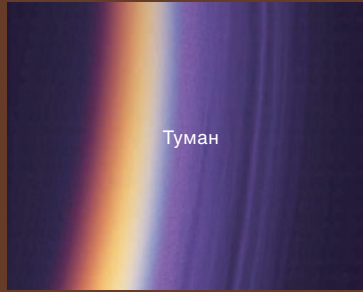
Еще в 1940-х гг. астрономы заметили метан в атмосфере Титана, но его поверхность скрыта плотным туманом. Экспедиция «Кассини-Гюйгенс» показала влияние метана на рельеф местности



На радарных изображениях северного полушария Титана, полученных «Кассини», видны огромные пространства, вероятно, покрытые жидким метаном. Жидкость выглядит темной (здесь синяя) по той же причине, что и мокрая дорога кажется нам ночью темной: гладкая поверхность отражает свет фар, и он не слепит нам глаза. Напротив, сухой пересеченный рельеф выглядит светлым (желто-коричневый). Разрешение этих изображений — 500 м



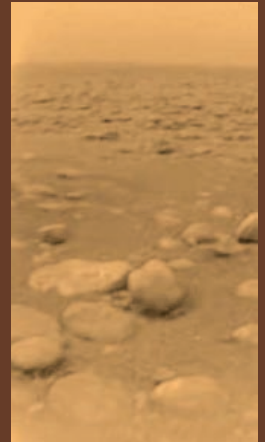
РУСЛА РЕК мог образовать жидкий метан, стекавший с горных хребтов (высотой около 200 м) вниз к озеру (ныне сухому). Ветвистые притоки указывают, что метан выпадал на склоны в виде дождя. «Гюйгенс» получил эти снимки с высоты 6,5 км при спуске в атмосфере



ТУМАН в верхнем слое атмосферы Титана состоит из углеводородов, образующихся из метана под действием солнечного света, и напоминает городской смог. Разрешение этого изображения — 700 м.

ПОВЕРХНОСТЬ ТИТАНА

никто не видел, пока зонд «Гюйгенс» не сел на нее в январе 2005 г. Она выглядит как скучное каменистое поле, но это не «камни», а куски льда размером с кулак. При внимательном взгляде на них видны следы течения жидкости — возможно, метана. Когда зонд нагрел почву, метан стал растекаться

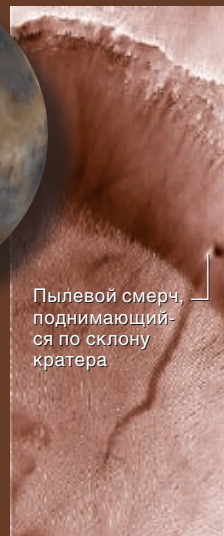


В атмосфере Марса метана лишь несколько объемных частей на миллиард (*ppbv*), поэтому увидеть его, как на Титане, невозможно. Метан образуется и разрушается в результате различных наблюдаемых процессов

МАРС



ПЫЛЕВЫЕ СМЕРЧИ, напоминающий этот, который был замечен зондом *Mars Global Surveyor* 21 мая 2002 г., трут частицы пыли друг о друга, создавая статическое электричество, способное разрывать молекулы воды, приводя к рождению перекисей, разрушающих метан



ПОДПОВЕРХНОСТНЫЕ ПОТОКИ воды в прошлом на Марсе могут объяснить этот белесый край (стрелка), замеченный недавно зондом *Mars Reconnaissance Orbiter*. Течение воды сквозь горные породы осаждает минералы, как налет в водопроводных трубах. Когда окружающие скалы размываются, минералы остаются, создавая гребень. Подповерхностная вода может способствовать образованию метана

ДАННЫЕ ПО МЕТАНУ	ЗЕМЛЯ	МАРС	ТИТАН
Концентрация в атмосфере	1750 <i>ppbv</i>	10 <i>ppbv</i>	5%
Время жизни молекул в атмосфере (годы)	10	600	10 млн.
Темп воспроизводства для поддержания постоянного количества (тонн в год)	515 млн.	125	25 млн.
Основные источники	Крупный рогатый скот, термиты, рис-сырец, природный газ	Бактерии? Реакция воды с породой в водоносных слоях почвы?	Реакция воды с породой в подповерхностном океане

диаметром 200 м 100 лет назад или с кометой 500-метрового диаметра 2 тыс. лет назад могло снабдить Марс достаточным количеством метана для того, чтобы его современное содержание было 10 *ppbv*. Но эта гипотеза сталкивается с трудностями: метан распределен по планете неравномерно. Время, необходимое для полного перемешивания метана в атмосфере, составляет несколько месяцев. Так что, если бы кометы были источником метана, то он был бы распределен равномерно, а наблюдения показывают, что это не так.

Курение под водой

У нас остались два вероятных источника метана — гидрогеохимический и микробиологический. Гидротермальные гейзеры (черные курильщики) впервые были обнаружены на Земле — в разломе Галапагос в 1977 г. Позже океанографы находили их на многих срединноокеанических хребтах. Лабораторные опыты показали, что в условиях этих гейзеров ультрамафические силикаты (богатые железом или магнием породы, такие как оливин и пироксен) могут вступать в реакции с выделением водорода (серпентинизация). В свою очередь, реакция H_2 с частицами углерода, двуокисью углерода, окисью углерода или углеродистыми минералами может стать источником метана.

В процессе участвуют водород, углерод, металлы (как катализатор), тепло и давление, существующие и на Марсе. Серпентинизация может происходить как при высокой температуре (350–400° C), так и при средней (30–90° C). Такая температура, по расчетам, должна быть в предполагаемых водоносных слоях на Красной планете.

Несмотря на то что низкотемпературная серпентинизация может быть источником метана на Марсе, нельзя забывать и про биологические источники. На Земле микроорганизмы-метанопродукторы выделяют CH_4 как побочный продукт, поглощая водород, двуокись углерода или окись углерода. Если такие ▶

МЕТАН НА МАРСЕ

По всем правилам, метана на Марсе быть не должно. Он быстро разрушается под действием солнечного света и некоторых атмосферных процессов, а известные геологические и космические источники не могут восполнять его достаточно быстро. Поэтому присутствие данного газа наводит на мысль о невидимых источниках, таких как черные курильщики или микробы, живущие в подземном океане

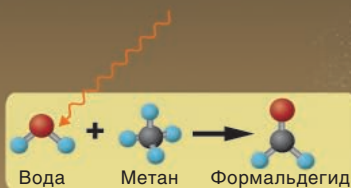
КОСМОС

РАЗРУШЕНИЕ МЕТАНА

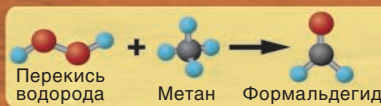


Фотохимические реакции на высотах более 60 км

АТМОСФЕРА



Окисление в нижней атмосфере



Электрохимические реакции от пылевых смерчей и ветра

ПОВЕРХНОСТЬ

ПОДПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ

ВОДОНОСНЫЙ СЛОЙ

ГЛУБИННАЯ КОРА/МАНТИЯ

ОБЫЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ МЕТАНА

Метеоритная пыль приносит мало метана

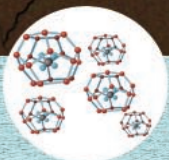
Ветры должны равномерно перемешивать метан в атмосфере, поэтому наблюдаемые вариации непонятны

Ядра комет приносят мало метана

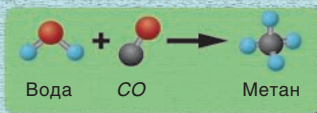
Вулканы могут выбрасывать метан при извержениях, но сейчас они выглядят потухшими

Марсоход

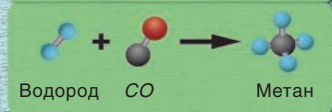
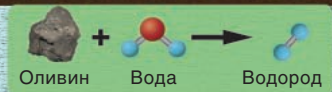
ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОЧНИКИ МЕТАНА



Метановый клатрат может удерживать метан, произведенный микробами или курильщиками, и постепенно выделять его на поверхность через трещины



Микробы могут производить метан, соединяя воду с углеродосодержащими молекулами



Гидротермальные гейзеры могут производить метан в двухступенчатом процессе из пород и воды

организмы обитали на Марсе, они должны были найти готовые залежи питательных веществ: водород (возникший в процессе серпентинизации или просочившийся в почву из атмосферы) плюс двуокись углерода и окись углерода (в грунте или из атмосферы).

Возникший при серпентинизации или рожденный микробами метан может сохраняться в устойчивом клатрате — химической структуре, удерживающей молекулы метана как зверей в клетке перед их испарением в атмосферу, которое может происходить постепенно, через трещины и разломы либо путем редких вулканических извержений. Никто не знает, насколько эффективно формируется клатрат и легко ли он разрушается.

Зонд «Марс Экспресс» обнаружил повышенную концентрацию метана над областями, содержащими подповерхностный водяной лед. Объяснить эту связь могут как геологический, так и биологический сценарии. Водоносные пласты подо льдом могут быть средой обитания живых существ или местом сбора метана гидрогеохимического происхождения. Для выбора между геологическим и биологическим сценариями нужны дополнительные данные.

Океан Титана

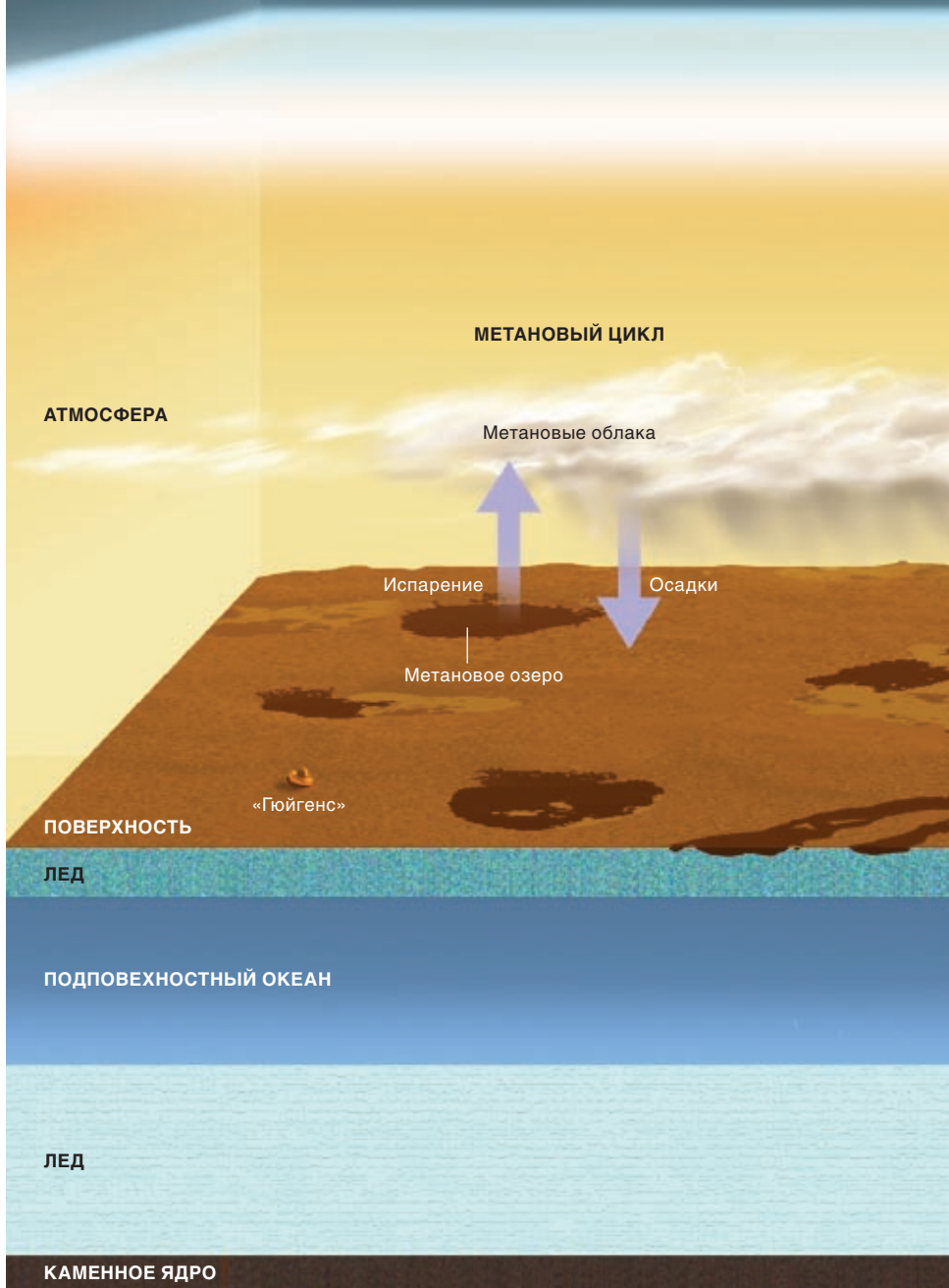
На первый взгляд кажется, что происхождение метана на Титане понять легче: спутник формировался в туманности, окружавшей Сатурн, атмосфера которого богата этим газом. Но пока данные свидетельствуют о синтезе метана на самом Титане, а не о захвате его спутником со стороны. Зонд «Гюйгенс» совместной экспедиции «Кассини-Гюйгенс» (NASA и Европейское космическое агентство) не нашел в атмосфере Титана ни ксенона, ни криптона. Если образовавшие Титан планетезимали содержали метан, то они должны были содержать и данные тяжелые благородные газы. Их отсутствие указывает, что метан скорее всего образовался на Титане.

Но его присутствие здесь столь же загадочно, как и на Марсе, ►

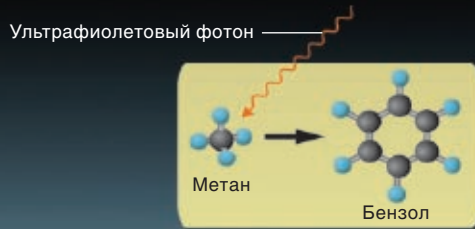
МЕТАН НА ТИТАНЕ

Метан для Титана — то же, что вода для Земли: он образует ручейки на поверхности, собирается в лужицы, испаряется в воздух и возвращается обратно на поверхность в виде дождя. Как и на Марсе, химические реакции разрушают метан на Титане, поэтому геологические или биологические процессы должны восполнять его

ВЕРХНЯЯ АТМОСФЕРА



РАЗРУШЕНИЕ МЕТАНА



Фотохимические реакции разрушают метан и создают плотный туман

Туман

ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОЧНИКИ МЕТАНА

Микробы могут выделять метан, но лишь в малом количестве

Ацетилен

Метан

Метановая река

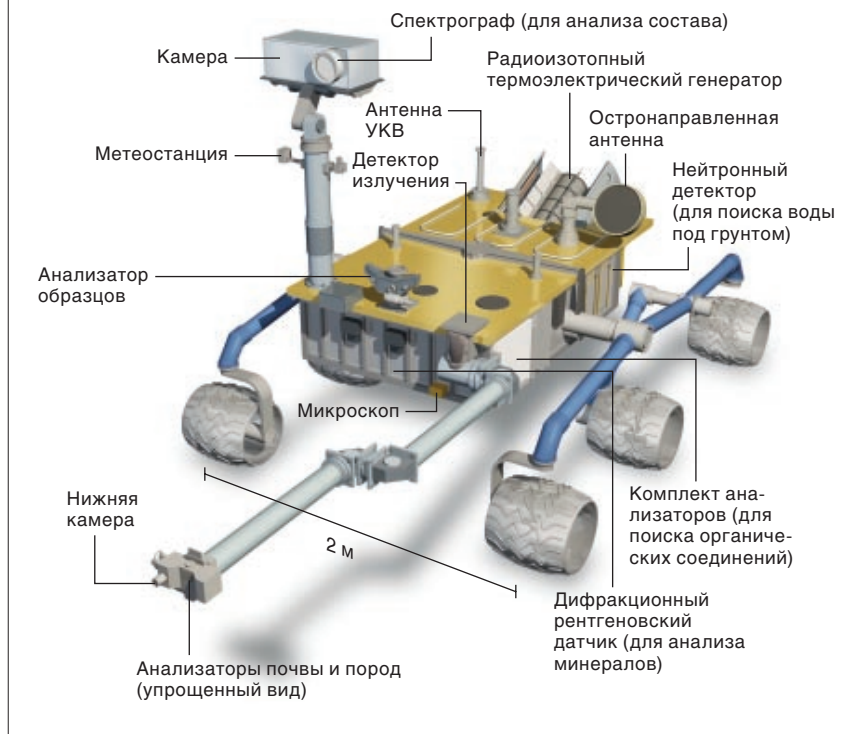
Криовулканы извергают частицы водно-аммиачного льда и могут испускать метан

Метановый клатрат в слое льда может удерживать метан, возникший на Титане в прошлом и постепенно выделять его на поверхность через трещины

Гидротермальные гейзеры могли быть активны в далеком прошлом, когда океан простирался до каменного ядра

БУДУЩИЙ МАРСОХОД NASA

Следующим шагом к решению проблемы метана на Марсе будет *Mars Science Laboratory*, запуск которого запланирован на 2009 г. Его приборы должны измерить изотопный состав метана (ключ к его происхождению) и проанализировать почву в поиске органических соединений (их строение покажет, какие химические или биологические процессы производят или разрушают метан)



а в некотором смысле еще более непонятно из-за его количества (5% объема). Наиболее вероятным источником, как и на Красной планете, является серпентинизация при низкой температуре. Кристоф Сотин (Christophe Sotin) из Нантского университета во Франции и его коллеги полагают, что под поверхностью Титана может быть океан жидкой воды. Растворенный аммиак, действующий как антифриз, удерживает ее от замерзания. В их модели

океан начинается с глубины 100 км под поверхностью и тянется вглубь на 300–400 км. В прошлом распад радиоактивных элементов и остаточное тепло от формирования Титана могли растопить почти весь лед, поэтому океан мог простираться от поверхности до каменного ядра.

В этих условиях при реакции воды с горной породой может выделяться водород, который, вступая в реакцию с двуокисью, окисью или частицами углерода, а также с другими

углеродистыми веществами, образует метан. По моим оценкам, такой процесс мог бы обеспечить наблюдаемое его количество на Титане. Образовавшись, метан мог оставаться в устойчивом клатрате и постепенно проникать в атмосферу через вулканические извержения или при взрывах, вызванных падением метеоритов.

Опускаясь в атмосфере Титана, «Гюйгенс» обнаружил аргон-40 — изотоп, рождающийся при радиоактивном распаде калия-40, залегающего глубоко в каменном ядре Титана. Т.к. период полураспада калия-40 равен 1,3 млрд. лет, наличие аргона-40 в атмосфере свидетельствует о медленном просачивании газа из недр. Кроме того, оптические и радарные изображения поверхности демонстрируют признаки кривовулканизма — гейзерных выбросов водно-аммиачного льда, что подтверждает вынос вещества из глубин. Поверхность выглядит относительно молодой и свободной от кратеров, что свидетельствует о том, что она покрывается веществом из внутренних слоев. Оценки скорости перекрытия поверхности новым веществом свидетельствуют, что при этом метана должно выноситься достаточно для компенсации фотохимических потерь. На Титане CH_4 играет ту же роль, что вода на Земле: он заполняет жидкостью впадины, создает облака и дожди, поддерживая полный метановый цикл. Итак, множество фактов указывают на то, что этот газ из недр Титана достаточно легко может поступать на поверхность, а затем испаряться в атмосферу.

Какова же роль биологических источников CH_4 на Титане? Кристофер Маккей (Christopher McKay) из Эймсовского исследовательского центра NASA и Хезер Смит (Heather Smith) из Международного космического университета в Страсбурге (Франция), а также Дирк Шульце-Макух (Dirk Schulze-Makuch) из Вашингтонского государственного университета и Дэвид Гринспун (David Grinspoon) из Денверского музея природы и науки считают,

ОБ АВТОРЕ

Сушил Атрея (Sushil K. Atreya) начал свою карьеру в научной группе «Вояджер», отправленных к планетам-гигантам. Затем были «Галилео», «Кассини-Гюйгенс», «Венера Экспресс», «Марс Экспресс», «Марсианская научная лаборатория» (запланирован на 2009 г.) и «Юнона» (полярный спутник Юпитера, планируется на 2011 г.). Сушил Атрея исследует эволюцию атмосфер и формирование планетных систем. Он профессор Мичиганского университета, член Американской ассоциации развития науки и внештатный сотрудник Лаборатории реактивного движения.

что ацетилен и водород могут служить пищей для метанопродукторов даже на экстремально холодной поверхности Титана (-179 °C). Если данный биогенный процесс и отличается от процессов, происходящих в метанопродукторах и им подобных организмах на Земле или на Марсе, то лишь тем, что ему не требуется вода, которую на поверхности Титана заменяют жидкие углеводороды.

Пока эти гипотезы полностью не подтверждаются. Данные «Гюйгенса» исключают глубинные источники ацетилена; такое соединение должно образовываться только из атмосферного CH_4 . Таким образом, круг замыкается: для производства метана (микробами) нужен метан. Более того, его содержание на Титане столь велико, что метановый цикл работает с ускорением, сильно истощая имеющиеся питательные вещества. Поэтому гипотеза о биологическом происхождении данного газа на Титане менее привлекательна, чем история его возникновения на Марсе.

Тем не менее некоторые ученые считают, что этот спутник в прошлом или даже сейчас может быть обитаем. Он получает достаточно солнечного света для превращения азота и метана в молекулы-предшественники жизни. В подповерхностном водно-аммиачном рассоле с некоторой примесью метана или других углеводородов может существовать весьма дружелюбная среда для сложных молекул и даже живых организмов. В далеком прошлом, когда Титан был молод и остывал, жидкая вода могла течь по его поверхности.

Органическое вещество

Для выявления источников метана на Марсе и Титане принципиально важно измерить отношение изотопов углерода. На Земле жизнь развивалась, предпочитая углерод-12, которому нужно меньше энергии для молекулярных связей, чем углероду-13. При соединении аминокислот получают белки с явным дефицитом тяжелого изотопа. Живые организмы на Земле содержат

в 92–97 раз больше углерода-12, чем углерода-13. А в неорганических соединениях такое отношение составляет 89,4.

Однако на Титане зонд «Гюйгенс» определил соотношение изотопов по метану равным 82,3 — меньше, чем обычное значение для земных неорганических соединений, что свидетельствует об отсутствии жизни в знакомой нам форме. Некоторые ученые предполагают, что жизнь на Титане может отличаться от земной, или же отношение изотопов неорганических соединений может быть другим.

Еще никто не определял отношения изотопов углерода на Марсе: такие измерения очень сложны при столь низкой концентрации газа (в миллиард раз ниже, чем на Титане). Марсоход NASA «Марсианская научная лаборатория», который прибудет на планету в 2010 г., сможет точно измерить отношение изотопов углерода в метане и, может быть, в других органических веществах. Будут также исследованы твердые и газообразные образцы для поиска признаков жизни, таких как повышенное отношение содержания метана к тяжелым углеводородам (этан, пропан, бутан) и хиральность (избыток правовращающих или левовращающих органических молекул).

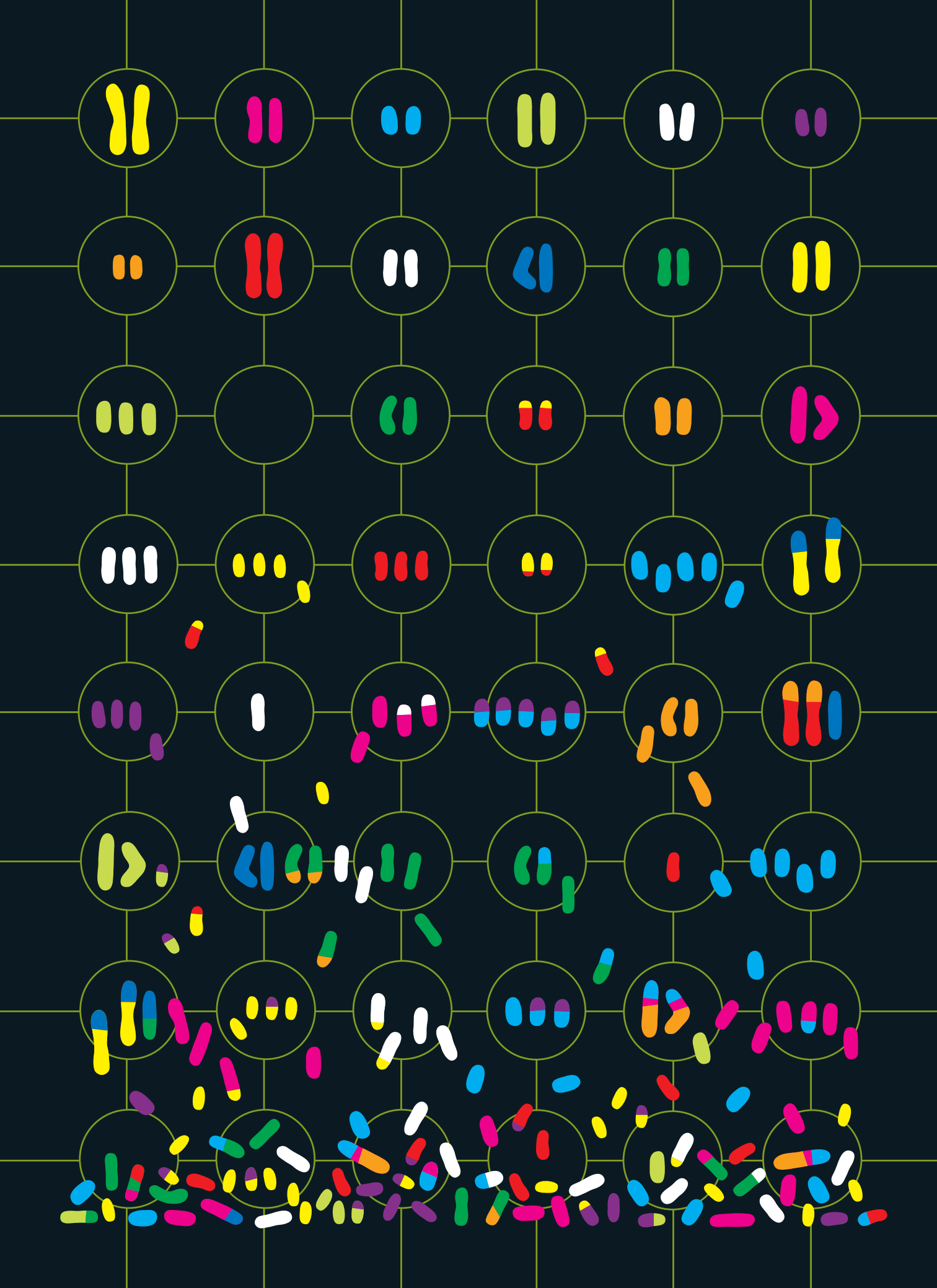
Почему же органические вещества исчезли с поверхности Марса? Ведь метеориты, кометы и частицы межпланетной пыли должны были в течение последних 4,5 млрд. лет занести на планету органику. Быть может, виноваты марсианские пылевые смерчи, штормы и обычная сальтация (перенос ветром частиц пыли). Данные процессы создают статическое электричество, которое может запустить химический синтез перекиси водорода. Как любой антисептик, перекись водорода стерилизует поверхность и уничтожает органику. К тому же, окислитель мог бы усилить разрушение метана в атмосфере, поэтому для объяснения наблюдаемого количества понадобился бы более мощный источник.

Итак, именно метан поддерживает уникальные условия на Титане. А его присутствие на Марсе дает нам повод размышлять о жизни на этой планете. Будущие исследования обоих небесных тел должны показать, обитаемы ли они. Поэтому планетологам необходимо изучить все источники, запасы и изотопный состав этого газа, а также других органических молекул и маркеров в газообразных и твердых средах. Даже если окажется, что метан не имеет отношения к жизни, его изучение поможет многое узнать о формировании, климатических условиях, геологии и эволюции Марса и Титана. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Detection of Methane in the Atmosphere of Mars. Vittorio Formisano, Sushil Atreya, Thérèse Encrenaz, Nikolai Ignatiev and Marco Giuranna in *Science*, Vol. 306, pages 1758–1761; October 28, 2004.
- A Sensitive Search for SO₂ in the Martian Atmosphere: Implications for Seepage and Origin of Methane. Vladimir A. Krasnopolsky in *Icarus*, Vol. 178, No. 2, pages 487–492; November 2005.
- Episodic Outgassing as the Origin of Atmospheric Methane on Titan. Gabriel Tobie, Jonathan I. Lunine and Christophe Sotin in *Nature*, Vol. 440, pages 61–64; March 2, 2006.
- Titan's Methane Cycle. Sushil K. Atreya, Elena Y. Adams, Hasso B. Niemann, Jaime E. Demick-Montelara, Tobias C. Owen, Marcello Fulchignoni, Francesca Ferri and Eric H. Wilson in *Planetary and Space Science*, Vol. 54, No. 12, pages 1177–1187; October 2006.
- Methane and Related Trace Species on Mars: Origin, Loss, Implications for Life, and Habitability. Sushil K. Atreya, Paul R. Mahaffy and Ah-San Wong in *Planetary and Space Science*, Vol. 55, No. 3, pages 358–369; February 2007.
- Sushil K. Atreya's Web page: www.umich.edu/atreya



Питер Дюсберг

ХРОМОСОМНЫЙ ХАОС

И РАК

Устоявшееся представление о ключевой роли мутаций отдельных генов в развитии рака не может объяснить целый ряд особенностей канцерогенеза. За ответом приходится обращаться к более масштабным изменениям в клетке

В начале 1960-х гг., когда я получил докторскую степень и начал заниматься исследованием рака, считалось, что в большинстве случаев к злокачественной трансформации клеток приводят особые вирусы. К созданию этой теории исследователей подвело обнаружение нескольких онковирусов, которые инфицируют клетки организма-хозяина, встраивают свой генетический материал в клеточный геном и запускают процесс

бесконтрольного деления клеток. Я был в то время полон оптимизма и полагал, что уж если светила науки точно знают механизм действия таких вирусов, то можно создать вакцины против них и избавить человечество от одной из самых страшных болезней.

Мой личный взнос в «онкологическую копилку» был сделан в 1970 г., когда вместе с Михелем Лаем (Michael Lai) и Петером Фогтом (Peter Vogt) я идентифицировал ген *src*, который, как ожидалось, отвечает за онкогенность птичьего вируса саркомы Рауса. В последующие несколько лет другие ученые довели идею до логического завершения: они сочли, что ген, сходный с *src*, присутствует в нормальной ДНК животных, в том числе и человека. Так родилась новая концепция возникновения рака. Предполагалось, что за превращение нормальной клетки в раковую отвечает определенное событие, например возникновение мутации в гене, аналогичном *src*. Онкогенный потенциал такой «бомбы замедленного действия», заложенной в нашем собственном геноме, до поры до времени оставался скрытым. «Ядро» бомбы получило название протоонкогена, и когда в нем происходила мутация, на свет появлялся полноценный онкоген.

Теория, согласно которой виновниками всех разновидностей рака служат мутации в особых генах,

господствовала в онкологии последние 30 лет. Однако попытки исследователей, в том числе мои, продемонстрировать, что какая-то горстка онкогенов способна трансформировать нормальные клетки в раковые, успехом не увенчалась. Онкогенная модель к тому же упорно игнорировала то, что сторонний наблюдатель сразу же заметил бы: при любом отдельно взятом случае рака специфические гены действительно несли мутации, но самое главное — серьезные нарушения наблюдались в хромосомах в целом. В них присутствовали дубликации, поломки, структурные перестройки и т.д. Появлялось все больше указаний на то, что хаос на хромосомном уровне — это вовсе не «побочный эффект» раковой трансформации, как считалось в господствовавшей модели, а прямая причина и движущая сила онкогенеза.

Я и несколько моих коллег из Европы и США изучали возможность такого развития событий более десяти лет. Все указывало на то, что рак порождают изменения в числе и структуре целых хромосом, а вовсе не мутации в единичных генах. Такое заключение имеет большое значение для терапии рака и его предотвращения, а также для диагностики повреждений, предшествующих началу патологического процесса, когда еще есть время для вмешательства. Кроме того, оно наконец-то ►

объясняет некоторые особенности раковых клеток и целых опухолей, которые прежняя теория онкогенеза обходила стороной.

Неуправляемы и очень опасны

Мы пришли к хромосомной теории рака, размышляя над тем, какие биологические признаки делают клетку «нормальной человеческой». В том, что касается хромосом (объемных томов энциклопедии жизни), природа чрезвычайно консервативна: специфические наборы хромосом, или кариотипы, для каждого организма раз навсегда заданы и стабильны. Только так можно поддерживать существование вида. Половое размножение еще больше способствует сохранению кариотипа, поскольку развитие эмбриона возможно только при полном соответствии друг другу родительских хромосом, т.к. клетки, содержащие измененные или непарные хромосомы, почти никогда не выживают. Такое заболевание, как синдром Дауна, служит иллюстрацией разрушительных последствий, к которым приводит появление в клетке всего одной избыточной копии относительно небольшой 21-й хромосомы.

В отличие от хромосом, спектр изменений генов в пределах вида весьма широк. Однонуклеотидный полиморфизм, например, характерен для генома каждого человека (за небольшим исключением), причем данный признак передается от родителей к детям.

Раковые клетки и их менее агрессивные предшественники служат злостными нарушителями закона

стабильности кариотипа. В то время как в норме клетки человека диплоидны (все они содержат по две копии хромосом, определяющих человека как вид), клетки сбланных опухолей всегда анеуплоидны, т.е. у них недостает целой хромосомы или большого ее сегмента, либо имеется лишняя хромосома (рис. на стр. 35). В результате суммарное количество ДНК в раковой клетке может быть либо больше, либо меньше, чем в нормальной диплоидной. Соответственно и белков, кодируемых сотнями избыточных генов, будет слишком много или, напротив, слишком мало, если отсутствует целая хромосома или ее сегмент. Такой дисбаланс не может не сказаться на синтезе ферментов, участвующих в репарации молекул ДНК или их уничтожении. В свою очередь все это дестабилизирует клеточные структуры и регуляторные механизмы. Самой сложно регулируемой, а значит и самой уязвимой конструкцией в клетке служит митотическое веретено, которое распределяет хромосомы по дочерним клеткам в процессе клеточного деления. Следовательно, анеуплоидия неизбежно порождает дальнейшую дезорганизацию хромосом.

Это объясняет, почему в клетках даже одной опухоли наблюдаются самые разные комбинации и изменения хромосом, так что каждая клетка становится чем-то вроде нового организма. Присущая раковым клеткам нестабильность обуславливает отсутствие у них каких-либо стойких, передаваемых из поколения в поколение признаков (фенотипа), в отличие от нормальных клеток

любого организма. Все основные характеристики последних предопределены и зависят от того, к каким типам органов или тканей они относятся. Раковые клетки, вольные изменяться как угодно, постепенно уклоняются от выполнения тех обязанностей, которые свойственны их нормальным аналогам в составе многоклеточного организма, и становятся все более автономными, пренебрегая интересами других клеток.

Раковым клеткам свойственно эволюционировать от «плохих» к «еще более плохим». В ходе онкогенеза клетки приобретают экзотические размеры и форму, у них изменяются метаболизм и скорость роста. Одной из определяющих их характеристик становится способность проникать в соседние ткани и перемещаться в органы, удаленные от первичного очага опухолевого роста (метастазирование). Крайне высокая изменчивость раковых клеток и разнообразие их фенотипов служат основной причиной, по которой проблема рака до сих пор не решена. Известно, например, что после уничтожения опухолевых клеток каким-нибудь высокотоксичным лекарственным средством вместо них появляются новые варианты, на которые это вещество уже не действует.

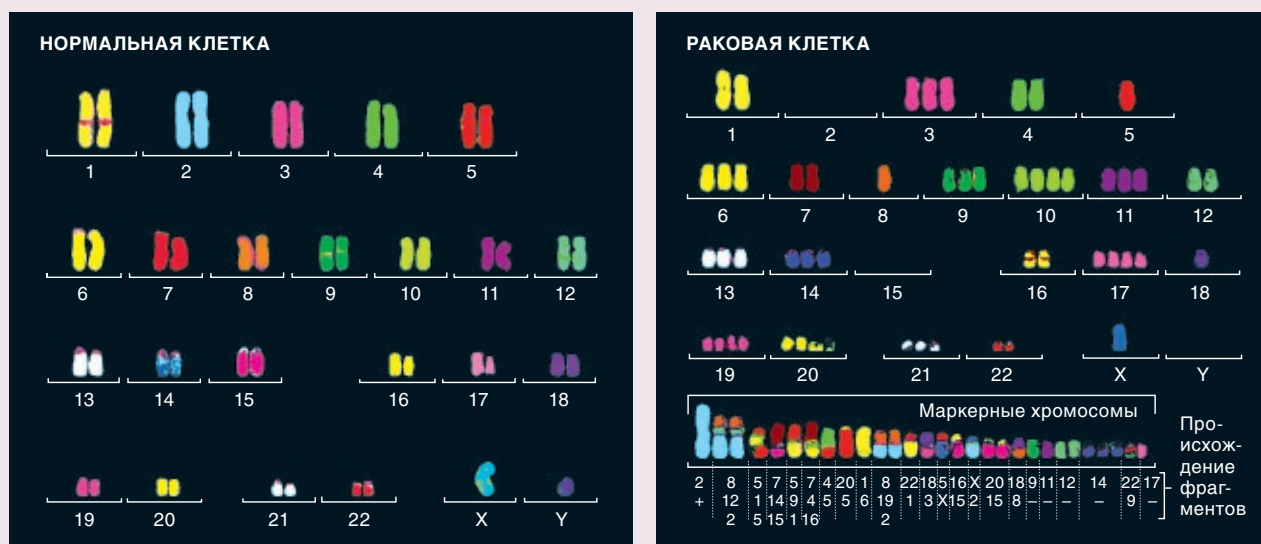
Весь «бродячий зверинец» раковых клеток берет начало от одной нестабильной клетки. Клональный характер любой опухоли проявляется в том, что у всех или, по крайней мере, большинства составляющих ее клеток присутствуют хромосомы с уникальными перестройками, которые не могли возникнуть независимо. Как же объяснить, что одна из триллионов нормальных клеток человеческого тела стала настолько нестабильной, что дала начало заболеванию, разрушающему весь организм?

До 60-х гг. прошлого века большинство исследователей, занимающихся изучением рака, полагали, что болезнь возникает вследствие хромосомных aberrаций. К этой мысли их подтолкнули работы двух немецких ученых, Давида фон

ОБЗОР: ПОРОЧНЫЙ КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

■ Согласно общепринятой теории онкогенеза, в основе ракового процесса лежит накопление мутаций в жизненно важных генах. Однако единичные мутации не могут играть основную роль в развитии рака, когда речь идет о масштабных хромосомных перестройках, наблюдающихся во всех раковых клетках.

■ Автор статьи полагает, что нарушения на уровне хромосом, затрагивающие тысячи генов, порождают нестабильность клетки, что в свою очередь приводит к дальнейшим повреждениям хромосом. Это обуславливает отличительные особенности раковых клеток, которые нельзя объяснить изменениями в отдельных, пусть даже очень важных генах.



Порядок и анархия: в норме кариотип (набор хромосом) клетки человека включает по паре каждой из 22 обычных хромосом и две половые хромосомы. В раковых же клетках кариотип носит хаотический характер: одни хромосомы отсутствуют, другие представлены в избыточном количестве, многие обменивались целыми фрагментами и т.д. Среди этих аномальных хромосом выделяется группа так называемых маркерных хромосом — они присутствуют во всех клетках данной опухоли. Это наводит на мысль, что все такие клетки произошли от одной, которая и является первоисточником рака. Колонки цифр под каждой из маркерных хромосом указывают на их происхождение. Знак «+» или «-» означает, что данная хромосома стала соответственно длиннее или короче, чем в норме

Хансемана (David von Hanseman) из Берлина и Теодора Бовери (Theodor Boveri) из Вюрцбурга, выполненные в конце XIX — начале XX вв. Первый из них обнаружил, что раковые клетки всегда содержат аномальные хромосомы, а второй, внимательно наблюдая за поэтапным развитием эмбриона морского ежа, пришел к выводу, что хромосомы являются незаменимыми «машинами» по передаче наследственной информации в клетках. Он не раз был свидетелем клеточной дегенерации, когда в процессе деления в одной из хромосом происходили поломки или копии хромосом неравномерно распределялись по дочерним клеткам. В 1914 г. Бовери предположил, что приобретение лишней хромосомы или, напротив, утрата одной из хромосом из нормального их набора могут вызывать рак.

Спустя полвека интерес к хромосомной теории онкогенеза был утрачен. В отсутствие четкой картины хромосомных изменений исследователи сочли аномалии кариотипа раковых клеток следствием,

а не причиной раковой трансформации, произошедшей «неизвестно отчего». А между тем свидетельства важной роли анеуплоидии в появлении и развитии рака продолжали появляться, но оставались без внимания. И при этом степень анеуплоидии по-прежнему использовалась цитологами для оценки близости к раковому состоянию клеток биоптатов шейки матки, предстательной железы, печени, стенок желудка, гортани, молочной железы и других органов.

С появлением новых технологий возможности выявления специфических изменений в хромосомах раковых клеток неизмеримо выросли. Даже горячие поклонники онкогенов, исследуя анеуплоидию в уже существующих опухолях, обнаружили свидетельства того, что движущей силой ракового процесса служат нарушения на хромосомном уровне, а не дискретные мутации в генах (см.: Гиббс У. Рак: как распутать клубок? // ВМН, № 10, 2003). Вдохновленные новыми данными, а также тем, какую богатую почву создают

хромосомные aberrации для формирования новых клеточных фенотипов (это напоминает появление новых видов в природе), мы с коллегами занялись поисками возможных причин нестабильности генетического материала раковых клеток, которая порождает хромосомный хаос, а тем самым вернулись к исходной теории происхождения рака.

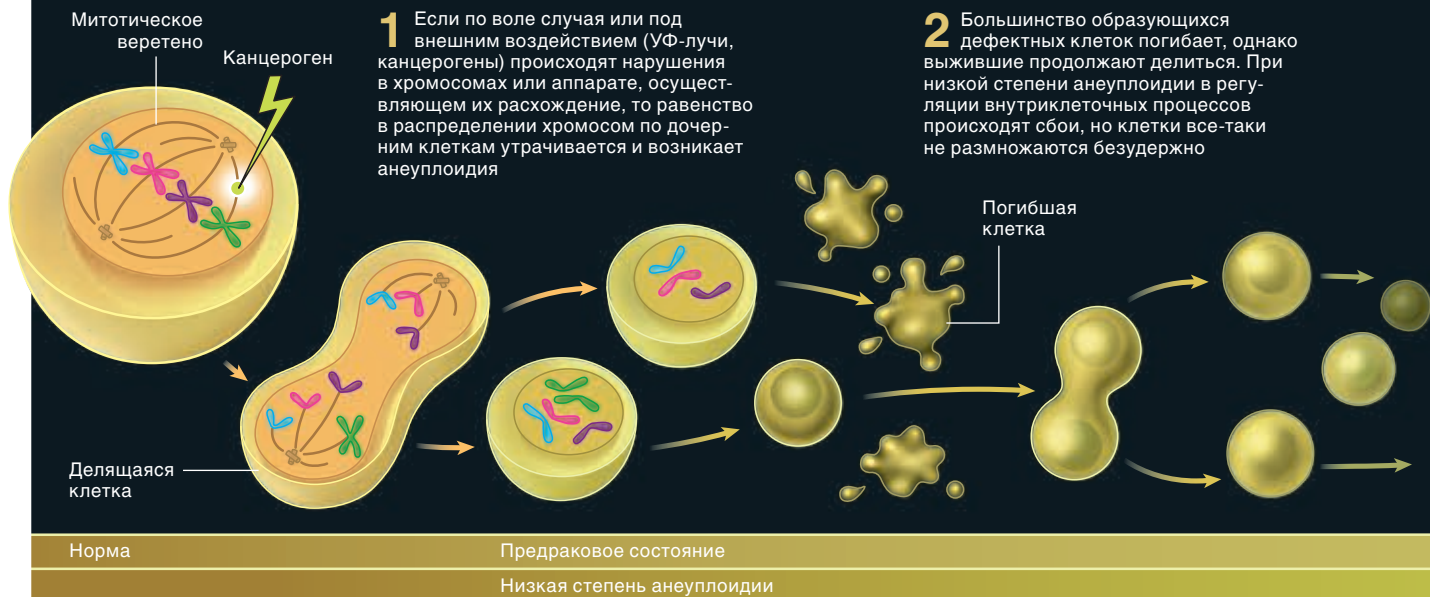
Причины и следствия

Мы решили выявить и проанализировать особенности онкогенеза, которые больше всего не соответствуют общепринятой теории мутационного происхождения рака. Мы надеялись, что, отыскав исключения из правил, можно будет скорректировать сами правила. В конце концов было идентифицировано шесть таких особенностей. Они не укладывались в рамки мутационной теории, зато объяснялись изменениями на уровне целых хромосом.

Риск развития рака повышается с возрастом. Как ни ужасно, но рак наступает в тот или иной период ▶

АНЕУПЛОИДИЯ И РАК

Отклонение от нормы числа хромосом в клетке создает предпосылки для дальнейших повреждений в этих структурах. С каждым раундом деления клетки становятся все менее стабильными и приобретают все больше признаков, характерных для раковых клеток



жизни каждого третьего жителя Земли, чаще всего он развивается после 50 лет. Рак — это болезнь пожилых людей. Но вот странно: исходя из мутационной теории, он должен встречаться у младенцев ничуть не реже. Для запуска ракового процесса нужно полдюжины мутаций в определенных генах. Некоторые из них, несомненно, уже закрепились в генофонде человеческой популяции за время ее существования и присутствуют в геномах многих индивидов. Новорожденный может унаследовать, скажем, три из шести мутаций, предшествующих раку прямой кишки, от матери,

и две от отца, и тогда достаточно будет возникновения всего одной мутации в любой из миллиардов клеток этого органа, чтобы вероятность развития рака повысилась почти до единицы. Младенцы же, получившие от родителей все шесть мутаций, должны были бы появиться на свет уже с патологией. А между тем данный вид онкологии у детей не встречается никогда. Даже лабораторные мыши, генетически измененные так, что у них от рождения имеются онкогенные мутации, живут и размножаются как ни в чем не бывало, и рак у них возникает не чаще, чем у обычных грызунов.

Некоторые сторонники мутационной теории по-прежнему настаивают на том, что за исключением редких случаев генетической предрасположенности к раку (наследуемые онкогенные мутации) все изменения в генах, ведущие к малигнизации, появляются после рождения. Но тогда частота мутаций должна быть во много раз выше, чем в норме, а это — одно изменение в данном гене в одной из 1–10 млн. клеток (т.е. одна мутация на каждые 10^6 – 10^7 клеточных генераций).

Интересно, что среди редких исключений из правила, согласно которому рак является болезнью пожилых людей, встречаются дети с врожденной анеуплоидией, как при болезни Дауна или синдромах наследственной нестабильности хромосом (например, при мозаичной анеуплоидии, проявляющейся в серьезной задержке умственного развития, — *MVA*, от *mosaic variegated aneuploidy*). Нарушения в работе митотического веретена при *MVA* приводят к бессистемной анеуплоидии в клетках самых разных органов и тканей; у трети больных

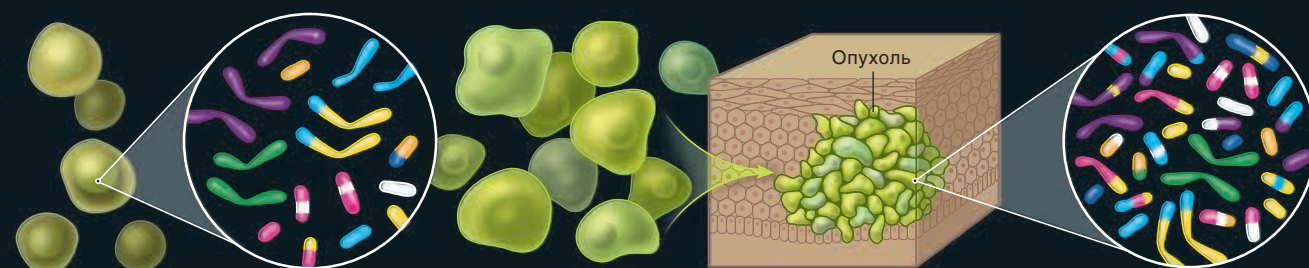
ОБ АВТОРЕ

Питер Дюсберг (Peter Duesberg) — профессор молекулярной и клеточной биологии Калифорнийского университета в Беркли. В 1970 г. он идентифицировал первый истинный онкоген, содержащийся в вирусе саркомы Рауса, и определил генетическую структуру самого вируса. Аналогичные исследования были выполнены им на вирусах саркомы птиц и мышей, а также на лейковирусах. В 1986 г. Дюсберг стал членом Национальной академии наук США. В 1987 г., основываясь на результатах исследований ретровирусов, он пришел к выводу, что вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) — это лишь «спутник» СПИДа, а само заболевание возникает в результате действия химических веществ и нарушений питания. Последующее изучение онковирусов подтолкнуло его к мысли, что мутаций в отдельных генах недостаточно для раковой трансформации клеток.

3 Отклонение от нормы концентрации белков в анеуплоидных клетках еще больше дестабилизирует клетку, в частности нарушается работа регуляторных и репарационных механизмов. Появляются новые дефекты на хромосомном уровне, происходят многочисленные ошибки при дупликации и расхождении хромосом

4 У клеток появляется все больше аномальных признаков, степень анеуплоидии повышается, растет дисбаланс в количестве синтезируемых белков. Клетки изменяются внешне, очень быстро и неконтролируемо пролиферируют и образуется опухоль

5 Хаос, возникший вследствие массовой анеуплоидии, приводит к тому, что некоторые клетки опухоли приобретают способность проникать в соседние или далеко находящиеся от нее органы и ткани — появляются метастазы



Появление раковых клеток

Рак

Высокая степень анеуплоидии

развивается лейкоз или необычные солидные опухоли.

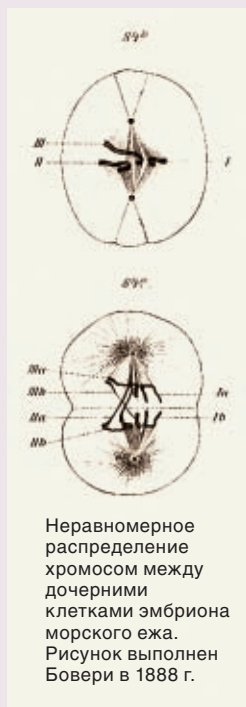
При врожденной анеуплоидии или склонности к ней процессы, ведущие к раковой трансформации, ускоряются. Присущая анеуплоидным клеткам нестабильность объясняет, почему анеуплоидные эмбрионы вообще нежизнеспособны (это и наблюдал Бовери еще 100 лет назад) и среди живорожденных не встречается онкологических больных, т.е. рак как таковой не наследуется.

Чтобы вызвать рак, канцерогенам нужно время. Известно, что различные химические вещества и радиоактивное излучение вызывают рак. Но даже самые мощные канцерогены в очень высоких дозах не оказывают свое действие мгновенно. Болезнь возникает спустя годы, а иногда десятилетия. В отличие от животных, у бактерий, подвергнутых действию канцерогенов, фенотип изменяется в течение нескольких часов, а у более крупных организмов, например у плодовой мушки, — через несколько дней. Мутационная теория не может объяснить, почему нормальные клетки под действием некоторых веществ

превращаются в раковые. За этим процессом стоят еще какие-то неуправляемые превращения.

Независимо от того, вызывают канцерогены мутации или нет, они приводят к анеуплоидии. Первое, что ожидали увидеть исследователи, изучавшие немедленное действие канцерогенов на клетку, — это мутации во многих жизненно важных генах. Вместо этого обнаружилось, что наиболее мощные канцерогены вообще не вызывают мутаций. Среди них асбестовая пыль, нафталин, ароматические углеводороды, никель, мышьяк, свинец, пластики и металлы, из которых изготавливают протезы, некоторые красители, уретан и диоксин. Более того, оказалось, что дозы канцерогенов, необходимые для запуска процесса, который привел бы к образованию опухоли через несколько лет, в тысячу раз меньше, чем те, при которых возникает мутация в каком-либо специфическом гене. Однако хромосомы клеток, подвергшихся действию канцерогенов в дозах, вызывающих рак, неизменно проявляли нестабильность, т.е. повреждения в них происходили несравненно чаще, чем в норме.

Из всего сказанного следует, что вещества, вызывающие рак, правильнее было бы назвать «анеуплоидогенами», а не мутагенами. Мутационная теория рака никогда не могла объяснить, каким образом немутагенные канцерогены запускают процесс злокачественной трансформации. На самом деле даже мутагенные канцерогены инициируют рак через анеуплоидию, вызывая сначала разрушение или фрагментацию хромосом. Примером служит радиоактивное излучение, которое прежде всего вносит разрывы в молекулу ДНК. Клеточная система репарации пытается устранить повреждение, но при этом часто ошибается, и тогда возникает изменение в нуклеотидной последовательности ДНК, приводящие к ее нестабильности. Такие немутагенные канцерогены, как ароматические углеводороды, вызывают анеуплоидию другим способом: они разрушают микротрубочки веретена, с помощью которых разделившиеся идентичные хромосомы на одной из стадий митоза перемещаются к противоположным полюсам клетки (рис. на стр. 36–37). Итак, ►



Неравномерное распределение хромосом между дочерними клетками эмбриона морского ежа. Рисунок выполнен Бовери в 1888 г.

АРГУМЕНТ В ПОЛЬЗУ АНЕУПОЛОИДИИ?

В начале XX в. немецкий биолог Теодор Бовери высказал предположение, что первопричиной рака являются нарушения на уровне хромосом. К такой мысли его подтолкнули наблюдения за развитием зародыша морского ежа (слева). Бовери пришел к выводу, что большинство анеуплоидных клеток нежизнеспособны, но некоторые хромосомные перестройки приводят к появлению клеток, которые безудержно делятся и образуют опухоли. Согласно Бовери, эти характерные хромосомные aberrации должны быть присущи большинству типов рака данной ткани. С разработкой новых методов визуализации хромосом стало появляться все больше свидетельств того, что клетки опухолей одного и того же типа и даже клетки, находящиеся в предраковом состоянии, содержат хромосомы с одинаковым набором повреждений (справа). Вряд ли такие повреждения могли произойти случайным образом сразу во всех клетках. Остается допустить, что сначала появилась одна анеуплоидная клетка, ставшая родоначальницей всех остальных. Анеуплоидия — это не следствие раковой трансформации, а ее первопричина



Системность нарушений в хромосомах раковых клеток шейки матки, взятых у 30 пациенток, которая обнаруживается после визуализации областей, где произошла утрата (красный цвет) или добавление (зеленый цвет) генетического материала. В 23 случаях отмечено удлинение хромосомы 3; наличие этой aberrации, по-видимому, коррелирует с переходом процесса в инвазивную стадию. В 1/3–1/2 случаев наблюдается удлинение хромосомы 1 и укорочение хромосом 2, 3 и 4

у всех канцерогенов есть одно общее свойство — они вызывают анеуплоидию.

Корреляция между профилем анеуплоидии и типом рака. Если бы анеуплоидия была лишь «спутником» рака, то нарушения в хромосомах опухолевых клеток у разных больных носили бы случайный характер. Но два метода визуализации хромосом — сравнительная гибридизация геномов и гибридизация *in situ* с флуоресценцией — позволяют увидеть в раковых клетках характерные профили анеуплоидии на фоне хромосомного хаоса. С их помощью исследователи смогли идентифицировать сегменты хромосом, гибридизовавшиеся со специфическими ДНК-зондами, и воссоздать мозаику из всех хромосомных сегментов, поменявших свою локализацию в отдельно взятой раковой клетке.

Появляются многочисленные свидетельства наличия корреляции между специфическими изменениями в хромосомах и типами опухолей, что находится в полном соответствии с исходной хромосомной теорией онкогенеза. Например, ученые из Каролинского университета

в Швеции, исследовав в прошлом году клетки 10 больных лимфомой Беркитта, обнаружили необычайно много транслокаций (хромосомных перестроек, заключающихся в переносе участков хромосом в новое положение) с участием хромосом 3, 13 и 17, а также утрат или, напротив, появления лишних сегментов у хромосом 7 и 20. Более того, они же установили, что утрата сегмента хромосомой 17 и появление дополнительных сегментов у хромосом 7 и 20 ассоциируется с резистентностью к химиотерапии.

Еще одно интересное наблюдение сделали ученые из США и Израиля. Они показали, что при раке прямой кишки многие белки в опухолевых клетках синтезируются в большем количестве, чем в норме, а другие — в меньшем, в соответствии с изменением содержания ДНК в клетке. Чем выше степень анеуплоидии, тем больше выражен белковый дисбаланс. Данный пример служит веским доказательством того, что с одномоментным изменением дозы тысяч генов клетка приобретает «злокачественный» фенотип.

Наиболее опасные для организма-хозяина признаки раковых клеток не способствуют выживаемости опухолей. Некоторые из самых распространенных смертельно опасных для организма-хозяина особенностей рака не дают никаких преимуществ опухоли в смысле ее выживания. В качестве примера можно привести изначально присущую раковым клеткам резистентность к лекарственным препаратам, с которыми клетки ранее не встречались, и способность к метастазированию, нисколько не помогающую раковым клеткам в соревновании с нормальными в очаге злокачественного роста. Мутации в отдельных генах, случающиеся крайне редко, закрепились бы в популяции опухолевых клеток только если бы они были полезны, а потому шансы «нелеченной» опухоли приобрести устойчивость к лекарственным средствам с помощью случайных мутаций практически равны нулю. Хромосомы, содержащие тысячи генов, могут получить селективную поддержку и повлиять на появление фенотипических признаков, характерных

COURTESY OF KURT STUEBER (BASED IN PART ON: FROM "ADVANCED STAGE CERVICAL CARCINOMAS ARE DEFINED BY A RECURRENT PATTERN OF CHROMOSOMAL ABERRATIONS REVEALING HIGH GENOMIC INSTABILITY AND A CONSISTENT GAIN OF CHROMOSOME ARM 3q, BY K. HESLMEYER ET AL., IN GENES, CHROMOSOMES AND CANCER, VOL. 19, NO. 4, 1997. REPRINTED WITH PERMISSION OF WILEY-LISS, INC., A SUBSIDIARY OF JOHN WILEY & SONS, INC.

для раковых клеток, и заодно нести многочисленные признаки, не подверженные отбору. Об этом свидетельствуют упомянутые выше данные о корреляции специфических хромосомных aberrаций с резистентностью или метастазированием. В итоге становится ясно, почему раковые клетки так быстро приобретают новые признаки.

Фенотип раковых клеток изменяется гораздо быстрее, чем гены. Фенотипические изменения раковых клеток происходят необычайно быстро. При среднестатистической частоте мутаций (в 90% случаев для раковых клеток она такая же, как для обычных) следующие мутации в том же гене возникают так нескоро, что их появлением никак нельзя объяснить наблюдаемую скорость изменения фенотипа раковых клеток.

Мы предположили, что все дело в изменении кариотипа клетки, и чтобы подтвердить эту гипотезу, проследили за состоянием хромосом в раковых клетках молочной железы

лет назад Лесли Фоулдзом (Leslie Foulds) из Королевского онкоцентра в Лондоне: «Нельзя найти даже двух совершенно одинаковых опухолей... пусть они и возникли в одном органе... или были экспериментально получены одинаковым способом».

Любую особенность канцерогенеза, не укладывающуюся в рамки мутационной теории, можно объяснить хромосомными перестройками. Это подтолкнуло нас к идее создания видоизмененной хромосомной теории рака, в которой учитывается эта врожденная нестабильность.

Смертельно опасная динамика

В рамках хромосомной теории канцерогенеза роль канцерогенов, редких генетических дефектов, ошибок при митозе и других факторов сводится к тому, что они вызывают случайную анеуплоидию. При этом нарушается функционирование тысяч генов, изменяется соотношение

больных с помощью индивидуально подобранных химиотерапевтических средств, в том числе и нацеленных на определенные гены, не столь радужны. Недавно возникла новая идея лечения, суть которого состоит в повышении степени анеуплоидии раковых клеток вплоть до утраты ими жизнеспособности. Однако такой метод годится только для небольших локальных опухолей.

Растянутасть перехода от ранней анеуплоидии к агрессивной неоплазии оставляет врачам довольно широкий временной промежуток для хирургического удаления тканей, находящихся в предраковом состоянии. Их можно отличить от морфологически сходных новообразований, определив степень анеуплоидии. В далеко зашедших случаях руководством при выборе метода лечения может стать выявление характерных хромосомных перестроек, коррелирующих с резистентностью, и оценка метастатического потенциала.

Несмотря на всю сложность проблемы онкогенеза, я не теряю оптимизма и надеюсь, что в конце концов мы придем к пониманию основ этой страшной болезни, научимся предотвращать ее, приостанавливать дальнейшее развитие и даже полностью излечивать больных. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Debate Surges over the Origins of Genomic Defects in Cancer. Jean Marx in Science, Vol. 297, pages 544–546; July 26, 2002.
- The Sigmoidal Curve of Cancer. Roberto P. Stock and Harvey Bialy in Nature Biotechnology, Vol. 21, pages 13–14; January 2003.
- The Chromosomal Basis of Cancer. Peter Duesberg et al. in Cellular Oncology, Vol. 27, Nos. 5–6, pages 293–318; 2005.
- Cancer Drug Resistance: The Central Role of the Karyotype. Peter Duesberg et al. in Drug Resistance Updates (in press).

Анеуплоидные клетки перетасовывают сегменты своих хромосом гораздо быстрее, чем мутации изменяют гены

и прямой кишки человека, достигших высокой степени анеуплоидии, и сопоставили данные со скоростью приобретения клетками резистентности к токсичным лекарственным препаратам. Кариотип клеток изменялся через каждые 100 генераций, а резистентность появлялась через 1000–100 000. Таким образом, анеуплоидные клетки перетасовывают сегменты своих хромосом гораздо быстрее, чем мутации изменяют гены.

Показано также, что чем выше степень анеуплоидии, тем быстрее происходят дальнейшие хромосомные перестройки — нестабильность хромосом раковых клеток «катализируется» самой анеуплоидией. Если такой порочный круг действительно существует, значит каждая клетка может случайно приобрести уникальный для нее новый фенотип, что объясняет наблюдения, сделанные десятки

между количеством их белковых продуктов и в результате повышается степень анеуплоидии. Такой динамичный самоускоряющийся процесс приводит к появлению массы хромосомных комбинаций, из которой, в соответствии с классическим дарвиновским отбором, остаются те, которые в конце концов обеспечивают появление жизнеспособных клеток, находящихся в предраковом состоянии. По существу это клетки нового типа, хотя и с крайне нестабильным кариотипом.

Случайная перетасовка хромосомных сегментов приводит к появлению у клеток самых необычных признаков, таких как резистентность к лекарственным веществам и способность к метастазированию. Они убийственны для организма хозяина, а значит и для самой опухоли. Из всего сказанного вытекает, что перспективы лечения раковых



Специалисты по физике частиц, изучающие рождение Вселенной, реконструируют первые мгновения истории космоса

Дэвид Кайзер

рождение КОСМОЛОГИИ ЧАСТИЦ

История становления нового направления в физике — космологии элементарных частиц — наглядно демонстрирует, какими путями идет развитие современной науки

Специалисты из области космологии элементарных частиц далеко продвинулись в изучении взаимодействия частиц высокой энергии, игравших главную роль в первые мгновения жизни Вселенной и определивших ее эволюцию на миллиарды лет вперед. Успехи космологии элементарных частиц тем более удивляют, что еще лет 30 назад такого направления вообще не существовало. До 1975 г. физика элементарных частиц и космология считались разными областями науки (особенно в США), и лишь немногие пытались понять, как открытия в одной области могут стимулировать исследования в другой.

В середине 1970-х гг. стало ясно, что изучение эволюции ранней Вселенной дает уникальную возможность исследовать высокоэнергичные явления, которые невозможно воссоздать в лаборатории. Ряд изменений в финансировании и преподавании физики, создание образовательных программ и появление учебников привели к быстрому развитию космологии элементарных частиц.

Мы расскажем о становлении нового направления в современной физике на примере теории поля Бранса–Дикке, предложенного специалистами по гравитации, и поля Хиггса, над которым ломали голову исследователи, занимавшиеся физикой частиц. Представители каждого из направлений по-своему отвечали на вопрос: почему тела имеют массу? Несмотря на то что обе теории не объединили физиков и космологов, их развитие показывает, как сближаются две области исследований.

История двух ϕ

Масса представляется таким неотъемлемым свойством материи, что ее происхождение, казалось бы, и не требует объяснений. Но дать ей определение, согласующееся с другими идеями современной физики, — дело непростое. Специалисты по гравитации и космологии рассматривают проблему в рамках принципа Маха, предложенного австрийским физиком и философом Эрнстом Махом (E. Mach), известным критиком Ньютона. Принцип Маха можно сформулировать так: масса объекта ►

(мера его сопротивления изменению своего движения), обязана его гравитационному взаимодействию со всем остальным веществом Вселенной. Несмотря на то что данный принцип заинтересовал Альберта Эйнштейна и стимулировал его исследования, общая теория относительности в конечном счете обошлась без него.

Чтобы согласовать принцип Маха с теорией гравитации, ученые допустили существование нового скалярного поля, взаимодействующего со всеми типами материи. (Скалярное поле описывается одним значением в каждой точке пространства и времени.) В 1961 г. выпускник

Согласно теории Бранса–Дикке, материя ответственна за кривизну пространства и времени, как в обычной общей теории относительности, а также за изменение локальной силы гравитации (рисунки вверху на стр. 43). Поле ϕ пронизывает все пространство, и его поведение помогает определять, как материя движется в пространстве и времени. Поэтому результат измерения массы объекта зависит от локального значения ϕ . Эта теория оказалась настолько привлекательной, что члены «гравитационной» группы Кипа Торна из Калифорнийского технологического института шутили, что они

нарушали эти симметрии. Например, возникала проблема с W - и Z -бозонами — частицами, переносящими слабое ядерное взаимодействие, ответственное за радиоактивный распад. Если бы эти переносчики силы были безмассовыми, как того требует условие симметрии, то область действия ядерных сил была бы бесконечной. Например, два протона могли бы влиять ядерными силами друг на друга, находясь на разных концах Галактики. Столь большая область действия ядерных сил совершенно противоречит наблюдаемому поведению частиц, чье ядерное взаимодействие быстро ослабевает на расстояниях, превышающих размер атомного ядра.

Многие физики заинтересовались данной проблемой, пытаясь создать теорию, в которой наряду с симметрией субатомных сил нашлось бы место и для частиц, имеющих массу. В 1961 г. Джеффри Голдстоун (Jeffrey Goldstone), работавший тогда в Кембриджском университете, заметил, что решения уравнений не обязаны подчиняться той же симметрии, что и сами уравнения. Он рассмотрел скалярное поле, обозначенное как ϕ , плотность потенциальной энергии которого $V(\phi)$ достигает минимума в двух точках: где ϕ имеет значения $-v$ и $+v$ (рис. внизу на стр. 43). Т.к. энергия системы наименьшая в данных точках, поле должно оказаться в одной из них. Потенциальная энергия, заключенная в них, совершенно одинакова, но поскольку поле должно в конце концов принять одно из двух значений (либо $-v$, либо $+v$), решение уравнений самопроизвольно нарушает симметрию.

В 1964 г. Питер Хиггс (Peter W. Higgs) из Эдинбургского университета изучил работу Голдстоуна и обнаружил, что теория с самопроизвольным нарушением симметрии допускает существование массивных частиц. Масса возникает из-за взаимодействия между полем ϕ и всеми типами частиц, включая и частицы-переносчики слабых ядерных сил. Хиггс показал, что уравнения, описывающие эти взаимодействия,

Специалисты по физике частиц, изучающие рождение Вселенной, реконструируют первые мгновения в истории космоса

Принстонского университета Карл Бранс (Carl Brans) и его руководитель Роберт Дикке (Robert H. Dicke) отметили, что в общей теории относительности Эйнштейна сила гравитации определяется ньютоновской постоянной G . Согласно Эйнштейну, значение G для Земли и для далеких галактик одинаково и не меняется со временем. Бранс и Дикке предположили, что удовлетворить принципу Маха можно в том случае, если постоянная Ньютона меняется в пространстве и времени. Они ввели поле ϕ , обратно пропорциональное постоянной Ньютона, и во всех уравнениях гравитации Эйнштейна заменили G на $1/\phi$.

верят в общую теорию относительности Эйнштейна по понедельникам, средам и пятницам, а во вторник, четверг и субботу они становятся приверженцами теории Бранса–Дикке. (По воскресеньям они считали себя агностиками.)

Тем временем специалисты по физике частиц столкнулись с проблемой массы в ином виде. Начиная с 1950-х гг., теоретики обнаружили, что могут описать действие ядерных сил введением специальных групп симметрий в уравнения, описывающие поведение субатомных частиц. Выражения, которые ранее использовались в уравнениях для описания массы частиц,

ОБЗОР: РЕВОЛЮЦИЯ В ФИЗИКЕ

- До 1970-х гг. ученые считали, что физика элементарных частиц и космология — разные области науки.
- Резкие изменения, начавшиеся в физике элементарных частиц в конце 1960-х гг., побудили специалистов в данной области расширить границы своих исследований и заняться гравитацией и космологией.
- К 1980-м гг. ученые поняли, что изучение ранней Вселенной открывает новые возможности для исследований в области явлений при высоких энергиях. В результате появилась новая междисциплинарная наука — космология частиц.

подчиняются всем требованиям симметрии. До того как ϕ достигнет одного из минимумов своей потенциальной энергии, частицы перемещаются более или менее свободно. Когда же ϕ достигает значения $-v$ или $+v$, новое фиксированное поле начинает тормозить все связанное с ним — субатомный эквивалент мухи, увязнувшей в патоке. Иными словами, частицы-переносчики сил (а также частицы обычного вещества, такие как электроны) начинают вести себя так, как если бы они обладали ненулевой массой, которая при этом зависит от локального значения ϕ .

Тяни-Толкай и педагогика

Статьи Бранса-Дикке и Хиггса почти одновременно были опубликованы в журнале *Physical Review* и стали очень популярными. И та, и другая предлагали объяснение происхождения массы, вводя новое скалярное поле, взаимодействующее со всеми типами материи. Однако обе группы исследователей видели разный смысл в своих ϕ . Для специалистов по гравитации и космологии введение поля Бранса-Дикке (ϕ_{BD}) стало альтернативой общей теории относительности Эйнштейна. Ученым, занимающимся физикой частиц, поле Хиггса (ϕ_H) давало надежду объяснить ядерное взаимодействие между массивными частицами, но до середины 1970-х гг. никто не предполагал, что ϕ_{BD} и ϕ_H могут иметь одинаковый физический смысл.

В те годы, когда Бранс, Дикке, Голдстоун и Хиггс предложили свои теории скалярного поля ϕ , деление на специалистов по физике частиц и космологов было в США наиболее заметным. Например, в 1966 г. Комитет по физике Национальной академии наук рекомендовал удвоить финансирование и увеличить количество ученых со степенью *Ph.D.* в области физики частиц. Тем самым он фактически призвал не расширять исследования в области гравитации, космологии и астрофизики. В то время как в СССР в некоторых учебниках тех лет ▶

КОНЦЕПЦИИ МАССЫ

В 1960-х гг. многие физики стремились найти объяснение тому, почему тела имеют массу. Несмотря на то что космологи и специалисты по физике частиц предложили схожие теории, немногие ученые увидели связь между ними

ОТ КОСМОЛОГИИ: ГРАВИТАЦИЯ БРАНСА-ДИККЕ

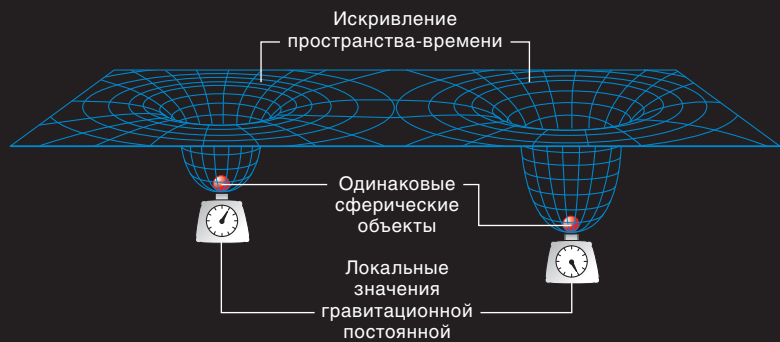


Карл Бранс



Роберт Дикке

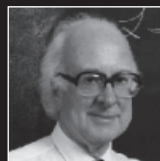
В 1961 г. Карл Бранс и Роберт Дикке из Принстонского университета ввели поле ϕ , позволяющее гравитационной постоянной Ньютона меняться в пространстве и времени. Объект в точке пространства, где эта постоянная мала (слева), будет менее массивным, и искривление пространства-времени будет меньше, чем у такого же объекта в точке, где значение постоянной велико (справа)



ОТ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ: ПОЛЕ ХИГГСА



Джеффри Голдстоун



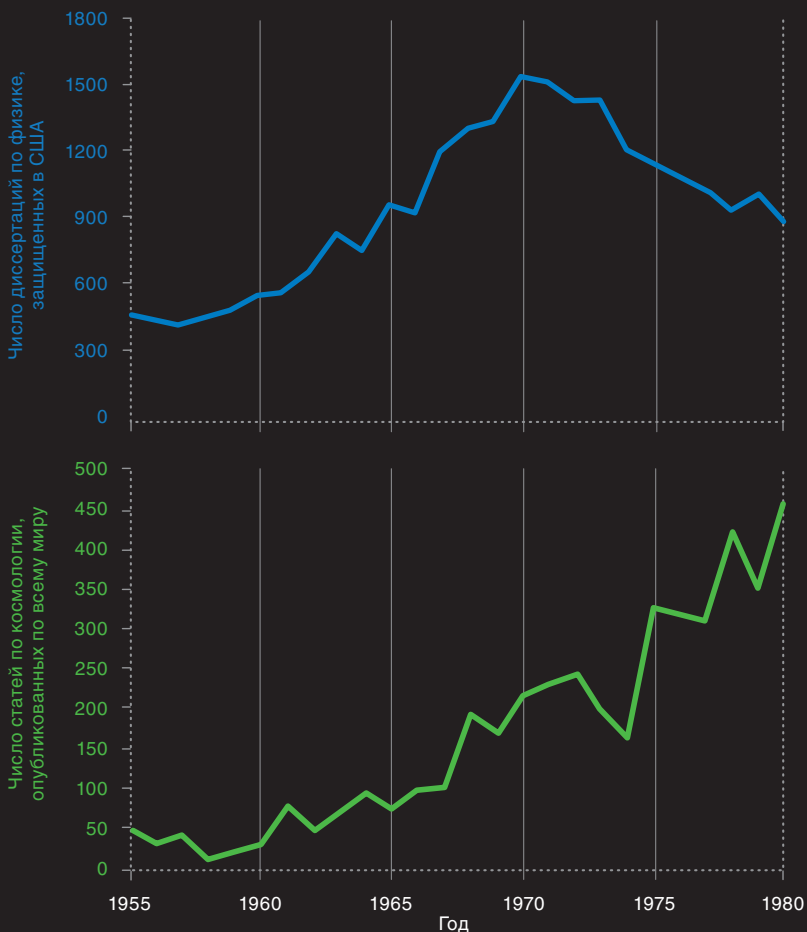
Питер Хиггс

В 1961 г. Джеффри Голдстоун из Кембриджского университета ввел поле (по совпадению также названное ϕ), плотность потенциальной энергии которого достигает минимума в двух точках, $-v$ и $+v$. Через 3 года Питер Хиггс из Эдинбургского университета применил данное поле для объяснения происхождения массы. Пока оно меняется (слева), частицы не имеют массы, приобретая ее только после того, как ϕ достигнет одной из точек минимума (справа)



ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМАТИКИ

Государственное финансирование исследований по физике частиц, существовавшее в 1950–60-х гг., резко сократилось в конце 1960-х и 1970-х. Количество диссертаций тоже снизилось (рис. вверху). Многие специалисты обратили внимание на космологию (рис. внизу)



по гравитации содержались сведения о ядерных силах, в США данная тема вообще игнорировалась.

Но все изменилось к концу 1970-х гг. Вспоминая быстрое развитие космологии частиц, большинство физиков указывают на два важных обстоятельства, ускоривших процесс: открытие асимптотической свободы в 1973 г. и создание первых теорий Великого объединения (ТВО) в 1973–74 гг. Асимптотическая свобода описывает неожиданное явление в определенном классе теорий взаимодействия частиц: сила взаимодействия уменьшается с ростом

их энергии, тогда как большинство других сил возрастает. Впервые теоретики смогли проводить точные вычисления явлений, связанных с сильным ядерным взаимодействием (которое удерживает кварки внутри ядерных частиц, таких как протоны и нейтроны), при условии, что они ограничивались областью очень высоких энергий, намного превышающих те, что были достигнуты в экспериментах.

Создание ТВО привлекло всеобщее внимание к области очень высоких энергий. Специалисты по физике частиц поняли, что величины

трех из фундаментальных взаимодействий (электромагнетизма, слабых и сильных ядерных сил) могут сближаться при увеличении энергии частицы. Теоретики предположили, что при достаточно большой энергии все три силы будут работать как одна. Энергия, при которой может произойти великое объединение в 10^{24} электронвольт, что в тысячу миллиардов раз больше самой высокой энергии, полученной физиками на ускорителях. Такая энергия никогда не будет достигнута в земных лабораториях, но некоторые ученые осознали, что если Вселенная возникла в результате Большого взрыва, то средняя энергия частиц в первые мгновения истории космоса должна была быть очень высокой.

С открытием асимптотической свободы и ТВО специалисты по физике частиц поняли необходимость изучения ранней Вселенной: первые моменты Большого взрыва дают в их руки «ускоритель для бедных», позволяющий наблюдать взаимодействие высокоэнергичных частиц, которые невозможно получить в земных условиях. Ученые, журналисты, философы и историки отметили эти события как момент рождения космологии частиц.

Несмотря на то что успехи теории частиц велики, они не могут объяснить развитие нового направления. Во-первых, не все сходится во времени. Число публикаций по космологии (в США и во всем мире) начало увеличиваться еще до 1973 г., и на скорость их роста совершенно не повлияло открытие асимптотической свободы и рождение первой теории великого объединения (врез на стр. 44). Более того, ТВО не привлекли заметного внимания даже специалистов по физике частиц до конца 1970-х и начала 1980-х гг. В первых трех обзорах по рождающейся космологии частиц, опубликованных в 1978–80 гг., вообще не упоминались ни асимптотическая свобода, ни ТВО.

Дорогу к космологии частиц не могли пробить только новые идеи:

нужны были изменения в политике правительства и в образовании. Американская физика была в выигрыше от «холодной войны» до середины 1960-х гг. — в период, когда федеральное правительство щедро финансировало образование, оборону и научные исследования. Однако начиная с конца 1960-х гг. финансирование резко сократилось в связи с протестами против войны во Вьетнаме, ослаблением «холодной войны» и принятием Мэнсфилдской поправки, благодаря которой основательно снизился уровень ассигнований Министерству обороны на научные исследования. Почти все области науки и техники при-

излучения в середине 1960-х гг., число новых диссертаций в этой области возросло с 1968 по 1970 г. На 60% и еще 33% добавилось между 1971 и 1976 гг., а количество диссертационных работ по физике в целом резко сократилось.

Комментируя обвал 1972 г., Комитет по физике Национальной академии наук отметил трудности, возникшие в области физики частиц. Как указывалось в его докладе, у многих молодых теоретиков в данной области возникали сложности при изменении места работы по причине «узкой специализации». Поэтому на физических факультетах изменилась программа обучения те-

друг от друга предположили, что φ_{BD} и φ_H — возможно, одно и то же поле. Энтони Зее (Anthony Zee) из Пенсильванского университета и Ли Смолин (Lee Smolin) из Гарвардского университета независимо друг от друга соединили две важнейшие части φ , получив уравнения Бранса–Дикке с несимметричным потенциалом Голдстоуна–Хиггса.

В данной модели локальная сила гравитации первоначально меняется в пространстве и времени так, что G пропорционально $1/\varphi^2$, но ее современное, постоянное значение возникло, когда поле φ достигло минимума своего несимметричного потенциала, что произошло, видимо, в первые мгновения Большого взрыва. Тем самым Зее и Смолин предложили объяснение, почему сила гравитации слаба по сравнению с другими силами: когда поле достигает своего конечного значения $\varphi = \pm v$, оно фиксирует φ на некотором большом ненулевом уровне, делая значение G (которое обратно пропорционально v^2) малым.

Карьеры Зее и Смолина показывают, как физики приходили в космологию после окончания холодной войны. В середине 1960-х гг. в Принстоне Зее был дипломником мэтра гравитации Джона Уилера (John A. Wheeler). Свою диссертацию по физике частиц он защитил в Гарварде в 1970 г., как раз в то время, когда начался спад в данной области. Позднее он вспоминал, что когда был студентом, космология даже не упоминалась. Через несколько лет после защиты Зее начал преподавать в Принстоне. В 1974 г., находясь в отпуске, он снимал квартиру у французского физика и случайно ▶

Резкое снижение финансирования, начавшееся в конце 1960-х гг., вызвало кризис в американской науке

шли в упадок, но физике досталась больше других.

Федеральное финансирование физики в течение 1967–76 гг. сократилось более чем на треть. С 1950-х до середины 1960-х гг. число свободных рабочих мест превышало число студентов-физиков, ищущих работу на бирже труда Американского института физики. Но вскоре ситуация изменилась к худшему. В то время как в 1968 г. на 989 желающих приходилось 253 места, то в 1971 г. на 53 вакансии претендовало 1053 студента.

Особенно непростая ситуация сложилась в области физики частиц: в 1970–74 гг. федеральное финансирование этой области сократилось на 50%, что привело к значительному оттоку талантливой молодежи из этой области науки, а с 1968 по 1970 г. в США ее покинуло вдвое больше ученых, чем приходило. Соответственно, количество диссертаций по данной тематике в 1969–75 гг. сократилось на 44%, т.е. намного больше, чем в любой другой области физики. Но в те же годы начало улучшаться положение в астрофизике и теории гравитации. Благодаря открытию квазаров, пульсаров и реликтового

оретиков, занимающихся физикой частиц. Вскоре наступили перемены в учебных планах университетов, направленные на расширение специализации студентов, включая гравитацию и космологию. После десятилетий игнорирования гравитации и космологии американские издатели начали печатать множество учебников на все темы, удовлетворяющие новые запросы читателей.

Расширение границ

Внезапные перемены повлияли на отношение физиков к работам Бранса–Дикке и Хиггса. В 1979 г., после почти двух десятилетий, когда никто даже не упоминал оба исследования в одной статье, и уж тем более не отмечал их схожести, два американских теоретика независимо

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Кайзер (David Kaiser) — физик и историк, профессор Массачусетского технологического института. В его последней книге «Расхождение теорий: Распространение диаграмм Фейнмана в послевоенной физике» (*Drawing Theories Apart: The Dispersion of Feynman Diagrams in Postwar Physics*, University of Chicago Press, 2005) говорится о том, как появился в науке уникальный подход Ричарда Фейнмана к квантовой физике. В настоящее время он заканчивает новую книгу о физике в годы «холодной войны». Научные интересы автора сосредоточены в области космологии частиц. Он стремится согласовать космическую инфляцию с суперструнами больших дополнительных размерностей.

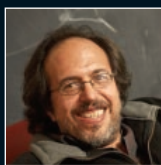
СБЛИЖЕНИЕ ТЕОРИЙ

К концу 1970-х гг. новое поколение физиков (как космологи, так и специалисты по физике частиц) обратили внимание на связь между гравитацией Бранса-Дикке и полем Хиггса



◀ ЭНТОНИ ЗЕЕ

Еще студентом работал с крупным специалистом по гравитации Джоном Уилером в Принстонском университете, затем защитил диссертацию по физике частиц. К космологии он вернулся во время своего отпуска в Париже в 1974 г.



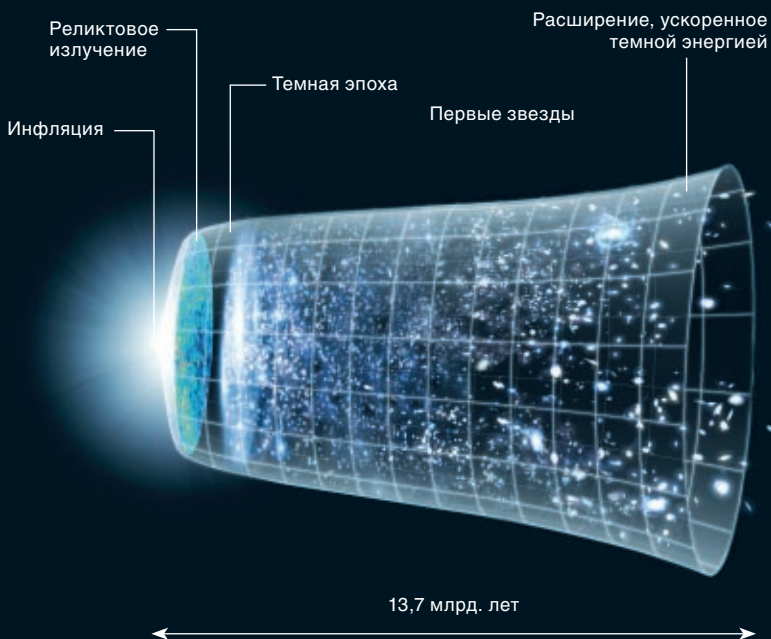
◀ ЛИ СМОЛИН

В 1970 г., будучи студентом Гарвардского университета, изучал космологию и физику частиц. Работал со Стенли Десером, одним из пионеров квантовой гравитации



◀ АЛАН ГУТ

В 1972 г. защитил диссертацию по физике частиц в Массачусетском технологическом институте. В конце 1970-х гг. после посещения лекций Дикке заинтересовался космологией



В своих статьях, независимо опубликованных в 1979 г., Зее и Смолин совместили гравитационные уравнения Бранса-Дикке с несимметричным потенциалом Голдстоуна-Хиггса. В 1981 г. Гут ввел новое поле, основанное на поле Хиггса и названное инфлатоном. Оно является движущей силой сверхбыстрого расширения (инфляции) в первые мгновения жизни Вселенной

наткнулся на стопку статей европейских теоретиков, пытавшихся использовать идеи физики частиц для объяснения космологических загадок (например, почему наблюдаемая Вселенная содержит больше вещества, чем антивещества). Несмотря на то что некоторые идеи показались ему неубедительными, гравитация его заинтересовала, и он связался с Уилером и приступил к исследованиям по космологии частиц.

В отличие от Зее, Ли Смолин появился в Гарварде в 1975 г., как раз когда изменения в учебных планах уже начали приносить плоды. Наряду с физикой частиц Смолин изучал гравитацию и космологию, сотрудничая при этом со Стенли Десером (Stanley Deser) из университета Бренди, который тогда работал на физическом факультете в Гарварде. Десер был одним из немногих американских теоретиков, заинтересовавшихся квантовой гравитацией еще в 1960-х гг. и пытавшихся дать описание гравитации, совместимое с квантовой механикой. Он был также одним из первых физиков, процитировавших в своей статье и Бранса-Дикке, и Хиггса. Смолин, работавший в области квантовой гравитации, уже к окончанию своей диссертации в 1979 г. предполагал, что ϕ_{BD} и ϕ_H могут быть одним и тем же полем.

Пример Смолина характерен для поколения теоретиков 1970-х гг. Такие физики, как Пол Стейнхардт (Paul J. Steinhardt), Майкл Тернер (Michael S. Turner) и Эдвард Колб (Edward «Rocky» Kolb), изучали в высшей школе и гравитацию, и физику частиц. Вскоре они начали обучать своих студентов, работая в новой междисциплинарной области — космологии частиц. В 1980-е гг. Тернер, Колб и Стейнхардт возглавили группы, искавшие более тесную связь между ϕ_{BD} и ϕ_H .

Основываясь на своей работе 1979 г., Зее в 1980 г. писал, что стандартные космологические теории, например модель Большого взрыва, не могут объяснить невероятную гладкость наблюдаемой

Вселенной (по крайней мере в больших масштабах). Независимо от него Дикке сделал вывод, что Большой взрыв не может объяснить также плоскостность Вселенной, форма которой могла бы существенно отличаться от наблюдаемой астрономами минимальной кривизны. В 1981 г. Алан Гут (Alan H. Guth), работавший тогда в Стенфордском университете, а сейчас профессор Массачусетского технологического института, создал инфляционную космологию, благодаря которой были решены обе проблемы. Основой модели Гута стало

Затем специалисты по космологии частиц стали объединять поля Бранса–Дикке, Хиггса и инфлатона, свободно видоизменяя уравнения для объяснения множества явлений.

Может ли история повториться? Физика частиц была вновь ущемлена в 1990-е гг., особенно при отказе продолжать строительство сверхпроводящего суперколлайдера — огромного ускорителя частиц, который уже начали сооружать в Техасе. С тех пор финансирование физики в США продолжает снижаться. Возможно, разгорающиеся бурные дебаты



Бурные дебаты о путях развития теоретической физики, вероятно, отражают беспокойство по поводу очередной возможной дискриминации этой науки

еще одно скалярное поле, напоминающее поле Хиггса и названное инфлатоном. Оно вызывает сверхбыстрое расширение (инфляцию) Вселенной в первые мгновения ее жизни.

Карьера Гута похожа на карьеру Зее: он защитил диссертацию по физике частиц в 1972 г. в МТИ еще до того как реформа образования вернула гравитацию в университетские программы. В конце 1970-х гг. он случайно попал на лекцию Дикке по проблеме плоскостности, после которой понял, что космология может быть полезной для решения задач физики частиц. Он начал изучать новую область, погрузился в гравитацию, космологию ТВО и нашел решение — инфляция. Большинство физиков, развивавших данную идею, были молодыми теоретиками, такими как Тернер, Колб и Стейнхардт и их студенты, уже получившие необходимые знания. Так же пришел к исследованию теории инфляции и Андрей Линде из Физического института им. Лебедева в Москве. В России физика частиц и гравитация развивались бок о бок, поэтому Линде смог быстро преуспеть в усовершенствовании теории.

ты о путях развития теоретической физики, где со одной стороны выступают сторонники теории струн, а с другой — последователи альтернативных подходов, и есть симптом нарастающего недовольства очередной дискриминацией этой науки.

Сейчас физики ожидают новых результатов от проектов, запланированных на ближайшие годы: Большого адронного коллайдера в Швейцарии, Космического

гамма-телескопа с большой рабочей площадью (*Gamma-ray Large Area Space Telescope, GLAST*) и спутника «Планк», который с высочайшей точностью измерит фоновое излучение. Если повезет, то физики, специалисты по высоким энергиям станут такими же яркими и активными, как 30 лет назад. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Was Einstein Right? Putting General Relativity to the Test. Second edition. Clifford M. Will. Basic Books, 1993.
- The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins. Alan H. Guth. Addison-Wesley, 1997.
- Einstein's Universe: Gravity at Work and Play. Anthony Zee. Oxford University Press, 2001.
- Three Roads to Quantum Gravity. Lee Smolin. Basic Books, 2001.
- Cold War Requisitions, Scientific Manpower, and the Production of American Physicists after World War II. David Kaiser in Historical Studies in the Physical and Biological Sciences, Vol. 33, pages 131–159; 2002.
- Inflationary Cosmology: Exploring the Universe from the Smallest to the Largest Scales. Alan H. Guth and David Kaiser in Science, Vol. 307, pages 884–890; February 11, 2005.
- Клапдор-Клайнротхаус Г.В., Цюбер К. Астрофизика элементарных частиц. М.: Редакция журнала «Успехи физических наук», 2000.
- Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М.: Наука, 1990.
- Хлопов М.Ю. Основы космомикрорфизики. М.: Едиториал УРСС, 2004.

Стивен Лорис

Глаза открыты, Мозг дремлет



Больные в вегетативном состоянии бодрствуют, но не осознают себя. Они способны открывать глаза и самостоятельно дышать, но не могут выполнять команды или производить целенаправленные движения

Новые методы визуализации работы мозга позволяют исследователям лучше понять, что происходит в организме человека, находящегося в вегетативном состоянии

Новейшие достижения медицины дают возможность сохранить жизнь все большему числу людей с серьезными повреждениями мозга. Врачам удается спасти многих пациентов с черепно-мозговыми травмами или перенесших гипоксию мозга, например, из-за остановки сердца или длительного нахождения под водой. Однако при серьезных повреждениях мозга человек впадает в кому, которая редко длится больше 2–5 недель, после чего пострадавшему либо удается вернуться в сознание, либо он умирает, либо, все же выйдя из комы, увы, остается в так называемом вегетативном состоянии.

При этом два основных компонента сознания оказываются полностью независимыми: человек бодрствует, но его самоосознание, все мысли и чувства отсутствуют. У больных в вегетативном состоянии происходит смена периодов сна и бодрствования, когда они не спят, их глаза могут быть открыты и иногда даже двигаться. Однако по большей части такой человек выглядит спящим, хотя если прикоснуться к нему или заговорить, он может открыть глаза. В таком состоянии пациенты обычно способны дышать самостоятельно без специальной аппаратуры, могут производить разнообразные спонтанные движения, скрежетать

зубами, глотать, плакать, улыбаться, сжимать руку другого человека, бормотать или стонать, однако их действия всегда рефлекторные, они не являются результатом целенаправленного поведения. Обычно такие больные не могут зафиксировать взгляд на каком-либо объекте, правда, в редких случаях они следуют глазами за движущимся предметом или слегка поворачиваются к источнику громкого звука.

Многие люди, находящиеся в вегетативном состоянии, возвращаются в сознание в течение первого месяца после повреждения мозга. В противном случае говорят уже о персистирующем вегетативном состоянии (ПВС), и вероятность восстановления разума с течением времени становится все меньше. Каждый год в США примерно 14 тыс. новых жертв острой мозговой травмы не выходят из вегетативного состояния в течение одного месяца с момента несчастного случая. В 1994 г. 11 исследователей, входящих в мультидисциплинарную группу ПВС, пришли к выводу, что шансы на восстановление близки к нулю, если пациент не приходит в сознание в течение года после травмы мозга или 3 месяцев (позднее срок был увеличен до 6) после повреждения мозга вследствие гипоксии или иных причин. Случай столь длительного нахождения без сознания группа предложила называть «перманентным вегетативным состоянием».

Изучение ПВС попало в фокус общественного внимания в 2005 г., когда политики спорили о судьбе Терри Шиаво (Terri Schiavo), жительницы Флориды, находившейся в вегетативном состоянии с 1990 г. Ее родители и муж расходились во мнении, сможет ли она когда-нибудь прийти в сознание. В конце концов суд разрешил врачам удалить трубку, через которую она получала питание, и по прошествии 13 дней она умерла от обезвоживания. Возникшие разногласия показали необходимость разработки более эффективных способов, позволяющих определить, останется ли пациент в вегетативном состоянии навсегда

или же есть надежда на восстановление деятельности мозга. Недавно исследователи воспользовались методами визуализации мозга для того, чтобы попытаться выявить наличие сознания у людей, находящихся в вегетативном состоянии, и понять, остался ли у их пациентов шанс на выздоровление. В то же время такое исследование могло бы пролить дополнительный свет на природу самого сознания.

Трудный диагноз

Пациент выходит из вегетативного состояния медленно, первые признаки сознания обычно едва заметны и проявляются постепенно. Сначала человек начинает производить целенаправленные, нерелекторные движения, однако по-прежнему не способен выразить свои мысли и чувства. Врачи называют такой период «состоянием минимального сознания». Оно может стать как первым шагом на пути к выздоровлению, так и остаться хроническим. Важное отличие, однако, состоит в том, что пациенты, прошедшие в состоянии минимального сознания годы, все же имеют шанс на восстановление работы мозга. В средствах массовой информации широко освещался случай Терри Уоллиса (Terry Wallis), жителя Арканзаса, который после автокатастрофы с 1984 г. находился в состоянии минимального сознания, а разговаривать начал лишь в 2003 г. Затем у него отчасти восстановилась способность двигать конечностями, хотя он не может ходить и по-прежнему нуждается в постоянном уходе.

Провести границу между вегетативным состоянием и состоянием минимального сознания нелегко. Специалист, который ставит диагноз «вегетативное состояние», обычно основывается на отсутствии поведенческих признаков сознания. Проще говоря, если формально пациент бодрствует (т.е. глаза открыты), но не реагирует на просьбы совершить какое-либо действие (например, пожать руку или посмотреть вниз) ▶

и производит только рефлекторные движения, то врач заключает, что больной находится в вегетативном состоянии.

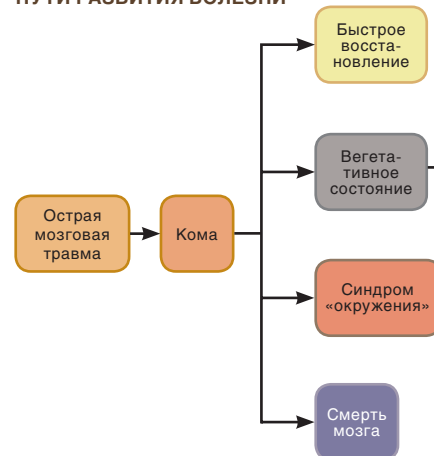
Однако в начале 1990-х гг. Нэнси Чайлдз (Nancy Childs) из Медицинского реабилитационного центра в Остине, штат Техас, и Кейт Эндрюс (Keith Andrews) из Королевского госпиталя нервных заболеваний в Лондоне в своих исследованиях показали, что у трети пациентов, признанных находящимися в вегетативном состоянии, при более тщательном осмотре обнаружались некоторые признаки сознания. Чтобы постановка диагноза была более точной, врачи должны применять стандартизированные клинические тесты, позволяющие правильно оценить реакции человека на самые различные слуховые, зрительные и тактильные стимулы. В качестве примеров можно привести шкалу выхода из комы, разработанную Джозефом Джиаццино (Joseph Giacino) из Реабилитационного института Дж. Ф.К. Джонсона в Эдисоне, штат Нью-Джерси, и реабилитационную методику оценки сенсорных модальностей, созданную Хеленой Джилл-Твейтс (Helen Gill-Thwaites) из Королевского госпиталя нервных заболеваний. Преимущества таких специализированных тестов не вызывают никаких сомнений, однако на них тратится значительно больше времени, чем на обычный неврологический осмотр или на более простые методы исследования, такие как шкала комы Глазго.

Самоосознание представляет собой субъективное состояние, которое в силу самой его природы трудно измерить у другого человека. Может ли так случиться, что даже при самом тщательном осмотре останутся незамеченными признаки сознания у человека, перенесшего мозговую травму и не способного к общению? На протяжении последнего десятилетия исследователи пытались создать объективные тесты, которые позволили бы подтвердить или опровергнуть клинический диагноз вегетативного состояния. Структурная визуализация мозга с применением магнитно-резонансной томографии (МРТ), либо рентгеновской компьютерной томографии (КТ) может помочь врачам увидеть степень поражения мозга, однако данные методы не способны выявить признаки сознания. Недавние исследования все же говорят о том, что МРТ дает возможность определить, выйдет ли пациент из вегетативного состояния. Например, больные с повреждениями определенных областей, таких как ствол мозга и мозолистое тело (полоска волокон, соединяющих полушария), вероятно, имеют меньше шансов на восстановление.

Более того, исследования с помощью нового метода, названного визуализацией тензора диффузии ядерного магнитного резонанса (который показывает степень целостности белого вещества мозга, т.е. аксонов, несущих нервные импульсы), позволили лучше понять механизмы выхода из вегетативного состояния. Например, группа,

После перенесенной травмы и комы судьба пострадавшего может сложиться по-разному (слева). Если в течение короткого времени пациент не умрет и не придет в себя, то он скорее всего будет пребывать в вегетативном состоянии. В редких случаях

ПУТИ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНИ



возглавляемая Николасом Шиффом (Nicholas Schiff) из Корнеллского университета недавно продемонстрировала с помощью данной технологии рост и восстановление аксонов в мозге Уоллиса, пациента, вышедшего из состояния минимального сознания после 19 лет молчания.

Еще один широко распространенный подход — электроэнцефалограмма (ЭЭГ), которая отражает электрическую активность мозга. С помощью ЭЭГ можно выявить наступление состояния бодрствования у пациента, поскольку во время сна без сновидений электрическая активность замедляется. У человека, находящегося в коме, таким методом можно подтвердить клинический диагноз «смерть мозга» (когда энцефалограмма становится изоэнцефалограммой, т.е. превращается в прямую линию). Однако ЭЭГ не может надежно показать изменения в степени сознания и не позволяет ни уточнить диагноз, ни определить шансы на выздоровление у пациентов, пребывающих в вегетативном состоянии.

Мы с моими коллегами в Льежском университете в Бельгии

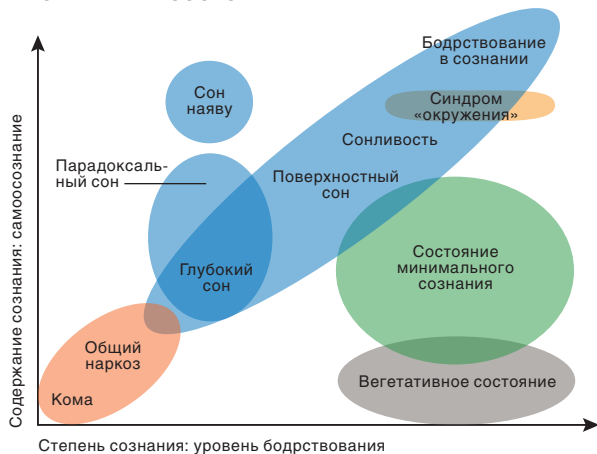
ОБЗОР: ВЕГЕТАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ

- Каждый год тысячи американцев, перенесших мозговые травмы, переходят из комы в вегетативное состояние. Если больной остается на данной стадии более года, то шансы на восстановление сознания падают почти до нуля.
- Исследователи пытаются разработать методы визуализации мозга для диагностики вегетативного состояния, которые помогли бы врачам более точно определять, у кого из пациентов есть шансы на выздоровление.
- Функциональные томографические методы исследования пациентов в вегетативном состоянии позволили лучше понять механизмы сознания, однако нужны дополнительные исследования, прежде чем врачи смогут использовать новые возможности для диагностики и прогнозирования.

НЕ СПЯТ, НО И НЕ ОСОЗНАЮТ СЕБЯ

развивается так называемый синдром «окружения» — полный паралич всех мышц произвольных движений. В дальнейшем пациент может либо перейти в состояние минимального сознания, либо вернуться к разумному существованию, либо остаться в вегетативном состоянии навсегда. В отличие от коматозных больных (справа), у пациентов в вегетативном состоянии чередуются периоды сна и бодрствования, но они не обладают самоосознанием, характерным для здорового человека

СРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЙ



обратили внимание, что когда больной в состоянии минимального сознания слышит свое имя (но не другие имена), у него возникает электрический потенциал P300. Однако то же самое происходит и у некоторых пациентов в хроническом вегетативном состоянии, поэтому данная методика не подходит для диагностики.

Область сознания

Пожалуй, наиболее многообещающим методом изучения вегетативного состояния можно считать функциональную томографию. Исследования с применением позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) показали, что метаболическая активность мозга (она измеряется по скорости потребления глюкозы) в вегетативном состоянии опускается ниже половины своего нормального значения. Подобные эксперименты были впервые проведены в конце 80-х гг. группой ученых под руководством Фреда Плама (Fred Plum) из Корнеллского университета, а позднее их результаты были неоднократно подтверждены различными европейскими

исследователями, в том числе и нами. Тем не менее некоторые больные выходят из вегетативного состояния при отсутствии значительных изменений общего мозгового метаболизма.

Более того, мы обнаружили, что отдельные здоровые добровольцы, находящиеся в полном сознании, имеют общий показатель мозгового метаболизма, сравнимый с таковым у некоторых пациентов в вегетативном состоянии. Шифф сообщил, что иногда подобные больные наоборот имели почти нормальный уровень мозгового метаболизма. Соответственно, измерение общего уровня потребления энергии в мозге не может служить показателем наличия сознания.

Все же нашей группе удалось выявить области мозга, которые особенно важны для сознания. Сравнивая пациентов в вегетативном состоянии с большим количеством здоровых добровольцев, мы обнаружили у больных значительное снижение метаболической активности на большой площади полимодальных ассоциативных областей коры (расположенных в лобной

и теменной долях мозга), участвующих в когнитивной обработке сенсорной информации. Мы также продемонстрировали, что уровень сознания зависит от выраженности функциональных связей как внутри лобно-теменной сети, так и между корой и более глубокими структурами мозга, в особенности таламусом. У обследованных нами пациентов дальние взаимодействия между этими двумя областями коры, а также между ними и таламусом были нарушены. Более того, параллельно с выходом из вегетативного состояния происходило функциональное восстановление лобно-теменной сети и ее связей.

К сожалению, у больных в состоянии минимального сознания проявляется сходная картина дисфункции коры. В результате по измерениям мозгового метаболизма с помощью ПЭТ не удается провести различия между вегетативным состоянием и минимальным сознанием в покое. Однако данный метод выявил различия при анализе деятельности мозга, обусловленной воздействием таких внешних стимулов, как боль и речь другого человека.

Мы изучали восприятие боли при электрическом воздействии на руку (которую здоровые испытуемые воспринимали как болезненную) и применили ПЭТ для измерения мозгового кровотока, который представляет собой еще один маркер мозговой активности. Как у пациентов в вегетативном состоянии, так и у здоровых добровольцев возникала активность в стволе мозга, таламусе ▶

ОБ АВТОРЕ

Стивен Лорис (Steven Laureys) возглавляет группу по изучению комы в Циклотронном исследовательском центре в Льежском университете в Бельгии, а также руководит клиникой при кафедре неврологии в Госпитале Сарта Тилмана Льежского университета. Недавно Лорис опубликовал книгу «Границы сознания: нейробиология и нейропатология» (*The Boundaries of Consciousness: Neurobiology and Neuropathology, Elsevier, 2006*).

и первичной соматосенсорной коре, которая получает сенсорную информацию от периферических нервов. Однако у больных в вегетативном состоянии в остальной части мозга ответа не было. Небольшая область коры, в которой реакция все же возникла (первичная соматосенсорная кора), была изолирована и разобщена с остальной частью мозга, в особенности с нервными сетями, которые критически важны для сознательного восприятия боли (полученные результаты могут утешить родственников хотя бы тем, что человек в вегетативном состоянии не воспримет боль так, как здоровые люди).

ПЭТ-томография позволила увидеть аналогичные закономерности, когда мы разговаривали с больными. Как и при соматосенсорной стимуляции, активность была ограничена корковыми центрами самого низкого уровня (в данном случае — первичной слуховой корой), в то время как полимодальные области более высокого уровня не реагировали

и оставались функционально изолированными. Считается, что такого уровня кортикальной обработки информации недостаточно для сознательного восприятия. В то же время у пациентов в состоянии минимального сознания слуховые стимулы могут вызвать полноценную активацию корковых полей высокого уровня, обычно не наблюдаемую при вегетативном состоянии. Шифф был первым, кто применил функциональную магниторезонансную томографию (фМРТ) на пациентах в состоянии минимального сознания и показал, что у них происходило возбуждение центров речи в ответ на устные рассказы, имевшие личностное значение для больного, которые произносил знакомый ему голос. Когда записанная информация проигрывалась задом наперед, она уже не вызывала у них такой реакции (в отличие от здоровых контрольных испытуемых).

В 2004 г. наша группа сообщила, что эмоционально-значимые слуховые стимулы (такие как плач

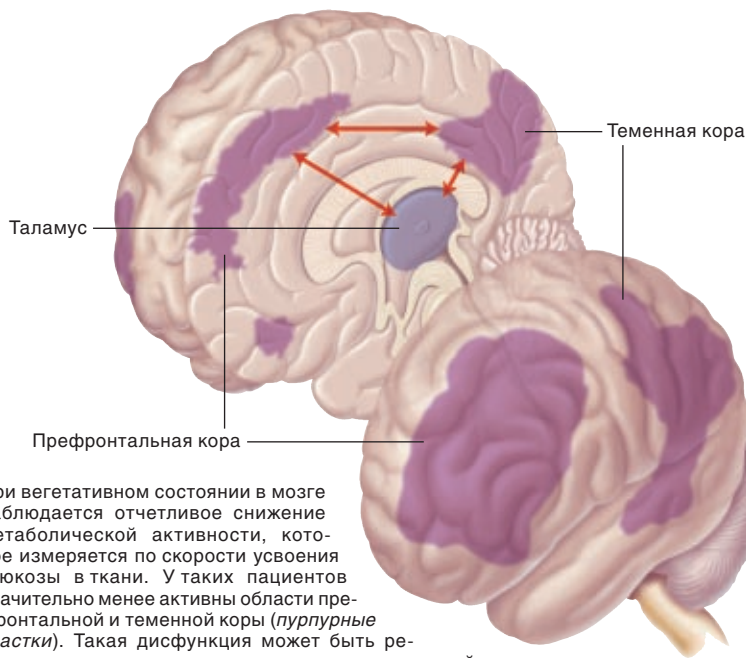
грудного ребенка и собственное имя больного) вызывают значительно большую активацию мозга у пациентов в состоянии минимального сознания, чем бессмысленный шум. Данные результаты показывают, что содержание речи отнюдь не безразлично больному. Но для того, чтобы превратить данную методику в диагностический инструмент, необходимо показать, что сложные слуховые раздражители никогда не активируют обширных областей мозга у тех, кто находится в вегетативном состоянии.

Мысленный теннис

Упомянутая гипотеза была подвергнута самой тщательной проверке, когда группа, возглавляемая Эдрианом Оуэном (Adrian Owen) из Кембриджского университета в сотрудничестве с Мелани Боли (Melanie Boly) из нашей группы, обследовала 23-летнюю женщину, перенесшую травматическое повреждение передней части мозга при автокатастрофе. Она находилась в коме на протяжении недели, а затем перешла в вегетативное состояние. Она могла открывать глаза, но совершенно не реагировала ни на какие словесные или невербальные команды.

Через пять месяцев после происшествия Оуэн со своими коллегами исследовал мозг девушки с помощью фМРТ. Во время сканирования ученые воспроизводили звуковые записи отдельных предложений (например: «Он добавил в кофе молоко и сахар») и бессмысленные наборы слов, подобранные по акустическому соответствию. Осмысленные фразы вызвали активацию в верхней и средней височной извилинах (областях мозга, ответственных за понимание речи и значений слов). Такой же паттерн наблюдался и у здоровых контрольных испытуемых. Полученные результаты, вероятно, говорят о том, что у пациентки в вегетативном состоянии происходила сознательная лингвистическая обработка акустической информации. Исследования на здоровых людях показали, что то же самое

СПРОЕКТИРОВАННЫЕ ФОРМЫ



При вегетативном состоянии в мозге наблюдается отчетливое снижение метаболической активности, которое измеряется по скорости усвоения глюкозы в ткани. У таких пациентов значительно менее активны области префронтальной и теменной коры (пурпурные участки). Такая дисфункция может быть результатом повреждения коры или нарушения связей (красные стрелки) между корой и таламусом, которые, вероятно, критически необходимы для самоосознания

может также происходить во время сна и даже под общим наркозом.

Чтобы лучше понять, сознательна ли реагирует больная на речь, ученые провели второе исследование, в котором она должна была напрятать свое воображение. Когда ей предложили представить себе игру в теннис, то фМРТ-сканирование показало активацию дополнительной моторной области мозга — такое же, как и у контрольных испытуемых. Затем девушку просили вообразить, что она идет по комнатам своего дома, — и томограммы выявили работу сети, вовлеченной в ориентацию в пространстве — премоторной, теменной и парагиппокампальной областей коры. И опять же реакция была неотличима от таковой у здоровых добровольцев. Несмотря на клинически диагностированное вегетативное состояние, больная понимала задания и каждый раз выполняла их, т.е. находилась в сознании.

Первый вопрос, возникший после получения столь впечатляющих результатов, — а правильно ли был поставлен диагноз? Хотя неоднократные осмотры специалистов подтвердили, что во время исследования девушка пребывала в вегетативном состоянии, выявилось также, что ее взгляд ненадолго фиксировался на объектах. Такое явление иногда наблюдается в подобных ситуациях, но оно нетипично и должно побудить врачей искать другие признаки сознания. При следующем осмотре (приблизительно через шесть месяцев после предыдущего) она уже могла дольше (более 5 сек.) задерживать взгляд на предметах, а также рассматривать свое отражение в зеркале. Оба признака говорят о переходе в состояние минимального сознания. В настоящее время пациентка продолжает находиться в том же состоянии, иногда выполняет команды, но не способна общаться.

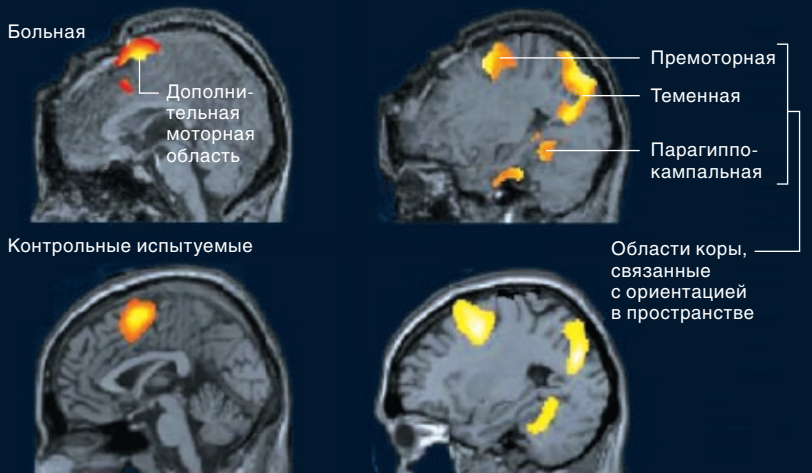
Принимая во внимание ее юный возраст, а также причину и длительность нахождения в вегетативном состоянии, мы с самого начала знали, что ее шансы на выздоровление

ПРИЗНАКИ ВЫЗДОРОВЛЕНИЯ

Изображения, полученные при функциональном томографическом исследовании поврежденного мозга 23-летней женщины (вверху), демонстрируют активацию моторной области в ответ на обращенную к пациентке просьбу представить себе игру в теннис, и активацию областей мозга, связанных с ориентацией в пространстве, когда ей предложили вообразить, что она идет по своему дому. Сходные реакции можно увидеть и у здоровых контрольных испытуемых (внизу). Полученные результаты говорят о том, что женщина начала переходить от вегетативного состояния к минимальному сознанию

Воображаемая игра в теннис

Ориентация в пространстве



не были нулевыми. Результаты нашего исследования не следует понимать как доказательство того, что все больные в хроническом вегетативном состоянии могут быть в сознании. Мы провели в Льежском университете функциональное томографическое сканирование более 60 других пациентов, но не обнаружили у них никаких признаков разумной деятельности. Наиболее вероятное объяснение полученных результатов состоит в том, что во время эксперимента наша 23-летняя пациентка уже начала переходить в состояние минимального сознания. В самом деле, новое исследование, проведенное Ди Хайбо (Di Haibo) из Чжэцзянского университета в Китае и его коллегами, подтвердило, что активация высокоуровневых областей мозга при фМРТ-сканировании может предсказывать переход в состояние минимального сознания.

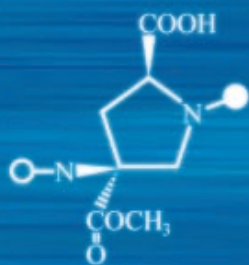
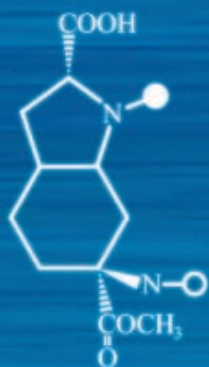
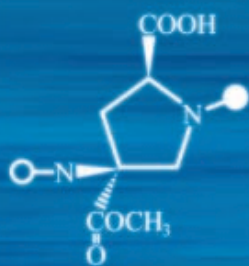
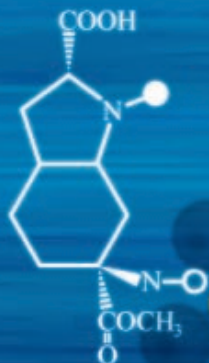
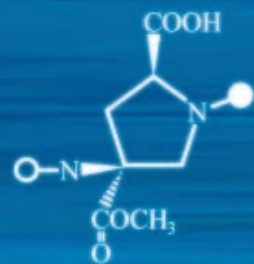
Из всего вышесказанного следует один общий вывод: постигнуть сознание нелегко. С помощью новых томографических методов мы узнали много нового, однако необходимы дальнейшие исследования, прежде

чем ученые смогут использовать функциональные методы визуализации мозга для проверки диагноза у больных в вегетативном состоянии и применять их для облегчения лечения этого тяжелейшего состояния. А до тех пор врачи по-прежнему могут полагаться лишь на результаты тщательных клинических осмотров. ■

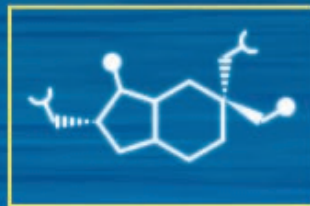
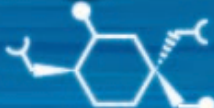
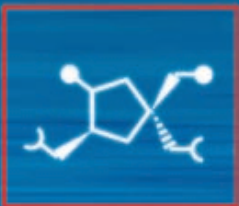
Перевод: Б.В. Чернышев

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Vegetative State: Medical Facts, Ethical and Legal Dilemmas. B. Jennett. Cambridge University Press, 2002.
- Science and Society: Death, Unconsciousness and the Brain. Steven Laureys in Nature Reviews Neuroscience, Vol. 6, No. 11, pages 899–909; November 2005.
- Detecting Awareness in the Vegetative State. A.M. Owen, M. R. Coleman, M. Boly, M.H. Davis, S. Laureys and J. D. Pickard in Science, Vol. 313, page 1402; September 8, 2006.



Химики собирают жесткие наноскопические конструкции точно заданной формы из стандартных молекулярных блоков, как из причудливых кирпичиков *Lego*



Христиан Шафмейстер

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КОНСТРУКТОР

Всего из нескольких стандартных блоков можно конструировать наноскопические структуры практически любой формы

Белки преподали множество уроков создателям наноскопических устройств. Эти большие молекулы, состоящие из сотен и даже тысяч атомов, достигают от единиц до десятков нанометров в длину. В теле человека содержится более 20 тыс. различных белков, которые управляют сокращением мышц, переваривают пищу, формируют кости, принимают сигналы из окружающей среды и неустанно перерабатывают в клетках сотни малых молекул.

В 1986 г. я был студентом и мечтал о синтезе макромолекул (молекул, содержащих более ста атомов), которые бы по своим способностям не уступали белкам и даже превосходили их. Я занимался программированием с конца 1970-х гг. и грезил о том, что когда-нибудь создавать сложные молекулярные механизмы будет так же легко, как писать программы. Мне хотелось разработать язык программирования веществ, с помощью которого можно было бы описывать форму наноскопических устройств и задавать последовательность химических процессов, необходимых для их изготовления.

К сожалению, существует серьезное препятствие, не позволяющее создавать наномашинны из специально

спроектированных белков. Формирование любого белка начинается с образования простой линейной цепи, каждое звено которой представляет собой одну из 20 аминокислот. Однако свойства белка и выполняемые им функции зависят от его формы. Вскоре после того как внутри клетки собирается очередная цепочка аминокислот, она сворачивается в запутанный клубок спиралей и других структур: происходит так называемая укладка белка. Его окончательная форма определяется очередностью аминокислот, но предсказание пространственной конфигурации, принимаемой заданной их последовательностью (т.н. проблема укладки белка), — это важнейшая задача, которую ученым еще предстоит решить.

Лишь два десятилетия спустя студенческие мечты стали реальностью: в моей лаборатории была разработана методика создания больших молекул заданной формы и программное обеспечение для их проектирования. Мы используем модульность естественных белков, но не полагаемся на самопроизвольное сворачивание аминокислотных цепей и поэтому не связываемся с нерешенной проблемой укладки белка.

Наша технология позволяет изготавливать молекулы, выполняющие ▶

определенные функции. В частности, мы работаем над созданием датчиков — больших молекул, которые изменяют форму и цвет при взаимодействии с глюкозой, токсичными или отравляющими веществами. В результате реакции с ними две флуоресцентные группы молекул датчика сближаются, что приводит к изменению его цвета, которое свидетельствует о присутствии искомого вещества. Кроме того, мы сделали первый шаг к созданию нанодвигателей, молекулярных клапанов и оперативной памяти нового типа: нам удалось получить длинные молекулы с шарнирным сочленением, которые сгибаются и разгибаются в ответ на сигналы из внешней среды.

В будущем наша технология должна достичь уровня, при котором можно будет создавать наномеханизмы, собирающие наномашин по заданной программе, словно рибосома, ответственная за сборку белков в живых клетках.

Уроки природы

Когда в 1990 г. я защитил диплом, мне казалось, что для создания наномашин необходимо вывести правила укладки белка и использовать их для получения новых белков. Поэтому я отправился в Калифорнийский университет и присоединился к группе Роберта Страуда (Robert M. Stroud), которая занималась кристаллографией белка. Мои новые коллеги выращивали белковые кристаллы и с помощью рентгеновских лучей определяли пространственное расположение атомов, образующих

белок. Четыре года ушло у меня на создание искусственного белка *4Hb1*. Сначала я синтезировал искусственный ген и внедрил его в бактерии, которые экспрессировали этот ген, т.е. произвели белок, закодированный в его ДНК. Затем я вырастил кристаллы получившегося белка. Результаты рентгенографического анализа подтвердили, что структура *4Hb1* получилась именно такой, как я планировал.

И все же *4Hb1* был просто хорошо свернутым искусственным белком: он не делал ничего полезного. Самым досадным было то, что его создание не помогло мне вывести простые правила получения белков заданной формы. Напротив, сложность процесса укладки белка наводила на мысль, что такие правила могут и вовсе не существовать. Заканчивая в 1997 г. кандидатскую диссертацию, я пришел к выводу, что наномашин лучше всего изготавливать из ограниченного набора стандартных блоков жестко заданной формы.

Идея была не нова. В 1995 г. Brent Айверсон (Brent Iverson) из Техасского университета разработал стандартные блоки, которые можно было соединять в короткие полимеры, называемые олигомерами. Последние самостоятельно собирались в складчатые структуры в результате взаимного притяжения богатых электронами донорных групп и бедных ими акцепторных.

Примерно в то же время Сэм Джеллман (Sam Gellman) из Университета Висконсина и Дитер Зеебах (Dieter Seebach) из Швейцарского

федерального технологического института разработали синтетические молекулы, названные бета-пептидами. Они представляли собой гибкие цепочки бета-аминокислот, практически не встречающихся в природе и немного отличающихся по структуре от обычных аминокислот (альфа-аминокислот). Короткие бета-пептиды Джеллмана и Зеебаха сворачивались в скрученные спирали.

Свежие идеи по созданию макромолекул определенной формы вдохновляли, но, похоже, одна проблема укладки заменялась на другую. Новые макромолекулы, как и естественные белки, состояли из молекулярных звеньев, сцепленных одиночными связями, позволяющими цепи свободно изгибаться во многих местах по всей длине. Форма, которую в конце концов принимает макромолекула, определяется сложным взаимодействием сил притяжения и отталкивания, возникающих при сближении образующих ее блоков.

Мне хотелось совсем устранить процесс укладки и получить полный контроль над формой конечного продукта. Я решил придумать жесткие стандартные блоки, которые соединялись бы друг с другом двойными связями и образовывали бы жесткие, похожие на лестницу макромолекулы. Аналогичную концепцию молекулярного конструктора предложил в 1987 г. Фрейзер Стоддарт (J. Fraser Stoddart) из Университета Шеффилда в Англии, который собирал из стандартных блоков молекулярные ленты и кольца.

Я перешел в гарвардскую лабораторию Грегори Вердайна (Gregory Verdine) и приступил к изучению синтетической органической химии. Два года я занимался синтезом искусственных аминокислот и однажды наткнулся на статью, в которой было описано химическое строение дикетопиперазина. В нем шесть атомов соединены в кольцо, содержащее две амидные связи (*рис. на стр. 57*). Аминокислоты, образующие белок, соединяются друг с другом амидными связями, как цепочка людей, держащихся за руки. Когда две аминокислоты соединяются

ОБЗОР: НАНОКОНСТРУКТОР

■ Белки неустанно выполняют бесчисленное множество задач внутри живых организмов. Они состоят из гибких цепей аминокислот, которые складываются чрезвычайно сложным образом. Поэтому невозможно предсказать, какую форму примет новый белок и какую функцию будет выполнять.

■ Недавно химики разработали стандартные молекулярные блоки — бис-аминокислоты, которые соединяются и образуют квазibelковые бис-пептиды с предсказуемой и легко рассчитываемой формой.

■ Потенциальные применения бис-пептидов — лекарства, ферменты-катализаторы, химические датчики, наноскопические клапаны и запоминающие устройства.

словно два человека, вставшие лицом клицу и взявшие друг друга за обе руки, получается дикетопиперазин. Химики придумали множество реакций, в которых между аминокислотами формируются амидные связи, и они хорошо знакомы с дикетопиперазином, возникновение которого часто мешает синтезировать нужный белок. Я же решил использовать дикетопиперазин для связывания стандартных молекулярных блоков.

Две «руки» аминокислоты — это аминокислотная группа и карбоксильная группа (правда, для рук они слишком коротки). Будем одну из них считать левой «рукой», а другую — правой, тогда амидная связь будет выглядеть как левая «рука», держащая правую. Каждый из стандартных блоков (мономеров) похож на двух жестко связанных людей, выставивших руки перед собой. Мономеры соединяются в цепь благодаря кольцам дикетопиперазина, которые возникают, когда два «человека» из соседних звеньев «берутся за руки».

Каждый мономер состоит из жесткой молекулы, состоящей в основном из атомов углерода и двух аминокислотных групп, амины и карбоксилы которых доступны для соединения с другими мономерами. Два блока могут соединиться благодаря взаимодействию своих аминокислот с образованием кольца дикетопиперазина. Мы назвали этот вид мономеров бис-аминокислотами («бис» значит «дважды»), потому что каждый из них содержит по две аминокислоты. Поскольку цепи аминокислот называют пептидами, цепи бис-аминокислот было решено назвать бис-пептидами.

С чистого листа

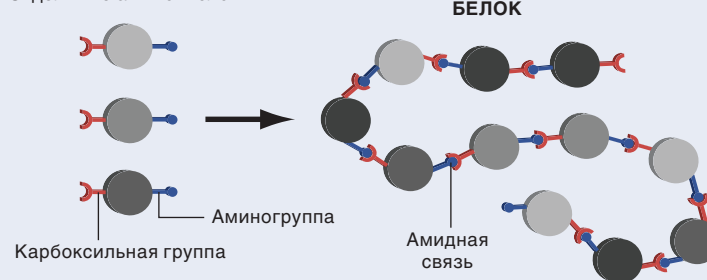
Вооружившись эскизами молекулярных блоков, я открыл новую лабораторию в Питтсбургском университете и вместе со своими студентами приступил к воплощению давней мечты. В течение двух лет мой аспирант Кристофер Левинс (Christopher Levins) синтезировал первые бис-аминокислоты. Он начал с гидроксипролина, серийно

ЧЕМ БИС-ПЕПТИДЫ ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ БЕЛКОВ

ПРИРОДНЫЕ БЕЛКИ

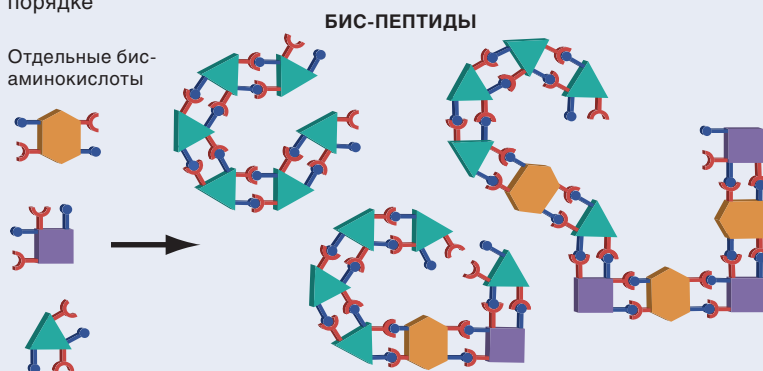
Живые организмы вырабатывают двадцать различных аминокислот и соединяют их в гибкие цепи. Короткие цепи обычно называют пептидами, а длинные — белками. Аминокислоты соединяются между собой амидными связями, которые формируются при взаимодействии карбоксилатов и аминогрупп. Окончательная форма белка зависит от сложного сочетания взаимодействий между всеми его аминокислотами, поэтому предсказать, какую форму примет новая последовательность аминокислот, практически невозможно. (Для ясности рисунки очень упрощены.)

Отдельные аминокислоты



БИС-ПЕПТИДЫ ПРЕДСКАЗУЕМОЙ ФОРМЫ

Химики создали набор стандартных молекулярных блоков, которые называются бис-аминокислотами и содержат по две пары карбоксилатов и аминов. Соединяясь, они образуют жесткую цепь — бис-пептид, конфигурация которого строго определяется последовательностью выбранных бис-аминокислот. Теперь можно синтезировать наноструктуры точно заданной формы, просто комбинируя бис-аминокислоты в определенном порядке

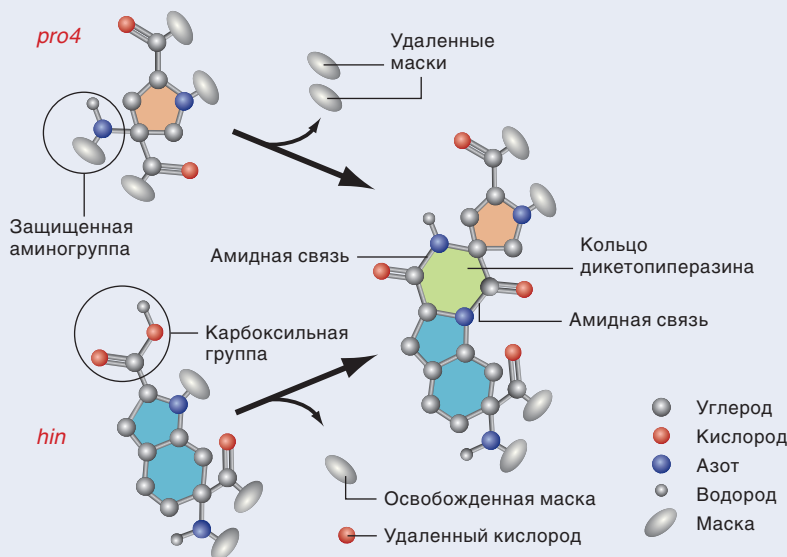


выпускаемого компонента коллагена (белок, придающий прочность хрящам, связкам и сухожилиям), который другая группа ранее использовала для создания молекул, похожих на наши мономеры. Применяя разработанную нами процедуру из девяти шагов, Левинс преобразовал гидроксипролин в четыре вида стандартных блоков: *pro4 (2S4S)*, *pro4 (2S4R)*, *pro4 (2R4S)* и *pro4 (2R4R)*. Мы назвали их *pro4*, потому что все они напоминают

аминокислоту пролин с дополнительной аминокислотой, присоединенной к углероду-4 (химики обозначают атомы углерода в органической молекуле, нумеруя их в определенном порядке). Метки *S* и *R* указывают ориентацию групп, присоединенных к углероду-2 и углероду-4. Стандартные блоки были получены в виде сухих порошков, пригодные для хранения при комнатной температуре в течение многих месяцев. ▶

ХИМИЯ

Сначала химики синтезируют бис-аминокислоты с защитными группами (масками), которые препятствуют их спонтанному соединению. Затем в несколько этапов (*здесь не показаны*) связывают два мономера, например *pro4* и *hin* (*показаны слева*), создавая между ними кольцо дикетопиперазина (*зеленое*). Вместе с углеродными кольцами аминокислот оно обеспечивает жесткость конструкции получающейся макромолекулы. (Для ясности строение защитных групп и некоторые атомы водорода опущены.)



Мы производим стандартные блоки-мономеры с защитными группами, присоединенными к аминам (чтобы препятствовать преждевременному образованию амидных связей), и с одним из карбоксил в измененной, менее активной форме сложного эфира. Чтобы синтезировать бис-пептид, мы соединяем стандартные блоки в желательной последовательности с одинарными связями, а затем создаем парные связи, чтобы придать молекуле

окончательную жесткую форму (*рис. на стр. 59*).

В первой части процесса используется синтез на твердой подложке, а точнее, на пластмассовых бусинках, покрытых аминокислотами. Карбоксильная группа первого стандартного блока образует амидную связь с одним из аминов, закрепляя мономер на бусинке. Избыток стандартных блоков гарантирует, что они будут присоединены практически ко всем аминам на бусинках. Быстрая

промывка растворителем удаляет побочные продукты и неиспользованные мономеры. Затем промывка щелочью удаляет защитные группы одного из двух аминов на только что присоединенных стандартных блоках (два амина имеют разные защитные группы, поэтому удаляется только одна из них). Далее добавляется второй мономер, карбоксил которого связывается со свободной аминогруппой первого. Затем удаляется защита одного из аминов второго стандартного блока, добавляется третий и т.д.

Процесс сборки идет медленно: добавление каждого стандартного блока занимает около часа, т.к. приходится ждать, пока все свободные аминогруппы соединятся с новым мономером. К счастью, эту работу можно поручить автоматом для синтеза пептидов, которые способны синтезировать сразу несколько последовательностей одновременно.

Когда цепь готова, с помощью сильной кислоты мы удаляем бусинки, а затем защитную группу второго амина каждого стандартного блока. Добавление раствора щелочи заставляет освободившиеся амины связываться с эфирными группами соседних мономеров с образованием парных амидных связей. Когда смежные стандартные блоки соединяются двумя амидными связями, вся макромолекула становится жесткой и принимает требуемую форму.

Оказалось, что бис-пептиды растворяются в воде и других полярных органических растворителях, которые легко смешиваются с водой. Растворимость в воде облегчает изучение бис-пептидов и позволяет в перспективе использовать их для разработки новых лекарственных средств, доставляемых через кровь.

Программирование формы

Бис-аминокислоты, из которых состоят наши бис-пептиды, объединяются словно причудливые строительные блоки конструктора *Lego*. Каждая бис-аминокислота похожа

ОБ АВТОРЕ

Христиан Шафмейстер (Christian E. Schafmeister) — старший преподаватель химии в Питтсбургском университете, где занимается разработкой молекул с программируемой формой. В 1997 г. он защитил кандидатскую диссертацию по биофизике в Калифорнийском университете. Затем Шафмейстер перешел в Гарвардский университет и придумал новый способ повышения устойчивости пептидов к протеазам, чтобы их можно было использовать в качестве лекарств. В настоящее время он входит в состав рабочей группы, подготавливающей перспективный план разработки производственных наносистем для Нанотехнологического института Форсайта в Пало-Альто, штат Калифорния.

на кирпичик, чья верхняя сторона с выступами наклонена и повернута относительно нижней с впадинами. Скрепив несколько одинаковых блоков, можно создать изогнутый объект, форма которого будет зависеть от выбора бис-аминокислоты. Складывая N кирпичиков двух видов в различных последовательностях, можно создать 2^N различных форм. Бис-пептид длиной в десять блоков, составленный из четырех видов бис-аминокислот *pro4*, может иметь любую из более миллиона (4^{10}) форм. Чем больше различных стандартных блоков, тем легче управлять формой макромолекулы.

Чтобы проектировать бис-пептиды, необходимо точно знать, какие формы принимают различные бис-аминокислоты, когда соединяются друг с другом. Иными словами, сначала нужно выяснить размеры кирпичиков и углы, под которыми наклонены и повернуты их контактные поверхности. Получив первые бис-пептиды, мы установили с помощью ядерного магнитного резонанса, какие водородные атомы бис-пептида

расположены близко друг к другу, и определили пространственную ориентацию связей «углерод-водород». По результатам измерений мы рассчитали форму наших стандартных блоков и разработали программу для автоматизированного проектирования бис-пептидов *CANDO* (от англ. *Computer-Aided Nanostructure Design and Optimization* — компьютерное проектирование и оптимизация наноструктур).

Мой аспирант Грегори Берд (Gregory Bird) спроектировал с помощью *CANDO* молекулярные стержни и изогнутые конструкции, а затем собрал их, присоединив к концам так называемые спиновые метки, чтобы убедиться, что результаты синтеза соответствуют компьютерному проекту. Действительно, форма последовательностей из мономеров *pro4* (2S4S) и *pro4* (2R4R) в точности совпала с расчетами *CANDO*.

Бис-аминокислоты *pro4* похожи на кирпичики с довольно малыми углами взаимного наклона контактных поверхностей, так что их можно использовать для получения

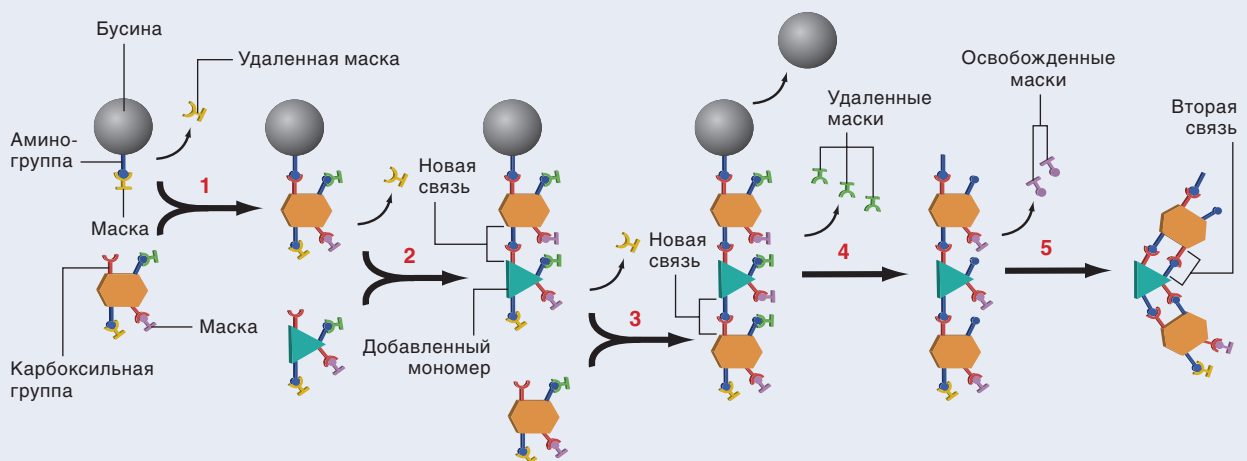
молекулярных стержней и макромолекул с плавными изгибами, которые подошли бы в качестве распорок, удерживающих различные химические группы на заданных расстояниях друг от друга. Однако множество полезных функций белков связано со впадинами, которые служат для связывания белка с определенным объектом или для удержания молекул и катализа химических реакций. Чтобы создавать компактные бис-пептиды с подходящими впадинами, нам потребовалось расширить наш набор стандартных блоков. Мой студент Стивен Хабей (Stephen Habay) разработал бис-аминокислоту *hin*, которая создает резкий поворот в бис-пептидной цепи.

С каждым годом наша коллекция стандартных блоков увеличивается, и судя по результатам моделирования в программе *CANDO*, нынешнего набора из 14 мономеров достаточно, чтобы создавать компактные бис-пептиды с впадинами. Но в процессе создания бис-пептидов из новых стандартных блоков мы ▶

КАК ДЕЛАЮТ БИС-ПЕПТИДЫ

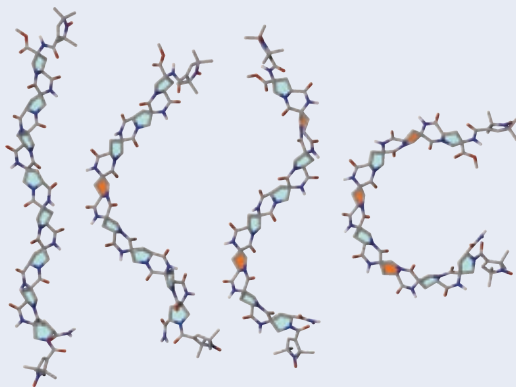
Для получения бис-пептида сначала собирают цепь из бис-аминокислот, идущих в определенной последовательности, а затем придают ей жесткость. Берется бусина, покрытая защищенными аминогруппами. После удаления защитной маски (желтая) с ними связываются свободные карбоксильные группы молекул первой бис-аминокислоты (1). Процесс повторяется (2 и 3)

со следующими бис-аминокислотами, и получается цепь бис-аминокислот, связанных обычными одинарными связями. Затем удаляется бусина и защитные маски (зеленые) на несвязанных аминах (4). Освобожденные амины отщепляют защитные маски от соседних карбоксилатов и сцепляются с ними, формируя вторые связи между смежными мономерами (5)



СПРОЕКТИРОВАННЫЕ ФОРМЫ

Как видно на примере бис-пептидов, синтезированных в Питтсбургском университете, соединяя стандартные мономеры в правильной последовательности, можно создавать как почти прямые, так и круто изогнутые макромолекулы



столкнулись с серьезной проблемой. Реакция, в которой формируется вторая амидная связь, обеспечивающая жесткость макромолекулы, протекает очень быстро между мономерами *pro4*, но очень медленно идет со всеми новыми стандартными блоками. Повышение температуры реакции ускоряет ее, но искажает получающиеся формы. Это стало серьезным препятствием к созданию больших бис-пептидов сложной конструкции.

Мой студент Шарад Гупта (Sharad Gupta) частично преодолел эту проблему, разработав новый подход к защите второй амидной связи. В каждом мономере он заменил сложный эфир на более восприимчивый к воздействию амина и использовал в качестве катализатора не щелочь, а уксусную кислоту. Повышение температуры и присутствие кислоты ускоряют реакцию замыкания кольца, но в отличие от нагревания со щелочью не нарушают форму бис-пептидов.

Шесть месяцев ушло на подбор более-менее подходящей комбинации сложного эфира, защитной группы, растворителя и температуры. Однако нам еще предстоит вернуться к этой проблеме, т.к. наше решение не годится для последовательностей длиннее пяти мономеров. А пока мы ищем применение для бис-пептидов произвольной длины из мономеров *pro4* и пятизвенных макромолекул с другими стандартными блоками.

Разработка применений

Прежде всего нам хотелось бы получить макромолекулу, которая связывалась бы с холерогенным белком *Ctx*. У него есть пять одинаковых впадин, расположенных в углах пятиугольника. С их помощью *Ctx* связывается с сахаром *GM1*, молекулы которого располагаются на поверхности клеток эпителия, покрывающих тонкую кишку. Когда *Ctx* связывается с пятью такими молекулами, запускается цепь событий, которая приводит к смертельной диарее. Вещество, активно связывающееся с впадинами *Ctx*, могло бы препятствовать соединению холерогена с клетками кишечника и останавливать развитие болезни.

Ученые уже разработали сахара, небольшие молекулы которых поодиночке связываются с впадинами *Ctx*. Однако такие лекарства действуют слабо, т.к. недостаточно сильно сцепляются с холерогеном и не могут составить конкуренцию пяти одновременным связям, которые он образует в кишечнике с *GM1*. Поэтому было решено синтезировать бис-пептид, который мог бы связывать сахара сразу с двумя впадинами. Мы разместили малые сахара на концах стержневидного бис-пептида, так что расстояние между ними совпало с расстоянием между смежными впадинами *Ctx*. Опыты показали, что наши бис-пептиды с двумя сахарами связываются с холерогеном сильнее, чем одиночные молекулы малых

сахаров, и по крайней мере не слабее, чем молекулы *GM1*.

Однако мы не смогли определить, сцепляется ли наш бис-пептид с двумя впадинами одного *Ctx* или же с впадинами двух разных молекул *Ctx* с образованием сети молекул *Ctx*. Межмолекулярное связывание *Ctx* не очень помогло бы против холеры, потому что оно было бы эффективным только при избытке холерогена, т.е. его смертельном количестве. В условиях низкой концентрации *Ctx* каждый бис-пептид мог бы прикрепиться к впадине на одной молекуле *Ctx*, но вероятность столкновения и сцепления с другой молекулой была бы слишком мала. К счастью эффективность межмолекулярного связывания белков, расположенных на поверхности вирусов, может быть достаточно высока, и поэтому сейчас мы применяем этот метод для подавления вирусов, включая ВИЧ и лихорадку Эбола.

По аналогии с присоединением групп к концам жесткого стержня мы разработали молекулярные приводы, в которых два стержня соединяются шарниром. Распрямленные в исходном состоянии, они сгибаются, когда группы на их внешних концах связываются с ионами металла или определенными молекулами. Моя студентка Лаура Беласко (Laura Belasco) создала прототип такого привода со стержнями из четырех стандартных блоков и шарниром из обычной аминокислоты, который сгибается и разгибается в ответ на присутствие ионов металла. Устройство может найти применение в молекулярных клапанах (рис. на стр. 61). Клапан может состоять из наноскопического отверстия, вдоль кромки которого расположены соединенные шарнирами стержни. В распрямленном состоянии они блокировали бы отверстие, а в согнутом — открывали его. Используя такие клапаны, можно изготовить устройство, выпускающее лекарство в ответ на изменение состояния пациента.

Для электронного управления открыванием и закрыванием достаточно разместить на концах

стержней группы, которые будут соединяться при наличии соответствующего заряда. Из множества индивидуально управляемых стержней на шарнирах можно было бы сделать запоминающее устройство. Датчик атомного силового микроскопа мог бы сканировать ряды стержней и считывать нули и единицы точно так же, как в приводе *Millipede* фирмы IBM (см.: Биннинг Г., Вентцгер П. Проект «Нанопривод» // *ВМН*, № 5, 2003). Для стирания пита, которое трудно осуществить в системе *Millipede*, достаточно было бы просто разогнуть стержень с шарниром.

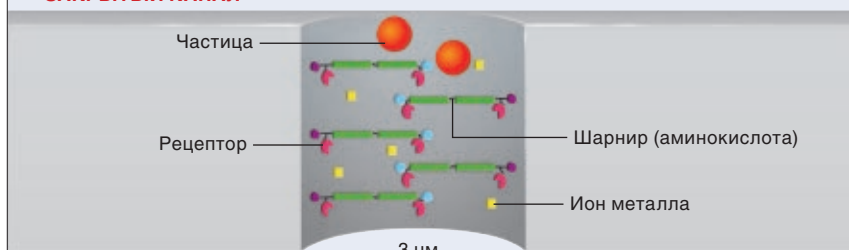
На боковых цепях 20 аминокислот, используемых живыми организмами для построения белков, размещены разнообразные химические группы. Белки размещают их в таких конфигурациях, форма и другие свойства которых служат катализу реакций, связыванию небольших молекул и выполнению многих других функций. В нашей лаборатории мы разрабатываем стандартные блоки с дополнительными химическими группами, чтобы затем располагать их в определенных местах бис-пептидной цепи. Пока у нас есть лишь один мономер с боковой группой. Если мы научимся создавать макромолекулы с множеством химических групп, имитирующих активные участки ферментов (области, где происходит катализ), то сможем использовать их для изготовления ферментов с нужными нам свойствами.

Сейчас синтез некоторых перспективных лекарств против рака, таких как галихондрин-Б и бриостатин, обходится очень дорого. Редкие морские губки, вырабатывающие эти вещества в естественной среде, не в состоянии производить их в требуемых количествах. Возможно, через пару десятков лет мы создадим искусственные ферменты, способные эффективно синтезировать эти и другие ценные вещества. Тогда достаточно будет капнуть каплю искусственных ферментов в бочку богатого фруктозой кукурузного сиропа, чтобы через

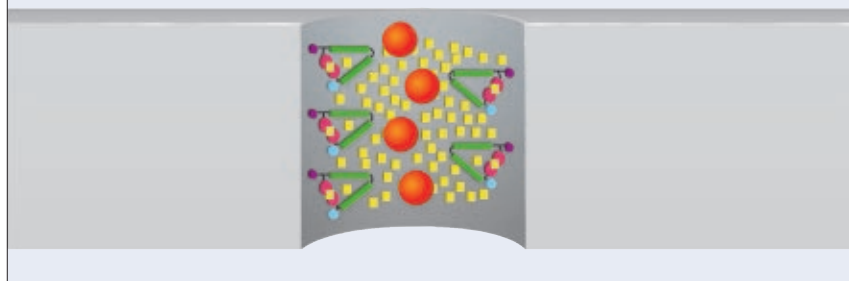
НАНОКЛАПАНЫ

Питтсбургские ученые разработали проект клапанов, запирающих отверстия диаметром всего 3 нм. Наноскопические силовые приводы, которые уже были синтезированы и опробованы, состоят из двух коротких бис-пептидных стержней (зеленые), соединенных аминокислотой, играющей роль шарнира. При низкой концентрации управляющего иона металла (желтый) приводы, укрепленные вдоль кромки крошечных отверстий в алюминиевой пленке (серая), вытягиваются и блокируют прохождение крупных частиц молекул (оранжевые). При высоких концентрациях ионы присоединяются к рецепторам (красные), в результате чего приводы складываются и открывают канал

ЗАКРЫТЫЙ КАНАЛ



ОТКРЫТЫЙ КАНАЛ



несколько дней получить десятки литров бриостатина.

Огромную пользу обществу могли бы принести искусственные ферменты, разлагающие растительную целлюлозу до этанола или использующие энергию солнечного света для производства его из воды и углекислого газа. Нам также хотелось бы сконструировать ферменты

для синтеза стандартных блоков бис-аминокислот, чтобы упростить получение бис-пептидов. Мы очень надеемся, что когда-нибудь сможем разработать методику расчета бис-пептидной последовательности, наилучшим образом выполняющей любую наперед заданную функцию. ■

Перевод: Б.А. Квасов

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Constructing a Molecular LEGO Set. John P. Mathias and J. Fraser Stoddart in *Chemical Society Reviews*, Vol. 21, No. 4, pages 215-225; 1992.
- Foldamers: A Manifesto. S. H. Gellman in *Accounts of Chemical Research*, Vol. 31, No. 4, pages 173-180; April 1998.
- A Field Guide to Foldamers. D. J. Hill, M.J. Mio, R.B. Prince, T.S. Hughes and J.S. Moore in *Chemical Reviews*, Vol. 101, No. 12, pages 3893-4011; December 2001.
- Flexibility and Lengths of Bis-Peptide Nanostructures by Electron Spin Resonance. S. Pornsuwan, G. Bird, C.E. Schafmeister and S. Saxena in *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 128, No. 12, pages 3876-3877; March 29, 2006.
- Сайт лаборатории Христиана Шафмейстера: www.candolab.org



Ральф Кеттер, Мюриэл Медар и Мишель Эффрос

борьба с пробками: БИТЫ И АВТОМОБИЛИ



Сетевое кодирование, в основе которого лежит передача признаков, а не самих сообщений, поможет повысить эффективность и надежность сетей связи

Почти 60 лет назад математик и инженер Клод Шеннон (Claude E. Shannon) заложил основы новой математической теории связи, получившей название теории информации. В наши дни результаты его научных изысканий, связанных со сжатием и надежной передачей данных, нашли практическое применение в Интернете, линиях проводной связи, системах беспроводной телефонии и средствах хранения информации — от накопителей на жестких дисках до компакт-дисков, DVD и флэш-памяти.

Если Шеннон изучал передачу сообщений по телефонным линиям, предназначенным для индивидуальных соединений, то в наши дни активно применяются сети общего пользования, например Интернет. В последнем случае через одну и ту же информационную среду (будь

то кабельная, оптоволоконная или беспроводная система) обмениваться сообщениями может множество пользователей. Чтобы повысить пропускную способность сетей общего пользования и добиться их эффективной и бесперебойной работы, операторы стремятся наращивать ресурсы. Так, медные провода, кабели и оптические волокна обеспечивают достаточно широкую полосу пропускания, но их прокладка обходится дорого, и их трудно переносить и расширять. Сверхширокополосные и многоантенные передающие системы позволяют обслуживать существенно большее число пользователей, чем их предшественники, но и они не всегда успевают за постоянно растущим спросом на информационные услуги.

В Интернете и других сетях общего пользования информация ►

передается при помощи маршрутизаторов, т.е. коммутаторов, выполняющих функции узлов, направляющих сигналы в каналы связи, ведущие к конечным пунктам назначения сообщений. Но насколько целесообразно использование маршрутизаторов? И является ли коммутация подходящим способом передачи информации?

Новый подход к распределению информации по сетям общего пользования, получивший название сетевого кодирования, предложили Рудольф Альсведе (Rudolf Ahlswede) из университета Билефельда в Германии и Нин Цай (Ning Cai), Шо-Йен Роберт Ли (Shuo-Yen Robert Li) и Раймонд Юн (Raymond W. Yeung) из Китайского университета в Гонконге. Исследователи заменили маршрутизаторы кодерами, передающими не сообщения, а их признаки, по которым приемники могут реконструировать исходные данные. Несмотря на то что сетевое кодирование может показаться противоречащим здравому смыслу, его применение поможет повысить быстродействие и надежность систем связи.

Биты — не автомобили

Альсведе и его коллеги развили выдвинутую Шенноном гипотезу, согласно которой передача признаков сообщений может быть эффективнее прямой передачи данных. Исследователи пришли к выводу, что приемник сможет реконструировать исходные сведения, если получит достаточное количество признаков, причем не обязательно все. В данном случае важна лишь некая

ОСНОВНАЯ ИДЕЯ

При сетевом кодировании в сети с шестью узлами сообщения передаются по каналам со скоростью 1 бит/с (узлы сети обозначены буквами)



ЧТО ПРОИСХОДИТ В ТРАДИЦИОННОЙ СЕТИ

Если Эми из узла A посылает сообщение Данае в узел D в то же время, когда Бен из B отправляет информацию Карлу в узел C, то маршрутизатору E придется передавать их в канал 5 по очереди, что приведет к задержке при получении данных

комбинация подсказок, позволяющая восстановить исходное сообщение. (Приемники смогут принимать признаки, если заранее будут «знать» правила их генерации или если указания по их использованию будут включены в сами признаки.)

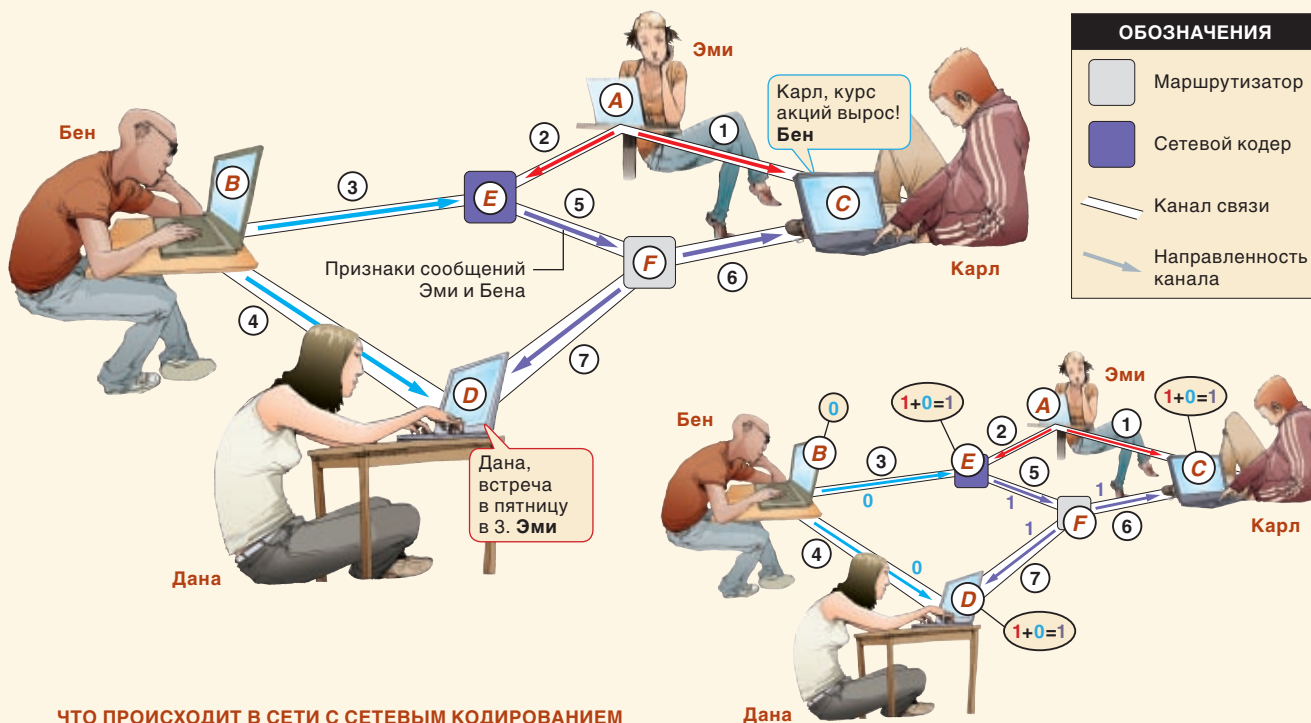
Шеннон показал, что каждый канал связи характеризуется определенным значением пропускной способности (т.е. количеством информации, которая может быть передана за данный промежуток времени), и что связь может быть надежной лишь при условии, что интенсивность потока информации

не превышает пропускной способности канала связи. Если говорить о транспорте, то аналогичный показатель — количество автомобилей, безопасно проезжающих по дороге за секунду. Пока интенсивность движения ниже пропускной способности дороги, транспортное средство наверняка (не считая редких аварий) благополучно достигнет пункта назначения. Если использовать транспортную модель для построения более сложных систем связи, например телефонной сети, которую рассматривал Шеннон, то для каждого разговора должна выделяться своя «дорога». Поэтому вести два разговора по одной линии на одной и той же частоте невозможно, так же как невозможно двум поездам одновременно пройти по однопутной железной дороге.

Компьютерные сети, в частности Интернет, напоминают сложное переплетение разветвляющихся, сливающихся и перекрещивающихся магистралей. Информация, передающаяся от одного компьютера другому, обычно достигает места назначения, проходя по нескольким

ОБЗОР: СЕТЕВОЕ КОДИРОВАНИЕ

- В 2000 г. для борьбы с заторами в сетях связи исследователи предложили революционный метод передачи информации, при котором маршрутизаторы, передающие только неизменные данные, заменяются сетевыми кодерами, пересылающими не сами сообщения, а их признаки.
- Сетевое кодирование хорошо зарекомендовало себя в экспериментах, проводившихся с мультимедийными сетями, где на все приемники должно одновременно поступать одно и то же сообщение.
- Применение кодеров позволит повысить надежность и пропускную способность сетей без добавления оборудования или увеличения ширины полосы.



ЧТО ПРОИСХОДИТ В СЕТИ С СЕТЕВЫМ КОДИРОВАНИЕМ

Эми посылает сообщение по каналу 2, как и раньше, но одновременно, что кажется нелогичным, и Карлу по каналу 1 (который в ином случае оставался бы неиспользованным). Одновременно Бен отправляет информацию по каналам 3 и 4. Кодер в узле E обрабатывает два потока данных, поступающих из каналов 2 и 3, и без задержки посылает в канал 5 признаки сообщений Эми и Бена, которые затем направляются в каналы 7 и 6 соответственно. Компьютер Карла, анализируя сообщение Эми и признак, поступивший из канала 6, декодирует данные, пришедшие от Бена. А компьютер Даны таким же образом обрабатывает послание Эми

ПРАВИЛА ДЛЯ УЗЛОВ E, C и D

Если сумма	Результат равен
четна (0 + 0 или 1 + 1)	0
нечетна (0 + 1 или 1 + 0)	1

КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ДЕКОДИРОВАНИЕ

Допустим, что сообщение Эми представляет собой число «1», а Бена — «0». Кодер в узле E и компьютеры Карла и Даны обрабатывают поступающие данные в соответствии с кодом, представленным в таблице.

Узел E отправляет в канал 5 единицу, а компьютер Карла суммирует его с числом «1», поступившим из канала 1, что дает «0», т. е. он реконструирует сообщение Бена. Одновременно компьютер Даны суммирует единицу, пришедшую из канала 7, с нулем, из канала 4, и получает «1», т.е. сообщение Эми. На практике, если узлы C и D не запрограммированы на декодирование, то кодер в узле E одновременно с признаками сообщений передает им по каналу 5 и соответствующую программу

участкам «дорог». Биты одного сообщения группируются в пакеты, своеобразные колонны автомобилей информационной супермагистрали, на которых обозначен пункт назначения. На пересечениях «дорог» находятся маршрутизаторы, считывающие заголовок с каждого пакета и направляющие его адресату.

Однако в Интернете отказы маршрутизаторов или их остановка для обслуживания постоянно приводят к потере пакетов. Именно поэтому некоторые сайты медленно открываются, а пользователям приходится заново вызывать веб-страницы. Поэтому чтобы повысить надежность работы сетей, необходимо, чтобы весь путь до места назначения проходило не сообщение целиком, и даже не вся совокупность его признаков, а лишь некоторые из них. Причем при таком подходе не придется

задействовать новые каналы связи, поскольку повысится эффективность использования уже существующих.

Сеть с шестью узлами

Вспомним, что в компьютерных сетях все сообщения представляют собой последовательности двоичных кодов. Предположим, что по каждому каналу связи может передаваться один бит (0 или 1) в секунду в направлении, указанном соответствующей стрелкой (схема гипотетической сети с шестью узлами на стр. 64-65).

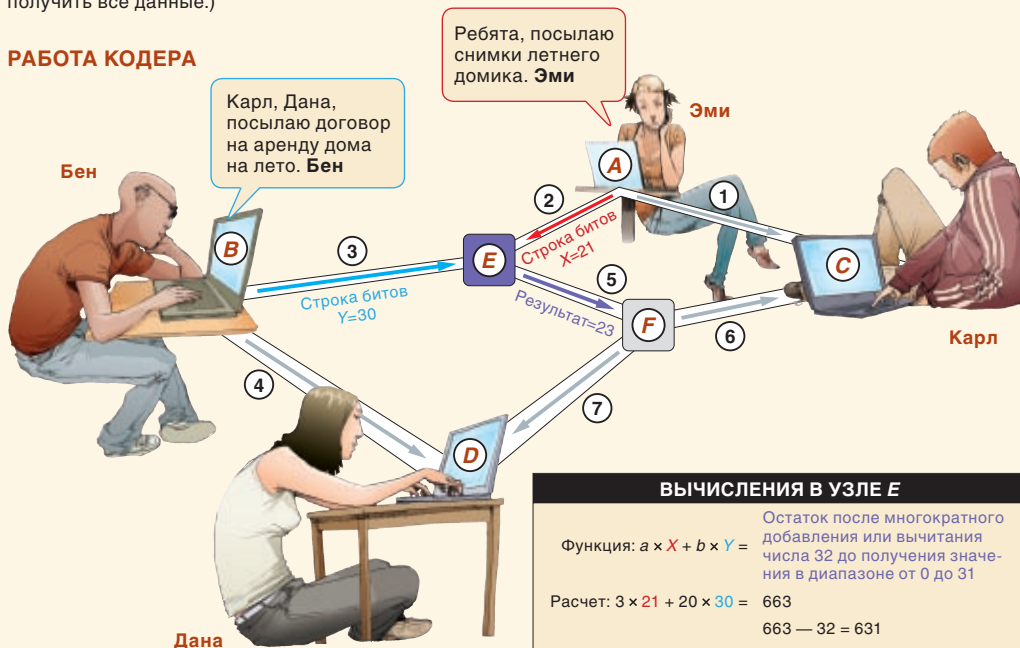
Эми из узла A собирается послать по одному биту в секунду Дана в узел D, в то же время Бен из B хочет передавать сообщения того же объема и с той же скоростью Карлу в узел C. Могут ли быть одновременно удовлетворены запросы Эми и Бена без превышения пропускной способности какого-либо из каналов?

В системе с маршрутизаторами заторов не избежать (схема на стр. 64), т.к. информация от Эми к Дана и от Бена к Карлу передается через канал 5, который подобен узкому однополосному мосту или однопольной

ПРИМЕР КОДА

Чтобы понять, как кодеры обрабатывают информацию, и почему проектировщикам не составляет труда выбрать для них правила работы, вернемся к нашей сети с шестью узлами. Пусть и Эми, и Бен хотят послать сообщения и Карлу, и Дана. (Это может служить примером мультивещания, поскольку оба приемника должны получить все данные.)

РАБОТА КОДЕРА



ВЫЧИСЛЕНИЯ В УЗЛЕ E

Функция: $a \times X + b \times Y =$ Остаток после многократного добавления или вычитания числа 32 до получения значения в диапазоне от 0 до 31

Расчет: $3 \times 21 + 20 \times 30 = 663$
 $663 - 32 = 631$
 $631 - 32 = 599$

 $55 - 32 = 23$

РЕЗУЛЬТАТ ОБРАБОТКИ = 23

5-БИТ ДВОИЧНЫЕ СТРОКИ		
Строка $m = 5$	Целое число	Значение в данном примере
00000	0	
00001	1	
00010	2	
00011	3	
00100	4	<i>a</i>
00101	5	
00110	6	
00111	7	
01000	8	
01001	9	
01010	10	
01011	11	
01100	12	
01101	13	
01110	14	
01111	15	
10000	16	
10001	17	
10010	18	
10011	19	
10100	20	<i>b</i>
10101	21	<i>x</i>
10110	22	
10111	23	
11000	24	
11001	25	
11010	26	
11011	27	
11100	28	
11101	29	
11110	30	<i>y</i>
11111	31	

Попробуем выбрать правила кодирования, т.е. математическую функцию для узла E, который принимает информацию из каналов 2 и 3 и передает результат ее обработки в канал 5 (рисунок вверху). Чтобы показать, насколько простыми могут быть коды, ограничимся линейными функциями. Кроме того, поскольку сетевое кодирование обычно применяется к блокам битов, для канала 5 используем функцию в виде произвольной комбинации некоего числа m битов из канала 2 и такого же числа битов из канала 3.

Можно, например, выбрать $m = 5$. Возможное число различных 5-битовых строк равно 32, и каждую из них мы обозначим целым числом в диапазоне от 0 до 31 (таблица справа). Для

объединения строк в узле E можно выбрать функцию вида $a \times X + b \times Y$, где X и Y — целые числа в диапазоне от 0 до 31 (например, 21 и 30), a и b — также двоичные строки длиной m (например, 3 и 20). При этом мы введем ограничение, согласно которому результат линейной комбинации также должен представлять собой целое число в диапазоне от 0 до 31. Чтобы выполнить данное условие, введем значения a, b, X, Y в указанную выше формулу (схему вычислений) и будем последовательно добавлять к полученному значению (или вычитать из него) по 32, пока не получим в остатке число в заданном диапазоне. Именно оно и будет окончательным результатом обработки поступающих данных.

железной дороге. На маршрутизатор в узле E, где начинается канал 5, прибывает по два бита в секунду (по одному из каналов 2 и 3), но поскольку его пропускная способность составляет лишь 1 бит/с, маршрутизатор может направлять в него только по одному биту ежесекундно, что приводит к скоплению битов, ожидающих своей очереди.

Однако если обычный маршрутизатор заменить кодером (схема на стр. 65), то вместо фактических потоков битов, скапливающихся перед сужением, кодер может, например,

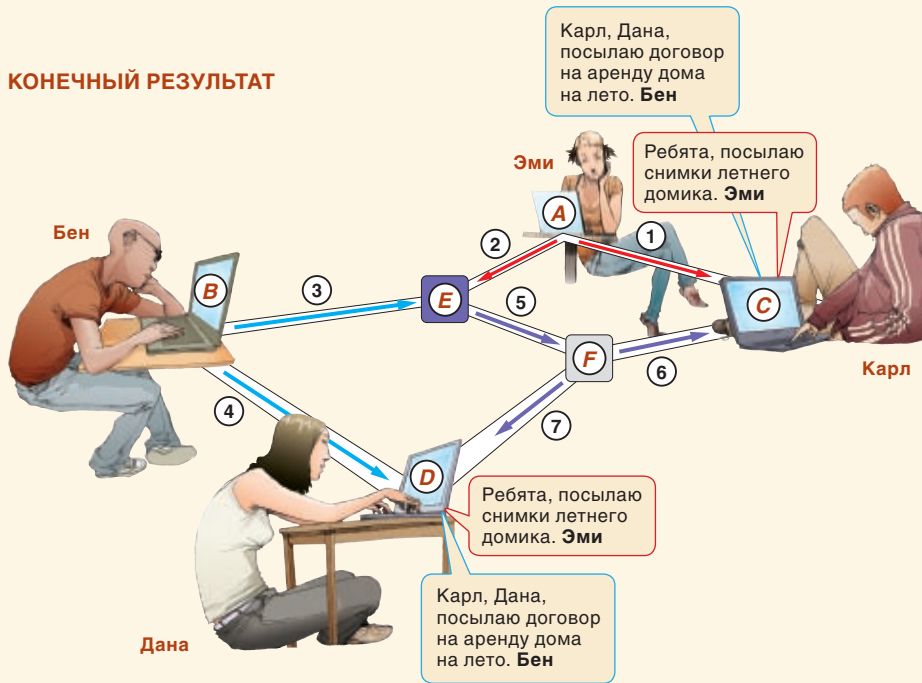
суммировать числа единиц, прибывающих в каждую данную секунду, передавать ноль, если получаемая сумма будет четной, и единицу — если нечетной. В том случае, когда на узел поступят «1» из канала 2 и «0» из канала 3, кодер направит в канал 5 «1», а когда придет по нулю или по единице, то отправлен будет «0». Этот результат дойдет до узла F, а тот направит его по каналу 6 или 7 соответственно Карлу или Дана.

При сетевом кодировании происходит замена каждой пары битов, поступающих на узел E, их «гибридом»,

что напоминает комбинирование двух телефонных разговоров, при котором смысл обоих непонятен. Однако это лишь кажущаяся абсурдность. Очевидно, что поток гибридных битов не может полностью воспроизвести содержание каждого из сообщений, но он может передать признаки обоих, по которым можно восстановить информацию.

Предположим, что мы одновременно отправляем по каналу 1 всю информацию от Эми Карлу, а по 4 — от Бена Дана. Для переправки двух сообщений используются те ресурсы

КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ



КАК ВЫБРАТЬ КОД

На первый взгляд идея произвольного выбора кода кажется нелепой. Поскольку a и b могут иметь значения от 0 до 31, в узле E можно использовать $32 \times 32 = 1024$ варианта функции $a \times X + b \times Y$, но не все из них гарантируют восстановление исходных сообщений X и Y . Например, если выбрать код, где $a = 0$, то Дана получит Y из канала 4 и $b \times Y$ из канала 7, что не позволит реконструировать сообщение X , каким бы ни было значение b . Однако если ни a , ни b не равны нулю, оба приемника смогут успешно восстановить отправленную им информацию. Вышесказанное означает, что из 1024 возможных функций вида $a \times X + b \times Y$ только 64 нельзя использовать в узле E . Даже произвольный выбор коэффициентов дает пригодный код в 94% случаев. При этом с увеличением m вероятность успешного выбора очень быстро стремится к 100%, поэтому для обеспечения надежности следует выбирать достаточно большое значение m .

Если Эми посылает сообщение по каналу 1 Карлу (кроме отправки его по каналу 2 на узел E), а Бен по каналам 3 и 4 (рисунку вверху), компьютеры Карла и Даны должны быть способны подвергнуть информацию, поступающую из узла E , той же операции, которую выполняет этот узел, чтобы получить соответственно Y и X . Повторение такой процедуры для каждой строки битов реконструирует оба сообщения. (Чтобы понять, как именно компьютеры определяют значения X и Y и получают значения a и b , обратитесь на сайт www.sciam.com/ontheweb)

сетевое кодирование та же система обеспечивает две одновременные передачи со скоростью 1 бит/с. т.е. новая методика позволяет удваивать пропускную способность сети. Кроме того, взаимозаменяемость признаков допускает восстановление исходной информации даже при потере части из них, что повышает надежность и безопасность работы сети. ▶

сети (каналы 1 и 4), которые не могут обеспечить запросы Эми и Бена. Данные от Эми поступают на узел Карла, получающий из канала 6 сведения о том, четна или нечетна сумма единиц в сообщениях Эми и Бена. Если узел Карла запрограммирован так, что «знает» правила работы кодера в начале канала 5 или может вывести их из получаемых признаков, то совокупность последних позволяет ему расшифровать сообщения, посланные Беном. А узел Даны может таким же образом обрабатывать данные, поступающие от Эми.

Очевидные преимущества

Сетевое кодирование помогает решить две задачи, неразрешимые при ограничениях, налагаемых транспортной моделью. Во-первых, оно позволяет битам, исходящим от узла, передаваться одновременно

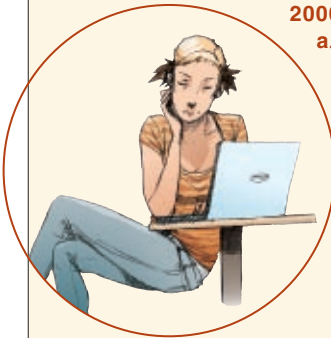
по двум путям, тогда как автомобиль не может ехать одновременно по двум дорогам. Во-вторых, оно дает возможность комбинировать два потока битов, тогда как в случае с двумя автомобилями, подъехавшими к однополосному мосту, одному из них придется пропустить другой.

Предложенный для модели сети с шестью узлами подход к обработке данных помогает увеличить пропускную способность сети, не создавая дополнительных каналов связи. При использовании маршрутизации шестиузловая сеть способна обеспечить передачу информации со средней скоростью 0,5 бит/с. (Поскольку через канал 5 переправляются данные от двух пользователей, эффективная скорость для каждого из конкурирующих запросов составляет один бит в две секунды.) В случае же

ОБ АВТОРАХ

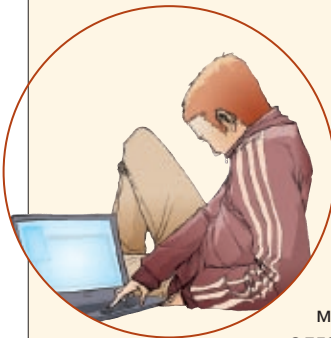
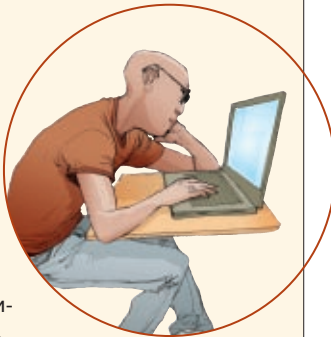
Ральф Кеттер (Ralf Koetter) — профессор и глава Института техники связи Мюнхенского технического университета. **Мюриэл Медар** (Muriel Médard) — адъюнкт-профессор электротехники и информатики в Массачусетском технологическом институте и заместитель директора Лаборатории информатики и систем принятия решений этого института. **Мишель Эффрос** (Michelle Effros) — профессор электротехники в Калифорнийском технологическом институте. В 2002 г. журнал *Technology Review* назвал ее в числе 100 молодых новаторов.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ СЕТЕВОГО КОДИРОВАНИЯ



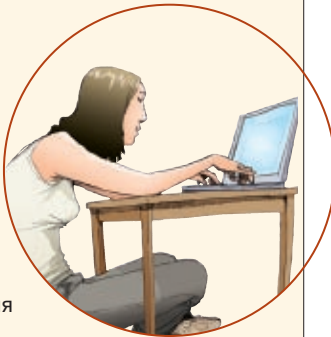
2000: Предложен принцип и описаны потенциальные возможности сетевого кодирования в мультимедийных сетях, в которых все приемники получают одну и ту же информацию. Рудольф Альсведе, Нин Цай, Шо-Йен Роберт Ли и Раймонд Юн доказали существование информативных кодов, хотя и не описали метода их построения.

2003: Предприняты важные шаги к практической реализации принципа. Ли, Юн и Цай показали, что сетевое кодирование в мультимедийных сетях может основываться на математических функциях, включающих в себя только сложение и умножение, что упрощает построение кодов. А двое из авторов настоящей статьи (Кеттер и Медар) предложили эффективную алгебраическую основу для анализа подходов к кодированию и упрощению кодов.



2005–2006: Опубликованы алгоритмы проектирования. Сидхарт Джагги (Sidharth Jaggi), работавший тогда в Калифорнийском технологическом институте, Петер Сандерс (Peter Sanders) из Университета Карлсруэ в Германии, один из авторов настоящей статьи (Эффрос), и независимо от них Трейси Хо (Tracey Ho) из Калифорнийского технологического института в сотрудничестве с авторами настоящей статьи опубликовали несложные алгоритмы построения функций кодирования для каждого узла мультимедийной сети. В первой статье изложен систематический подход к построению таких функций, а во второй показано, что даже произвольный выбор функций кодирования обеспечит эффективную работу каждого узла сети.

2006: Исследованы приложения для беспроводных сетей. На конференции 2006 г. Кристина Фрагули (Christina Fragouli) из Лозаннской Федеральной политехнической школы в Швейцарии продемонстрировала потенциальные преимущества сетевого кодирования для беспроводных приложений.



Уроки мультимедийных сетей

До сих пор большинство исследований в области сетевого кодирования касалось мультимедийных сетей, в которых используются маршрутизаторы и где все приемники должны получать одну и ту же информацию.

Представим автомагистраль, по которым едет множество автомобилей, а движением на каждом перекрестке управляет регулировщик (маршрутизатор). Подъезжающие машины выстраиваются в очередь, а регулировщик поочередно прочитывает названия пунктов назначения, написанные на транспортных средствах, и направляет каждое из них по нужному маршруту.

При проектировании сети необходимо сделать так, чтобы каждый маршрутизатор, управляя движением, не только обеспечивал каждому автомобилю скорейший проезд к месту назначения, но и позволял всей транспортной системе обслуживать максимальное число машин. Однако даже имея в своем распоряжении карту всех дорог страны, трудно наладить наиболее эффективное функционирование каждого маршрутизатора. Особенно если конфигурация сети, как и ситуация на дорогах, постоянно меняется: заторы в часы пик, ремонтные работы, аварии — все это несомненно влияет на скорость движения и пропускную способность магистралей. Поэтому проектировщик должен выявить как можно больше возможных путей от передатчика к каждому приемнику и определить, сколько из них сеть может поддерживать одновременно.

Проектирование мультимедийных сетей с сетевым кодированием, несмотря на кажущуюся сложность, на самом деле осуществляется значительно проще, чем при использовании транспортной модели. Дело в том, что узел не только подобно маршрутизатору может пересылать неизменные данные, но и различными способами взаимно накладывать потоки информации перед отправкой. Кроме того, при сетевом кодировании

используется всего две математические операции — сложение и умножение, что значительно упрощает работу проектировщиков.

Кроме того, даже если функции или правила кодирования, задаваемые каждому кодеру, выбираются независимо от характера сообщения и без учета общей структуры сети, система в целом сможет работать с максимальной нагрузкой. Причем даже если ситуация будет меняться во времени, что характерно для мобильной связи или переконфигурируемых сетей, ее производительность не снизится (рис. на стр. 66).

Сети будущего

Сетевое кодирование может привести к повышению скорости передачи данных или скачивания. Если маршрутизаторы будут заменены кодерами, то изменится способ прохождения сообщений: они не только смогут использовать одну и ту же «дорогу», но и будут тесно переплетаться с трафиком от многих других источников. Последний скорее всего станет алгебраическим потоком, не поддающимся расшифровке в пути, что обеспечит конфиденциальность информации.

Применение кодеров поможет изменить характер работы некоторых приложений, например функции равнорангового скачивания. Сегодня тот, кому нужно скачать некий файл, ищет сотрудничающего пользователя, в чьем компьютере он хранится. В системе с сетевым кодированием не будет необходимости хранить файл как целое или в виде опознаваемых фрагментов. Запрос, посланный в сеть, заставит сервер или компьютер соответствующего пользователя решать систему алгебраических уравнений, чтобы по фрагментам «собрать» признак, состоящий из алгебраически перемешанных кусков информации, относящихся к искомому файлу и реконструировать его. При этом большинство потребителей информации будет оставаться в неведении относительно совершаемой работы — точно так же, как мы ничего не знаем о сложных операциях

по исправлению ошибок в наших сотовых телефонах.

Надежность сетевого кодирования осознали и военные, начавшие финансирование исследований в этой области. Они приступили к разработке специальных систем, которые можно было бы использовать в экстремальных ситуациях, например на поле боя, где временные затраты на прокладку оптоволоконных и иных кабелей или установку мачт сотовой связи являются недопустимой роскошью. Кроме того, привязка к стационарным объектам лишает систему гибкости и мобильности. В специальных сетях рация каждого солдата становится узлом системы связи: она обнаруживает соседние передатчики и устанавливает с ними соединения, формируя таким образом каналы сети.

При этом каждый узел может отправлять, принимать, а также передавать сообщения, предназначенные для других приемников. Кроме того, поскольку сеть перемещается вместе с пользователями, постоянно изменяя свою конфигурацию и по мере необходимости устанавливая новые соединения, она становится очень мобильной, а ее работа — эффективной.

Несмотря на все преимущества сетевого кодирования, до его повсеместного применения еще далеко. Прежде всего предстоит осуществить постепенную замену маршрутизаторов кодерами, причем некоторые из маршрутизаторов можно будет перепрограммировать для выполнения операций кодирования.

Сложнее будет решить другие задачи. В частности, метод наложения информации хорошо подходит для мультимедийных сетей, приемные узлы которых могут получать достаточное количество признаков для выделения нужных сведений из скомбинированного потока данных. Но в некоторых случаях, например при передаче множества мультимедийных сообщений, это может существенно затруднить или сделать невозможным извлечение нужной информации из «смеси». Как в таком случае узлы должны

решать, какую информацию смешивать, а какую нет, когда одной сетью пользуется множество соединений? Чем должно различаться сетевое кодирование в проводных и беспроводных сетях? Может ли сетевое кодирование обеспечить конфиденциальность информации? Как начислять плату за услуги связи, когда данные одного пользователя неизбежно накладываются на данные других?

В рамках международного сотрудничества исследователи стремятся «распутать» эти узлы, чтобы расширить возможности сетей связи, ставших неотъемлемой частью нашей жизни. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- A Mathematical Theory of Communication. C. E. Shannon in Bell System Technical Journal, Vol. 27, pages 379–423 and 623–656; July and October 1948. Available at <http://cm.bell-labs.com/cm/ms/what/shannonday/paper.html>
- Network Information Flow. R. Ahlswede, N. Cai, S.-Y. R. Li and R. W. Yeung in IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 46, No. 4, pages 1204–1216; July 2000.
- Linear Network Coding. S.-Y. R. Li, R.W. Yeung and N. Cai in IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 49, No. 2, pages 371–381; February 2003.
- An Algebraic Approach to Network Coding. R. Koetter and M. Médard in IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 11, No. 5, pages 782–795; October 2003.
- Polynomial Time Algorithms for Multicast Network Code Construction. S. Jaggi, P. Sanders, P. A. Chou, M. Effros, S. Egner, K. Jain and L.M.G.M. Tolhuizen in IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 51, No. 6, pages 1973–1982; June 2005.
- A Random Linear Network Coding Approach to Multicast. T. Ho, M. Médard, R. Koetter, D. R. Karger, M. Effros, J. Shi and B. Leong in IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 52, No. 10, pages 4413–4430; October 2006.

Интервью с американским писателем
и журналистом Аланом Вайсманом

ЗЕМЛЯ БЕЗ ЛЮДЕЙ



ОБРАТНО К ПРИРОДЕ: если бы все люди исчезли, Манхэттен постепенно вновь превратился бы в поросший лесом остров. Через десятилетия из-за подтопления фундаментов водой многие небоскребы начали бы обрушиваться. Гораздо дольше простоят кирпичные здания — такие как собор Святого Патрика. В трещинах мостовой пустились бы корни трава и деревья, в руинах устраивали бы гнезда хищные птицы, а по улицам бродили бы дикие лисы



Новый способ изучить воздействие человечества на окружающую среду — представить, что произойдет, если все люди исчезнут с лица Земли

Многие из нас любят пофантазировать, воображая себя последним оставшимся на Земле человеком. А что если действительно все люди вдруг исчезнут? С подобной ситуации начинается новая книга *The World Without Us* («Мир без нас») научного писателя Алана Вайсмана,



КТО БЫ МОГ НАС ЗАМЕНИТЬ?

Природа, как говорится, не терпит пустоты. Смог ли бы в случае исчезновения людей какой-то другой вид развиваться в доминирующее на планете животное, способное изготавливать орудия, выращивать урожай и использовать для общения язык? По мнению Алана Вайсмана, основания для такой попытки есть у обезьян-бабуинов. По размерам головного мозга они опережают всех приматов, кроме *Homo sapiens*, и, подобно нам, адаптировались к жизни в саваннах после сокращения лесных зон обитания в Африке. В своей книге «Мир без нас» Вайсман пишет: «Если доминирующие в саванне копытные (крупный рогатый скот) исчезнут, их место займут размножившиеся антилопы гну. Если люди не будет, придут ли им на смену бабуины? Сдержало ли увеличение объема их черепной коробки в период голоцена то обстоятельство, что мы вырвались вперед, первыми спустившись с дерева? Если мы не будем им больше

профессора Аризонского университета. Автор не пытается конкретизировать причины гибели *Homo sapiens* — он всего лишь представляет себе внезапное исчезновение нашего биологического вида и прогнозирует наиболее вероятное развитие событий в последующие годы, десятилетия и столетия.

По мнению писателя, почти немедленно начали бы разрушаться значительные элементы инфраструктуры. Уже через какие-то месяцы без машин для очистки улиц и дорожных ремонтных бригад покрытия асфальта и скоростных автострад покрылись бы трещинами и вспучились. В следующие десятилетия происходило бы обрушение многих жилых и административных зданий, и кроме того выявилась бы поразительная долговечность некоторых бытовых предметов. Так, кастрюли из нержавеющей стали сохранялись бы тысячелетиями, а некоторые виды пластмасс оставались бы в целости сотни тысяч лет — пока

микроорганизмы не научились бы их разлагать.

Мы предлагаем читателям отрывки из интервью, которое взял у писателя Вайсмана Стив Мирски, редактор *Scientific American*.

Если бы завтра вдруг исчезли люди, величественный архитектурный пейзаж Манхэттена ненадолго бы их пережил, а «бетонные джунгли» Нью-Йорка превратились бы в настоящий лес.

Что случилось бы со всем тем, что нас окружает, если бы нас не стало? Смогла бы природа устранить все следы нашего пребывания? Есть ли среди всего созданного нами что-то, не поддающееся уничтожению? Неужели природа в состоянии превратить территорию Нью-Йорка в лес, который впервые увидел здесь Генри Хадсон в 1609 г.?

Беседуя с инженерами и рабочими, занимающимися техническим обслуживанием Нью-Йорка, я выяснил, что огромная, кажущаяся такой неуязвимой городская инфраструктура продолжает существовать и функционировать лишь благодаря горстке людей, от которых мы все зависим. Название района Манхэттен происходит от индейского слова, обозначающего холмы. И действительно, этот прежде холмистый остров был постепенно разровнен для прокладки сети улиц. Здесь протекало около 40 разных рек и ручьев, а по всему острову располагались многочисленные родники. Куда же делась вода? Сегодня на Манхэттене выпадает такое же количество осадков, но водные потоки уже не текут открыто. Часть их оказалась в трубах городской канализации, которая всегда отстаёт по эффективности от природной системы. Поэтому здесь большое количество грунтовых вод, стремящихся выйти на поверхность. Даже в ясные и солнечные дни во избежание затопления тоннелей из метро приходится выкачивать по 49 тыс. т жидкости.

На Манхэттене борьба с подземными реками, разрушающими коррозией рельсы, ведётся постоянно. В насосных залах проводится непрерывная откачка большого объема воды, поступающей снизу. ▶

ПОСТЕПЕННОЕ СТИРАНИЕ СЛЕДОВ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА: ГРАФИК РАЗРУШЕНИЯ НЬЮ-ЙОРКА

ЧЕРЕЗ 2 ДНЯ ПОСЛЕ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ЛЮДЕЙ.

Без постоянной откачки воды метро Нью-Йорка будет полностью затоплено



ЧЕРЕЗ 7 ДНЕЙ. С выходом из строя водяной системы охлаждения ядерные реакторы сгорают или расплавляются

ЧЕРЕЗ ГОД. Из-за замерзания воды и таяния льда в трещинах дорожное покрытие вспучивается и разламывается

ЧЕРЕЗ 2-4 ГОДА. В Нью-Йорке и других городах потрескавшиеся мостовые зарастают травой, а позднее и деревьями, корни которых разрушают канализационные коллекторы



ЧЕРЕЗ 4 ГОДА. Оставшись без отопления, попеременно замерзая и оттаивая, жилые и административные здания начинают разрушаться

ЧЕРЕЗ 5 ЛЕТ. Значительная часть Нью-Йорка может уже быть уничтожена огнем. Из-за удара молнии в Центральном парке способен возникнуть пожар с катастрофическими последствиями



ЧЕРЕЗ 20 ЛЕТ. Разрушенные улицы заполняет вода, и на Манхэттене образуются десятки рек, ручьев и болот

ЧЕРЕЗ 100 ЛЕТ. Крыши почти всех домов обвалились, что ускоряет процесс разрушения

ЧЕРЕЗ 300 ЛЕТ. Обрушились подвесные мосты Нью-Йорка. Аточные и железнодорожные конструкции смогут простоять еще несколько столетий



ЧЕРЕЗ 500 ЛЕТ. Территория города Нью-Йорка с его пригородами превращается в густой лес

ПОСТЕПЕННОЕ СТИРАНИЕ СЛЕДОВ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

ЧЕРЕЗ 5000 ЛЕТ. После разрушения коррозией корпусов ядерных боеголовок радиоактивный плутоний-239 попадает в окружающую среду

ЧЕРЕЗ 15 ТЫС. И БОЛЕЕ ЛЕТ: С приходом нового ледникового периода, остатки каменных зданий на Манхэттене разрушаются наступающими ледниками



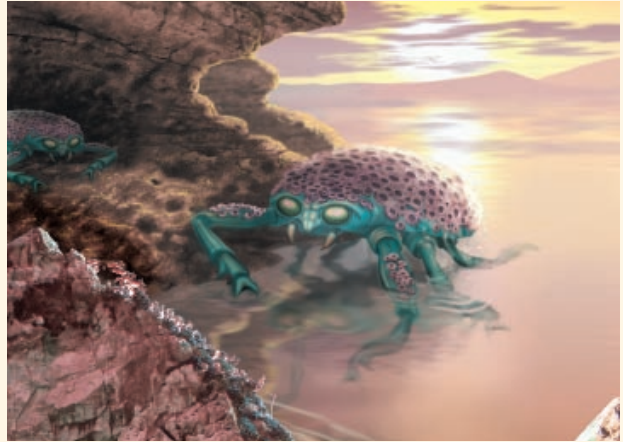
ЧЕРЕЗ 35 ТЫС. ЛЕТ. Свинец, попавший в почву из-за автомобильных выхлопов в XX в., окончательно рассеивается

ЧЕРЕЗ 100 ТЫС. ЛЕТ. Концентрация двуокси углерода (углекислого газа) в атмосфере возвращается к доиндустриальному уровню

ЧЕРЕЗ 10 МЛН. ЛЕТ. Бронзовые скульптуры, многие из которых не утратили свою первоначальную форму, сохраняются как реликты эпохи человека



ЧЕРЕЗ МИЛЛИАРД С ЛИШНИМ ЛЕТ. С увеличением яркости Солнца сильно разогревается поверхность Земли, однако насекомым и некоторым животным удается к этому приспособиться



ЧЕРЕЗ 5 МЛРД. ЛЕТ. Расширяясь, умирающее Солнце испаряет и поглощает Землю вместе с другими планетами солнечной системы



ЧЕРЕЗ ТРИЛЛИОНЫ ЛЕТ. Записи разрозненных эпизодов сериала «Сумеречная зона» и различных телешоу продолжают свое путешествие через просторы космоса



Если бы, скажем, завтра люди исчезли, одним из первых последствий стало бы отключение энергоснабжения. Огромная часть электроэнергии вырабатывается на атомных и тепловых электростанциях, которые оборудованы автоматическими аварийными выключателями, поэтому работа станции не может выйти из-под контроля в случае отсутствия человека-оператора. С прекращением подачи электроэнергии прекратят функционирование все насосы, и тоннели метро начнут заполняться водой. Через 48 часов в Нью-Йорке начнется наводнение. Канализационные коллекторы будут переполнены и очень быстро забиты различным мусором, т.е. пластиковыми бутылками или опавшими листьями.

Что же будет происходить под землей? На некоторых станциях метро стальные колонны, поддерживающие крышу, одновременно выполняют функцию опор для полотна дороги. Конструкции должны были бы начать разрушаться за счет коррозии. Где-то через пару десятилетий на поверхности улиц стали бы образовываться ямы, и довольно скоро некоторые из них превратились бы в обычные реки, какие текли на Манхэттене до возведения сооружений.

Многие здания на Манхэттене расположены на твердом скальном основании. Однако при всей прочности их фундаментов из стальных балок, они не рассчитаны на постоянное пребывание в воде. Впоследствии дома начали бы разрушаться и падать. С изменением климата и возникновением экстремальных погодных условий на восточное побережье США обрушивались бы все новые ураганы. При падении одно здание увлекло бы за собой несколько других, создавая открытую площадку. Принесенные сюда ветром семена растений, попадая в трещины уличного покрытия, укоренялись бы в перегное из опавших листьев, а добавление извести в виде измельченного в порошок бетона уменьшало бы кислотность почвы, способствуя видовому разнообразию

растительности. В городе начала бы формироваться своя небольшая экосистема.

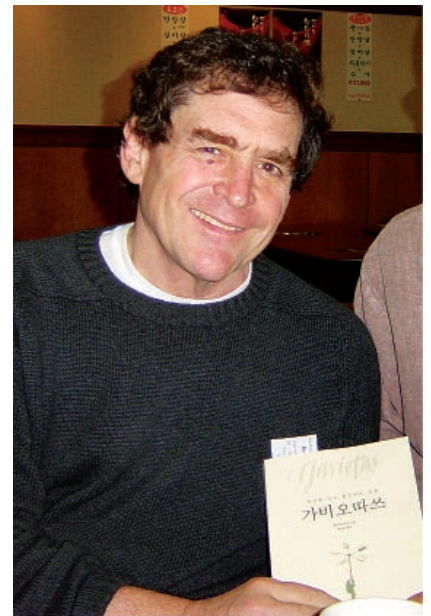
Как изменились бы экосистемы Земли в случае отсутствия людей? Некоторое представление о таком гипотетическом мире дают островки первозданной природы, в наименьшей степени подвергшиеся воздействию человека.

Чтобы увидеть, как могла бы выглядеть безлюдная планета, я начал путешествовать по тем местам, где по тем или иным причинам не ступала нога человека. Одно из них — уголок первобытного леса в Европе, напоминающий тот, что возник в нашем детском воображении при чтении сказок братьев Grimm: темная угрюмая чаща, где по ночам воют волки, а ветви деревьев покрыты мхом. Сегодня такой лес находится на границе Польши и Республики Беларусь. В XIV в. литовский князь, позднее король Польши, объявил его заповедным. В дальнейшем он стал охотничьими угодьями для польских королей и российских царей, а после Второй мировой войны приобрел статус национального парка. Человек оказал на него незначительное воздействие. Когда вы входите в заповедный лес, где дубы и ясени достигают 50-метровой высоты, а диаметр ствола превышает 3 м, то вас охватывает чувство почти абсолютной безупречности и полноты природы. Борозды в коре гигантов настолько глубоки, что дятлы легко вставляют в них сосновые шишки. Кроме волков и лосей, в лесу пасутся стада зубра (*Bison bonasus*), европейского дикого лесного быка. (В тексте статьи сказано: «...живет последнее дикое стадо *Bison bonasus* — европейского дикого лесного быка». На самом деле, диких зубров в этом лесу давно нет, последний застрелен в 1919 г. В Беловежской пуце присутствуют так называемые «свободноживущие» стада восстановленного зубра. — Прим. пер.)

Мне также довелось побывать в демилитаризованной зоне на полуострове Корея. Здесь самопроизвольно образовался природный заповедник, и именно ему обязаны

своим выживанием различные виды животных, встречающиеся здесь. Иногда слышно, как солдаты через громкоговорители обмениваются пропагандистскими лозунгами, а посреди этого шума парят стаи журавлей, прилетающих сюда на зимовку.

Затем я понял: чтобы получить полную картину обезлюдившей планеты, мне необходимо увидеть, как выглядел мир до появления в нем человека. Поэтому я отправился в Африку, где были обнаружены останки первых *Homo sapiens*, — единственный континент, на котором до сих пор обитают огромные животные, ранее заселявшие ▶

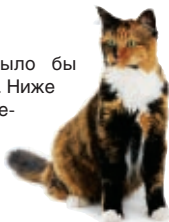


ОБ ИНТЕРВЬЮИРУЕМОМ

Алан Вайсман (Alan Weisman) — автор 5 книг, включая «Мир без нас», выходящую в этом году. Его работы публиковались в США в журналах *Harpers*, *New York Times Magazine*, *Los Angeles Times Magazine*, *Discover*, *Atlantic Monthly*, *Condé Nast Traveler*, *Orion*, *Mother Jones*. Вайсман выступает на радиостанциях *National Public Radio* и *Public Radio International*, а также является продюсером компании *Homelands Productions*. Он преподает международную журналистику в Аризонском университете.

ВЫИГРАВШИЕ...

Наше устранение было бы на руку многим видам. Ниже приводится краткий перечень животных и растений, которые выиграли бы от исчезновения людей



Птицы

Без небоскребов и линий электропередачи, из-за которых пернатые часто разбиваются в полете, ежегодно мог бы избежать гибели по меньшей мере миллиард птиц

Деревья

Территорию города Нью-Йорк покрыли бы дубы, клены и завезенные сюда айланты (китайские ясени)

Комары

После прекращения борьбы с комарами и активизации их выплода на заболоченных территориях целые полчища этих насекомых кормились бы на различных диких животных

Кошки

Одичавшие домашние кошки были бы, вероятно, вполне сыты, охотясь на мелких млекопитающих и птиц

... И ПРОИГРАВШИЕ

Сомнений нет: наши паразиты и наш домашний скот будут по нас скучать. Ниже перечислены виды, которые, вероятно, пострадали бы в результате нашего исчезновения

Домашний скот

Изысканный вкус этих животных наверняка оценили бы пумы, койоты и другие хищники

Крысы

Оставшись без наших пищевых отходов, они бы или подошли от голода, или были бы съедены хищными птицами, гнездящимися в руинах домов

Тараканы

Без теплых помещений, где можно пережить холодную зиму, они попросту перестали бы существовать в зонах умеренного климата

Головные вши

Поскольку эти насекомые столь особым образом приспособлены к людям, наше исчезновение привело бы к их вымиранию



было причине, люди уже исчезли, и теперь можно расслабиться и спокойно посмотреть, как будет выглядеть мир без нас — весьма простое и эффективное средство избавиться от страха и беспокойства. А взгляда на то, что могло быть в наше отсутствие — еще один способ привлечь внимание на то, что происходит в нашем присутствии.

Задумайтесь, например, сколько потребуются времени, чтобы избавиться от вещей, созданных человеком. Пока невозможно представить, насколько долговечны наиболее опасные стойкие органические загрязнители, пестициды и промышленные химикаты или некоторые виды пластмасс, просто не существовавшие до Второй мировой войны, а теперь в огромном количестве присутствующие в окружающей среде. В конце книги я показываю вероятность того, что люди наконец поймут — они лишь часть экосистемы, и будут находиться в гораздо большем равновесии с природой.

Рассматривая данную проблему, я обращаю внимание не только на то, что вызывает наше беспокойство, т.е. радиоактивность и загрязняющие вещества, часть которых может сохраниться на нашей планете вплоть до самого ее конца, но также на то прекрасное, что создано человеком: величайшие достижения в искусстве, в художественном творчестве, скульптурные произведения, изысканные творения архитекторов. Поэтому чтобы Земля вернулась к своему прежнему, «более здоровому» состоянию, нам не обязательно ее покидать. ■

Перевод: А.Н. Божко

и другие уголки нашей земли. В Северной и Южной Америке жили мегатерии (гигантские наземные ленивцы), которые были даже крупнее мамонтов, и бобры размером с медведя. В отношении причин их исчезновения единого мнения нет, однако по многим признакам виноваты в этом мы. Вымирание животных на каждой из территорий совпадало с прибытием людей. В Африке же люди и животные развивались одновременно, и поэтому последние сумели найти способы спасения от нашего хищничества. Оставшись без людей, Северная Америка, вероятно, превратилась бы в гигантское местообитание оленей. После восстановления на этом континенте лесов эволюционный процесс привел бы в конце концов к появлению крупных травоядных и, соответственно, хищников более значительных размеров.

Размышления о Земле без людей могут принести практическую пользу и позволить по-новому взглянуть на проблемы, связанные с окружающей средой.

Я вовсе не призываю волноваться из-за того, что нас может уничтожить какой-нибудь «луч смерти» инопланетян. Совсем наоборот. Теоретическая возможность нашего исчезновения настолько увлекательна, что помогает преодолеть страх и депрессию, которые неизменно преследуют нас, когда мы читаем о проблемах, связанных с окружающей средой, а также о вероятных несчастьях, грозящих нам в будущем. Поскольку, откровенно говоря, нас волнует лишь одно: неужели мы умрем, и приближается конец света? Моя книга сразу же снимает все вопросы утверждением, что он уже наступил. По какой бы то ни

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- *Plastics and the Environment*. Edited by Anthony Andrady. John Wiley & Sons, 2003.
- *Twilight of the Mammoths: Ice Age Extinctions and the Rewilding of America*. Paul S. Martin. University of California Press, 2005.
- *Extinction: How Life on Earth Nearly Ended 250 Million Years Ago*. Douglas H. Erwin. Princeton University Press, 2006.
- *The Revenge of Gaia*. James Lovelock. Allen Lane/Penguin Books, 2006.



III ВСЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Основные темы:

- Реализация приоритетного национального проекта «Образование»;
- Реформа среднего специального и начального профессионального образования;
- Инновационное высшее образование;
- Задачи системы образования по обеспечению экономики России квалифицированными кадрами в условиях вступления в ВТО;
- Интеграция работодателей и образовательных учреждений;
- Создание автономных образовательных учреждений;
- Создание и развитие эндаументов.

В рамках форума пройдет

II МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА «ИНДУСТРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ»

Тематические секции:

- инновационное образование (достижения регионов в комплексной модернизации образования);
- банковский сектор (кредитные программы), дистанционное обучение;
- оборудование и средства обучения (учебно-лабораторное, приборы, для мастерских; для лингофонных кабинетов);
- информационные технологии (обучающие программы, компьютеры, программное обеспечение, периферийные устройства, оргтехника, аудио- и видеотехнологии);
- учебная литература и издательства (специализированные издания, познавательная и развивающая литература, наглядные пособия);
- мебель (аудиторная, лабораторная, для библиотек);
- интерактивные технологии (доски, проекторы);
- средства безопасности.

Организатор:



Партнеры форума:



ФЕДЕРАЛЬНОЕ
АГЕНТСТВО
ПО ОБРАЗОВАНИЮ



Организационный комитет:

Стюарт Браун

трехмерные ИЗОБРАЖЕНИЯ



УГОЛ ЗРЕНИЯ. Данные компьютерной томографии проецируются с помощью устройства *PerspectaRad*. На трехмерной «картинке» можно видеть ядро опухоли мозга (желтый ромб в центре) и пути пучков терапевтического облучения (зеленые лучи)

Устройства, появления которых ожидали в течение долгих десятилетий, наконец-то увидели свет. И они способны правдиво отображать реальные трехмерные объекты!

Трехмерные изображения реальных объектов помогут химикам контролировать процесс создания молекул новых веществ, геологам — определять, в каком направлении вести бурение, хирургам — увеличить точность при осуществлении различных манипуляций. Однако все ранее разработанные устройства были не без изъянов, таких, например, как мерцающее изображение, малый угол видимости или необходимость надевать специальные очки.

Недавно было объявлено о создании интерактивных систем, «трехмерных дисплеев» (*3-D volumetric display*), лишенных подобных недостатков. В ближайшее время планируется начать их серийное производство.

Алгоритмы вращения

Позвольте, скажете вы, но ведь голограммы трехмерны, и их можно видеть без всяких очков. Все это так, но они формируются сразу как окончательные изображения, следовательно, интерактивно взаимодействовать с ними невозможно. В другом устройстве для получения объемных изображений в трехмерном пространстве использовалась система вращающихся светодиодов, но оно имело низкое разрешение. Существуют аппараты, создающие лишь видимость трехмерности. Так, *Heliodisplay* компании *IO2 Technology* проецирует на вертикальный слой тонкого тумана, висящий над прибором,

плавающие изображения. Кажется, что они объемны, но это лишь иллюзия, обусловленная отсутствием ориентиров. Для тех, кто сегодня хочет работать с трехмерными медицинскими данными, завтра — увидеть трехмерные сцены боя, а также менять «картинку», будут интересны два изобретения: *Perspecta* и *DepthCube*.

Perspecta, созданная компанией *Actuality Systems*, похожа на хрустальный шар. Внутри прозрачного поликарбонатного купола находится плоский экран в форме диска диаметром 254 мм, вращающийся на вертикальной оси со скоростью 900 об/мин. Система получает данные со сканера компьютерного, магнитно-резонансного или позитронно-эмиссионного томографа, математическими методами сегментирует информацию на 198 радиальных элементов, подобных тонким долькам яблока. Эти «дольки», хранящиеся в буфере кадров, передаются на три устройства отображения *Digital Light Processor (DLP)*, представляющие собой матрицы из сотен тысяч микроскопических зеркал, углы наклона каждого из которых изменяются внутренней электроникой. *DLP* — сердце систем проекционного телевидения и мультимедийных проекторов, заменяющих рулоны киноплёнки в кинотеатрах. В устройстве *Perspecta* каждой *DLP* присвоен свой цвет, она проецирует свет через призму на быстро вращающийся экран, создавая трехмерное изображение.

Чтобы эта система стала работоспособной, пришлось провести большой объем математических вычислений. «Разработка алгоритмов, позволивших разделить информацию об изображении на сегменты, заняла у нас около четырех лет, — рассказывает главный технолог компании *Actuality Systems* Грегг Фавалора (Gregg E. Favallora). — В частности, мы получили патент на способ вычерчивания прямой линии на вращающемся экране».

Perspecta создает полупрозрачное светящееся изображение. Каждый объемный пиксель (воксель),

находящийся в некоторой точке пространства, становится видимым только в тот момент, когда через нее проходит экран, что требует большой скорости вращения. Экран изготовлен из пластика и отражает 50% падающего света, пропускает остальную часть, что позволяет наблюдателям, расположившимся вокруг «хрустального шара», видеть изображение со всех сторон. Устройство обеспечивает и вертикальный, и горизонтальный параллакс: когда зритель поднимает, опускает или поворачивает голову, объекты, которые были до этого заслонены другими, находящимися ближе к наблюдателю, становятся видимыми — так же, как в реальном мире.

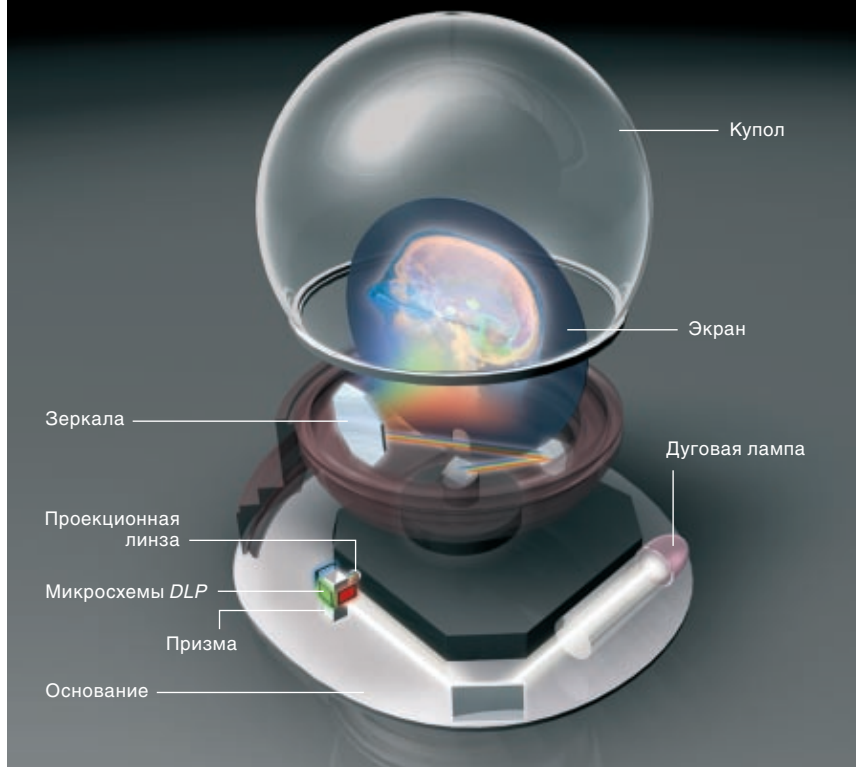
Роль компьютерной мыши играет манипулятор, выполненный в форме карандаша, который позволяет менять цвета, масштаб, а также вращать и перемещать изображения, что стало возможным благодаря достижениям в области компьютерной графики. «Когда мы впервые продемонстрировали свою систему в 2002 г., для выбора и перетаскивания изображения нам требовалось 45 минут, — вспоминает Фавалора. — Сегодня, используя видеокарту стоимостью в несколько сотен долларов, мы легко решаем подобные задачи».

Но для того чтобы новые устройства были востребованы, одного совершенствования технологии недостаточно. Фавалора и его сотрудники из компании *Actuality Systems*, прежде чем создать свою систему, определили область ее применения. *PerspectaRad* совместима с оборудованием для лучевой терапии компании *Philips Medical Systems*. Когда в распоряжении онкологов есть лишь двухмерные срезы результатов сканирования, определение оптимального направления пучков излучения займет не один час. Радиационная терапия требует от врачей особой осторожности: уничтожая клетки злокачественной опухоли, нужно нанести наименьший вред здоровым тканям.

Трехмерный дисплей системы *PerspectaRad* значительно расширяет возможности врачей. Нажав на ту или иную кнопку, они смогут ▶

PERSPECTA: ХРУСТАЛЬНЫЙ ШАР

Для создания трехмерного изображения прозрачный купол, полупрозрачный экран и оптическая система вращаются со скоростью 900 об./мин. Компьютер передает графические данные электронике, управляющей работой трех устройств отображения *DLP*, которые фокусируют свет дуговой лампы через проекционную линзу и полный вал на систему зеркал, а затем на экран. Систему закрывает второй, более крупный защитный купол (не показан)



увидеть и трехмерное изображение, скажем, опухоли мозга, построенное по данным компьютерной томографии, и пути пучков лучей, определенные дозиметристом. Доктор может получить визуальную информацию о том, в какое именно место опухоли они попадут, через какие здоровые ткани пройдут, и величину дозы в тех тканях, на которые будет воздействовать радиация. Подобное отображение позволит оптимизировать пути пучков так, чтобы

ОБ АВТОРЕ

Стюарт Ф. Браун (Stewart F. Brown) был штатным автором журналов *Popular Science* и *Fortune*. Областью своей нынешней деятельности он называет «мир, созданный человеком», включая авиакосмическую отрасль, транспорт и биотехнологии

повысить эффективность лечения или уменьшить повреждения. Первые системы *PerspectaRad* стоят около \$90 тыс. При увеличении объема производства цена может снизиться, по оценкам Фавалоры, до \$65 тыс., но на потребительский рынок дисплей едва ли выйдет.

Глава отдела медицинской физики Медицинского центра Университета Раша в Чикаго Джеймс Чу (James Chu) недавно сравнил планы лечения 12 больных с опухолями мозга, составленные как с использованием системы *PerspectaRad*, так и обычными методами. Протоколы, созданные с помощью трехмерного дисплея, оказались в шести случаях точнее, в четырех — равноценными и в двух — хуже, чем обычные. В одном случае изображение, полученное новым прибором, позволило увидеть, как уменьшить

побочное вредное воздействие на зрительный нерв. Джеймс Чу намерен провести более широкое исследование, включив в него больных с другими видами опухолей. «При работе с данными компьютерной томографии трехмерное изображение приходится выстраивать в уме», — говорит Чу. — *PerspectaRad* позволяет видеть картину в целом».

Кроме того, система помогает отслеживать движения внутренних органов. Биение сердца и дыхание вызывают перемещения органов и тканей, что очень важно учитывать при определении оси смещения опухоли. Получив такую информацию, врач может направить вдоль этой оси злокачественного образования более слабый пучок, что снизит вероятность повреждения соседних тканей. Согласно мнению Джеймса Чу, *Perspecta* позволит прогнозировать смещение тканей при введении иглы для имплантации радиоактивных «зерен» при лечении рака простаты.

Воксели в стеклянных пластинках

Другой интерактивный трехмерный дисплей, *DepthCube*, созданный компанией *LightSpace Technologies*, представляет собой монитор слицевой стороной 406 x 305 мм и проекцией изображения сзади. «Экран» толщиной 102 мм состоит из 20 вертикальных прозрачных пластин. Создается иллюзия, что изображение имеет глубину 305 мм. Каждый видит практически реальную объемную картинку. Когда угол зрения меняется, одни внутренние структуры исчезают, а другие появляются. Подобная система будет полезна, например, инженерам-конструкторам, позволяя наблюдать, как могут сопрягаться детали, вычерченные системой автоматического проектирования.

Когда президент компании *LightSpace* Алан Салливан (Alan Sullivan) построил 8 лет назад первый прототип трехмерного дисплея, он сумел встроить в него три устройства отображения *DLP* компании *Texas Instruments*, чтобы

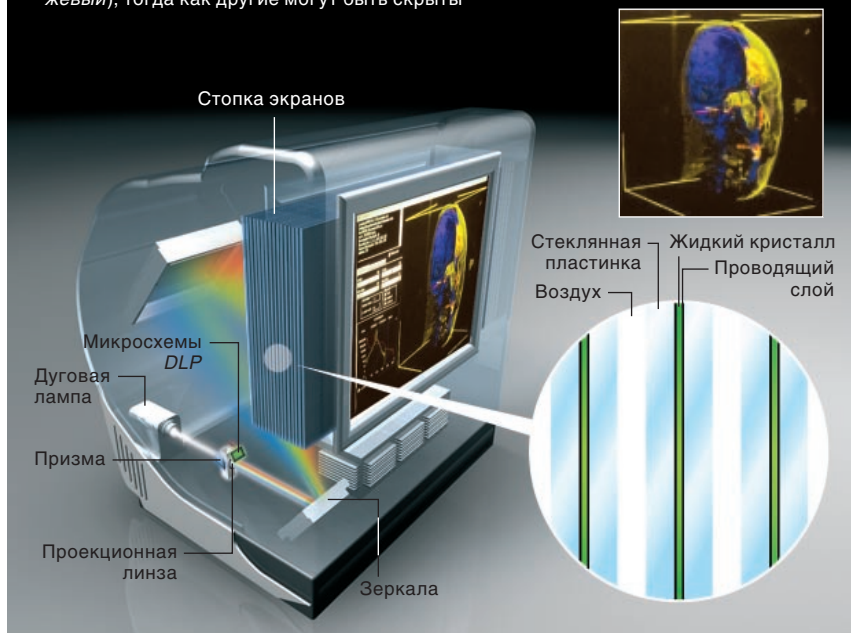
создать трехмерное изображение. В *DepthCube* каждый DLP содержит 786 432 зеркала, которые размещены на площади размером с ноготь.

Однако Салливану необходимо было найти способ формирования информации о глубине. Чтобы решить проблему, он использовал недорогие серийные платы трехмерной графики с буфером цветов (маленьким сектором памяти, позволяющим приписывать нужный цвет каждому из пикселей двухмерного экрана). Кроме того, на плате присутствует скрытый компонент — буфер глубины, задающий глубину каждого пикселя, — который практически не используется. В *DepthCube* эта информация управляет работой 20 пластин (жидкокристаллических рассеивающих затворов), способных быстро переходить из прозрачного состояния в рассеивающее, что позволяет, когда это требуется, отображать пиксели. В каждый отдельный момент времени все пластины, кроме какой-то одной, пусты, но процессоры 50 раз в секунду проецируют скоординированные срезы изображения на каждую из них, формируя таким образом объемное изображение, имеющее глубину, высоту и ширину.

Прототип устройства *DepthCube* хорошо передавал зрителям объемность изображения в пределах 102-мм глубины экрана. Объекты на экране выглядели как плоские элементы декораций на сцене театра — одни ближе к зрителю, другие дальше. Тогда Салливан, работавший до этого в Ливерморской Национальной лаборатории им. Лоуренса, где изучал сверхмощные лазеры, понял, что так называемые алгоритмы сглаживания, используемые для устранения зубчатости контуров двухмерных изображений, можно применить и для сглаживания переходов между 20 пластинами экрана *DepthCube*. Это позволило добиться того, что 15,3 млн. физических вокселей стали выглядеть как 465 млн. виртуальных. «Мы создаем между каждой парой реальных пластин 31 субплоскость, поэтому воспринимаемое разрешение оказывается

DEPTHCUBE: ОТОБРАЖЕНИЕ НА ТОЛСТОМ ЭКРАНЕ

Свет дуговой лампы через оптическую систему попадает на призму, разделяющую его на синий, красный и зеленый лучи, которые при помощи DLP направляются на систему передающих зеркал. Последние отображают лучи на стопку из 20 экранов. Каждый экран составлен из двух стеклянных пластинок с проводящими слоями на одной из поверхностей и слоем жидких кристаллов, рассеивающих свет. Последовательно освещая эту систему экранов толщиной 102 мм, устройство создает трехмерное изображение, кажущаяся глубина которого составляет 305 мм. Представленное для примера изображение половины головы человека позволяет видеть некоторые ее внутренние структуры (синусы — ярко-желтые, хрящ — оранжевый), тогда как другие могут быть скрыты



гораздо более высоким», — объясняет Салливан. Человеческий мозг при этом «видит» изображения как имеющие глубину до 305 мм.

Информацию об изображении, подающуюся на DLP, можно получать от любого ПО трехмерной графики, совместимого с интерфейсом программирования OpenGL, используемым в таких системах автоматического проектирования, как *Catia* и *ProEngineer*. Компания *LightSpace* продала несколько устройств *DepthCube* различным научным организациям, включая Исследовательскую лабораторию ВВС США и Университет Хоккайдо в Японии, по \$50 тыс. за штуку. Салливан считает, что цену продукта можно снизить примерно до \$5 тыс. «В архитектуре нашей системы нет ничего, что отличалось бы от телевидения с проекцией на экран сзади, за исключением ЖК-затворов, а те при достаточно массовом производстве

могут стать очень дешевыми», — говорит Салливан.

Изделия уже завоевали признание специалистов по трехмерному отображению. По словам Стива Хайнза (Steve Hines), владельца компании *HinesLab*, обе технологии найдут применение в медицине, оборонной промышленности и кинематографии. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Volumetric 3D Displays and Application Infrastructure. Gregg E. Favalora in *Computer*, Vol. 38, No. 8, pages 37–44; August 2005.

■ A Method for the Real-Time Construction of a Full Parallax Light Field. K. Tanaka and S. Aoki in *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XIII*. Edited by A.J. Woods et al. *Proceedings of the SPIE*, Vol. 6055, Article 605516; January 30, 2006



ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: ВЫЗОВ для россии

По материалам беседы с Владимиром Катцовым,
директором Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова

Факт глобального потепления климата сегодня не вызывает сомнений — рост средней по поверхности Земли температуры воздуха и океана, таяние льда и снега, повышение уровня моря очевидны. Согласно современным представлениям, возрастание концентрации трех основных парниковых газов с середины XVIII в. стало результатом деятельности человека — сжигания углеродного топлива и развития сельского хозяйства (двуокись углерода), а также модернизации землепользования (метан и закись азота) (см.: Колядич Т. *Всемирное лето приближается* // *ВМН*, № 12, 2004. — Прим. ред.).

Благодаря разнообразным наблюдениям, увеличению баз данных и совершенствованию методов анализа в последние несколько лет достигнут значительный прогресс в понимании того, как климатическая система менялась во времени и пространстве. Каждые 5–6 лет МГЭИК (Межправительственная группа экспертов по изменению климата) публикует Оценочные доклады, посвященные исследованию глобального климата и прогнозам его будущих изменений. Согласно последнему, Четвертому оценочному докладу МГЭИК, опубликованному в 2007 г., деятельность человека привела к увеличению радиационного воздействия на климатическую систему с 1750 г. на 1,6 Вт/м² и, соответственно, к потеплению. Антропогенный фактор по крайней мере в пять раз превышает эффект колебаний солнечной активности.

Изменения климата

За прошедший век (1907–2006 гг.) изменение средней глобальной температуры воздуха составило 0,74°С, причем линейный тренд температуры в последние 50 лет (0,13°С за десятилетие) почти вдвое превышал соответствующее значение для столетия. В частности, 11 из 12 последних лет (включая 2006 г.) стали самыми теплыми за весь период инструментальных наблюдений за глобальной температурой (с 1850 г.).

Поглощение более 80% дополнительного тепла из атмосферы вызывает термическое расширение воды в океане, которое наряду с таянием ледников приводит к повышению среднего уровня моря, составившему в течение XX в. 0,17 м. За период спутниковых наблюдений (с 1978 г.) отмечалось значительное сокращение ледяного покрова океана в Северном полушарии, в летние месяцы составившее в среднем 7,4% за десятилетие. Значимые изменения произошли не только в средних климатических характеристиках, но и в изменчивости и экстремальности климата (см.: Израэль Ю. *Прогнозирование антропогенных воздействий на климат в условиях Киотского протокола* // *ВМН*, № 10, 2006. — Прим. ред.).

Палеоклиматические данные подтверждают необычность происходящих климатических изменений по крайней мере для последних 1300 лет. Результаты анализа ледовых кернов показывают, что современная атмосферная концентрация основного парникового газа (двуокиси углерода) намного превышает соответствующие значения за предыдущие 650 тыс. лет. В 2005 г. концентрация двуокиси углерода достигла 379 *ppm* (количество частиц на миллион) против 280 *ppm* в доиндустриальный период, причем ее рост за 1995–2005 гг. составил 1,9 *ppm* в год. Современные глобальные концентрации других важных парниковых газов, метана и закиси азота, также существенно превысили доиндустриальные значения за многие десятки тысяч лет (см.: Элли Р. *Непредсказуемые изменения климата* // *ВМН*, № 2, 2005; Кеплер Ф., Рекманн Т. *Метан и изменение климата* // *ВМН*, № 5, 2007. — Прим. ред.).

Будущее

Для оценки будущих изменений климата был реализован небывалый по своим масштабам и количеству участников международный проект. В ходе подготовки Четвертого оценочного доклада МГЭИК были проведены эксперименты с 23 сложными физико-математическими

моделями атмосферы и океана, представленными 16 ведущими исследовательскими группами из 11 стран. Основу этого проекта составили расчеты климата XX в. при заданных в соответствии с наблюдениями концентрациях парниковых газов и аэрозолей, а также три сценарных расчета климата XXI в. (для сравнительно «жесткого», «умеренного» и «мягкого» сценариев антропогенных выбросов парниковых газов). В анализе данных, полученных в ходе этих экспериментов, участвовали около тысячи исследователей со всего мира.

Согласно полученным результатам, в ближайшие два десятилетия, независимо от сценария, глобальное потепление продолжится со скоростью около 0,2°С за десятилетие. Даже при фиксировании концентраций на уровне 2000 г. оно продолжалось бы за счет уже накопленных в атмосфере парниковых газов со скоростью 0,1°С за десятилетие. Сохранение эмиссий парниковых газов на современном уровне, не говоря уж об их увеличении, вызовет дальнейшее потепление, а сопутствующие ему многочисленные изменения глобальной климатической системы приведут к более значительным последствиям, чем те, которые наблюдались в XX в.

По отношению к последнему двадцатилетию прошлого века, в зависимости от сценария, глобальное потепление составит (в среднем по ансамблю моделей) от 1,9°С («мягкий» сценарий антропогенного воздействия с вероятными пределами от 1,1°С до 2,9°С) до 4,0°С («жесткий» сценарий с вероятными пределами от 2,4°С до 6,4°С), а повышение уровня моря — в среднем от 0,18 до 0,59 м соответственно. ▶

СПРАВКА

Владимир Михайлович Катцов — директор Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (Росгидромет), доктор физико-математических наук, один из ведущих авторов Четвертого оценочного доклада МГЭИК.

Содержание этого раздела основано на результатах оценок будущих изменений климата России, выполненных коллективом Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО Росгидромета), в которых использовались расчеты с помощью климатических моделей нового поколения. В России исследования изменений климата, основанные на применении сложных физико-математических моделей, помимо ГГО также проводятся в Институте вычислительной математики (ИВМ) РАН, Институте физики атмосферы (ИФА) РАН и некоторых других.

В отдельной группе расчетов было учтено уменьшение поглощения двуокиси углерода океаном и сушей при потеплении климата, что для «жесткого» сценария привело к дополнительному увеличению глобального потепления к 2100 г. более чем на 1° С.

Вероятность усиления экстремальности климата, включая волны тепла, сильные ливни и др., оценивается как очень высокая (>90%). Рост температуры воздуха в североатлантическом регионе продолжится. В результате дальнейшего повышения температуры поверхности океана в низких широтах

вероятно увеличение интенсивности тропических циклонов (тайфунов). Произойдет смещение к полюсам путей внетропических циклонов. Ожидается сокращение ледяного покрова Мирового океана, причем в некоторых сценариях к концу XXI в. возможно полное освобождение Се-

изменения климата России будут далеко не одинаковыми, а их влияние на отдельные виды хозяйственной деятельности может быть как благоприятным, так и пагубным.

Смягчение климатических условий может отодвинуть к северу границу зоны комфортного проживания,

Поглощение дополнительного тепла из атмосферы вызывает термическое расширение воды в океане, которое вместе с таянием ледников приводит к повышению среднего уровня моря

верного Ледовитого океана ото льда в конце лета. Будущие изменения осадков имеют противоположные тенденции в разных регионах: увеличение осадков в высоких широтах и уменьшение над большей частью суши в субтропиках, что приведет к возрастанию угрозы наводнений в одних регионах и засух в других.

Ожидаемые изменения в России

Климат России характеризуется чрезвычайно большим разнообразием вследствие огромной протяженности ее территории. На фоне глобального потепления региональные

изменения, сократить расходы электроэнергии в отопительный сезон. С другой стороны, потепление чревато вытеснением одних биологических видов другими, ростом повторяемости засух в одних регионах и наводнений в других и т.п. При этом довольно велика неопределенность влияния будущего изменения климата на сельское хозяйство России, ее водные ресурсы, растительный и животный мир, демографическую ситуацию.

Результаты модельных расчетов показывают, что в XXI в. территория России (особенно арктические и субарктические регионы) будет находиться в области заметно большего потепления по сравнению с глобальным. Среднее за год повышение температуры к середине XXI в. может составить $+2,6 \pm 0,7^\circ \text{C}$ по сравнению с концом XX в. (1980–1999 гг.). Наиболее значительное потепление ожидается зимой, особенно в Сибири и в Арктике. К 2040–60 гг. среднегодовые осадки в среднем по территории России возрастут на $8,2 \pm 2,5\%$.

Наиболее значительное увеличение осадков ожидается зимой (особенно в восточных и северных регионах), а в летний период их рост оказывается существенно меньшим. Изменения фазового состояния осадков (дождь или снег) могут оказывать влияние на стоки зимой и в период интенсивного таяния снега весной. На европейской территории России



рост суммарных осадков происходит преимущественно за счет увеличения дождевых осадков, в то время как в Западной и Восточной Сибири их доля в основном возрастает за счет снега. Это означает, что в Сибири начинает происходить дополнительное накопление снега зимой, таяние которого создает угрозу учащения наводнений на водосборах сибирских рек весной.

На юго-западе России осадки даже уменьшаются. В тех регионах, где особенно развито сельское хозяйство (Северный Кавказ, Поволжье и др.), может произойти заметное уменьшение влажности деятельного слоя почвы и сокращение стока. Модельные расчеты показывают, что в регионах с ранним сходом снежного покрова тенденция к уменьшению влажности почвы обнаруживается уже весной и усиливается к лету. Это приведет к росту повторяемости засух в южных регионах.

Еще одна опасность будущего изменения климата связана с таянием вечной мерзлоты. Площадь многолетнемерзлых грунтов составляет около 70% территории России. При потеплении климата будет происходить их деградация и увеличение глубины сезонного протаивания. Деградация многолетнемерзлых грунтов может привести к деформации или даже разрушению транспортных путей, трубопроводов, строений и т.п.

Особенно важные последствия глобального потепления для России связаны с вероятным уменьшением ледяного покрова Северного Ледовитого океана. Они столь же многочисленны, сколь и важны как для экосистем, так и для экономики, социальной сферы и даже безопасности России.

Увеличение продолжительности летней навигации приводит к развитию морского судоходства. Северный морской путь открывает небывалые перспективы для морских перевозок грузов и туризма. При этом возросшая скорость дрейфа ледяных полей и высокая степень изменчивости ледовой обстановки может затруднять многие виды морских операций.



Новые возможности для экономики, равно как и проблемы, связанные с экологией, возникают в связи с облегчением доступа по морю к природным ресурсам Арктики, включая месторождения нефти, газа и др. на шельфе Северного Ледовитого океана. В то же время многие объекты хозяйственной деятельности, расположенные в прибрежной зоне, столкнутся с усилением воздействия штормов в сочетании с уменьшением ледяного покрова арктических морей. Ожидаемое таяние морского льда, по-видимому, окажется губительным для некоторых видов животных, например для белого медведя.

В целом, глобальное потепление создает для России, с учетом ее геогра-

фического положения, особенностей экономического потенциала и геополитических интересов, новую ситуацию, когда необходима выработка соответствующей внутренней и внешней политики. Игнорирование проблемы глобального изменения климата, бездействие, оправдываемое ссылками на ее недостаточную изученность, чреваты серьезными рисками для устойчивого развития и безопасности страны (см.: Стикс Г. *Руководство по улучшению климата // ВМН, № 1, 2007. — Прим. ред.*). ■

ОБ АВТОРЕ

Ирина Прошкина — специальный корреспондент журнала «В мире науки»

БЫЛ ЛИ АУТ?

Десять видеокамер систем *Hawkeye* («Соколиный глаз») поставляют 24 Гбайт информации программе обработки видеоданных, которая отслеживает в реальном времени положение мяча при каждой подаче или ударе. В 2002 г. телевизионные компании уже начали использовать систему для дополнения комментариев к теннисным соревнованиям.

В марте 2006 г. соревнования *NASDAQ-100 Open* стали первым официальным турниром профессионалов, где игроки могли оспаривать решения судей о попадании в линию, причем окончательный приговор выносился надзорным судьей по данным системы *Hawkeye*. В этом году она уже использовалась во всех соревнованиях «Большого Шлема» и «Мастерс» за исключением турниров на грунте. Каждый игрок мог оспорить два решения судей за сет. На некоторых стадионах во время рассмотренных спорных случаев демонстрировались компьютерные повторы, полученные с помощью *Hawkeye*. По данным Пола Хокинза (Paul Hawkins), основателя компании *Hawkeye Innovations*, благодаря его изобретению было опровергнуто от 33 до 40% спорных судейских решений. Первоначально Хокинз разработал эту систему для крикета. Телекомментаторы использовали ее для анализа подачи отбивающему, но ассоциации не приняли ее для рассмотрения спорных случаев. Большая лига бейсбола также не проявила интереса, поскольку решения судьи о мячах и ударах являются основными элементами игры.

Многие ведущие теннисисты приветствуют появление *Hawkeye*. По их мнению, она помогает принимать правильные решения судьям, которые в свою очередь отмечают, что система снимает с них часть напряжения, вызванного тем, что подачи и удары становятся все быстрее. Установка и эксплуатация *Hawkeye* может обходиться в сумму от \$40 до \$50 тыс. в неделю на каждый корт, но владельцы стадионов привлекают в качестве спонсоров такие компании, как *Canon* и *Sony*.

При незначительной доработке система могла бы «объяснять» результат каждого удара, например подачей звукового сигнала при попадании мяча в аут, и судьи на линии стали бы не нужны. «Но тогда игра может стать недостаточно зрелищной. Болельщикам обычно нравится драматизм, связанный с оспариванием решений», — считает Хокинз. С ним трудно не согласиться. ■



ПОЛОЖЕНИЕ МЯЧА

Видеокамеры установлены в 10 точках вокруг корта. Каждая из них контролирует половину территории и передает свой видеосигнал на собственный компьютер, находящийся в центре управления. Еще четыре ЭВМ объединяют все потоки информации



ОТДЕЛЬНЫЙ КАДР

Компьютер на основании изображения каждой камеры определяет положение мяча в двух измерениях



ТРАЕКТОРИЯ

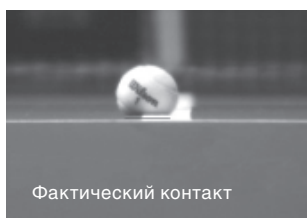
Программа электронного зрения сопоставляет опорные метки отдельных кадров (рис. в середине) для определения положения мяча в пространстве. Компьютер обрабатывает информацию, полученную с кадров в течение фиксированного промежутка времени, чтобы проследить траекторию мяча и определить точку его удара о покрытие

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

СИСТЕМА CYCLOPS. На некоторых соревнованиях для определения места попадания мяча при подаче применялась система *Cyclops*. Небольшой блок посылал ИК-лучи вдоль линии подачи на приемник, установленный с противоположной стороны от корта. Если мяч прерывал данные лучи, система подавала звуковой сигнал, свидетельствующий о том, что снаряд вышел за сектор. На крупных соревнованиях ее заменила система *Hawkeye*, контролирующая все линии корта.

ГРУНТ. Система *Hawkeye* устанавливается на кортах с травяным и искусственным покрытием. Организаторы соревнований на грунте отказались от нее, говоря, что на нем мяч оставляет четкий отпечаток, который судьи могут фиксировать. Однако независимые исследования показали, что сильный удар может сместить частицы покрытия.

ПРЕИМУЩЕСТВА. Телекомпании иногда дают системе *Hawkeye* свои названия: так, *ISPN* называет ее *ShotSpot*, а компания *Toronto* предлагает вариант *Auto-Ref*. Все технические новинки в области тенниса были рассмотрены на ежегодном Конгрессе по теннисной науке и технологии Международной Федерации тенниса, состоявшемся в сентябре 2006 г. в Лондоне.



Фактический контакт



Ширина отпечатка меньше

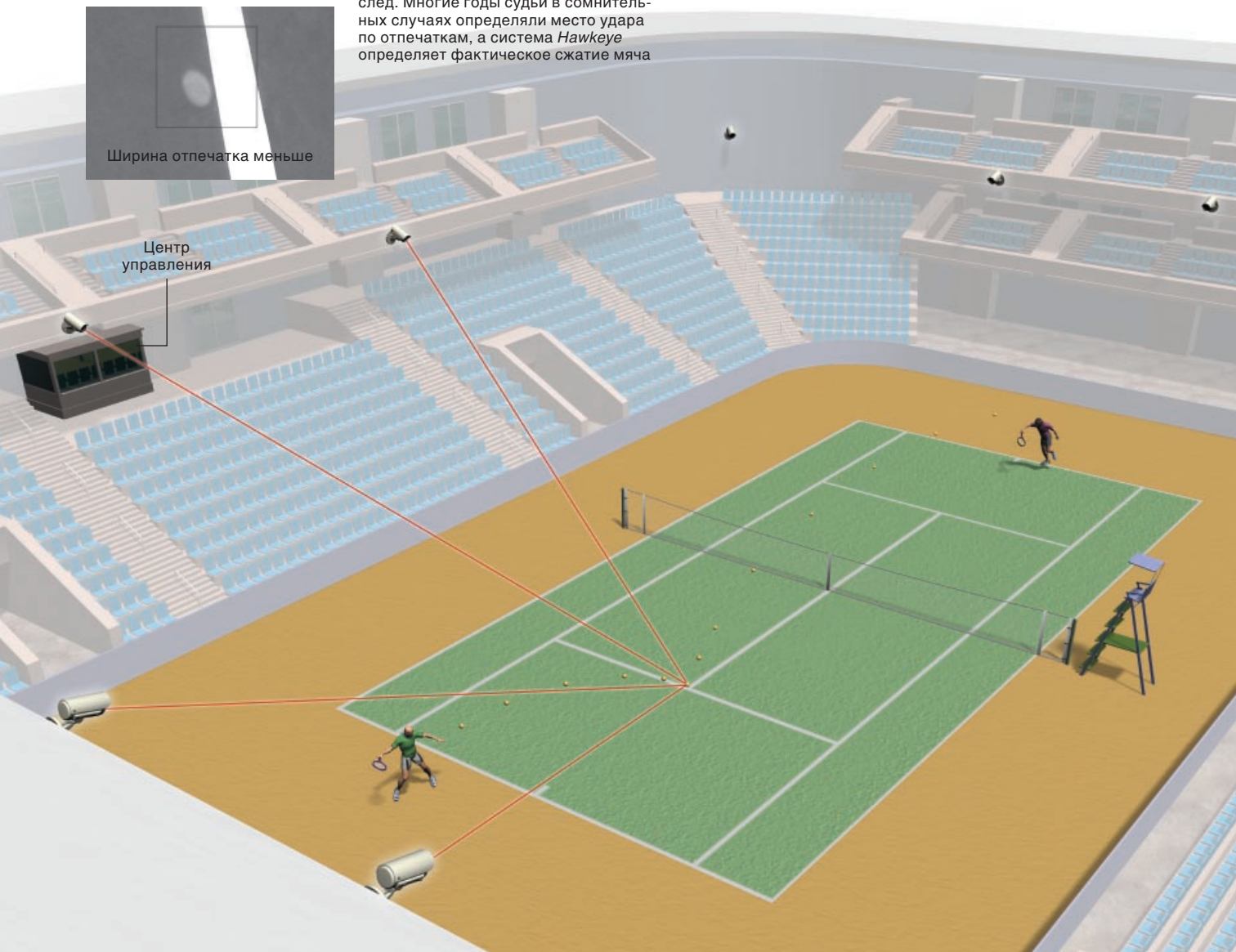
СЛЕД МЯЧА

Коснулся ли мяч линии, зависит от того, как он сжимается. Высокоскоростные камеры показали, что при типичном ударе через весь корт грунта касается участок мяча размером в 44 мм. Однако ширина отпечатка составляет только 35 мм, потому что периферийная часть поверхности мяча прижимается к грунту недостаточно сильно, чтобы оставить след. Многие годы судьи в сомнительных случаях определяли место удара по отпечаткам, а система *Hawkeye* определяет фактическое сжатие мяча



КРИКЕТ

Телекомментаторы используют систему *Hawkeye* для определения положений ударов боулера (все позиции) и того, попадают ли мячи после удара отбивающего в калитку (позиции 1 и 3)



Центр управления

еще раз об истории человечества

Данная книга представляет собой попытку философско-социологического осмысления истории Земли и человечества. Ярким и доходчивым языком публициста историк, культуролог, социолог, политолог И.В. Бестужев-Лада излагает господствующие в современной науке теории о происхождении Земли и жизни на ней, об особенностях социальной организации первобытной общины, цивилизаций древнего мира и античности, породившей современную западную и нашу евразийскую. Особенно внимательно рассматриваются эпохи Средневековья, Возрождения (Ренессанс) и упадка (декаданс). Автор анализирует глобальные проблемы человечества в XX — начале XXI вв. и предлагает способы их решения в течение ближайших двух-трех десятилетий.

Книга не является ни учебником истории, ни философским трактатом, это пример такого издания, которое доступно для восприятия любого, даже неподготовленного читателя.

Бестужев-Лада И.В. Очень уж краткая история человечества с древнейших времен до наших дней и даже несколько дольше. М.: Институт экономических стратегий, 2007.



россия диктаторская

Книга И.В. Бестужева-Лады — опыт философии истории России. Автор раскрывает суть более чем тысячелетней диктатуры традиций, нравов, обычаев, которые до сих пор во многом определяют жизнь народов страны. Описываются особенности диктатуры варяжских конунгов-князей, татаро-монгольских Чингизидов, боярства, дворянства, пролетариата и т.д.

Сегодня мы вступили в эпоху, когда никто не владеет монопольным правом на толкование истории. Исследование И.В. Бестужева-Лады рассчитано на людей, интересующихся историческим процессом и осознающих себя его частью, людей, связывающих с летописью родной страны свою жизненную позицию — как патриота, гражданина, избирателя, так и носителя определенного вероисповедания.

Бестужев-Лада И.В. Моя богоданная Россия. Очерк истории восьми диктатур (862 — 2000 — 20??). М.: Институт экономических стратегий, 2007.

ЭЛЕКТРОНИКА
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

ChipEXPO -2007

ОКТАБРЬ 3-5

5-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР



3-5

ОКТАБРЯ

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Министерство экономического развития
и торговли Российской Федерации
Федеральное агентство по промышленности
Министерство промышленности
и энергетики Российской Федерации
Департамент науки и промышленной
политики города Москвы
Московская торгово-промышленная палата
Российская Инженерная Академия

ИНФОРМАЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА



ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ

ЗАО «ЧипЭкспо», Россия,
111141, Москва, ул. Перовская 19/2, стр. 3,
тел./факс: (495) 221-5015, e-mail: info@chipexpo.ru

www.chipexpo.ru

сценарии будущего россии

Из очередного ежегодного доклада Академии прогнозирования — Российского отделения МАИБ «Россия и мир: взгляд из 2017 года» заинтересованный читатель сможет почерпнуть много новой и интересной информации о перспективах развития нашей страны на ближайшие 10 лет. В соответствии с принципом технологического прогнозирования представленные сценарии не только предлагают возможные картины будущего, но и выявляют назревающие проблемы и намечают пути их решения. Данный доклад является составной частью широкого спектра работ Академии по прогнозированию развития ведущих стран мира, регионов, корпораций и глобальной ситуации в целом. Издание рассчитано на широкую аудиторию, прежде всего на лиц, принимающих решения в различных сферах государственной, деловой и общественной деятельности.

Россия и мир: взгляд из 2017 года. Ежегодный доклад Академии прогнозирования — Российского отделения МАИБ. М.: Институт экономических стратегий, 2007.



MOBILE & WIRELESS

INTERNATIONAL CONFERENCE & EXHIBITION

3-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

БЕСПРОВОДНЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

27-29 ноября

ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ
МОСКВА, РОССИЯ

2007

Тел.: (495) 739 55 09,
факс: (495) 641 22 38
E-mail: electronica@inconex.ru

Организатор:
INCONEX
International Conference & Exhibition
ООО "Инконэкс"

технологии, которые меняют мир...

www.inconex.ru

Интеграция НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И БИЗНЕСА

С 20 по 22 ноября 2007 г. в столице пройдет III Всероссийский Форум руководителей образовательных учреждений. Предваряя это событие, 18 июля в конференц-зале Российского союза промышленников и предпринимателей состоялась пресс-конференция «Интеграция образования, науки и бизнеса». В мероприятии приняли участие исполнительный директор оргкомитета форума С.В. Шевелев, начальник управления учреждений образования Федерального агентства по образованию П.Ф. Анисимов, ответственный секретарь рабочей группы РСПП по реформированию образования М.Б. Лукьянчук и председатель Комитета ТПП РФ по содействию профессиональному и бизнес-образованию, ректор Академии труда и социальных отношений А.А. Шулус. Проблемы внедрения маркетинговых стратегий для образовательных учреждений, взаимодействия образовательных учреждений и работодателей для обеспечения российской экономики кадрами высокой

квалификации, вопросы вывода на рынок инновационных высокотехнологичных разработок при участии венчурных инвестиционных фондов, а также создания и развития фондов целевого финансирования образовательных учреждений — эти и другие темы стали предметом обсуждений участников пресс-конференции.

Кроме того, несмотря на некоторое различие в оценке существующих проблем в научной, образовательной и бизнес-сферах, по ключевым положениям мнения выступавших совпали. Действительно, необходимо разработать механизмы отбора инновационных проектов, стимулирования ученых и потенциальных инвесторов к их совместной реализации. Современный инвестиционный климат в России не располагает к осуществлению долгосрочных капиталовложений в фундаментальные и прикладные научные разработки, поэтому для изменения условий привлечения инвестиций необходима корректировка существующей нормативно-правовой базы.

Затрагивая проблематику взаимодействия финансовых структур с создателями инновационных проектов, М.Б. Лукьянчук отметил разработки Российского Нового университета. Повышение конкурентоспособности на рынке наукоемкой продукции несомненно будет способствовать и повышению качества самих разработок, при этом роль государства заключается в законодательном оформлении схем взаимодействия научного, образовательного и бизнес-сообществ и регуляризации процедур представления, рассмотрения и комплексного анализа инновационных проектов. Объективность подхода к решению данной задачи предполагает первоочередное применение научных методов, в том числе по обеспечению интеграционного характера взаимодействия. Поэтому проблематика, обсуждаемая на пресс-конференции «Интеграция науки, образования и бизнеса», наиболее точно отражает суть перемен, происходящих в современном обществе.

научное сотрудничество РОССИИ И ЕС

В здании Президиума РАН 4 и 5 июля 2007 г. прошла Международная конференция «Интеграция российского и европейского информационных сообществ: новые возможности Седьмой рамочной программы (СРП) ЕС в сфере информационно-коммуникационных технологий». Мероприятие организовано проектом *Information Society Technologies to Open Knowledge. Russia (ISTOK.RU)*, поддержанным Европейской Комиссией с целью выявления приоритетных направлений для сотрудничества между ЕС и РФ в сфере информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и создания российско-европейского виртуального ИКТ-сообщества. Консорциум проекта *ISTOK.RU* включает европейскую консалтинговую фирму *Inno AG* (Германия), Институт системного

программирования РАН, Фонд «София Антиполис» (Франция) и Российскую сеть трансфера технологий *RTTN*.

Конференция была приурочена ко второму конкурсу проектов ИКТ Седьмой рамочной программы ЕС, открытому 12 июня (срок подачи заявок истекает в 17.00 по Брюссельскому времени 9 октября 2007 года).

В начале конференции с приветственным словом к собравшимся участникам и гостям обратились помощник руководителя администрации Президента РФ по науке и инновациям Е.В. Попова и советник представительства Европейской комиссии в РФ по науке и технологиям Ричард Бергер. С докладами также выступили вице-президент РНЦ «Курчатовский институт» академик

РАН В.Б. Бетелин, руководитель группы по международным исследованиям в области ИКТ Директората Европейской комиссии по информационному обществу Клаус Пендл, руководитель подразделения административных и финансовых вопросов ДЕКИО Вилли Ван-Пембрук, директор проекта *ISTOK, Inno AG* Светлана Мари-Клэр Клесова, ученый секретарь НКТ «Нанотехнологии» Института кристаллографии имени А.В. Шубникова М.К. Мелконян, советник ДЕКИО Стефан Паскаль. Были также проведены экспресс-презентации и анализ потенциальных заявок российских исследователей, тренинг по подготовке предложений и работе с партнерами.

Полосу подготовил
Леонид Раткин

движению НТТМ — 40 ЛЕТ!

С 26 по 29 июня 2007 г. на ВВЦ прошла Седьмая Всероссийская выставка «Научно-техническое творчество молодежи», приуроченная к 40-летию движения НТТМ. Мероприятие патронировалось Правительством Москвы, Союзом ректоров высших учебных заведений Москвы и Московской области и ОАО ГАО «ВВЦ» при поддержке Государственной Думы Федерального собрания Российской Федерации, Минобрнауки РФ и ТПП РФ. Если на первой экспозиции «ТТМ-67» было представлено 2,5 тыс. работ, то с 2002 по 2006 гг. уже экспонировалось свыше 4 тыс. новых проектов. Проведение НТТМ под эгидой ЮНЕСКО позволило расширить географию участников — помимо 88 регионов РФ в выставке также приняли участие представители из 87 стран.

В настоящее время НТТМ аккредитована по программе «Участник

молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.») и включена в план основных мероприятий по реализации Приоритетного национального проекта «Образование». В 2005 г. выставка получила Знак Международного союза выставок и ярмарок, что свидетельствует о том, что необходимо и дальше развивать инновационную экономику в России, а НТТМ играет в этом процессе важнейшую роль.

Научные программы НТТМ по своей насыщенности не уступают современным международным конгрессам и симпозиумам. Так, в рамках НТТМ-2007 была проведена конференция «Научно-техническое творчество молодежи — путь к творчеству, основанному на знаниях», на секционных заседаниях которой было представлено несколько сотен разработок по различным направлениям,

включая строительство, экологию, информационные технологии и системы, медицину, радиоэлектронику, энергетику, автоматизацию и телемеханику. Компетентность, востребованность знаний, сопоставимость образовательных программ и общественных нагрузок были в числе тем, затронутых в ходе интернет-конференции, соединившей на несколько часов экспонентов НТТМ-2007 в Москве со студентами из Университета Прибрежной Каролины (США). Благодаря трансатлантическому мосту молодые люди смогли обсудить проблемы, с которыми сталкиваются при трудоустройстве молодые ученые и специалисты. Все это свидетельствует об укреплении международной кооперации и формировании научного сообщества нового поколения — открытого к сотрудничеству и ориентированного на генерацию знаний.

Медицина — ЗА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ

С 25 по 26 июня 2007 г. в Москве под патронажем Государственной Думы Федерального собрания РФ прошел Второй общероссийский форум (ОФ) «Медицина за качество жизни». В роли его организаторов выступили Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации и Общероссийское общественное движение (ООД) «Медицина за качество жизни». Проведенный в российской столице форум стал событием в жизни научного сообщества, предвеляя проведение аналогичных мероприятий в Новосибирске и Хабаровске (сентябрь), Екатеринбурге и Санкт-Петербурге (октябрь), Нижнем Новгороде и Ростове-на-Дону (ноябрь).

Оргкомитет форума вынес на повестку дня широкий круг вопросов, включая анализ методов и форм оказания медицинской помощи, итоги и перспективы национального проекта «Здоровье», медико-социальную помощь пациентам с прогрессирующими заболеваниями в хронической

форме и т.д. В частности, прозвучали выступления профессора Л.М. Рошала об актуальных проблемах развития системы здравоохранения в России, профессора, академика РАМН Н.Ф. Герасименко о проекте «Здоровое сердце» по снижению смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, профессора, академика РАМН С.И. Колесникова о путях возрождения медицинской науки и медицинской промышленности в России.

Особое внимание было уделено работам молодых ученых. Представитель Молодежной палаты, совещательного-консультативного органа при Московской городской думе С.И. Абрамов подчеркнул необходимость проведения мониторинга законодательной базы по здравоохранению и изучения нормативно-правовых документов. В рамках ОФ состоялся конкурс молодых ученых на лучшую научную работу «Клиническая медицина — взгляд в будущее». Председатель конкурсной комиссии, академик

РАМН В.Т. Ивашкин вручил дипломы победителям: С.В. Акиншиной за цикл работ в сфере акушерства и гинекологии, Е.Н. Головенко — за исследования в области лечения желчекаменной болезни, И.В. Самойленко — за эксперименты по созданию вакцин для продления жизни больным с опухолевыми заболеваниями, А.В. Сергееву — за кардиохирургические разработки, А.А. Тихановскому — за анестезиологические исследования, И.В. Райнер — за цикл работ по предотвращению развития острого деструктивного панкреатита.

На форуме также состоялись семинары по вопросам развития рентгенодиагностики и симпозиумы компаний «Ф. Хоффман — Ля Рош» по инновационным технологиям в лечении онкологических заболеваний, и «Янссен-Силаг» по современным технологиям в сопроводительной и симптоматической терапии.

Полосу подготовил
Леонид Раткин

дает ли бензин premium

КАКИЕ-ЛИБО ПРЕИМУЩЕСТВА?

Согласно названию, бензин марки *Premium* должен быть лучшим для автомобиля. Словарь Уэбстера определяет слово *premium* следующим образом: «высокая ценность или ценность, превышающая ожидаемую». Однако верно ли общепринятое толкование? Чтобы ответить на данный вопрос, необходимо изучить технику очистки бензина от примесей, динамику двигателя внутреннего сгорания и понять, почему и за какие особые достоинства повышается цена.

Большое октановое число — низкий уровень шума

Бензин представляет собой смесь различных углеводородов от гептана до декана и выше. Углеводород, указываемый на АЗС (и связываемый многими потребителями с качеством бензина), — это октан, молекула которого содержит 8 атомов углерода и 18 водорода. Однако хорошо знакомое октановое число является показателем содержания октана не в данном бензине, а в смеси чистого октана (точнее, изооктана, т.е. октана с разветвленной углеродной цепью) и гептана, имеющей ту же склонность к детонации, что данный бензин. Во всех лабораториях мира химики составляют такие эталонные смеси по стандартной методике и сравнивают с ними разные марки бензина в специальных тестовых двигателях. «В Американском обществе испытаний и материалов (*American Society of Testing and Materials, ASTM*) хранится документ, в котором объясняется, как определять октановое

число с помощью тестового одноцилиндрового двигателя, — поясняет инженер-механик Джозеф Шепард (Josef Shepherd) из Калифорнийского технологического института. — Чем выше это число, тем меньше детонация двигателя.

Premium борется с шумом

Шум (неуправляемый взрыв или детонация в камере сгорания, предназначенной для строго управляемого сжигания топлива) — главная проблема двигателей внутреннего сгорания. В процессе четырехтактного рабочего цикла типичного автомобильного двигателя поршень сначала совершает ход вниз, засасывая в цилиндр смесь паров бензина с воздухом, затем вверх, уже сжимая ее. Вблизи верхнего положения



поршня электрическая искра воспламеняет смесь, заставляя его вновь двигаться вниз, совершая рабочий ход, после которого он снова поднимается вверх, выталкивая продукты сгорания. Затем весь цикл повторяется. Детонация возникает, когда сжатие рабочей смеси воспламеняет ее без участия электрической искры. Молекулы каждого углеводорода

ведут себя в условиях сжатия по-разному. Менее всего склонен к детонации изооктан. «Стойкость бензина к детонации определяется путем сравнения с эталоном — рассказывает Уильям Грин (William H. Green) химик из Массачусетского технологического института. — Бензин *Premium* ведет себя в двигателе так, словно содержит большую долю октана, даже если это не соответствует действительности».

Особенности современных двигателей

Степень сжатия задается конструктором двигателя (обычно около 8) — отношение объемов, занимаемых рабочей смесью при крайних нижнем и верхнем положениях поршня в цилиндре, что позволяет мотору работать без детонации на топливах с низким октановым числом (например, 87). Современные двигатели, по мнению Грина, хорошо работают как на обычном бензине, так и на *Premium*. Двигатели на спортивных и тяжелых автомобилях могут иметь высокие степени сжатия и, соответственно, им необходим бензин с высоким октановым числом.

Все это влияет скорее не на скорость, а на экономичность, особенно на легких автомобилях, отмечает Грин. Есть возможность использовать и другое горючее, например этанол, у которого более высокое октановое число. Однако водители обычных автомобилей, покупая бензин *Premium*, переплачивают за топливо, которое не дает никаких преимуществ.

Что происходит, когда мы сбрасываем лишний вес?

Отвечает Лора А. Спорни (Lora A. Spohn), доцент Колумбийского университета; специалист по вопросам питания

Снижение веса обуславливается расщеплением жиров на компоненты, которые используются организмом как топливо, обеспечивающее энергией процессы жизнедеятельности.

С химической точки зрения, жиры — это триглицериды, сложные вещества, которые состоят из остатка глицерина и трех связанных с ним цепочек жирных кислот. Когда мы снижаем потребление калорий или увеличиваем физическую нагрузку, содержащаяся в жировых

клетках липаза в ответ на поступающие гормональные сигналы расщепляет триглицериды. Продукты расщепления попадают в кровь. Глицерин и некоторые из жирных кислот поступают в печень, другие продукты — в мышцы.

В клетках мышц и печени происходит дальнейшая дезинтеграция триглицеридов и образуется в ацетилкофермент А (ацетил-CoA), который в митохондриях, «энергетических фабриках» клеток, взаимодействует с оксалоацетатом. В результате вырабатывается лимонная кислота, которая включается в цикл Кребса, т.е. последовательность химических реакций,

в ходе которых высвобождается энергия, заключенная в жирах, белках и углеводах.

В результате процессов, протекающих в митохондриях, образуется множество продуктов: диоксид углерода, удаляемый из организма при выдохе, вода, которая выводится с мочой, тепло, позволяющее поддерживать нормальную температуру тела. Но самое главное — происходит синтез аденозинтрифосфата (АТФ), обеспечивающего энергией все жизненно важные процессы: сокращение мышц, работу сердца, пищеварение, доставку питательных веществ в различные ткани организма и другие.

SIMEXPO
Scientific Instrument Manufacturing

20 - 22 ноября 2007
МВЦ Крокус Экспо, Павильон 2, зал 5

Международная специализированная выставка приборов и оборудования для научных исследований

Основные разделы выставки:

- Измерительные, испытательные, лабораторные приборы, оборудование и системы для научных исследований:

В области физических наук
В области химических наук
В области биологических наук
В области биотехнологии
В области медицинских наук
В области экологических наук
В области геологических наук
В области сельскохозяйственных наук
В области информатики
В области экспериментальной механики
В области нанотехнологий
В космических исследованиях

- Средства автоматизации научных исследований и интерпретации научных результатов
- Компоненты и материалы для производства и эксплуатации приборов, оборудования и систем



Организаторы:

Научный совет РАН по научному приборостроению,
Компания "И. Джей Краузе & Эсоушиэтс"

при поддержке:

Российской академии наук,
Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии,
Российского фонда
фундаментальных исследований

За более подробной информацией обращайтесь:

Компания "И. Джей Краузе & Эсоушиэтс"

Офис в Москве:
Телефоны +7 (495) 135 12 47, 135 12 46, 223 22 70
Факс +7 (495) 223 22 69
Директор выставки Щербина Наталья Викторовна
Email Sherbinina@ejkrause.ru
Сайт www.simexpo.ru



**21— 24 ноября 2007 года в Москве
на территории ГАО ВВЦ в павильоне № 69
пройдет**

**Биотехнологическая выставка-ярмарка
«РосБиоТех-2007»,
в рамках которой состоится
Конференция
«Биотехнология XXI века:
проблемы и перспективы»**

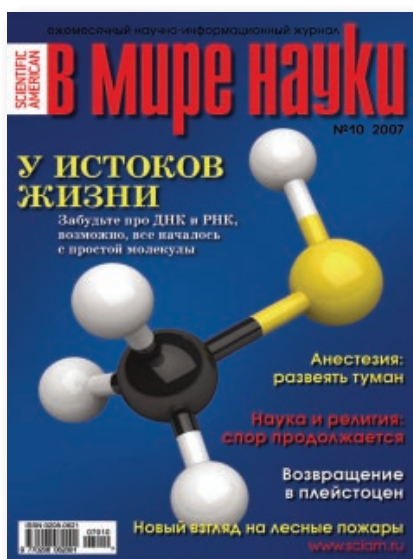
**Будем рады видеть Вас в качестве участников
и посетителей выставки-ярмарки
и конференции.**

Контакты:
тел./факс: (495) 205-36-90; 256-05-63; 609-42-12;
e-mail: bvg@extech.ru; biomac@apico.msk.ru;
itverd@mail.ru

**Ros
Bio
Tech
2007**



Читайте в следующем выпуске журнала:



У ИСТОКОВ ЖИЗНИ

Случайное появление в природе столь крупной самовоспроизводящейся молекулы, как РНК, крайне маловероятно. Гораздо больше шансов на успех в роли «зачинателей жизни» у энергозависимых сетей химических реакций между малыми молекулами

ЧЕМ ТЕПЛЕЕ ОКЕАНЫ, ТЕМ СИЛЬНЕЕ УРАГАНЫ

Влияет ли глобальное потепление на число, размер или интенсивность ураганов? В течение ряда лет ученые во всех деталях разрабатывали модели формирования бурь, для появления которых необходима теплая вода

ДОЛЖНА ЛИ НАУКА СПОРИТЬ С ВЕРОЙ?

Два выдающихся защитника науки Лоренс Кросс и Ричард Докинз обмениваются мнениями о том, как следует ученым относиться к религии и ее приверженцам

ВОЗВРАЩЕНИЕ В ПЛЕЙСТОЦЕН

Проект воссоздания в Северной Америке дикой природы времен плейстоцена, предусматривающий возвращение животных, вымерших 13 тыс. лет назад, может открыть новую страницу природоохранной деятельности в XXI в.

АНЕСТЕЗИЯ: РАЗВЕЯТЬ ТУМАН

Анестезирующие препараты оказывают на организм мощное и порой опасное для жизни воздействие. Чтобы создать новое поколение обезболивающих средств без побочных эффектов, необходимо выявить механизм действия современных анестетиков

КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ»

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые Вы хотите получить, а также Ваш полный почтовый адрес.

2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже).

Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.

3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:

■ по адресу 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22, редакция журнала «В мире науки»;

■ по электронной почте distr@sciam.ru;

■ по факсу 105-03-72.

Подписку можно оформить со следующего номера.

БЛАНК ЗАКАЗА ПРЕДЫДУЩИХ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												
2003 г.												

Цена за один номер журнала **75 руб. 00 коп.**

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

БЛАНК ПОДПИСКИ

■ Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу **540 руб. 00 коп.**

■ Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу **1080 руб. 00 коп.**

Цена за один номер журнала по подписке в 2007 г. **90 руб. 00 коп.**

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

Дата рождения ____/____/19____

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 каталогу «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970; «Почта России», подписной индекс 16575

■ на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 69970

■ Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу: ул. Радио, дом 22, комн. 409, тел./факс (495) 105-03-72

■ В ООО «Редакция УРСС» по адресу: проспект 60-летия Октября, д. 9, оф. 203, тел./факс (495) 135-42-16.

■ В книжных магазинах научного центра «ФИЗМАТКНИГА» (тел. 409-93-28): г. Долгопрудный, новый корпус МФТИ; г. Зеленоград, МИЭТ, 4-й корпус

■ В интернет-магазинах:
www.ozon.ru,
www.setbook.ru,
www.urss.ru.

