ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

тема номера:

№1 2005

ПОВЕЛЕВАТЬ УРАГАНАМИ



ГЕНЕТИЧЕСКИЙ выключатель

ВСЕЛЕННАЯ дисков

ИНТЕРНЕТ жилища

КЛЕТКИ, несущие свет

ISSN 0208-0621

9 770208 062001 >

www.sciam.ru

содержание

ЯНВАРЬ 2005

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

20
АСТРОФИЗИКА
ВСЕЛЕННАЯ ДИСКОВ
Омер Блэйс
Новые исследования выявили динамику вращающихся газовых дисков, окружающих молодые звезды и черные дыры.

28
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ
ТАЙНЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗМОВ
Джон Маттик
Считалось, что за регуляцию работы генов человека отвечают исключительно белки. Ученые были в этом столь уверены, что просмотрели другую регуляторную систему, играющую ключевую роль в развитии и эволюции живых систем.

36
МЕТЕОРОЛОГИЯ
ПОВЕЛЕВАТЬ УРАГАНАМИ
Росс Хоффман
С помощью математического моделирования ученые нашли способ борьбы с ураганами.

44
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ИНТЕРНЕТ ДЛЯ ВЕЩЕЙ
Нил Гершенфельд, Раффи Крикориан, Дэнни Коэн
На основе принципов, положивших начало Интернету, сегодня создаются сети нового типа, связывающие бытовые устройства.

52
ФИЗИОЛОГИЯ
КЛЕТКИ, НЕСУЩИЕ СВЕТ
Ральф Дам
Изучение хрусталика глаза позволит ученым не только предотвращать образование катаракты, но и понять природу болезней Альцгеймера и Паркинсона.

60
ПОЛИТИКА
ЭЛЕКТРОННОЕ ГОЛОСОВАНИЕ
Тэд Селкер
Как оптимизировать процесс проведения выборов.

68
БИОТЕХНОЛОГИИ
УДАСТСЯ ЛИ СОЗДАТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ?
Гэри Стикс
Полным ходом идут работы по созданию совершенно новых лекарственных препаратов, прицельно выводящих из строя РНК.

72
АСТРОНОМИЯ
ИЗ ЖИЗНИ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК
Алексей Фридман
Разрешив основной парадокс спиральной структуры, современная наука, однако, до сих пор не дала исчерпывающего ответа на вопрос о происхождении спиральных рукавов.

ежемесячный научно-информационный журнал
В мире науки
scientific american

Учредитель:
Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет»

Издатель: ЗАО «В мире науки»

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

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

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

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

Секретарь редакции: К.Р. Тиванова

Научные консультанты:
кандидат философских наук М.Ю. Куржиямский

Над номером работали:
Е.М. Амелин, А.В. Банкрашков, О.А. Василенко, Ф.С. Капица, Т.М. Колядич, И.М. Куржиямский, Д.А. Мисюров, Т.В. Панченко, О.С. Попель, Т.В. Потапова, И.П. Потемкин, И.П. Прошкина, А.С. Расторгуев, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников, В. И. Сидорова, В.В. Софронов, В.Г. Сурдин, К.Р. Тиванова, А.М. Фридман, А.П. Худолей, Н.Н. Шафрановская

Корректура: Ю.Д. Староверова

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

Главный бухгалтер: Т.М. Братчикова

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

Спецпроекты: И.Б. Истомина

Менеджер по связям с общественностью: А.А. Рогова

Водитель: И.В. Павлов

Курьер: А.В. Вигуро

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

Препресс: Up-studio

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

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

© В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2004

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

Тираж: 25 000 экземпляров
Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

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

News Editor: Philip M. Yam

Contributing editors: Mark Fichetti, Marguerite Holloway, Michael Shermer, Sarah Simpson, Carol Ezzell Webb

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: John Sargent

President and chief executive officer: Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director, international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

ОТ РЕДАКЦИИ
3 НЕЧЕМ ДЫШАТЬ!

4 50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6 СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ
- *Пилюля для похудения*
- *Безопасные УФ-лампы*
- *Провал испытаний ПРО*
- *Туманы далеких планет*
- *Самый быстрый процессор*
- *Экология океана*
- *Двигатель эволюции*
- *Сверхкомпактный ускоритель*
- *Новое об иммунитете*

ЭНЕРГЕТИКА
14 СОЛНЕЧНАЯ РОССИЯ
Олег Попель, Ирина Прошкина

ОЧЕВИДНОЕ–НЕВЕРОЯТНОЕ
80 ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО
В последние годы внимание к новым источникам энергии в России резко возросло. По материалам беседы с академиком РАН А.Е. Шейндлиным.

ЗНАНИЕ–СИЛА
90 АМОРТИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
Марк Фишетти
От землетрясений гибнут тысячи людей, а ежегодный ущерб исчисляется миллиардами долларов.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НЮАНСЫ
92 БОЛЬШЕ, ЧЕМ МУЗЫКА
Николь Гарбарини
Как превратить MP3-плеер в диктофон, будильник или портативную FM-радиостанцию.



НЕЧЕМ дышать!



Проблема загрязнения воздуха была одной из наиболее обсуждаемых тем во время предвыборной президентской гонки в США.

Вскоре после инцидента с масштабным отключением электричества в регионах Среднего Запада и Северо-Востока США в августе 2003 г. ученые сделали примечательное открытие. Они обнаружили, что в пробах воздуха, взятых над центральной частью штата Пенсильвания, содержится диоксида серы на 90% и озона на 50% меньше, чем обычно. Видимость же возросла более чем на 40 км.

Для улучшения атмосферы не обязательно устраивать аварии на электростанциях. Еще в 1970 г. президент Ричард Никсон подписал закон об обязательной установке приборов для контроля чистоты воздуха на всех строящихся станциях. Позднее, в 1977 г., конгресс принял решение о необходимости проверять воздух и на старых электростанциях. Прошло 20 лет, и агентство по охране окружающей среды обнаружило, что энергетики этим требованием пренебрегают. В 1999 г. министерство юстиции США предъявило иски семи компаниям за нарушения, которые они допустили на 17 электростанциях, расположенных на Юге и Среднем Западе. Одни организации согласились уменьшить выбросы, другие вступили в переговоры с агентством.

Однако затем руководство агентства, назначенное Джорджем Бушем, внесло изменения в инструкции, касающиеся новых станций: стало гораздо меньше возможностей заставить энергетиков устанавливать на объектах приборы по контролю выбросов. А между тем состояние здоровья населения близко к катастрофическому: по данным специалистов, ослабление требований приведет к преждевременной смерти тысяч людей ежегодно в результате легочных и сердечно-сосудистых заболеваний. Особенно могут пострадать жители районов, находящихся с подветренной стороны от источников выбросов, например, пригородов Цинциннати, Питерсберга и Чарлзтауна (Западная Виргиния), где уровень загрязнения воздуха выше, чем где-либо в США.

Администрация Буша оправдывает внесение изменений тем, что затраты на инспекцию электростанций слишком высоки. Однако в новых инструкциях есть лазейки, позволяющие избегать расходов на очистку выбросов именно самых старых и «грязных» объектов. Так, закон о чистом воздухе разрешает компаниям проводить текущий ремонт подобных предприятий без последующего контроля степени загрязнения выбросов. Нововведенные инструкции значительно расширили смысл понятия «текущий» – теперь это может быть ремонт, затраты на который достигают 20% стоимости самого предприятия. Глобальные экономические последствия такой политики никто не оценивал, а между тем, по данным министерства энергетики, мероприятия по контролю выбросов старых электростанций обошлись бы в $75 млрд. в течение 20 лет, причем за это же время экономия в сфере здравоохранения составила бы более $1 триллиона. ■



www.FireWooD.net.ru

Персональные различия ■ Ужасы войны ■ Небесное вращение

ЯНВАРЬ 1955

АСОЦИАЛЬНЫЕ УЧЕНЫЕ. Можно ли рассматривать особенности социального поведения, характерные для большинства ученых, как дефекты личности или что-то ненормальное? Конечно, нет. Психические и эмоциональные нарушения у них встречаются не чаще, чем у других талантливых людей. Результаты опросов показывают, что физики и инженеры во многом представляют собой полную противоположность бизнесменам и адвокатам как в профессиональной деятельности, так и в социальном поведении. Это порождает трения между учеными и чиновниками, которые непрестанно следят за благонадежностью научных работников.

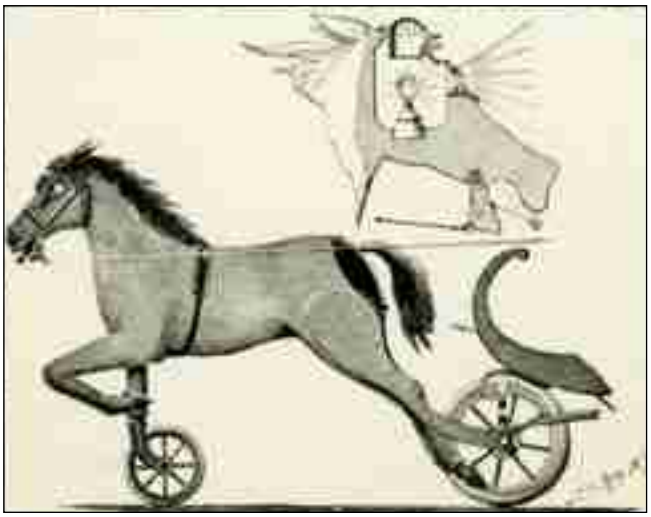
НЕСЧАСТНАЯ ЛЮБОВЬ. Обследовав 1297 телефонисток, исследователи обнаружили, что болеют в основном замужние, вдовы или разведенные. Лишившись поддержки мужей или так и не найдя с ними общего языка, женщины вынуждены работать, не забывая о воспитании детей. Самыми здоровыми телефонистками оказались одинокие женщины, не задумывающиеся о браке и получающие удовольствие от работы.

ГЕЛИКОПТЕРЫ. Несмотря на потрясающиеся возможности, вертолеты пока не стали транспортным средством. А жаль: они способны достигать центра города, минуя дорожные пробки. Год от года передвижение по воздуху становится все быстрее и безопаснее. Недавно специалисты *Sabena Airlines* продемонстрировали, что полет от центра Брюсселя до центра Лондона со скоростью 120 км/ч занимает меньше времени, чем путешествие на воздушном лайнере, скорость которого составляет не менее 400 км/ч. Ведь из города в аэропорт и обратно пассажирам приходится добираться на такси. ■

ЯНВАРЬ 1905

НЕРВНЫЕ ЛОШАДИ. Наш корреспондент из Канады предложил своеобразное устройство для успокоения пугливых лошадей. По его мнению, перед каждым автомобилем должно двигаться чучело коня в натуральную величину. В голову искусственной лошади можно вмонтировать фару (*см. рис.*), а в рот – автомобильный рожок.

РУССКО-ЯПОНСКАЯ ВОЙНА. *Scientific American* искренне сожалеет о том, что научные открытия не смягчают ужасов войны, а только умножают их. Надежды на то, что наука поможет представить боевые действия в отвратительном свете и предотвратить их, разбивается о жестокую реальность. В Порт-Артуре тела храбрых воинов тысячами гниют на склонах заснеженных укреплений, поскольку перемирие на время похорон считается несовместимым с успешным ведением войны. ■



ИСКУССТВЕННЫЙ КОНЬ успокоит обычных лошадей, 1905 г.

ЯНВАРЬ 1855

НЕБЕСНЫЕ ТЕЛА. Орбиты всех планет и комет имеют форму эллипса, в одном из фокусов которого располагается Солнце. В другом фокусе просто не может быть притягивающего тела, поскольку оно не могло бы оставаться неподвижным. Самая близкая неподвижная звезда – Альфа Центавра – удалена от нас более чем на двести тысяч расстояний от Земли до Солнца. Ее свет, движущийся со скорость 300 тыс. км/с, достигает нашей планеты примерно за 3,5 года. Сколько же времени потребовалось бы комете, чтобы совершить полный оборот по такой орбите? Совершенно очевидно, что кометы из других звездных систем не достигают нашей.

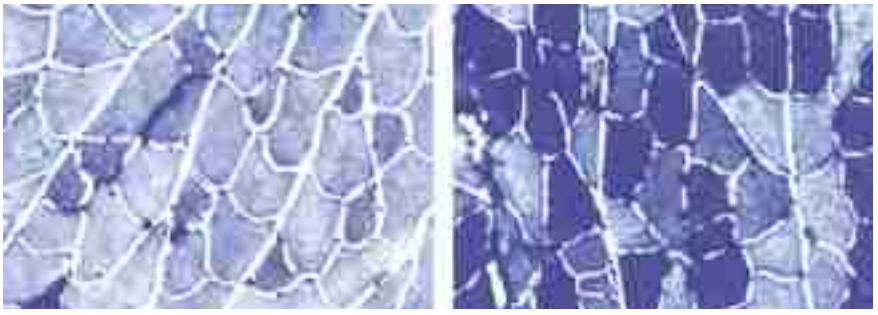
ВОЛОСАТАЯ КОМНАТА. Шерсть, используемая для утепления новых зданий, зачастую оказывается чрезвычайно грязной и вонючей. Ее запах вызывает тошноту и надолго отравляет атмосферу комнат. Поэтому перед тем, как смешивать шерсть со строительным раствором, ее нужно тщательно вымыть и высушить. Наличия извести в смеси не достаточно для обеззараживания шерсти: как только квартира прогревается, начинает распространяться чудовищное зловоние. ■

www.FireWooD.net.ru

выключатель для мышц

БИОЛОГИЯ

Генная инженерия вместо гимнастики.



Мускулатура генетически модифицированной мыши (*справа*) содержит больше «медленных» волокон (*темно-синие*), чем мышцы обычной мыши (*слева*).

Кто бы отказался заменить часы изматывающих тренировок таблеткой? Скоро это станет возможным: биохимики выявили механизм ускорения процесса обмена веществ, а следовательно, и избавления от лишнего веса.

Ключевую роль в процессе играет белок *PPAR-delta*. Роналд Эванс (Ronald M. Evans) из Института биологических исследований им. Солка в Ла-Хойя (Калифорния), открыл, что данный белок регулирует работу генов, отвечающих за распад жиров в организме, и показал, что активация протеина *PPAR-delta* ускоряет метаболизм, в результате чего сжигается больше жира. Для того чтобы проверить гипотезу, Эванс с коллегами из Сеульского национального университета создали генетически измененную мышь, в мускулатуре которой было больше, чем у обычных мышей, белка *PPAR-delta*. Получая в течение 13 недель питание с высоким содержанием жиров и калорий, трансгенные мыши набрали только треть привеса от нормы, и их вес не увеличивался даже при ограничении подвижности.

Результаты исследований показывают, что протеин *PPAR-delta* модифицирует состав скелетных мышц мышей. По сравнению с контрольной группой мышцы трансгенных особей содержат удвоенное количество «медленных» волокон (превращающих жир в энергию и отвечающих за продолжительную активность).

Согласно данным, приведенным Эвансом в статье, напечатанной в *PLoS Biology*, генетически измененные мыши ведут себя как прирожденные спортсмены. Они пробегали 1800 м за 2,5 часа, т.е. вдвое больше, чем обычные. «Марафонцы» более выносливы, чем их обычные собратья. По мнению исследователей, изменениям подвергаются сердечно-сосудистая и нервная системы, но негативного воздействия на организм обнаружено не было.

YONG-XU WANG ET AL. IN PLOS BIOLOGY, VOL. 2, NO. 10, E294; OCTOBER 2004 (*top*); CORBIS (*bottom*)

незамерзающий карась

БИОЛОГИЯ



Недостаток кислорода – не проблема.

Большинство позвоночных не способно прожить без кислорода и нескольких минут. Некоторые пресноводные черепахи, чтобы выжить, замедляют сердечный ритм. Однако родственник золотой рыбки, карась *Carassius carassius*, при полном отсутствии кислорода и, не заботясь о сердцебиении, может жить около пяти суток. Это возможно благодаря преобразованию в его организме молочной кислоты в этиловый спирт. Ученые университета Саймона Фрейзера и Университета Осло полагают, что благодаря работе сердца этанол циркулирует в жабрах и выбрасывается наружу. Такая способность не только помогает карасю пережить холодную скандинавскую зиму, но и подтверждает то, что во время сердечных приступов и инсультов организм человека не получает достаточного количества кислорода.

Чарльз Чой

www.FireWooD.net.ru

НЕ ПРИВЕДЕТ ЛИ СНИЖЕНИЕ ВЕСА К УМЕНЬШЕНИЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ?

Ускорение обмена веществ способствует снижению веса. Но не сократит ли оно продолжительность жизни? До сих пор неизвестно, умрет ли генетически модифицированная мышь-марафонец раньше обычной. Возможно, трансгенные мыши могут прожить дольше своих собратьев, поскольку находятся в лучшей физической форме, а содержание сахара, инсулина и жиров в их организме ниже.

Данная работа найдет практическое применение при лечении нарушений обмена веществ, в частности, ожирения, а также сердечно-сосудистых заболеваний. Роналд Эванс считает, что в результате исследований могут быть созданы препараты, заменяющие физическую нагрузку. Действительно, в отдельных экспериментах он вводил обычным мышам соединение *GW501516*, прямым назначением которого является активация протеина *PPAR-delta*. Это лекарство вызывает такие же изменения мышц и обмена веществ, что наблюдалось у трансгенных мышей.

Несмотря на то что в результате воздействия на гены можно получить животных с большим количеством «медленных» волокон, эти изменения не окажут такого влияния на обмен веществ, как *PPAR-delta*. Надя Розенталь, глава биологической программы исследования мышей в Европейской лаборатории молекулярной биологии в Риме, считает, что проект создания мышей-марафонцев похож на ее раннюю работу. Она вывела мышей-шварценеггеров, ускоренно набиравших мышечную массу после прохождения генной терапии, активирующей ген *IGF-1*. Однако при приеме препарата гена *IGF-1* в виде таблеток никакого эффекта не наблюдалось.

По мнению Пауля Вольпе (Paul Root Wolpe), специалиста по медицинской этике из Пенсильванского университета, новое средство от ожирения (препарат *PPAR-delta*) появится в ближайшее время.

Желание найти панацею от всех болезней существует с древних времен. За тысячи лет оно не изменилось, чего нельзя сказать о современных технологиях.

Дин Мартиндейл

НЕ ТОЛЬКО ПОЛЕЗНО, НО И БЕЗОПАСНО

ХИМИЯ

Источники ультрафиолетового излучения применяются во многих областях: промышленности, медицине и в быту. В широко распространенных сегодня УФ-лампах используется ртуть, вещество опасное для здоровья человека и для окружающей среды.

Исследователи из НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ разработали источник видимого и ультрафиолетового света с совершенно иным принципом работы. Источниками света служат открытые электрические разряды, а точнее — матрица разрядов. Такая лампа может использоваться и для освещения, для этого ученые разработали специальные люминофоры, светящиеся под действием УФ-облучения.

У новых ламп масса преимуществ. Они не только экологически безопасны, но не уступают по эффективности типовым паропутным бактерицидным лампам, применяемым в медицине. И еще: с новыми лампами типовые озонаторы станут более экономичными, компактными и легкими. Так что теперь очищать воду можно будет без риска отравления парами ртути.

Разработчики подсчитали, сколько может стоить та или иная модификация лампы для различных областей применения. Оказалось, что самыми дешевыми (при условии промышленного выпуска, разумеется) будут источники УФ для индивидуальных систем водоочистки и лампы для космических станций. А самыми дорогими — технологические промышленные установки и системы для шоу-бизнеса и рекламы.

Влад Софронов

СОБЫТИЯ В ЯНВАРЕ:

17.01–19.01 2005 г.
Всероссийская междисциплинарная конференция «Философия искусственного интеллекта»
Москва

27.01–28.01 2005 г.
52-я Конференция молодых ученых оториноларингологов «Актуальные проблемы оториноларингологии»
Санкт-Петербург

10.01 2005 г.
Региональная конференция по фармации и фармакологии
Пятигорск

www.FireWooD.net.ru

ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ ПРО

ВООРУЖЕННЫЕ СИЛЫ



15 декабря 2004 г. первое полномасштабное испытание всех основных компонентов системы ПРО наземного базирования закончилось неудачей.

Ракета-перехватчик, которая должна была сбить стартовавшую за 16 минут до этого с острова Кадьяк (штат Аляска) баллистическую ракету с учебной боеголовкой, не смогла уйти с пусковой установки на тихоокеанском атолле Кваджалейн. Условия испытаний были максимально приближены к боевым. Типы ракет-носителей (перехватчика и цели) впервые совпадали, то есть противоракета должна была сбить противоракету. Пентагон оценивает стоимость запуска в $85 млн.

По мнению специалистов, перехватчик не смог стартовать, поскольку у него выключился двигатель. Как заявило Агентство по ПРО министерства обороны США, «аномалия», имеющая неизвестное происхождение, вызвала остановку двигателя ракеты-перехватчика, находившейся в пусковой шахте. Неудача может иметь серьезные последствия для создаваемой США системы ПРО.

Павел Худолей

Подробнее о системе ПРО читайте в следующем номере журнала «В мире науки», статья «Бреши системы ПРО».

СКВОЗЬ ТУМАНЫ ТИТАНА

АСТРОНОМИЯ





Текущий по поверхности поток – возможно, ледяная «лава» извергнутая «крио-вулканом».

26 октября 2004 г. аппарат «Кассини» пролетел на расстоянии всего 1200 км от крупнейшего спутника Сатурна, что позволило ему с помощью радара взглянуть сквозь облачный покров на Титан и составить карту его поверхности (около 1%). Ожидаемых озер жидкого метана не замечено. Зато «Кассини» обнаружил несколько кратеров, доказывающих, что поверхность Титана продолжает формироваться. Яркая деталь на изображении напоминает текущий по поверхности поток – возможно ледяная «лава», извергнутая «крио-вулканом». Полосы могут быть медленно движущимися углеводородными «ледниками» или веществом, переносимым по поверхности ветром. Область, напоминающая кошачью голову (ее прозвали «Хэллоуинским котом»), может быть озером. Затем «Кассини» выпустит европейский зонд «Гюйгенс» в сторону Титана, чтобы 14 января зонд смог приземлиться (или приводниться) на поверхность спутника и получше ее рассмотреть.

Чарльз Чой

ROM MILLER (*bottom, grayscale*); NASA/JPL/SSCI (*bottom, color*)

www.FireWooD.net.ru

IBM увеличивает быстродействие транзисторов

НАНОТЕХНОЛОГИИ

В декабре *IBM* представила первый самый маленький в мире чип *SRAM* (статическая *RAM*). Новые ячейки состоят всего из шести транзисторов. Они в два раза меньше существовавших ранее прототипов и в 10 раз меньше, чем использующиеся сегодня. Кроме того, компания продемонстрировала новую технологию, которая позволяет втрое улучшить производительность транзисторов, а следовательно, изготовить более компактные и быстродействующие чипы. Новый метод совместим с традиционной *CMOS*-технологией.

По словам исследователей, ускорить работу транзистора позволил слой напряженного германия (*strained Ge*). Так же, как и в случае напряженного кремния (*strained silicon*), в кристалле полупроводника создается механическое напряжение, приводящее к увеличению подвижности носителей заряда и, как следствие, улучшению характеристик транзисторов, в том числе величин электрических токов, протекающих через него. Сообщается, что ключевым моментом технологии является создание тонкого слоя германия на затворе транзистора.

Германиевые или гибридные кремний-германиевые технологические процессы, как правило, являются более трудоемкими и дорогими, чем кремниевые, а используются значительно реже последних.

Новые чипы на основе напряженного германия по 32-нм техпроцессу *IBM* планирует выпускать только в 2013 г., а чипы по 65-нм техпроцессу появятся на рынке уже в 2005 г.

Валентин Петров

Могут ли сардины спасти озоновый слой?

ЭКОЛОГИЯ

В отличие от крупного рогатого скота и термитов, чья газовая эмиссия (если выражаться деликатно) увеличивает количество метана в атмосфере, сардины могли бы препятствовать образованию парниковых газов, если бы их не так интенсивно вылавливали.

Исследователи утверждают, что когда сардин много, они активно поедают океанский фитопланктон — несметное количество крохотных растений, всплывающих с океанских глубин к поверхности. Но когда рыбы становится недостаточно, планктон вновь опускается на дно, где, разлагаясь, вырабатывает метан (который в 21 раз активнее в создании парникового эффекта, чем даже углекислота) и сероводород (который может отравить рыбу). Газы, поднимаясь к поверхности воды, создают бескислородные «мертвые зоны».

Гипотеза о связи численности сардин, количества планктона и парникового эффекта была разработана Андрю Бэканом (Andrew Bakun) из Университета Майами и Скарлой Уикс (Scarla J. Weeks) из Кейптаунского университета в ходе исследований популяции этой рыбы в прибрежных водах Намибии, где ее поголовье с 70-х гг. значительно снизилось в результате интенсивного вылова.

Подъем метана и сероводорода на поверхность воды в этом районе происходил и до начала интенсивного рыболовства, но реже и в меньших масштабах, чем сейчас. Исследователи предполагают, что потепление климата стимулировало более частое всплытие фитопланктона, а отсутствие сардин приводит к более интенсивному выделению метана и, в свою очередь, способствует глобальному потеплению. Результаты своих наблюдений они опубликовали в журнале *Ecology Letters*.

Некоторые исследователи сомневаются в правомерности данной гипотезы, однако Эллен Пикитч (Ellen Pikitch), глава Института океанических исследований Университета Майами, финансировавшего работу доктора Бэкана, считает, что чрезмерно интенсивный вылов одного из видов рыб, например сардин, может значительно изменить состояние всей морской экосистемы.

«Проблема с сардинами состоит в том, – считает доктор Бэкан, – что из-за небольшой экономической значимости данного вида рыбы федеральное правительство не особенно интересуется этими вопросами».

Влад Софронов

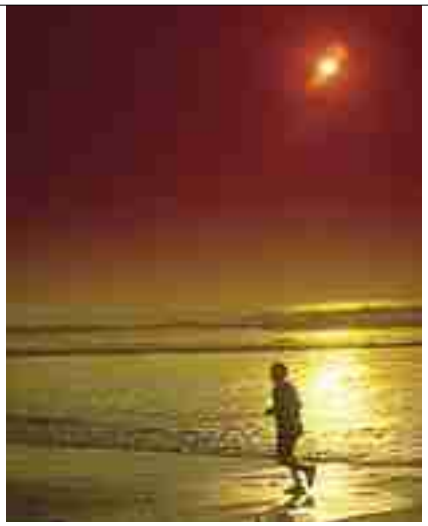


www.FireWooD.net.ru

Бег как двигатель эволюции

АНТРОПОЛОГИЯ

Важна не столько скорость, сколько выносливость.



Недавно проведенные исследования показали, что переход древнего человека от ходьбы к бегу стал важнейшим фактором эволюции.

В работе, недавно опубликованной в *Nature* профессором биологии Университета штата Юта Дэнисом Брамблом (Dennis Bramble) и антропологом из Гарварда Дэниелом Либерманом (Daniel Lieberman), показано, что преимущества в естественном отборе имели те древние люди, которые обладали генетическими мутациями, благоприятствовавшими бегу. Первобытный человек спустился с деревьев и стал жить на земле. Со временем у него сформировались узкая талия, более короткие предплечья, уменьшились ягодицы и т.д.

Ученые предположили, что бег привел к увеличению объема мозга и способствовал его развитию, поскольку позволил нашим древним предкам легче находить продукты, содержащие большое количество протеина, столь необходимого для мозговой деятельности.

По оценкам Брамбла, понадобилось от 2,5 до 3 млн. лет, чтобы появился самостоятельный механизм бега. Подтверждением этому служит развитие ахиллова сухожилия, которое значительно облегчает бег, но не влияет на ходьбу. Прежде на бег не обращали особого внимания, поскольку человек не выглядит таким уж быстрым в сравнении с четвероногими – но, по мнению Брамбла, всегда важна была не столько скорость, сколько выносливость, вырабатывавшаяся в ходе эволюции. Возможно, наши предки бегали значительно лучше, чем современные спринтеры, до тех пор, пока развитие метательных орудий не сделало бег не столь важным для выживания человеческого рода.

Влад Софронов

Многоцелевой нанокабель

ФИЗИКА

Тончайший кабель, в 1000 раз тоньше человеческого волоса, станет важнейшей частью детекторов загрязнения, миниатюрных фотоэлементов и мощных компьютерных чипов.

Метод, позволивший создать подобный кабель, был предложен группой химиков Калифорнийского Университета, возглавляемой Питером Строевым (Pieter Stroev), профессором химического машиностроения и материаловедения. Для изготовления нанокабеля использовалась мембрана с отверстиями, покрытыми золотом. С помощью электрохимических методов слои полупроводников (теллура, сульфида кадмия, сульфида цинка) осаждались на золотой пленке. Когда кабель был готов, мембрану разрушали.

По словам Строева, у нанокабеля может быть немало сфер применения, т.к. его электрическая проводимость меняется под воздействием различных химических веществ и токсинов. Новый кабель может не только определять наличие токсинов, как его предшественники, но и измерять их количество.

Особые свойства нового кабеля позволяют создавать упорядоченные структуры. При этом площадь поверхности будеат в 1000 раз больше, чем у плоских устройств такого же размера. Это позволит, к примеру, создавать миниатюрные фотоэлементы, более эффективно улавливающие солнечный свет.

Нанокабель может быть использован и для создания более мощных компьютерных чипов, поскольку позволяет размещать транзисторы более плотно. Сегодня в компьютерах используются кремниевые чипы с металлическими транзисторами, прикрепленными к поверхности. Новый же метод поможет встраивать транзисторы непосредственно в кремниевые чипы.

Влад Софронов

www.FireWooD.net.ru

защита информации

ИНФОРМАТИКА

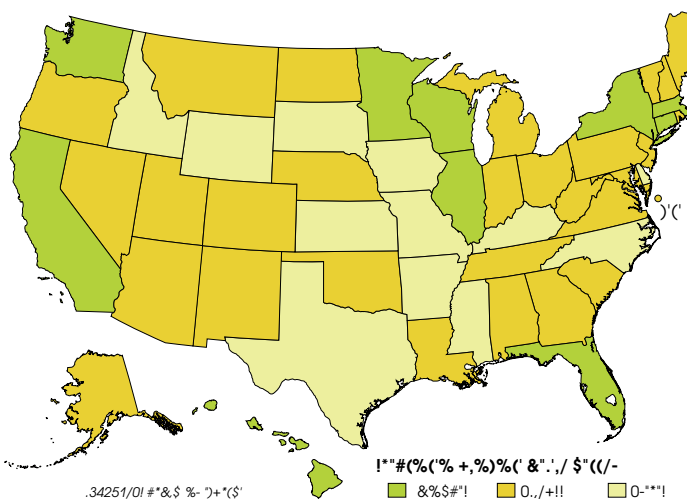
Федеральное правительство стремится сохранить анонимность личных данных американцев, что не всегда удается.

С 1991 г. в конгрессе США разрабатывается закон о защите номеров социального страхования граждан, но он так до сих пор и не принят. По мнению обозревателя журнала *Privacy Journal* Роберта Смита (Robert Ellis Smith), на это есть две причины. Во-первых, члены конгресса лоббируют интересы крупных корпораций, которые часто не совпадают с мнением населения. Во-вторых, федеральные законы содержат большое количество поправок, ущемляющих права американцев.

Местное законодательство в большей степени на стороне обычных граждан. Сотрудники *Privacy Journal* составили рейтинг штатов по степени защиты персональных данных. В качестве основных критериев были выбраны: тайна банковского вклада, доступ пациента к истории болезни, объем личных данных, открытых для административных органов, сведения об аресте. Лидерами считаются те штаты, где законом защищены все права граждан. Оценка проводилась по пятибалльной системе. Возглавляет рейтинг Калифорния, принявшая недавно ряд законов о защите личной информации. За ней следуют Миннесота и Гавайи. Только в этих штатах к личным делам граждан имеют доступ специально подготовленные сотрудники. Штаты Вашингтон и Висконсин располагаются на третьем месте.

Внизу рейтинга – Вайоминг, где законодательство не обеспечивает должную анонимность (это распространяется на номер карточки социального страхования, сведения о читателях в библиотеках, банковские счета, медицинские карты, генетическую информацию). Чуть лучше обстоят дела в штате Миссисипи, где учетные карточки в библиотеках и номера социального страхования находятся под частичным контролем. В Миссури охраняются законом генетические данные граждан. В число неблагоприятных попал штат Делавэр, где номер карточки социального страхования размещается на водительских удостоверениях. По данным Федеральной комиссии по торговле, за 12 месяцев 2003 г. 4,6% американцев пострадали от мошенников, воспользовавшихся их персональными данными, еще 0,7% получили чужие неоплаченные счета.

Роджер Дойл





REUTERS/CORBIS (*top*); RODGER DOYLE (*bottom*)

насилие, вызванное стрессом

ПСИХОЛОГИЯ

Хочется стукнуть кулаком по столу, простояв полчаса в очереди и зная, что оплаченное вами время на автостоянке истекает. Ничего удивительного: существует тесная взаимосвязь между гормонами стресса и проводящими путями мозга, контролирующими агрессию. Нидерландские ученые обнаружили, что электростимуляция этих нейроволокон у крыс активирует адренокортикальную реакцию, сходную с реакцией на стресс («драться или бежать»). Введение грызунам стрессового гормона кортикостерона также побуждает их вести себя агрессивно. Образуется замкнутый круг: агрессивное поведение повышает уровень стрессовых гормонов, которые, в свою очередь, способствуют проявлению насилия. Исследователи опасаются, что если не обращать должного внимания на стресс, то можно столкнуться с патологическими проявлениями насилия.

Айми Каннингэм

Не поможет ли йога? Поведение футбольных фанатов в Копенгагене (*см. фото вверху*).

www.FireWooD.net.ru

небольшая доза вакцины защищает от гриппа

ФИЗИКА



Сильно уменьшенная доза вакцины от гриппа вызывает у людей иммунитет, если ее ввести в кожу, а не в мышцу предплечья. К такому выводу пришли авторы двух исследований, результаты которых опубликованы 25 ноября в *New England Journal of Medecine*.

Хотя новый метод вакцинации пока не получил официального одобрения, он мог бы способствовать решению проблем, связанных с нехваткой вакцины и формированием сопротивляемости гриппу у пожилых людей.

Введение вакцины в толщу кожи требует большего мастерства, чем внутримышечная инъекция, но в коже содержится множество иммунных клеток, которых почти нет в мышцах.

Первое из упомянутых исследований провели сотрудники компании *Iomai Corp.* в г. Гетерсберг. Часть испытуемых-добровольцев (100 мужчин и женщин в возрасте от 18 до 40 лет) получила 1/5 стандартной дозы вакцины, введенной в кожу предплечья. Другой половине испытуемых полную дозу вакцины вводили в мышцу. Ученые обнаружили, что концентрация антител против вируса гриппа в крови испытуемых обеих групп была примерно одинаковой. Иногда она была даже выше у испытуемых первой группы.

Введение вакцины в тонкий слой кожи требует бóльшего мастерства.

Второе исследование возглавил Роберт Белш (Robert B. Belshe) из Университета в Сент-Луисе. Добровольцам (130 человек от 18 до 60 лет и 108 человек старше 60 лет) вводили 2/5 стандартной дозы вакцины.

Результаты, полученные в младшей возрастной группе, подтвердили выводы ученых из компании *Iomai Corp.* Внутрикожные инъекции малых доз вакцины пожилым испытуемым оказались такими же эффективными, как и внутримышечные инъекции, против двух из трех испытанных штаммов гриппа (в отношении третьего штамма они были менее эффективны).

Ученые считают, что предлагаемый метод вакцинации будет, возможно, рекомендован для широкого использования только после проведения широкомасштабных испытаний. В будущем он мог бы способствовать решению двух важных проблем: нехватки вакцины во время эпидемий гриппа и защиты от этого заболевания пожилого населения. Возможно, внутрикожные инъекции небольших доз вакцины смогли бы защитить пожилых людей от гриппа лучше, чем внутримышечные инъекции стандартных доз.

Повышение иммунитета у стариков – это «главная нерешенная проблема, связанная с вакцинацией от гриппа», считает Грегори Гленн (Gregory M.Glenn) из компании *Iomai Corp.*, отмечая, что только у 30–50% пожилых людей, привитых традиционным методом, вырабатывается иммунитет в отношении этой болезни.

Татьяна Панченко

малый человеческий вид

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

На индонезийском острове Флорес были обнаружены останки неизвестного ранее вида древнего человека, жившего 18 тыс. лет назад. Он получил название *Homo floresiensis*. Пропорции его тела и мозга сопоставимы с размерами взрослых австралопитеков. Однако другие черты, например, связанные со способом передвижения и пережевывания, ставят его в ряд с *Homo*. Питер Браун (Peter Brown) из Университета Новой Англии в Австралии утверждает, что *H. floresiensis* был потомком *H. erectus*, а его небольшой рост (около метра) объясняется ограниченным запасом пищи на острове. Ученый предполагает, что 35 тыс. лет назад, когда в восточной Азии появился *H. sapiens*, а вблизи острова Ява находились остатки популяции *H. erectus*, какое-то время три человеческих вида могли сосуществовать вместе. Но как они взаимодействовали, остается неизвестным.

Кейт Вонг

www.FireWooD.net.ru

О ЧЕМ ГОВОРЯТ КАШАЛОТЫ

БИОЛОГИЯ



Эхолокация помогает кашалотам в поисках пищи

Кашалоты в поисках пищи используют эхолокацию. Звуковые сигналы бывают двух видов: «щелчки» (короткие звуки продолжительностью 1–2 секунды) и «скрип» (более продолжительный звук, напоминающий жужжание).

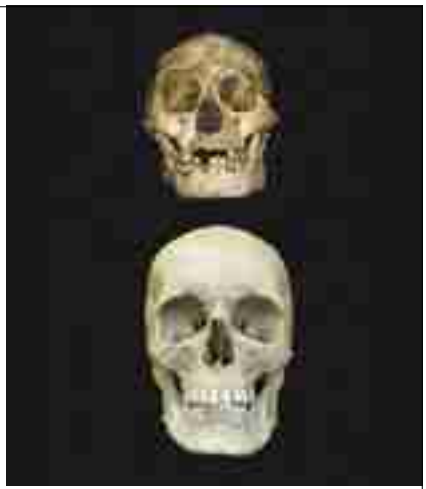
Ученые давно предполагали, что кашалоты используют оба вида сигналов для обнаружения кальмаров и прочей живности, но увидеть, чем занимаются животные на глубине 600 м, было не так просто.

С помощью новых приборов исследователи из шотландского Университета св. Андрея и массачусетского Института океанографии установили, что кашалоты «жужжат», когда вплотную приближаются к добыче.

Датчики, укрепленные на теле кашалота, зафиксировали глубину погружения, звуки и трехмерное изображение перемещений 23 кашалотов в Средиземном море и Мексиканском заливе. В ходе 103 погружений было записано в общей сложности 1670 «скрипов», длившихся в среднем по 9 секунд. Но самым интересным оказалось то, что почти все звуки этого рода издавались в самой глубокой точке погружения, где кашалоты постоянно перемещались, и длились до 10 секунд.

Проведенные исследования подтверждают гипотезу, согласно которой «жужжание» необходимо кашалотам, чтобы маневрировать для захвата добычи. В этом отношении кашалоты подобны летучим мышам: непрерывная подача сигналов обеспечивает постоянное обновление информации о положении жертвы. (Выводы изложены в октябрьском номере журнала *The Proceedings of the Royal Society.*)

Влад Софронов



PETER BROWN (*bottom*)

Потерянное звено: *Homo floresiensis* (*вверху*) был мельче, чем *H. sapiens* (*внизу*).

МИКРОРОБОТ УДЕРЖИТ ИЗДЕЛИЕ НА ПОТОЛКЕ

РОБОТОТЕХНИКА

В производстве изделий, требующих прецизионной обработки, часто необходимо их позиционирование по самым разным поверхностям – не только горизонтальным, но и вертикальным, наклонным или даже потолочным. Но с помощью существующих систем удавалось сверхточно расположить изделия только в горизонтальной плоскости.

В Уфимском государственном авиационном техническом университете создали систему для перемещения изделий по всем поверхностям. Действует она на основе мобильного вакуумного пьезоэлектрического микроробота, совмещающего подвижную платформу и привод в виде основного пьезокристалла, на концах которого установлены два вакуумных захватных устройства.

Захватное устройство состоит из пневмоприсоски и пневматического пьезонасоса. Последовательность управляющих напряжений позволяет деформировать основной пьезокристалл привода (укоротить, удлинить или согнуть в двух направлениях). С его помощью обеспечивается захват рабочей поверхности одним вакуумным захватным устройством или одновременный захват обоими. В результате механизм может совершать шагоподобное движение и поворачивать подвижную платформу. При этом микроробот надежно удерживается на любой – наклонной, вертикальной или потолочной – поверхности.

Влад Софронов

Новости подготовлены по материалам интернет-изданий: *Science News Online, ScienceDaily Magazine, Associated Press,* «Нью-Йорк таймс», ИНФОРМНАУКА

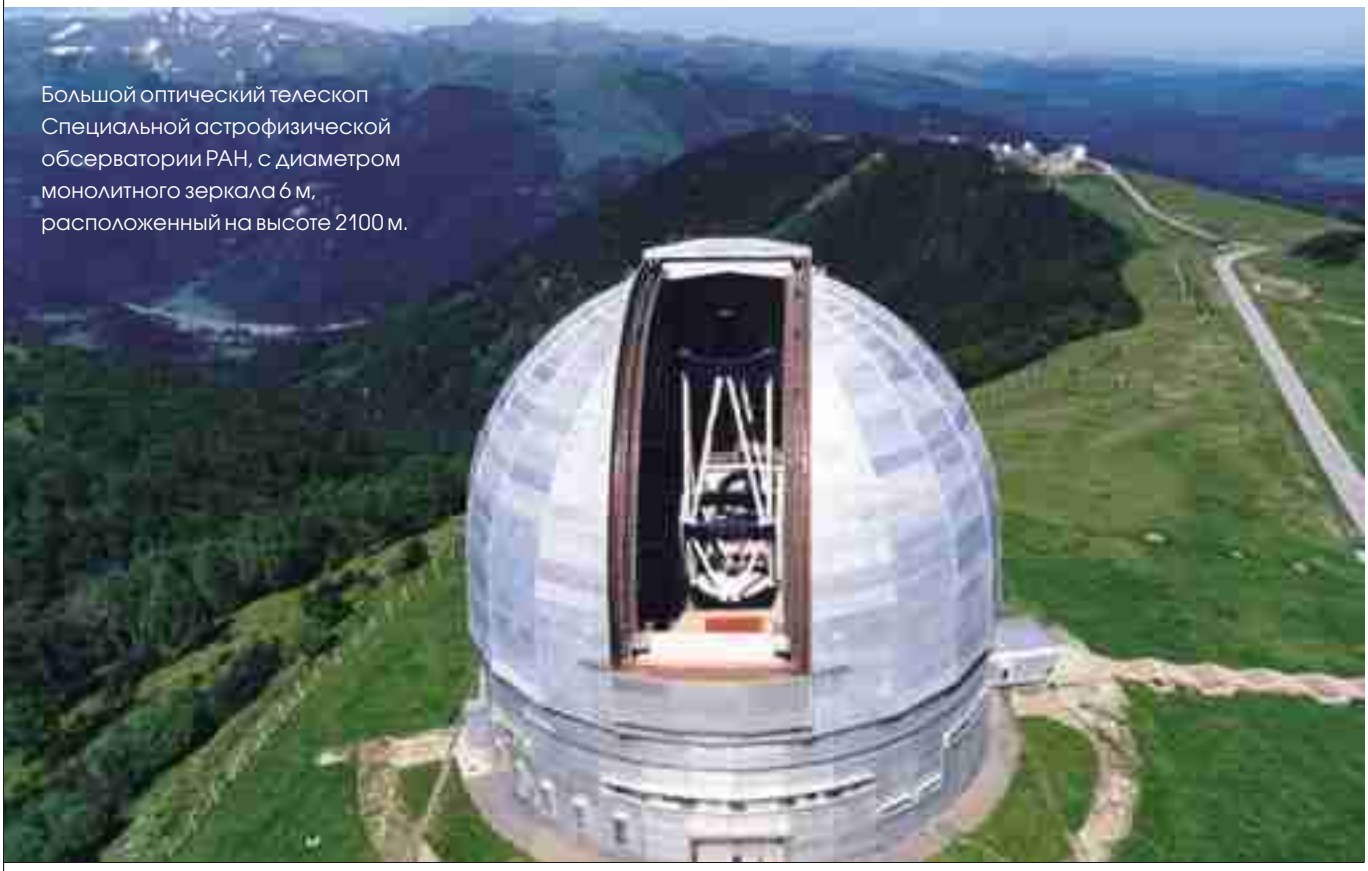
www.FireWooD.net.ru

Олег Попель,
Ирина Прошкина

СОЛНЕЧНАЯ РОССИЯ

Многие потребители стали использовать автономные источники энергии.

Масштабы использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к которым прежде всего относятся энергия солнца, ветра, биомассы, малых рек, геотермальная энергия, природное и сбросное низкопотенциальное тепло, растут с каждым годом. Сегодня их доля в мировом энергетическом балансе составляет около 8%, а к 2010 г., по прогнозам специалистов, должна возрасти до 12%. Технологии использования ВИЭ неуклонно совершенствуются и становятся все более конкурентоспособными и привлекательными. Повышенный интерес к применению экологически чистых ВИЭ во многих странах связан как с ростом цен на традиционные энергоносители, так и с угрозой антропогенного загрязнения окружающей среды, в том числе энергетическими объектами.



Большой оптический телескоп Специальной астрофизической обсерватории РАН, с диаметром монолитного зеркала 6 м, расположенный на высоте 2100 м.

www.FireWooD.net.ru



В последние годы внимание к новым источникам энергии резко возросло и в России. Несмотря на то что страна обладает колоссальными запасами нефти, газа и угля, затраты на их добычу и транспортировку неуклонно растут. Большая часть территории с населением около 20 млн. человек не имеет централизованных систем электро- и теплоснабжения. В условиях быстрого роста тарифов (в некоторых регионах России за последние 4 года – в 3–5 раз) многие потребители предпочитают использовать собственные, в том числе нетрадиционные автономные источники энергии. Появляются новые области их эффективного практического применения.

К примеру, на Камчатке нескольких блоков Верхне-Мутновской и Мутновской геотермальных электростанций позволил существенно облегчить положение с энергоснабжением полуострова. Причем следует отметить, что себестоимость электроэнергии ГеоЭС существенно ниже, чем на дизельных электростанциях.

В настоящее время активно развиваются и внедряются технологии энергетической переработки отходов деревоперерабатывающей промышленности на северо-западе России. Создаются ветроэнергетические комплексы на Чукотке, в Калининградской, Ленинградской и других областях страны. Расширяется применение мини- и микро-ГЭС в горных районах Алтая, Башкирии, Бурятии, растет интерес к системам теплоснабжения на базе тепловых насосов.

Широкое применение в России могла бы найти и солнечная энергия. Несмотря на то что в ряде районов страны (прежде всего в Краснодарском крае, Дагестане, Бурятии) в течение ряда лет успешно работают солнечные водонагревательные установки, обеспечивающие горячей водой некоторые санатории, дома отдыха, больницы и жилые дома, в других регионах отношение к ним острожное. Бытует мнение, что солнечная энергия может эффективно использоваться только в южных странах, а Россия после распада Советского Союза стала считаться северной страной, где солнечного излучения недостаточно и использовать его нецелесообразно.

Последние исследования и разработки специалистов Института высоких температур Российской академии наук (ИВТ РАН) доказывают несостоятельность такой точки зрения.

> В условиях быстрого роста тарифов многие потребители предпочитают использовать собственные, в том числе нетрадиционные автономные источники энергии.

В Лаборатории возобновляемых источников энергии и энергосбережения ИВТ РАН завершена разработка Атласа распределения ресурсов солнечной энергии по территории России, создана климатическая база данных, ориентированная на исследования ▸

www.FireWooD.net.ru



РАТАН- 600 – радиотелескоп Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, расположенный в станице Зеленчукская на Кавказе. Название – акроним «Радиоастрономический телескоп Академии наук». Телескоп состоит из 900 параболических пластин, образующих круг диаметром 600 м. Он может использоваться как целиком, так и по частям – каждая четверть телескопического зеркала может работать отдельно.

в области солнечной энергетики. Наземных станций, на которых проводятся систематические измерения потоков солнечного излучения на территории России, насчитывается всего около ста, что явно недостаточно для районирования всей территории страны. Поэтому в исследованиях были использованы также спутниковые данные *NASA*, полученные за 10 лет наблюдений за радиационным балансом земной поверхности, в том числе и над территорией России. В результате сотрудниками лаборатории составлены карты поступления солнечной радиации на неподвижные поверхности, ориентированные различным образом в пространстве для всех регионов за определенные периоды года. Для эффективного преобразования энергии Солнца важно выбрать оптимальный угол наклона солнечного коллектора, при котором суммарное поступление энергии солнечного излучения на приемную поверхность за рассматриваемый период работы максимально. Оптимизация угла позволяет в 1,3–1,5 раза увеличить сбор энергии по сравнению с ее поступлением на горизонтальную поверхность.

Построение карт позволило системно оценить потенциал солнечной энергии в различных регионах страны. На изображенной выше карте приведено среднегодовое распределение ресурсов энергии солнечной радиации, поступающей в среднем за день на 1 м^2 площадки южной ориентации с оптимальным углом наклона к горизонту (для каждой географической точки это свой угол, при котором суммарное за год поступление энергии солнечной радиации на единичную площадку максимально). Очевидно, что в сегодняшних границах России наиболее «солнечными» являются не районы Северного Кавказа, как предполагают многие, а регионы Приморья и юга Сибири (от 4,5 до 5,0 кВт·ч/м^2 день). Интересно, что Северный Кавказ, включая известные российские черноморские курорты (Сочи и др.), по среднегодовому поступлению солнечной радиации относятся к той же зоне, что и большая часть Сибири, включая Якутию (4,0–4,5 кВт·ч/м^2 день). Более 60% территории России, в том числе и многие северные районы, характеризуются среднегодовым поступлением от 3,5 до 4,5 кВт·ч/м^2 день.

Важным фактором, определяющим экономическую эффективность применения солнечных установок, является продолжительность их использования в течение года. Проблема заключается в том, что для высокоширотных районов различие в поступлении радиации летом и зимой может быть достаточно велико. Так, для территорий, расположенных за Полярным кругом, значительная часть зимнего времени приходится на полярную ночь. В средней полосе России, в том числе и в Москве, поступление энергии солнечного излучения в летний период в пять раз больше, чем в зимний. В этой ситуации возникает вопрос: какие водонагревательные установки наиболее целесообразно предлагать потребителям: сезонные, работающие только в теплый период, или круглый год? Очевидно, что в последнем случае солнечные водонагревательные установки (СВУ) должны иметь большую поверхность солнечных коллекторов для сбора менее интенсивных потоков радиации. Кроме того, в них должен использоваться незамерзающий теплоноситель и, следовательно, дополнительные теплообменники для передачи тепла к воде. Очевидно, что такие

www.FireWooD.net.ru

агрегаты будут более дорогими и экономически менее привлекательными.

Освоение «солнечного» рынка в России должно начинаться прежде всего с простейших СВУ сезонного действия, которые могут найти эффективное применение не только на юге страны, но практически на всей территории России. С экономической точки зрения они конкурентоспособны там, где их можно замещать электрическими водонагревателями, потребляющими дорогую электрическую энергию. Их также можно использовать на всех объектах с сезонным (летним) потреблением горячей воды (летние кафе, туристические базы, дома отдыха и т.п.). Особо привлекательны установки для большинства россиян, имеющих летние дачи и загородные дома, электроснабжение которых часто ограничено пропускной способностью местных электрических сетей или вовсе отсутствует. Они имеют хорошие перспективы для применения в сельском хозяйстве, местной промышленности, на объектах жилищно-коммунального хозяйства.

Если взглянуть на карту распределения поступления солнечной радиации на поверхность земли по территории России за летний период, то видно, что большинство районов страны вплоть до 65° северной широты характеризуются примерно одинаковыми высокими значениями среднедневной радиации от 4,5 до 5 кВт·ч/м^2 день, и с этой точки зрения энергетическая эффективность СВУ на всей этой территории оказывается приблизительно одинаковой.

Как же обеспечить широкое внедрение солнечных установок на российский рынок? Прежде всего необходимо преодолеть психологический барьер. Нужно более активно информировать потенциальных пользователей о возможностях и особенностях новых предлагаемых технологий. Крайне важно создание в регионах сети объектов, наглядно демонстрирующих энергетические, экономические и экологические преимущества использования солнечной энергии. Наконец, необходимо предложить рынку новые эффективные и, что особенно важно, менее дорогие установки

> Важный фактор экономической эффективности применения солнечных установок – продолжительность их использования в течение года.

Сотрудниками Лаборатории разработаны современные методы моделирования работы СВУ в реальных климатических условиях, на основе которых определена эффективность их применения в различных регионах России. Показано, например, что в климатических условиях Московского региона с помощью простейшей солнечной водонагревательной установки, имеющей плоский солнечный коллектор площадью 2 м^2 и бак-аккумулятор емкостью 100 л., в период с апреля по сентябрь можно получать теплую воду (т.е. нагретую до температуры выше 37°С) не менее чем в 70% дней этого периода, а при температуре более 45°С – в течение 50% дней без использования какого-либо резервного нагревателя. Даже в условиях г. Салехарда, расположенного на полярном круге, в летнее время установки могут обеспечить теплой водой более 60% дней.

В лаборатории разработаны новые конструкции солнечных коллекторов и СВУ из теплостойких и стойких к ультрафиолету пластмасс, позволяющие снизить их стоимость в 1,5–2 раза по сравнению с водонагревателями из нержавеющей стали, цветных металлов и стекла. Совместно с проектными организациями разрабатываются типовые решения по использованию солнечных установок различными потребителями. Созданы также стенды для теплотехнических испытаний и сертификации солнечных коллекторов и солнечных водонагревателей в соответствии с национальными и международными стандартами

Большое внимание уделяется созданию демонстрационных объектов в различных регионах страны. Одним из таких полигонов для применения ВИЭ (возобновляемых источников энергии) стала в последние годы Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук (САО), всемирно известный научный центр,

ОБ АВТОРАХ:

Олег Сергеевич Попель – кандидат технических наук, зав. лабораторией возобновляемых источников энергии и энергосбережения Института высоких температур РАН. Научные интересы: теплофизика, преобразование различных видов энергии, нетрадиционные возобновляемые источники энергии, водородная энергетика, энергосбережение, экология.

Ирина Павловна Прошкина – специальный корреспондент журнала «В мире науки».

www.FireWooD.net.ru



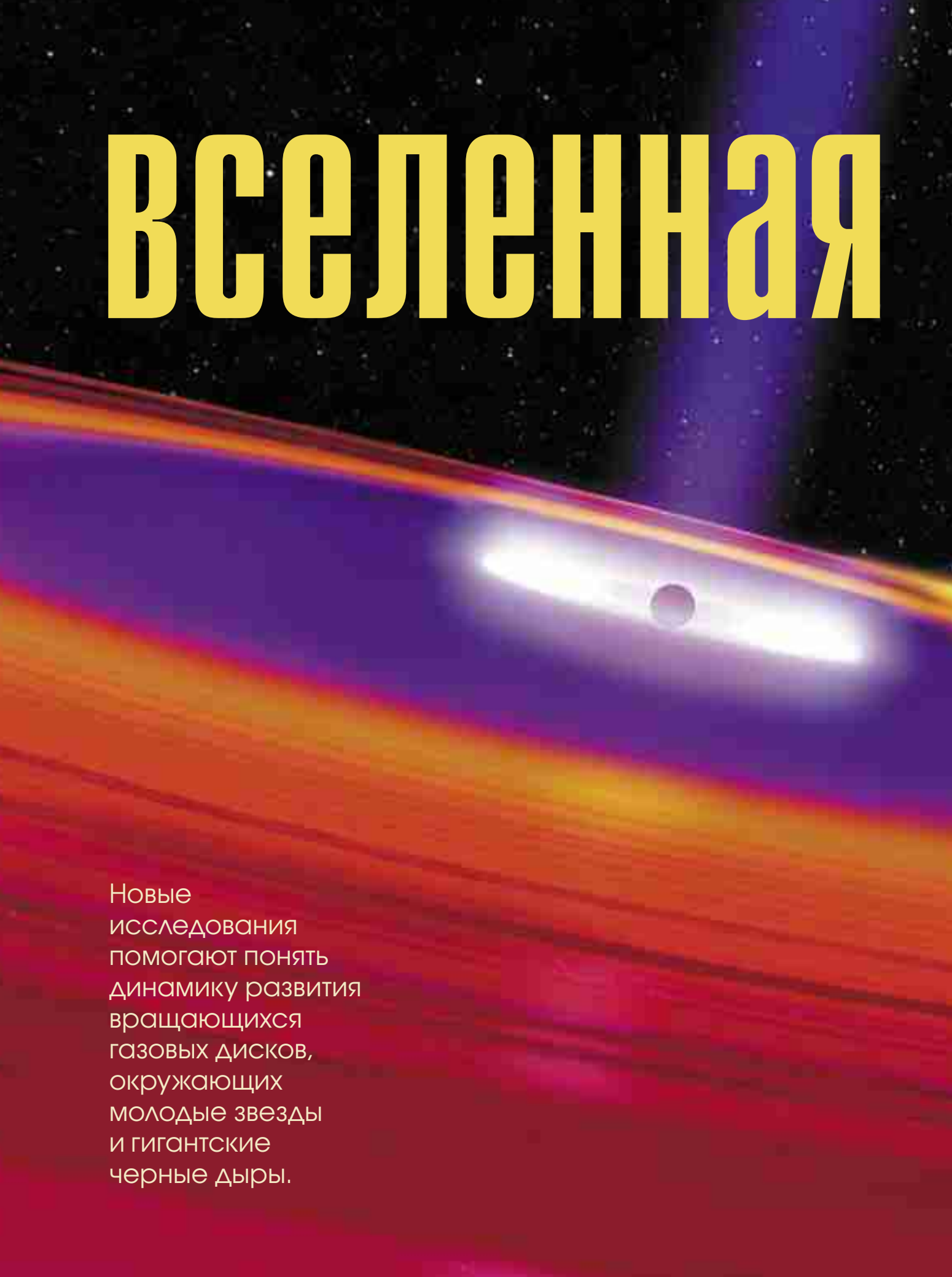
расположенный в горах Западного Кавказа. Теплоснабжение научного поселка САО с населением 800 человек обеспечивается местной котельной на дорогом привозном жидком топливе. Отопление и горячее водоснабжение научных комплексов САО, расположенных за пределами поселка, в связи с недопущением загрязнения атмосферы – электрическое. В рамках демонстрационного проекта, осуществляемого под научным руководством лаборатории при финансовой поддержке Федерального агентства по науке, в настоящее время проводится реконструкция систем энергоснабжения САО с широким использованием возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий. Разработаны и поэтапно вводятся в строй более десятка солнечных установок различного назначения (сезонное и круглогодичное горячее водоснабжение, подогрев воды в бассейне, отопление ряда помещений). Пущена система теплонасосного теплоснабжения здания Большого оптического телескопа. При этом в качестве низкопотенциального используется тепло, выделяющееся в масляной системе подвески многотонной конструкции телескопа. Также проектируется ветровая ферма и энергоустановка на базе микро-ГЭС, которые предполагается использовать в качестве дублирующих источников энергии. Планируется создание когенерационной энергоустановки (мини-ТЭЦ) на базе действующей котельной жилого поселка. Ожидается, что большинство принятых к реализации технических решений имеют сроки окупаемости от 1 до 5 лет, что характеризует их как высокоэффективные.

Учитывая положительный опыт применения ВИЭ для Специальной астрофизической лаборатории, правительство Карачаево-Черкесской Республики приняло решение о расширении эксперимента и оснащении солнечными и другими установками с ВИЭ ряда объектов на территории республики, в том числе центральной усадьбы и кордонов Тебердинского природного биосферного заповедника, горнолыжных и туристических центров в Домбае, Архызе и др. Начата подготовка Республиканской программы широкого применения ВИЭ и энергосберегающих технологий, которая могла бы стать составной частью Российской программы по использованию возобновляемых источников энергии, запуск которой планируется при участии Глобального экологического фонда Всемирного банка в 2005 г. ■

Повышенный интерес к применению экологически чистых ВИЭ во многих странах связан как с ростом цен на традиционные энергоносители.

www.FireWooD.net.ru

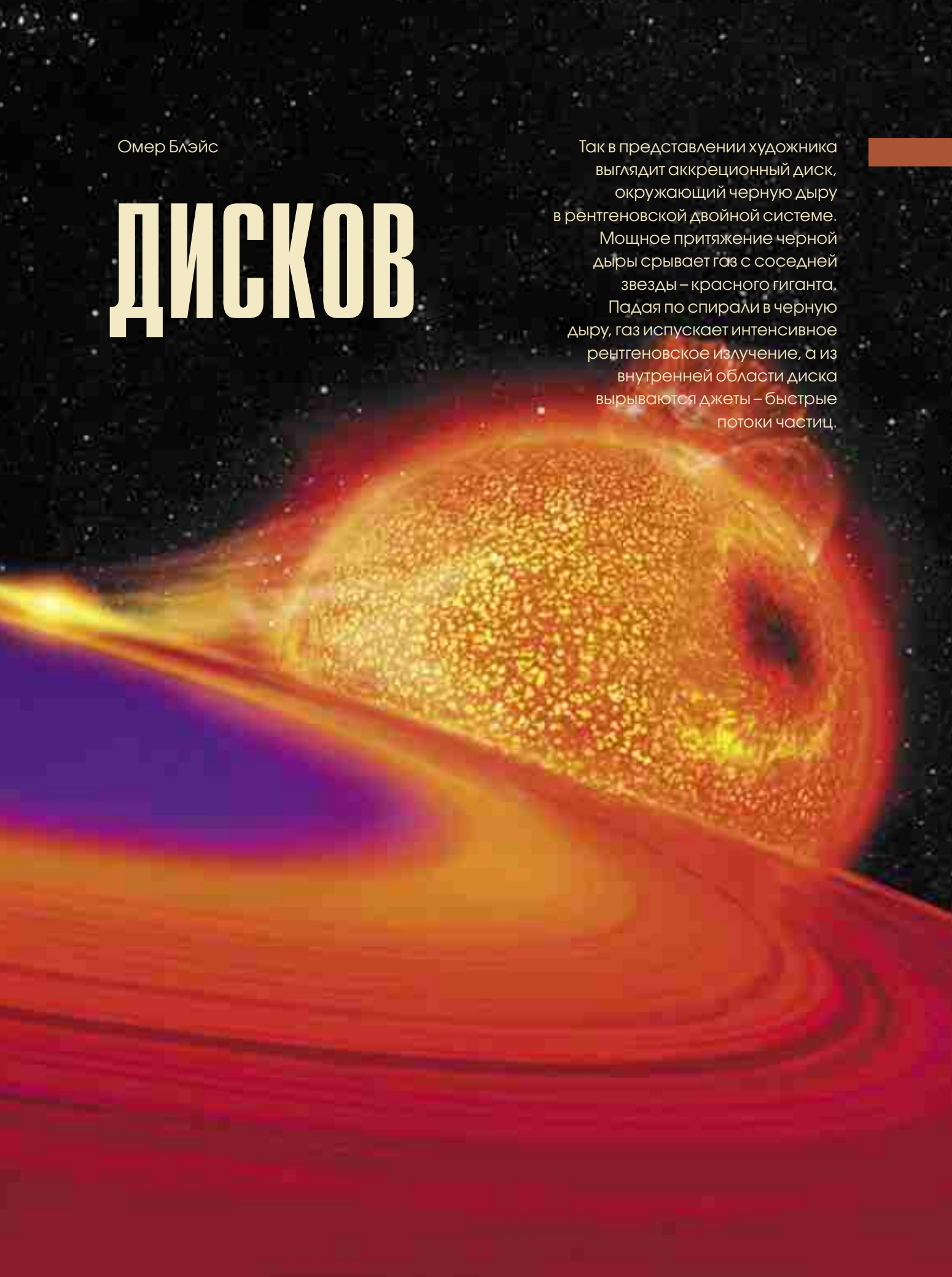
вселенная



Новые исследования помогают понять динамику развития вращающихся газовых дисков, окружающих молодые звезды и гигантские черные дыры.

Омер Блэйс

ДИСКОВ



Так в представлении художника выглядит аккреционный диск, окружающий черную дыру в рентгеновской двойной системе. Мощное притяжение черной дыры срывает газ с соседней звезды – красного гиганта. Падая по спирали в черную дыру, газ испускает интенсивное рентгеновское излучение, а из внутренней области диска вырываются джеты – быстрые потоки частиц.

В ясную ночь даже невооруженным глазом можно увидеть Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн. Все они образуют на небе большой круг. Здесь же лежит эклиптика – годичный путь Солнца на фоне зодиакальных созвездий.

Планеты нашей Солнечной системы, включая Землю, обращаются вокруг Солнца в определенном направлении и почти в одной плоскости (кроме Плутона). Такая согласованность указывает, что они сформировались из газо-пылевого диска, вращающегося вокруг молодого Солнца. Точно так же и наша Галактика, состоящая из многих миллиардов звезд, имеет округлую форму. Поскольку Солнечная система расположена внутри этого диска, то нам кажется, что Галактика окружает нас в виде полосы Млечного Пути.

Во Вселенной встречается огромное разнообразие различных по размеру структур в виде круга. (Например, Сатурн, имеющий кольца, как и все планеты-гиганты Солнечной системы.) Протопланетные диски вокруг многих молодых звезд похожи на те, которые, по всей видимости, сформировали нашу Солнечную систему. В некоторых двойных звездных системах газ, потерянный одной из звезд, захватывается притяжением другой, образуя вокруг нее овал. Двигаясь в нем по спирали, как в водовороте, газ медленно опускается на поверхность звезды. Такие структуры называют аккреционными дисками. Считается, что они существуют и в ядрах галактик вокруг сверхмассивных черных дыр, массы которых могут доходить до миллиардов масс Солнца.

Астрономы полагают, что аккреционные диски вокруг сверхмассивных черных дыр могут влиять на формирование и эволюцию галактик, а изучение их динамики развития вокруг молодых звезд проливает свет на раннюю историю нашей Солнечной системы. Благодаря современному компьютерному моделированию ученые смогли объяснить турбулентность аккреционных дисков, которая делает их мощными источниками энергии. Но другие явления, такие как струи частиц, часто истекающие из них, пока необъяснимы.

Небесная карусель

Вращение помогает диску противостоять притяжению. Представьте себя на быстро крутящейся карусели. Если вы не схватились за одну из лошадок, то будете падать, двигаясь по касательной к кругу. Усилие вашей руки – это как раз та сила, которая помогает вам удержаться. Таким же образом вращение вещества в диске противостоит силе притяжения.

Вращающиеся объекты имеют момент импульса, значение которого пропорционально скорости вращения объекта и распределению его массы вокруг оси: чем дальше она от нее, тем больше (при той же скорости) момент импульса, который для понимания динамики вращающихся систем не менее важен, чем энергии, поскольку обе эти величины сохраняются. Момент, как и энергия, не может ни появиться, ни исчезнуть. К примеру, фигурист на льду начинает крутиться быстрее, когда прижимает руки к телу. Поскольку его момент импульса должен остаться постоянным, перемещение массы к оси вращения тела компенсируется увеличением скорости его вращения.

Закон сохранения момента импульса объясняет, почему диски столь распространены во Вселенной. Рассмотрим облако газа, которое сжимается под действием собственного тяготения. Все во Вселенной так или иначе вращается, поэтому можно предположить, что и облако имеет какой-то момент импульса. Если оно сжимается, то закон сохранения вынуждает его продолжать движение по кругу быстрее (*см. врез на стр. 23*). Постепенно вращение начинает уравновешивать силу притяжения, от чего вещество перемещается к оси все медленнее и медленнее. Вдоль оси вращения вещество почти свободно падает к экваториальной плоскости, т.е. к плоскости, перпендикулярной оси. В результате получается диск, поддерживаемый вращением.

Ученые полагают, что именно так образуются протопланетные диски вокруг молодых звезд и приблизительно так же формируются газовые диски вокруг черных дыр в центрах галактик. Станет ли вся галактика диском, зависит от временного фактора. Спиральная галактика возникает, если газ сжался во вращающийся диск прежде, чем отдельные облака превратились в звезды, которые если и родились до того, как галактическое облако сжалось в диск, то в дальнейшем сохраняют свои хаотические орбиты вокруг галактического центра, формируя эллиптическую галактику. Правда, галактики формируются не в изоляции. Их взаимные столкновения и слияния существенно усложняют картину. По крайней мере, некоторые эллиптические галактики, а также балджи и гало спиральных галактик скорее всего являются результатом таких столкновений.

Аккреционные диски формируются и в двойных звездных системах,

ОБЗОР

АККРЕЦИОННЫЕ ДИСКИ

- Газовые диски встречаются во Вселенной вокруг новорожденных звезд, в двойных звездных системах, в центрах галактик.
- Чтобы объяснить излучение, идущее от дисков, ученые предположили, что вещество в них из-за магнито-ротационной неустойчивости движется турбулентно.
- Сейчас исследователи выясняют, как излучение проявляется в аккреционных дисках разного типа.

DON DIXON (*preceding pages*)

www.FireWooD.net.ru

когда одна из звезд (например, маленький и плотный белый карлик) своим притяжением оттягивает газ у соседа (обычно у большой и не столь плотной звезды). Похищенный газ обладает значительным моментом импульса, полученным от орбитального движения двух звезд вокруг их общего центра масс. Поэтому газ не может прямо упасть на белый карлик, а формирует вокруг него диск.

Вспомнив, что год Меркурия короче земного (всего 88 суток), мы поймем, почему вещество внутренних областей диска совершает оборот по орбите за меньшее время, чем вещество внешних. Различие орбитальных периодов приводит к сдвигу: слои вещества на различных расстояниях от центра скользят друг относительно друга (*см. врез на стр. 25*). Если веществу в какой-нибудь форме присуще трение, оно будет замедлять быстро вращающиеся внутренние части диска и ускорять его медленно движущиеся внешние области. При этом момент импульса переносится от внутренних областей к внешним. В результате вещество внутренних областей не может сопротивляться гравитации и движется вниз по спирали к центральной звезде или черной дыре.

По мере того как вещество опускается к внутреннему краю аккреционного диска, оно отдает свою гравитационную потенциальную энергию, одна часть которой идет на увеличение орбитальной скорости вещества (чем ниже орбита, тем выше скорость), а другая – за счет трения превращается в тепло. Поэтому вещество в диске может нагреться и превратиться в источник видимого, ультрафиолетового и рентгеновского излучения. Мощное энерговыделение аккреционных дисков навело астрономов на мысль о существовании черных дыр, которые сами по себе не могут испускать свет, но аккреционные диски вокруг них способны на это. (Здесь мы не касаемся теории Хокинга (S. Hawking), согласно которой черные дыры

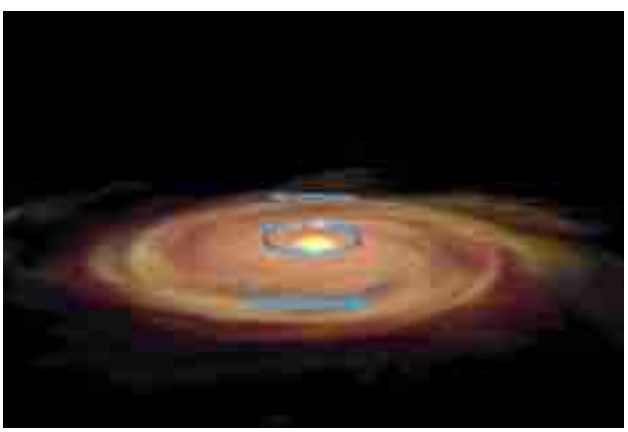
Закон сохранения момента импульса объясняет, почему диски так распространены во Вселенной. Момент импульса пропорционален скорости вращения объекта и удалению массы от оси вращения.



Облако межзвездного газа медленно вращается вокруг оси и сжимается под действием собственной гравитации. По мере сжатия облака скорость движения по кругу увеличивается.



Газ в экваториальной плоскости облака перемещается все медленнее, поскольку вращение начинает уравновешивать гравитацию.



Через некоторое время все вещество облака собирается в экваториальной плоскости, где газ поддерживается вращением – его движение противостоит гравитации.

ALFRED T. KAMAJIAN

www.FireWooD.net.ru

Астрономы наблюдают диски как вокруг молодых звезд в туманностях нашей собственной Галактики, так и в центрах других галактик, удаленных на миллионы световых лет. Многие из них по не совсем понятной причине испускают джеты частиц.

ПРОТОПЛАНЕТНЫЙ ДИСК



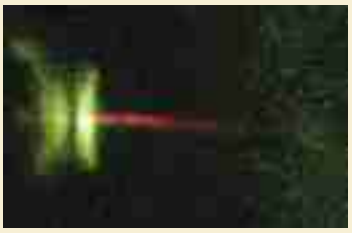
В туманности Ориона, удаленной на 1,5 тыс. световых лет от Земли, протопланетные диски окружают звезды, которым всего лишь 1 млн. лет. Диски размером от 20 до 70 млрд. км состоят на 99% из газа и на 1% из пыли. Эволюция каждого из них может привести к рождению планетной системы, подобной нашей.

ДЖЕТ ОТ РОДИВШЕЙСЯ ЗВЕЗДЫ

Новорожденная звезда *HH-30*, расположенная на расстоянии 450 световых лет от Земли, окружена протопланетным диском, повернутым к нам ребром (*слева*). Два газовых джета вылетают в противоположных направлениях из центра диска со скоростью 960 тыс. км/час. Возможно, магнитное поле звезды направляет газ.



СПИРАЛЬНАЯ ГАЛАКТИКА



Галактика *NGC 7331*, удаленная от нас приблизительно на 50 млн. световых лет, – это диск, подобный нашей Галактике. Данные космического телескопа *Spitzer*, наблюдающего в инфракрасном диапазоне, указывают на присутствие сверхмассивной черной дыры в ядре этой галактики.

ДЖЕТ ОТ АКТИВНОЙ ГАЛАКТИКИ



Активное ядро гигантской эллиптической галактики *M87*, удаленной на 50 млн. световых лет от Земли, испускает джет из высокоскоростных электронов, протянувшийся на 6,5 тыс. световых лет от ядра галактики. Он уносит большую часть энергии аккреционного диска, вращающегося вокруг сверхмассивной черной дыры.

должны испускать слабое излучение. Заметить его можно было бы лишь у самых малых из них, но пока оно нигде во Вселенной не наблюдалось.)

Согласно общей теории относительности Эйнштейна, энергия, выделяемая аккреционным диском вокруг черной дыры, должна составлять около 10% от энергии массы покоя вещества (равной массе, умноженной на квадрат скорости света). Такая чудовищная величина более чем в 10 раз превышает энергию, выделяющуюся при термоядерных реакциях. И все же она согласуется с наблюдениями излучения квазаров – очень ярких объектов, источниками энергии которых, как полагают, служат аккреционные диски вокруг сверхмассивных черных дыр в ядрах молодых галактик. Если вычислить полную энергию, испускаемую за все время всеми квазарами в некоторой области пространства, то она оказывается близка к 10% энергии массы покоя всех сверхмассивных черных дыр, наблюдаемых сегодня в той же части.

Космическая турбулентность

Какова природа трения внутри аккреционных дисков, приводящего к выделению гигантской энергии? Возможно, частицы вещества в диске сталкиваются и обмениваются энергией и моментом импульса. Такой механизм работает в кольцах Сатурна: песчинки, камни, валуны и их составляющие соприкасаются друг с другом, энергия переходит в тепло, а момент импульса переходит наружу. Кольца Сатурна в некотором смысле можно считать вязкой жидкостью, в которой сталкивающимися молекулами стали камни! Столкновения заставляют кольца растягиваться по радиусу, но спутники Сатурна действуют как резервуары момента импульса и ограничивают это растяжение.

К сожалению, подобным образом невозможно объяснить активность других типов аккреционных дисков. В двойных системах или в центрах галактик столкновения частиц

M. J. MCCAUGHREAN MPIA, C. R. O'DELL *Rice University*, NASA, ESA (*protoplanetary disk*);
C. BURROWS STScI, J. HESTER *Arizona State University*, J. MORSE STScI, NASA (*HH-30*);
M. REGAN et al. STScI, JPL, CALTECH, NASA (*NGC 7331*); STScI, NASA (*M87*)

www.FireWooD.net.ru

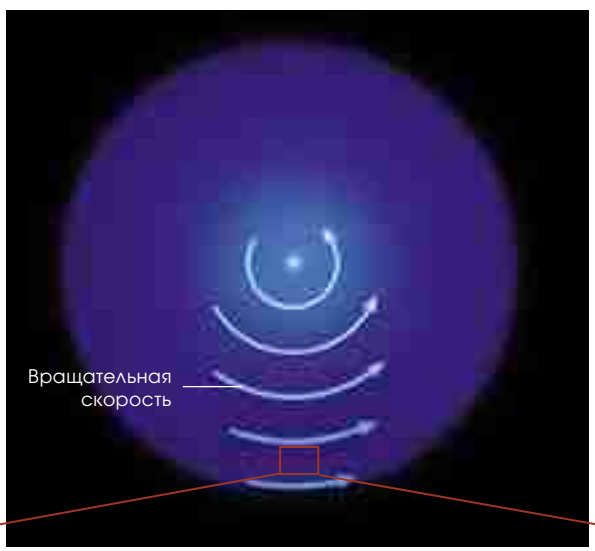
вызвали бы настолько малый приток массы к центру, что невозможно было бы объяснить гигантскую светимость дисков. Возможно, поток вещества в них усиливается крупномасштабными волнами, похожими на спиральные рукава галактик. Так же, как звуковые волны переносят в воздухе энергию, спиральные волны могут переносить в диске энергию и момент импульса наружу, облегчая аккрецию вещества. Астрономы нашли свидетельства существования спиральных волн в аккреционных дисках у некоторых двойных систем, которые, однако, не настолько сильны, чтобы обеспечить приток вещества, необходимый для возникновения наблюдаемого излучения.

Многие астрофизики полагают, что важнейший механизм трения в аккреционных дисках – турбулентность, ускоряющая поток вещества. Когда по трубе движется вода, ее вязкость снижает скорость течения у внутренней стенки трубы. Если же градиент скорости увеличится, то он в конечном счете дестабилизирует поток воды и сделает его бурным и хаотичным. Поскольку в аккреционных дисках потоки вещества обладают разными скоростями, в 1970-х гг. астрофизики предположили, что диски могут быть турбулентными. Но когда они попробовали смоделировать это явление, решая уравнения движения жидкости на компьютерах, то не обнаружили условий для развития турбулентности в аккреционных дисках.

Возможно, компьютерное моделирование не было точным или аналогия с потоком жидкости в трубе не совсем верна и вращающиеся системы типа аккреционных дисков ведут себя иначе. Исследователи провели лабораторные опыты, пытаясь создать турбулентность в потоках, которые напоминают аккреционные диски, но результаты вновь оказались спорными. И все же астрофизики уверены, что аккреционные диски турбулентны. Впервые попытку рассчитать структуру турбулентного диска в 1973 г. предприняли российские астрофизики Николай Шакура и Рашид Сюняев. Они смогли построить теоретические модели аккреционных дисков и сравнить их с наблюдениями. Ученые показали, что иногда некоторые аккреционные диски в двойных звездных системах на короткое время увеличивают свою светимость (например, карликовая ▸

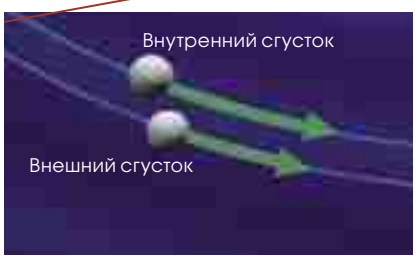
ВРАЩЕНИЕ И ИЗЛУЧЕНИЕ ДИСКОВ

Во внутренних областях аккреционного диска веществу требуется меньше времени для оборота по орбите, чем во внешних (*справа*). Слои вещества, расположенные ближе к центру, соприкасаются с более отдаленными. В аккреционном диске вокруг звезды или черной дыры крупномасштабные сгустки газа хаотически сталкиваются в турбулентном потоке (*внизу*). Момент импульса переносится наружу, а потерявший вращательную опору газ по спирали движется внутрь (*крайний справа*). Столкновения разогревают вещество, поэтому диск испускает много видимого, ультрафиолетового и рентгеновского излучения.

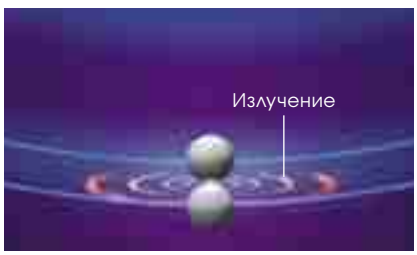




В результате столкновений угловой момент перемещается во внешнюю область диска, а газ по спирали устремляется к центральной звезде или черной дыре.



Сгустки газа сталкиваются друг с другом, поскольку внутренний сгусток движется быстрее, чем внешний.



При столкновении от внутреннего сгустка к внешнему передаются энергия и момент импульса. Нагретый газ испускает излучение.



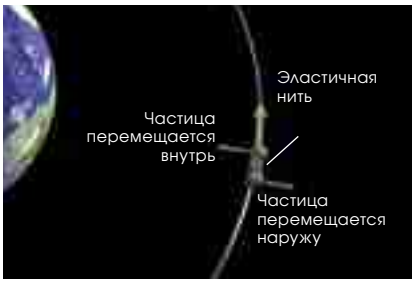
Лишенный энергии, внутренний сгусток опускается на более низкую орбиту и увеличивает скорость, в то время как его внешний собрат переходит на более высокую орбиту и замедляется.

ALFRED T. KAMAJIAN

www.FireWooD.net.ru

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ДИСКА

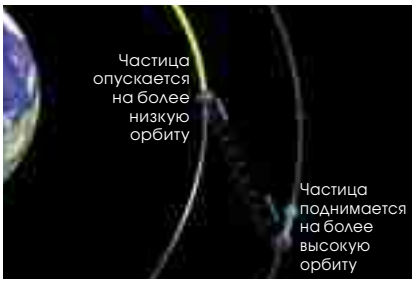
Астрофизики полагают, что турбулентность возникает в аккреционных дисках потому, что заряженные частицы связаны силовыми линиями магнитного поля. Слабое магнитное поле не удерживает частицы, а потом помогает им разойтись. Явление магнито-ротационной неустойчивости легко объяснить по аналогии с двумя частицами, слабо связанными упругой нитью.



Пусть две частицы обращаются вокруг Земли. Случайное столкновение подталкивает одну из них чуть ближе к планете, ускоряя ее, а другую немного отбрасывает, замедляя ее.



Упругая нить пытается свести частицы. Натяжение нити тормозит быструю внутреннюю частицу и ускоряет медленную внешнюю.



Поскольку внутренняя частица теряет энергию, она опускается ниже и увеличивает скорость. Внешняя же переходит на более высокую орбиту и замедляется. Такая неустойчивость порождает турбулентность.

Новая, вспышка аккреционного диска вокруг белого карлика в двойной системе), что вызвано неустойчивостью в диске, которая вынуждает вещество быстрее перемещаться внутрь.

Несмотря на вышеизложенные достижения, модель Шакуры–Сюняева ненамного приблизила нас к сути явлений. Расхождение между теорией и данными наблюдений может возникать, если предположение о турбулентности диска вообще неверно. С другой стороны, турбулентность, обеспечивая перенос момента импульса по диску, могла бы дать подобные эффекты, но исследователи не могут предсказать, какими они будут, пока не поймут процессов, стоящих за ними.

Астрономические гонки

В 1991 г. произошел прорыв в решении проблемы турбулентности. Стивен Балбюс (S. Balbus) и Джон Холей (J. Hawley) из Виргинского университета предположили, что если вещество в аккреционном диске имеет высокую электропроводность и пронизано хотя бы слабым магнитным полем, то это приводит к неустойчивости в диске, постоянно возбуждающей турбулентность потока. Эффект назвали магнито-ротационной неустойчивостью. Она усиливает перенос момента импульса и выделение гравитационной энергии. Считается, что именно он играет основную роль в динамике большинства аккреционных дисков.

Магнитные силовые линии в хорошо проводящей среде перемещаются вместе с ней: куда движется вещество, туда и поле. Но магнитные силовые линии тоже влияют на среду. Словно резиновые нити, изогнутые силовые линии поля оказывают давление на вещество.

Неустойчивость приводит к турбулентности. Представим круговой трек с автомобилями, которые по внутренней стороне движутся быстрее, чем по внешней. Предположим, что они связаны цепями. Машины на внутренних дорожках должны терять момент импульса, поскольку их тянут назад, а у автомобилей на внешних он должен увеличиваться, поскольку их тянут вперед. В результате получается хаос. Так же развивается турбулентность в аккреционном диске.

Открытие магнито-ротационной неустойчивости изменило наше представление об аккреционных дисках. Похожая ситуация была в начале XX в., когда астрономы впервые поняли, что основным источником энергии звезд служат реакции ядерного синтеза. Теперь астрофизики нашли механизм, вырабатывающий еще большую энергию у объектов типа квазаров и активных ядер галактик (которые, как считается, тоже питаются веществом, падающим на сверхмассивные черные дыры). Сейчас ученые исследуют, как турбулентность, стимулированная магнито-ротационной неустойчивостью, функционирует в различных ситуациях и может ли она объяснить особенности поведения различных типов аккреционных дисков.

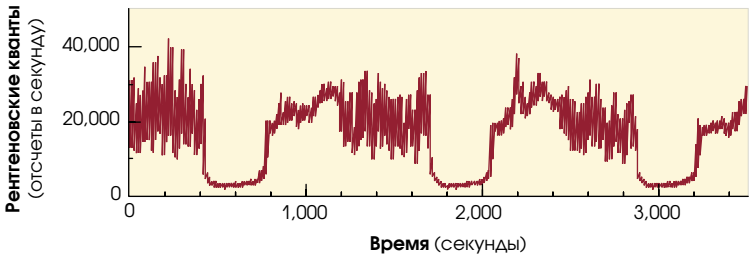
Например, действует ли механизм турбулентности в протопланетных дисках, менее компактных, а потому более прохладных, чем диски вокруг

ОБ АВТОРЕ:

Омер Блэйс (Omer Blaes), профессор физики Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, давно изучает динамику аккреционных дисков. Блэйс – теоретик, работающий в области астрофизики высоких энергий. Кроме аккреционных дисков в сферу его научных интересов входит физика компактных объектов – черных дыр, нейтронных звезд и белых карликов.

ALFRED T. KAMAJIAN

www.FireWooD.net.ru



Странная изменчивость рентгеновского излучения наблюдается у аккреционных дисков, таких как *GRS 1915+105*, который окружает черную дыру в двойной системе, удаленной примерно на 40 тыс. световых лет от Земли. Астрофизики не могут понять причину загадочных колебаний.

белых карликов, нейтронных звезд и черных дыр. Протопланетные диски в основном состоят из нейтрального газа и пыли и не содержат электропроводящей плазмы. Может ли магнитное поле влиять на потоки такого вещества, пока не ясно.

Мы пытались выяснить, как магнито-ротационная неустойчивость действует в горячих и непрозрачных аккреционных дисках вокруг черных дыр, где турбулентность может быть сверхзвуковой, порождающей в плазме ударные волны, подобно тому, как сверхзвуковой самолет производит акустический удар. В результате могут рождаться фотоны с большой энергией, которые, вырываясь сквозь относительно прозрачные области между ударными волнами, создают излучение из окрестности черной дыры, которое и должны заметить астрономы.

Колебания и джеты

Многие аккреционные диски, по-видимому, пронизаны мощными турбулентными потоками и поэтому демонстрируют сильную переменность излучения. Хаотические изменения яркости, как это ни парадоксально, строго упорядочены: на фоне загадочных мерцаний вновь и вновь прослеживается характерная последовательность колебаний с определенной частотой (*см. рис. наверху*). Рентгеновский спутник *Rossi X-ray Timing Explorer*, способный регистрировать быстрые изменения рентгеновского излучения, может помочь в изучении колебаний в аккреционных дисках вокруг нейтронных звезд и черных дыр звездной массы, превышающей массу Солнца в 4–15 раз.

Астрофизики не знают, каковы причины изменчивости и почему частоты колебаний именно таковы. Роберт Вагонер (R. Wagoner) из Стэнфордского университета предположил, что так проявляются дискретные моды колебаний диска, подобные гармоническим колебаниям скрипичной струны. Как звуки скрипки могут рассказать нам о натяжении и массе ее струн, так и наблюдаемые частоты колебаний аккреционного диска способны поведать о структуре диска и пространстве-времени вокруг нейтронной звезды или черной дыры.

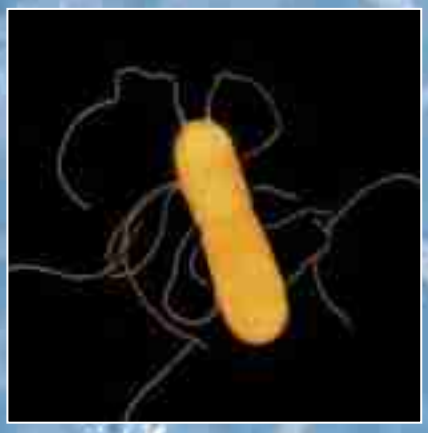
Несмотря на то что большая часть гравитационной энергии падающего по спирали вещества в аккреционных дисках испускается в виде излучения, иногда часть энергии уносится ветром или струей частиц – джетом (*см. врез на стр. 24*). Астрономы пытаются понять, как генерируются такие потоки и чем определяется разделение энергии аккреции на излучательную и кинетическую и каковы механизмы выброса частиц. Возможно, иногда отток вещества оказывает решающее влияние на аккреционный диск, поскольку он уносит наружу не только массу и энергию, но и существенную часть момента импульса.

Один из возможных механизмов формирования некоторых типов истечения – давление фотонов, излучаемых аккреционным диском. Обладая нулевой массой покоя, они, рассеиваясь в веществе, обмениваются импульсом с его частицами и таким образом оказывают на них давление. Молодые массивные звезды испускают мощное ультрафиолетовое излучение, которое давит на окружающие звезду атомы и ионы и уносит их прочь, создавая звездный ветер. Точно так же ультрафиолетовые фотоны аккреционных дисков вокруг белых карликов в активных ядрах галактик или квазарах могут разгонять ветер от диска.

Некоторые объекты из числа молодых звезд или активных ядер галактик формируют быстрые и узкие потоки частиц – джеты, простирающиеся на расстояние в несколько световых лет у первых и на миллионы световых лет у вторых. Поскольку джеты на таком большом расстоянии сохраняют вид узкого пучка, то становится ясным, что здесь замешаны магнитные поля. Поскольку сам аккреционный диск, по-видимому, намагничен, его вращение может закручивать магнитные силовые линии в спираль, удерживая джет от расширения. Еще в 1980-х гг. Роджер Блендфорд (R. Blandford) и Дэвид Пэйн (D. Payne) из Калифорнийского технологического института предположили, что вращение диска может способствовать выбросу вещества наружу вдоль линий поля, обеспечивая начальное ускорение и увеличение массы джета. К сожалению, мы пока не знаем, как связать хаотическую магнитную турбулентность аккреционного потока в диске с гораздо более упорядоченной структурой магнитного поля в джете. Изучая магнитную турбулентность в различных условиях, мы стремимся понять суть явлений, демонстрируемых спиральными дисками. В том числе и аккреционный диск, который породил нашу Солнечную систему. ■

ELIZA JEWETT, ADAPTED FROM FIGURE 4D BY BELLONI ET AL. IN A&A, VOL. 355, 271–290; 2000

www.FireWooD.net.ru



майна

Джон Маттик

программирования сложных организмов



Долгое время считалось, что за регуляцию работы генов человека отвечают исключительно белки. Ученые были в этом столь уверены, что просмотрели другую регуляторную систему, возможно, играющую ключевую роль в развитии и эволюции живых систем. Центральное место в ней занимает РНК.

Гипотеза – вещь небезопасная, особенно в науке. Обычно она возникает как наиболее приемлемое объяснение тех или иных фактов. Однако когда правомерность гипотезы сразу подтвердить не удается, она превращается в догму. А когда данных, не укладывающихся в ее рамки, становится слишком много, гипотеза в конце концов рушится.

Сегодня мы становимся свидетелями подобного развития событий в области биологии, изучающей механизмы регуляции работы генов. Согласно центральной догме молекулярной биологии, господствовавшей более полувека, генетическая информация, заключенная в ДНК, сначала переводится на язык рибонуклеотидов (ДНК транскрибируется в РНК), а затем – аминокислот (РНК транслируется в белки). Догма, кратко формулирующаяся как «один ген – один белок», предполагает, что гены – это только те сегменты ДНК, которые кодируют белки. Как следствие, считается, что белки помимо структурных и ферментативных функций выполняют и регуляторные обязанности – они отвечают за активацию и экспрессию генов.

Все эти положения основываются на результатах экспериментов, проводившихся на бактериях, таких как *Escherichia coli*, и других прокариотах (одноклеточных организмах, не имеющих ядра). Их ДНК почти целиком состоит из белок-кодирующих последовательностей, разделенных короткими сегментами, которые регулируют работу примыкающих к ним генов.

Считалось, что белки отвечают за регуляцию работы генетического аппарата и у эукариот (многоклеточных организмов, чьи клетки содержат ядро) – животных, растений и грибов. Известный французский биохимик Жак Моно так сформулировал гипотезу универсальности центральной догмы: «То, что верно для *E.coli*, верно и для слона».

Но Моно оказался прав лишь отчасти. Появляется все больше данных, что молекулярная биология эукариот не укладывается в рамки догмы. Белки действительно участвуют в регуляции работы эукариотических генов, но параллельно белковой функционирует другая, менее явная регуляторная система. Основной ее инструмент – особые РНК, действующие непосредственно на ДНК, другие РНК и белки. Возможно, эта РНК-система и отвечает за структурную сложность высших организмов (в том числе человека), немыслимую для одноклеточных.

Далеко не все молекулярные биологи принимают эту революционную идею, хотя она позволяет ответить ▸

www.FireWooD.net.ru

на многие вопросы, касающиеся развития и эволюции живых организмов, и представляется весьма перспективной с точки зрения молекулярной медицины и фармакологии. Более того, с ее появлением открываются невиданные возможности в сфере создания сложных программируемых систем, как кибернетических, так и биологических.

Вездесущий «хлам»

В 1997 г. Филип Шарп (Phillip A. Sharp) и Ричард Робертс (Richard J. Roberts) из Массачусетского технологического института обнаружили, что устоявшиеся представления о системе регуляции генов дали трещину. Независимо друг от друга они показали, что гены эукариот – это не непрерывные белок-кодирующие нуклеотидные последовательности, а мозаика из экзонов (сегментов ДНК, кодирующих участки белковых молекул) и интронов (сегментов ДНК, обычно весьма протяженных, не кодирующих никаких белков). В ядре эукариотической клетки гены копируются от начала до конца, включая и все интроны, в результате образуется длинный первичный РНК-транскрипт. Он подвергается сплайсингу: из него вырезаются интроны, а оставшиеся экзоны соединяются друг с другом, и образуется непрерывная белок-кодирующая последовательность – матричная РНК (мРНК). На ней в цитоплазме синтезируется белок, а вырезанные интроны, казалось бы, не выполняющие никаких функций, просто разрушаются.

Но если интроны совершенно бесполезны, то почему их так много в геноме эукариот? У человека на их долю приходится 95% длины среднестатистического белок-кодирующего гена. Вся эта масса генетического материала долгое время считалась эволюционным «хламом», неким рудиментом, оставшимся с тех времен, когда еще не было никаких клеточных организмов, а фрагменты белок-кодирующих нуклеотидных последовательностей каким-то образом соединялись друг с другом, образуя первые гены. Возможно, интроны сохранились в ходе эволюции сложных организмов, потому что были им чем-то полезны, например, облегчали перетасовку сегментов белковых молекул и создание новых, более выгодных комбинаций. А что касается прокариот, то они утратили интроны под давлением отбора, в ходе острейшей конкуренции в микромире. Для микроорганизмов они служили балластом.

Возможно, интроны (а вместе с ними и межгенные сегменты ДНК) были отнесены к «хламу», потому что не было четкой корреляции между количеством геномной ДНК организмов и степенью их сложности. Так, у некоторых амфибий клеточной ДНК в пять раз больше, чем у млекопитающих. Предполагалось, что степень сложности организмов гораздо лучше коррелирует с числом белок-кодирующих генов, но это не столь очевидно на фоне хаотического нагромождения интронов и других некодирующих последовательностей.

Затем, когда были секвенированы геномы самых разных организмов, обнаружилось, что корреляция между степенью их сложности и числом генов на самом деле низка. Геном совсем простого организма, круглого червя *Caenorhabditis elegans* (он состоит всего из 1000 клеток), содержит 19000 белок-кодирующих генов, что почти на 50% больше, чем у насекомых (13500), и примерно столько же, сколько у человека (~25000). Гораздо отчетливее со степенью сложности коррелирует количество некодирующей ДНК.

Парадоксально, но на долю белок-кодирующих последовательностей в геномной ДНК человека приходится менее 1,5%, основная же ее часть кодирует только РНК. Либо геном человека (и других сложных организмов) транскрибируется в значительной степени попусту, либо РНК, на которых не синтезируются белки, выполняют какие-то неизвестные функции.

Все эти рассуждения вместе с экспериментальными данными свидетельствуют о том, что многие гены в геноме сложных организмов (а возможно, и большинство генов) кодируют не белки, а только РНК, непосредственно выполняющие регуляторные функции (*см. «Теневая часть генома», «В мире науки», №2 и 3, 2004 г.*). Возможно, РНК участвуют в передаче специфической информации, существенной для развития организмов и их эволюционных изменений.

Неутомимые труженики

Недавно появились данные, что интроны возникли в генах высших организмов на поздних этапах эволюции. Скорее всего они представляют собой производное от самосплайсирующихся мобильных генетических элементов, аналогичных тем, которые

JEFF JOHNSON (*DNA background*); MOREDUN ANIMAL HEALTH LTD/SCIENCE PHOTO LIBRARY (*bacterium*); LENNART NILSSON (*embryo*) (*preceding pages*)

ОБЗОР

ОТКАЗ ОТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ДОГМЫ

- Подавляющая часть геномной ДНК сложных организмов (эукариот) представлена сегментами, не кодирующими никаких белков. Долгое время ученые считали такой генетический материал эволюционным «хламом».
- Однако появляется все больше данных, подтверждающих то, что бессмысленные сегменты кодируют молекулы РНК, выполняющие важные регуляторные функции. Таким образом, способ генетического программирования у эукариот может быть качественно иным, чем у прокариот.
- Возможно, новая теория объяснит отсутствие корреляции между степенью структурной и функциональной сложности организмов и числом белок-кодирующих генов в их геноме. Кроме того, если она окажется верной, это будет иметь колоссальное значение для медицины.

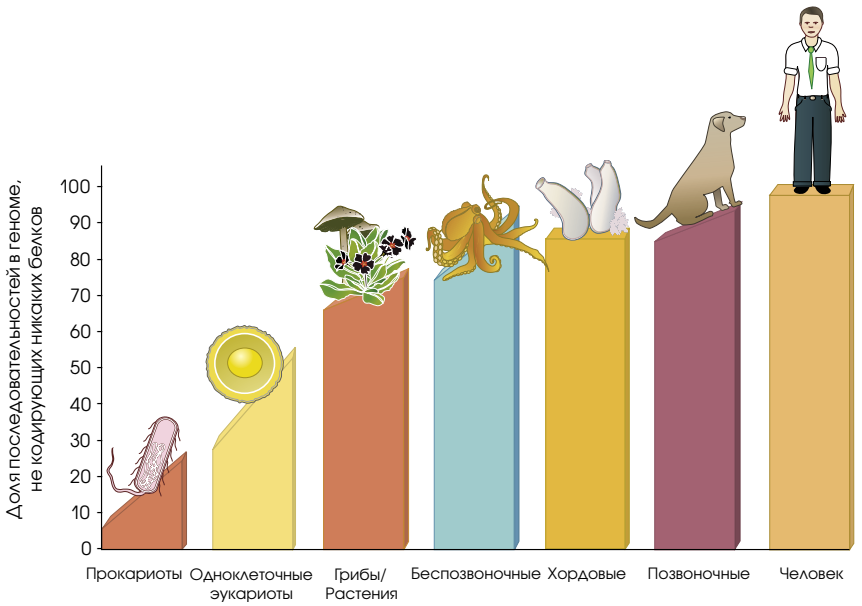
www.FireWooD.net.ru

называют интронами группы II. Эти элементы-паразиты, небольшие фрагменты ДНК, обладают удивительной способностью: встроившись в геном ДНК хозяина, они вырезаются из него сразу же после транскрипции.

У бактерий интроны группы II были обнаружены случайно. Бактериальные клетки не содержат ядра, поэтому транскрипция и трансляция у них происходят почти одновременно: белок на РНК начинает синтезироваться сразу же, как только РНК образуется. На вырезание интронной РНК из белок-кодирующей РНК просто нет времени, и в результате в большинстве случаев интроны выводят из строя гены, в которых они оказались – с печальными последствиями для бактериальной клетки. У эукариот транскрипция протекает в ядре, а трансляция – в цитоплазме, тем самым возникает временной интервал, в течение которого интронная РНК успевает подвергнуться сплайсингу. В результате для эукариот интроны оказываются не столь губительными.

Пока интроны сами отвечали за свое встраивание в геном и вырезание из него, их последовательности мало чем отличались от таковых у интронов группы II. Но затем у эукариот появилась особая структура, обеспечивающая сплайсинг, – сплайсосома, т.е. комплекс множества белков и небольших молекул РНК, обладающих ферментативной активностью. Ее функция заключается в правильном вырезании интронов из первичного РНК-транскрипта.

Освободив нейтроны от необходимости заниматься самосплайсингом, сплайсосомы фактически подтолкнули процесс эволюции и экспансии интронов. Любая случайная мутация в них, дающая хозяйскому организму преимущество, закреплялась в ходе естественного отбора. Интронные РНК смогли эволюционировать фактически независимо от белков. По существу вторжение интронов в царство эукариот могло стать стимулом к новому этапу эволюции на молекулярном уровне, и основными игроками



У прокариот на долю последовательностей, не кодирующих никаких белков, приходится незначительная часть геномной ДНК. У эукариот же – чем сложнее организм, тем больше в его геноме некодирующих последовательностей. Долгое время их считали балластом, но, по-видимому, именно они отвечают за степень сложности организмов.

на поле были не белки, а РНК. Место интронов – вовсе не на свалке эволюционной истории, а у руля механизма, направляющего эволюцию.

Если это так, то нас ждут удивительные открытия. По-видимому, эукариоты (и особенно наиболее сложные) изобрели генетическую операционную систему и регуляторные сети гораздо более сложные, чем те, что имеются у прокариот: РНК и белки у них осуществляют регуляцию независимо друг от друга.

Считалось, что всю функциональную работу в клетках выполняют белки, т.к. они имеют большое структурное и химическое разнообразие. Однако РНК способны передавать информацию и осуществлять регуляцию непосредственно на уровне генома: РНК могут содержать короткие сигнальные участки со строго определенной последовательностью. Руководствуясь внутренними инструкциями, они безошибочно распознают цель – специфические участки в других РНК и ДНК, а РНК/РНК- и РНК/ДНК-взаимодействия, в свою очередь, приводят к образованию структур, которые заставляют белки трансформировать сигналы в действия. Наличие у РНК «битовой строки» повышает точность системы и обеспечивает переход на качественно иной уровень, сходный с переходом от аналоговых систем к цифровым.

Свидетельства существования регуляторной системы на основе РНК многочисленны, хотя и фрагментарны. Если такая система имеется, то вполне резонно предположить, что многие гены эволюционировали исключительно благодаря изменениям в РНК, которая является звеном регуляторной системы более высокого порядка. И тому есть подтверждение: в ходе недавних исследований транскрипции у млекопитающих были обнаружены тысячи РНК, которые никогда не транслируются в белки (некодирующие РНК). К этой категории относится не менее половины (а возможно, 3/4) всех РНК-транскриптов.

LUCY READING; SOURCE: R. J. TAFT AND J. S. MATTICK

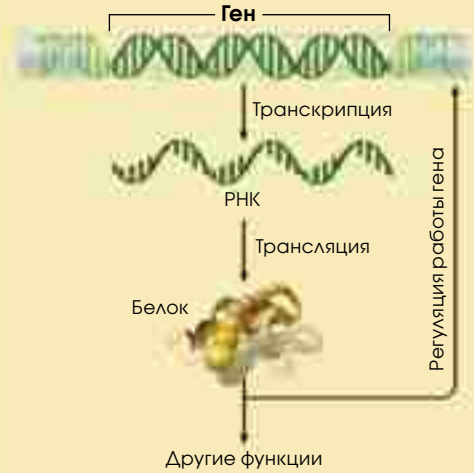
www.FireWooD.net.ru

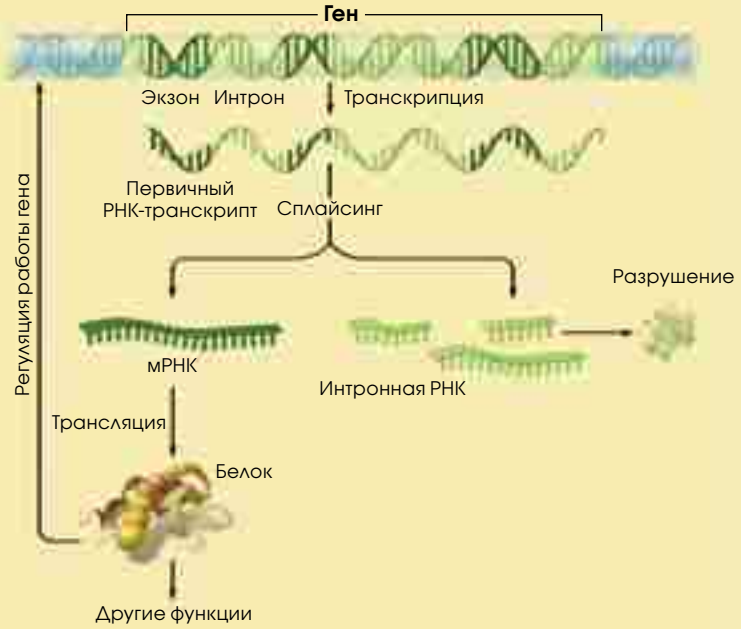
РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ ГЕНОВ У ПРОКАРИОТ

Геномная ДНК прокариот почти целиком состоит из белок-кодирующих генов. Они служат матрицами для синтеза РНК, которые немедленно транслируются в белки. Последние регулируют работу генов и выполняют другие функции в клетке.

ТРАДИЦИОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РЕГУЛЯЦИИ РАБОТЫ ГЕНОВ У ЭУКАРИОТ

Гены у эукариот состоят из экзонов – последовательностей, каждая из которых кодирует часть белковой молекулы, и интронов – некодирующих участков. Транскрипции подвергается ген целиком, но затем из первичного транскрипта вырезаются интронные РНК, а экзонные РНК сшиваются друг с другом с образованием матричной РНК (мРНК). На ней синтезируется белок, а интронная РНК расщепляется за ненадобностью.





Многие из РНК могут подвергаться процессингу с образованием небольших сигнальных молекул, специфичных в отношении определенных мишеней в регуляторной сети. У растений, животных и грибов уже обнаружены сотни «микроРНК», продуктов расщепления интронов и более длинных РНК-транскриптов, не кодирующих белки. Многие из них контролируют важные для развития организма процессы: поддержание стволовых клеток, клеточную пролиферацию, апоптоз.

РНК-сигналы, четко нацеленные на конкретные участки в РНК, ДНК и белках, могут самыми различными способами влиять на генетическую программу организма. Например, они могут сообщать тому или иному гену о транскрипции некой белок-кодирующей последовательности, и эта цепь обратной связи запустит механизм параллельной регулировки. Однако более важно то, что РНК-сигналы могут служить звеньями эффективной генетической программы, обеспечивающей регуляцию путей экспрессии генов. В таком случае ученые смогут хотя бы частично приподнять завесу тайны, окутывающую процессы клеточной дифференцировки и развития организма.

Регуляция развития

Формирование человеческого эмбриона начинается с оплодотворенной яйцеклетки. Претерпевая множество превращений, она развивается в совершенный организм, состоящий из 100 триллионов клеток, где каждая точно знает свое место и роль. Стержень трансформации – строжайшая регуляция экспрессии генов, которая, в свою очередь, опосредуется модификацией хроматина и альтернативным сплайсингом.

Хроматин – это нуклеопротеидный комплекс, составляющий хромосомы. В клетке к входящим в его состав ДНК, белкам и другим молекулам могут присоединяться специфические группы (например, метильные или ацетильные), которые дают команду к транскрипции соответствующих генов или, наоборот, заставляют их молчать. Согласно недавним исследованиям, экспрессией генов заведуют РНК. От биохимических процессов с участием РНК зависят сложные превращения в клетке, например, митоз (деление) или мейоз (образование предшественников яйцеклеток и спермиев), а также многие события на генетическом уровне.

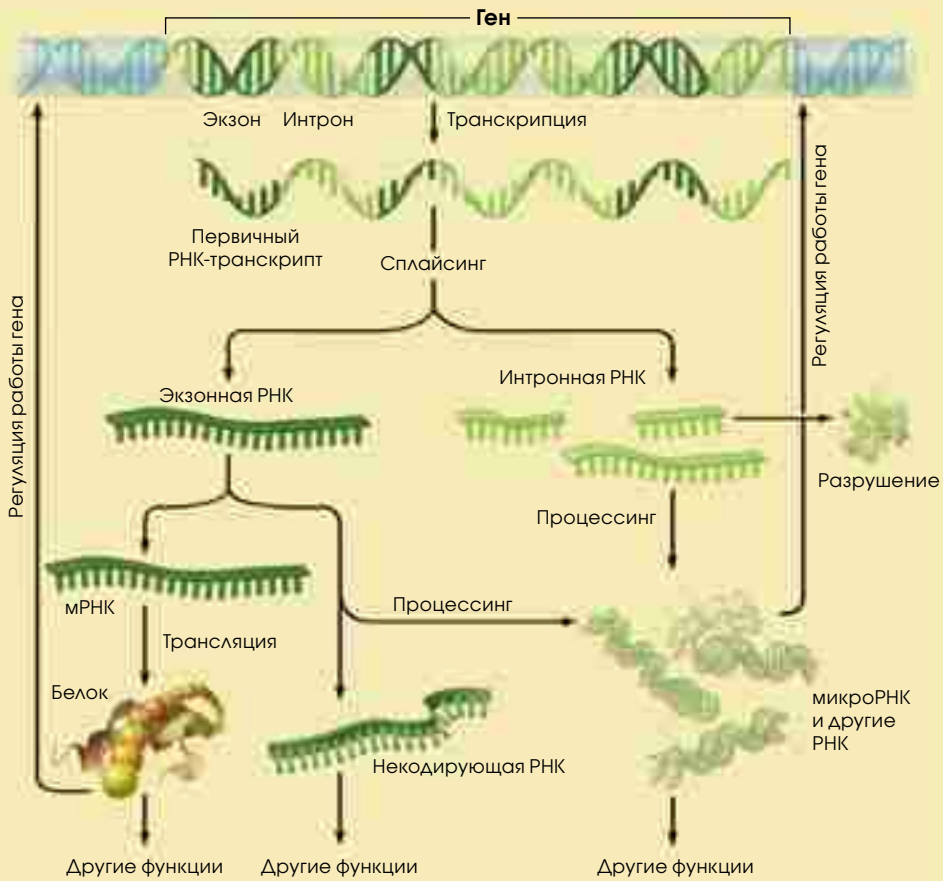
Альтернативный слайсинг обеспечивает образование широкого спектра разных РНК и белков в клетках различных тканей (при том, что клетки содержат одинаковый набор генов).

TERESE WINSLOW

www.FireWooD.net.ru

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА РЕГУЛЯЦИЮ РАБОТЫ ГЕНОВ ЭУКАРИОТ

Некоторые интронные РНК и даже часть экзонных принимают участие в регуляции работы генов, связываясь с молекулами ДНК, другими РНК и белками. Воздействуя на синтез белков на различных уровнях, некодирующие РНК могут служить дополнительным источником генетической информации.



У млекопитающих альтернативному сплайсингу подвергается большая часть первичных транскриптов. Их кодирующие участки после вырезания интронов могут соединяться разными способами, в результате образуются белки более чем одного вида. Альтернативный сплайсинг имеет фундаментальное значение для развития животных и растений, правда, остается непонятным, как клетки узнают, какие белки им нужно синтезировать. Идентифицировано несколько белковых факторов, регулирующих альтернативный сплайсинг первичных транскриптов ряда генов. Ученые полагают, что альтернативность в разных условиях обеспечивают многочисленные комбинации нескольких основных факторов, незначительно отличающихся друг от друга. Однако так это или нет – до конца не установлено.

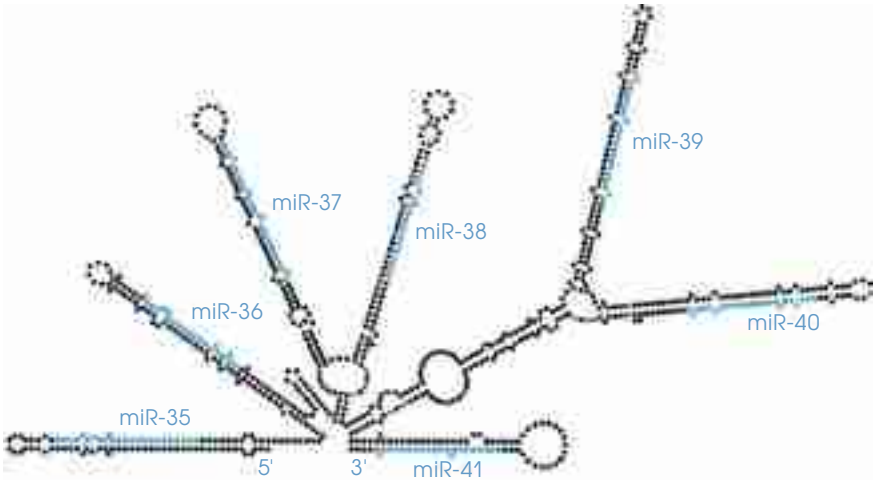
Более вероятным и логичным представляется другой механизм – прямая регуляция сплайсинга с помощью РНК. Эти молекулы могут осуществлять беспрецедентно гибкую регуляцию, маркируя определенные последовательности в первичном транскрипте и диктуя сплайсосоме, как соединять фрагменты. Косвенным подтверждением идеи служат данные о сохранении в ходе эволюции нуклеотидной последовательности ДНК в местах сочленения интронов с экзонами. Кроме того, показано, что искусственно синтезированная антисмысловая РНК, связывающаяся в этих местах с ДНК, изменяет характер сплайсинга в культуре клеток и у животных. Конечно, было бы замечательно, если подобный феномен удалось бы продемонстрировать *in vivo*, но пока этого не произошло.

Регуляция уровня сложности

Такие рассуждения логично подводят нас к более общему вопросу: какая необходима информация, чтобы запрограммировать развитие сложного организма? Для создания любого сложного объекта (будь то какое-нибудь здание или живое существо) нужна документация двух типов. Первая относится к строительным материалам, вторая содержит инструкции по сборке. В биологии, в отличие от строительства, оба типа документации исходят из одного источника – молекулы ДНК.

Белки (строительные блоки, из которых состоят разные организмы) у разных видов в основном одинаковы: так, у человека и мыши аналогичны 99% белков. Многие из них есть и у других животных, а те, что принимают участие в основных внутриклеточных процессах, у всех эукариот сходны. Таким образом, разница в строении

www.FireWooD.net.ru



Молекулы микроРНК (*синий цвет*), образующиеся в результате процессинга некодирующих РНК, могут складываться сами на себя и связываться с другими, комплементарными им РНК с образованием самых причудливых структур. Таким образом они выполняют функции, которые обычно приписывают белкам.

животных происходит из различий в замыслах «архитекторов».

Информация о самих структурных белках содержится в генах, которыми кодируются белки, но где находится таинственный архитектурный план? Большинство биологов полагает, что «сборкой» сложных организмов управляют внутриклеточные регуляторные факторы, которые по ходу строительства образуют между собой комплексы и связываются с молекулами ДНК и РНК. Однако по данным Дэниела Деннета (Daniel C. Dennett) из Университета Тафта, подавляющее большинство возможных комплексов регуляторных факторов образуется случайным образом и не может выполнять никаких функций. Организм же в своем развитии должен следовать четкому плану, иначе он будет нежизнеспособен. Создать замысловатую конструкцию не так уж сложно, гораздо труднее добиться ее функционирования. Для этого необходима информация совсем другого уровня и масштаба.

Как показывают математические расчеты, объем информации с увеличением числа генов возрастает нелинейно (чаще всего имеет место квадратичная зависимость). Таким образом, процесс усложнения организмов имеет внутреннее ограничение, налагаемое непропорциональным увеличением объема данных, необходимых для контроля за их работой.

Число регуляторных белков у прокариот увеличивается пропорционально квадрату размера генома. Более того, экстраполяция показывает, что точка, в которой число новых регуляторных белков начинает превышать предел, налагаемый максимально возможным числом функциональных генов, близка к верхнему порогу размера бактериального генома.

ОБ АВТОРЕ:

Джон Маттик (John Mattick) – директор Института молекулярной биологии при Квинслендском университете. Был организатором и руководителем работ, связанных с исследованием генома, которые проводились в Австралии, первым в стране создал вакцину с помощью методов генной инженерии.

Таким образом, усложнение прокариот в ходе эволюции могло сдерживаться не биохимическими и средовыми факторами, а недостаточностью регуляторной информации. Об этом свидетельствует и тот факт, что жизнь на Земле очень долго была представлена исключительно микроорганизмами. Простое увеличение числа регуляторных факторов не могло удовлетворить все возрастающим требованиям, предъявляемым усложняющейся системой.

Выходом из тупика мог стать переход к совершенно другой системе регуляции, в которой действовали не белковые факторы, а особые молекулы РНК. Возможно, именно с таким переходом связан быстрый рост числа многоклеточных организмов за последний миллиард лет. Этим же можно объяснить почти мгновенное в историческом масштабе появление самых разнообразных беспозвоночных примерно 525 млн. лет назад, в Кембрийский период. Разумеется, феномен качественного скачка при переходе к иному, более тонкому механизму регуляции должен быть свойственен не только биологическим системам. Резкое усложнение – это всегда результат появления более совершенных способов регуляции на более глубоком уровне.

Возможно, мы вообще неправильно понимали механизм геномного программирования и первопричины изменчивости организмов. 95% генома сложных организмов – это не «хлам», а очень важная функциональная часть, имеющая огромное эволюционное значение.

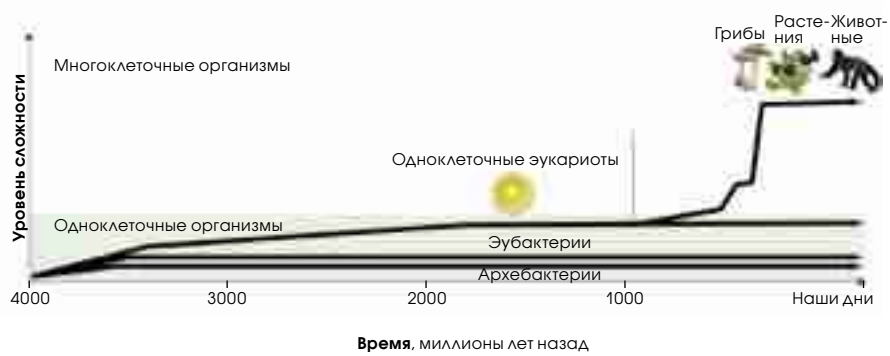
Недавно ученые обнаружили, что геном позвоночных содержит тысячи некодирующих последовательностей, почти не изменившихся за миллионы лет. Они гораздо более консервативны, чем те, что кодируют белки, – а это уже полная неожиданность. Механизм подобного «замораживания» неизвестен, но если какие-то участки ДНК абсолютно не изменились за время эволюции, значит, они участвуют в жизненно

ALICE CHEN; FROM NELSON C. LAU ET AL. IN SCIENCE, VOL. 294, OCTOBER 26, 2001

www.FireWooD.net.ru

важной для организмов системе сетевого управления. Таким образом, геном человека и других сложных организмов нельзя рассматривать как безбрежную пустыню с немногочисленными оазисами – белок-кодирующими последовательностями. Это скорее информационный океан, в котором разбросаны островки генов, и жизнь на них регулируется с помощью РНК.

Существование разветвленной регуляторной сети на уровне РНК может иметь большое значение для создания новых лекарственных средств и генетического скрининга. Такие известные наследственные заболевания, как муковисцидоз и талассемия, связаны с катастрофическими повреждениями специфических белков, выводящими их из строя. Однако большинство генетических вариаций, которые детерминируют предрасположенность к различным болезням или индивидуальные особенности, определяются архитектурой некодирующей части генома.



Многие миллиарды лет на Земле господствовали одноклеточные организмы, в основном прокариоты. Но как только появились первые многоклеточные, темпы эволюции возросли. Возможно, в основе этого скачка лежит переход живых систем на более изощренные способы генетической регуляции.

Помимо интронов к генетическому «хламу» относили транспозоны и другие повторяющиеся элементы, при том, что на их долю приходится 40% генома человека. Они считались молекулярными паразитами, которые когда-то давно колонизировали наш геном. Поначалу, как и все иммигранты, они чувствовали себя неуютно, однако постепенно освоились, и их потомки стали неотъемлемой частью «общества» и эволюционировали вместе с ним.

Создать сложную конструкцию не так уж трудно, гораздо сложнее добиться, чтобы она функционировала.

Уже установлена связь между некодирующими РНК и такими заболеваниями, как В-клеточная лимфома, рак легких, рак простаты, аутизм и шизофрения.

Дефекты в РНК-регуляторной системе будет нелегко выявить методами молекулярно-генетической эпидемиологии и столь же трудно исправить. Но понимание устройства системы поможет установить, чем определяется наша физическая и психологическая индивидуальность. Кроме того, это создаст предпосылки к выработке тончайших методов воздействия на наш организм для улучшения состояния здоровья.

Убедительные данные свидетельствуют о том, что транспозоны участвуют в регуляции работы генома высших организмов и играют ключевую роль в эпигенетическом наследовании признаков. Более того, в июле 2003 г. *Erev Y. Levanon of Compugen* и другие ученые сообщили об интереснейшем феномене, который они назвали *«A-to-I (adenosine-to-inosin)-editing»* («А–И-редактирование»). Он состоит в изменении нуклеотидной последовательности РНК в строго определенном сайте. У человека такое «редактирование» РНК-транскриптов происходит в 100 раз чаще, чем думали раньше, и почти всегда в так называемых *Alu*-повторах – элементах, находящихся в некодирующих последовательностях. Особенно активно процесс протекает в клетках головного мозга, а если в нем возникает сбой, то могут появиться патологии – эпилепсия и депрессия.

РНК-редактирование происходит у всех животных, но *Alu*-последовательности есть только у приматов. Очень заманчивой представляется идея, что «заселение» *Alu*-элементами именно генома линии приматов привело к появлению более сложных и динамичных нейронных сетей, ставших предпосылкой к формированию памяти и высших познавательных функций, характерных для человека.

Поняв, как устроена чрезвычайно запутанная регуляторная сеть у сложных организмов, можно будет использовать эту информацию для конструирования самоорганизующихся самоконтролируемых систем, т.е. для создания искусственных живых систем и искусственного интеллекта. Тот генетический материал, который долгое время считался «хламом», вполне может стать ключом к разгадке необычайной сложности человеческого организма и путеводной нитью к программированию всевозможных сложных систем. ■

LUCY READING

www.FireWooD.net.ru

Росс Хоффман

ПОВЕЛЕВАТЬ УРАГАНАМИ



Можно ли бороться с ураганами и другими мощными тропическими циклонами?

Каждый год атмосферные вихри, скорость ветра в которых достигает порой 120 км/ч, проносятся над тропическими морями, опустошая побережье. В Атлантике и восточной части Тихого океана их называют ураганами, на западном побережье Тихого океана – тайфунами, в Индийском океане – циклонами. Когда они врываются в густо населенные районы, гибнут тысячи людей, а материальный ущерб достигает миллиардов долларов. Сможем ли мы когда-нибудь обуздать беспощадную стихию? Что нужно сделать, чтобы ураган изменил свою траекторию или потерял разрушительную силу?

Прежде чем приступить к управлению ураганами, необходимо научиться точно прогнозировать их маршрут и определять физические параметры, влияющие на поведение атмосферных вихрей. Затем можно будет заняться поисками способов воздействия на них. Пока мы еще в самом начале пути, но успехи компьютерного моделирования ураганов позволяют надеяться, что мы все-таки можем справиться со стихией. Результаты моделирования реакции ураганов на мельчайшие изменения их первоначального состояния оказались весьма обнадеживающими. Чтобы понять, почему мощные тропические циклоны чутко реагируют на любые возмущения, необходимо разобраться, что они из себя представляют и как зарождаются (*см. рис. на стр. 38–39*).

Ураганы возникают из грозовых скоплений над океанами в экваториальной зоне. Тропические моря поставляют в атмосферу тепло и водяной пар. Теплый влажный воздух поднимается вверх, где пары воды конденсируются и превращаются в облака и осадки. При этом тепло, запасенное водяным паром во время испарения с поверхности океана, освобождается, воздух продолжает нагреваться и поднимается все выше. В результате в тропиках формируется зона пониженного давления, образующая так называемый глаз бури – зону затишья, вокруг которой закручивается вихрь. Оказавшись над сушей, ураган утрачивает поддерживающий его источник теплой воды и быстро ослабевает.

Небольшие изменения могут сильно повлиять на курс и силу урагана.

Первый блин комом

Так как ураганы получают большую часть энергии из тепла, освобождающегося при конденсации водяных паров над океаном и образовании дождевых облаков, первые попытки укрощения непокорных гигантов сводились к искусственному созданию облаков. В начале 60-х гг. XX в. этот метод был опробован в ходе экспериментов, проведенных научно-консультативной комиссией *Project Stormfury*, учрежденной правительством США.

Ученые пробовали замедлить развитие ураганов, увеличивая количество осадков в первой полосе дождей, которая начинается сразу за стеной глаза бури – скоплением облаков и сильных ветров, окружающих центр урагана. Для создания искусственных облаков с самолета сбрасывали йодистое серебро. Метеорологи надеялись, что распыляемые частицы станут центрами кристаллизации переохлажденного водяного пара, поднявшегося в холодные слои атмосферы. Предполагалось, что облака будут формироваться быстрее, поглощая при этом тепло и влагу с поверхности океана и замещая стену глаза бури. Это привело бы к расширению центральной спокойной зоны и ослаблению урагана.

Сегодня создание искусственных облаков уже не считается эффективным методом, т.к. выяснилось, что содержание переохлажденного водяного пара в воздушных массах бурь незначительно.

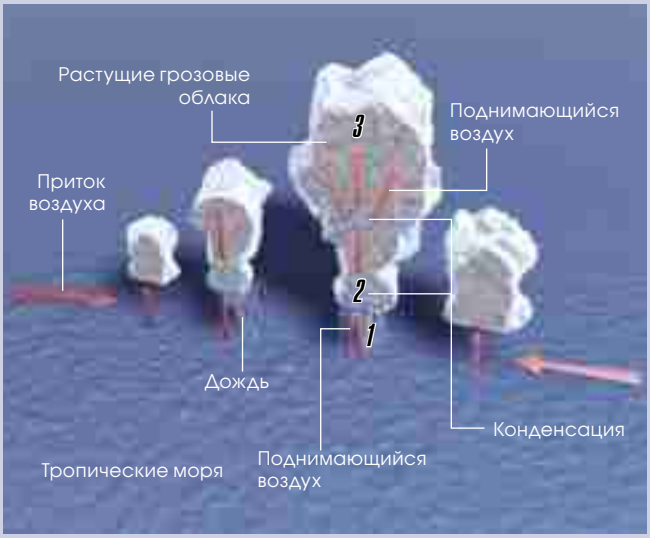
Чувствительная атмосфера

Современные исследования ураганов опираются на предположение, сделанное мною 30 лет назад, когда еще студентом я изучал теорию хаоса. На первый взгляд, хаотические системы ведут себя произвольно.

www.FireWooD.net.ru

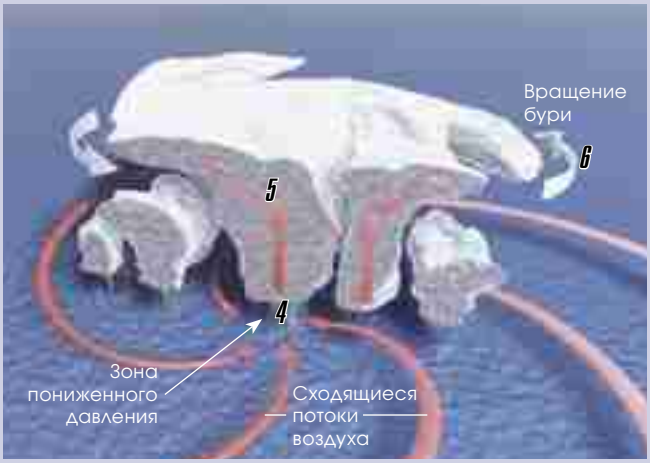
АНАТОМИЯ УРАГАНА

Изменяя первоначальные физические условия (например, температуру и влажность воздуха) в центре циклона или в окружающих его районах, можно рассеять ураган или направить его по менее опасному для человека пути.



Ураган зарождается, когда над водами тропических морей накапливается теплый влажный воздух (*1*). Он поднимается вверх, и водяные пары конденсируются, образуя облака и дождь (*2*). Освобождающееся при конденсации тепло способствует дальнейшему поднятию воздушных масс (*3*).

Чтобы эффективно использовать малые возмущения атмосферы, ученые должны научиться делать точные детальные прогнозы развития урагана. Здесь представлены основные элементы мощного циклона.



Над тропическими морями образуется зона низкого давления, куда с периферии по периметру засасываются новые порции теплого влажного воздуха (*4*). В этом круговороте сырой воздух пополняет разрастающиеся грозовые облака, которые, в свою очередь, перемещают огромные массы тепла и водяных паров еще выше (*5*). Восходящий поток усиливает подсасывание окружающего воздуха к расширяющейся центральной зоне, где начинается круговое движение, обусловленное вращением Земли (*6*). Этот быстро протекающий процесс формирует и усиливает бурю.

На самом деле их поведение подчиняется определенным правилам и сильно зависит от первоначальных условий. Поэтому с виду незначительные, случайные возмущения могут привести к серьезным непредсказуемым последствиям. Например, небольшие колебания температуры воды в океане, смещение крупных воздушных потоков и даже изменение формы дождевых облаков, кружащихся вокруг центра урагана, могут повлиять на его силу и направление движения.

ОБЗОР

УКРОЩЕНИЕ УРАГАНОВ

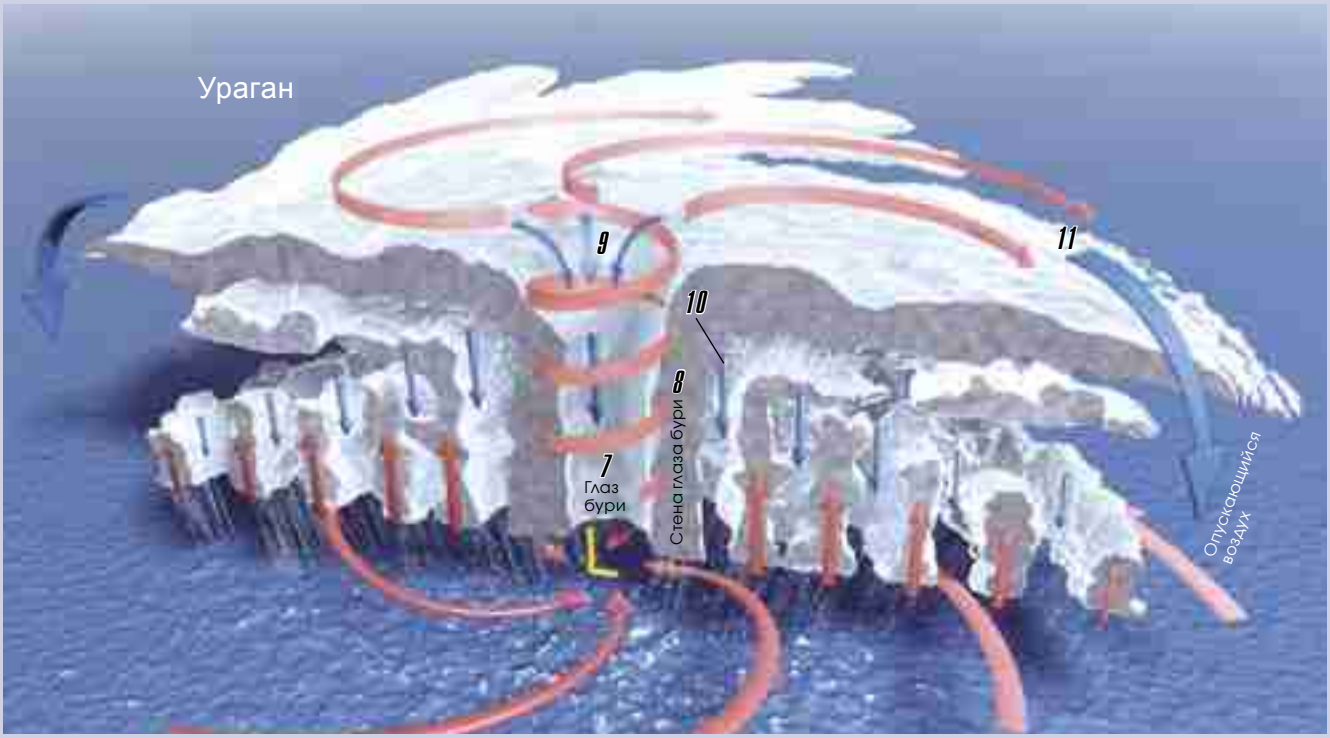
- Метеорологи изучают ураганы с помощью усовершенствованных программ для прогнозирования погоды, которые позволяют смоделировать процесс развития мощных тропических циклонов.
- Результаты исследований показали, что эти крупнейшие хаотические системы удивительно чутко реагируют на малейшие изменения температуры воздуха, влажности и скорости ветра как внутри циклона, так и за его пределами.
- Ученые используют методы математической оптимизации, чтобы понять, как можно ослабить силу урагана или отвести его от населенных районов.
- Если теоретические поиски завершатся успехом, то можно будет перейти к практическому вмешательству в жизненный цикл ураганов, угрожающих жизни людей и их имуществу.

Высокая восприимчивость атмосферы к незначительным воздействиям и ошибки, накапливающиеся при моделировании погоды, затрудняют долгосрочное прогнозирование. Возникает вопрос: если атмосфера столь чувствительна, то нельзя ли как-нибудь повлиять на циклон, чтобы он не достиг населенных районов или хотя бы ослаб?

Раньше я и мечтать не мог о воплощении своих идей, но за последнее десятилетие математическое моделирование и дистанционное зондирование шагнули далеко вперед, так что настала пора заняться крупномасштабным управлением погодой. При финансовой поддержке Института передовых идей *NASA* мы с коллегами из национальной научно-конструкторской консалтинговой фирмы «Исследования атмосферы и окружающей среды» (*Atmospheric and Environmental Research, AER*) присту-

COURTESY OF NASA/CORBIS (*preceding pages*)

www.FireWooD.net.ru



Когда циклон набирает силу, образуется глаз – спокойная центральная зона низкого давления (*7*), которая окружена кольцом облаков и сильных ветров – стеной глаза бури (*8*). Буря перерастает в ураган. В то же время дальнейшему поднятию нагретого воздуха, потерявшего большую часть влаги, препятствует стратосфера. Одна часть сухого воздуха стекает вниз в центре урагана (*9*) и между облаками (*10*), а другая часть устремляется по спирали из центра и опускается (*11*). Перемещение соседних воздушных масс управляет дальнейшим передвижением урагана.

пили к компьютерному моделированию ураганов, чтобы разработать перспективные методы воздействия на них.

Моделирование хаоса

Даже самые точные современные компьютерные модели для предсказания погоды несовершенны, однако они могут оказаться весьма полезными при изучении циклонов. Для составления прогнозов применяются числовые методы моделирования развития циклона. Компьютер последовательно рассчитывает показатели атмосферных условий, соответствующих дискретным моментам времени. Предполагается, что общее количество энергии, импульса и влаги в рассматриваемом атмосферном образовании остается неизменным. Правда, на границе системы ситуация несколько сложнее, т.к. приходится учитывать влияние внешней среды.

При построении моделей состояние атмосферы определяют по полному перечню переменных, характеризующих давление, температуру, относительную влажность, скорость и направление ветра. Количественные показатели соответствуют моделируемым физическим свойствам, которые подчиняются закону сохранения. В большинстве метеорологических моделей рассматриваются значения перечисленных переменных в узлах трехмерной координатной сетки. Конкретный набор значений всех параметров во всех точках сетки называется состоянием модели, которое вычисляется для последовательных моментов времени, разделенных небольшими промежутками – от нескольких секунд до нескольких минут в зависимости от разрешающей способности модели. Учитывается движение ветра, процессы испарения, выпадения осадков, влияние поверхностного трения, инфракрасного охлаждения и нагревания солнечными лучами.

К сожалению, метеорологические прогнозы несовершенны. Во-первых, начальное состояние модели всегда неполно и неточно, т.к. определить его для ураганов крайне сложно, поскольку проведение непосредственных наблюдений затруднено. Космические снимки отображают сложную структуру урагана, но они недостаточно информативны. Во-вторых, атмосфера моделируется только по узлам координатной сетки, а располагающиеся между ними мелкие детали не включаются в рассмотрение. Без высокой разрешающей способности смоделированная структура самой важной части урагана – стены глаза бури и прилегающих к ней областей – получается неоправданно сглаженной. Кроме того, в математических моделях таких

DAVID FIERSTEIN

www.FireWooD.net.ru

хаотических явлений, как атмосфера, быстро накапливаются вычислительные ошибки.

Для проведения наших исследований мы модифицировали эффективно использующуюся для прогнозов схему инициализации – четырехмерную систему ассимиляции данных (*four-dimensional variational data assimilation, 4DVAR*). Четвертое измерение, присутствующее в названии, – это время. Исследователи из Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды, одного из крупнейших метеорологических центров мира, используют эту усложненную технологию для ежедневного предсказания погоды.

Сначала система *4DVAR* ассимилирует данные, т.е. объединяет показания, полученные со спутников, кораблей и измерительных приборов на море и в воздухе, с данными предварительного прогноза состояния атмосферы, основанного на фактической информации. Предварительный прогноз дается на шесть часов с момента снятия показаний метеоприборов. Данные, поступающие с наблюдательных пунктов, не накапливаются в течение нескольких часов, а сразу обрабатываются. Объединенные данные наблюдений и предварительного прогноза используются для вычисления следующего шестичасового прогноза.

Теоретически такая комплексная информация точнее всего отражает истинное состояние погоды, поскольку результаты наблюдений и гипотетические данные корректируют друг друга. Хотя статистически этот метод вполне обоснован, исходное состояние модели и информация, необходимая для его успешного применения, все равно остаются приблизительными.

В измененной модели ураган Иники отклонился от своего курса, и разрушительные ветры не достигли острова Кауаи.

Система *4DVAR* находит такое состояние атмосферы, которое, с одной стороны, удовлетворяет уравнениям модели, а с другой — оказывается близким как к прогнозируемой, так и к наблюдаемой обстановке. Для выполнения задачи проводится корректировка первоначального состояния модели в соответствии с изменениями, произошедшими за шесть часов наблюдений и моделирования. В частности, выявленные различия используются для вычисления реакции модели – как небольшие изменения каждого из параметров влияют на степень соответствия показателей моделирования и наблюдений. Расчет с помощью так называемой сопряженной модели ведется в обратном порядке через шестичасовые промежутки времени. Затем программа оптимизации выбирает наилучший вариант поправок к первоначальному состоянию модели, чтобы результаты дальнейших расчетов наиболее точно отражали реальное развитие процессов в урагане.

Поскольку корректирование выполняется методом аппроксимации уравнений, то вся процедура – моделирование, сравнение, вычисление с помощью сопряженной модели, оптимизация – должна повторяться до получения точно выверенных результатов, которые становятся основой для составления предварительного прогноза на следующий шестичасовой период.

Построив модель уже прошедшего урагана, мы можем изменять его характеристики в любой момент времени и наблюдать за последствиями внесенных возмущений. Оказалось, что на формирование бури влияют только самоусиливающиеся внешние воздействия. Представьте пару камертонов, один из которых вибрирует, а второй находится в спокойном состоянии. Если они настроены на разные частоты, то второй камертон не шелохнется, несмотря на воздействие звуковых волн, испускаемых первым. Но если оба камертона настроены в унисон, второй войдет в резонанс и начнет колебаться с большой амплитудой. Также и мы пытаемся «настроиться» на урагани отыскать подходящее стимулирующее воздействие, которое привело бы к желаемому результату.

Укрощение бури

Наша научная группа из *AER* провела компьютерное моделирование двух разрушительных ураганов, неистовствовавших в 1992 г. Когда один из них – Иники – прошел прямо над гавайским островом Кауаи, погибло несколько человек, был нанесен огромный материальный ущерб

ОБ АВТОРЕ:

Росс Хоффман (Ross N. Hoffman) – ведущий специалист и вице-президент массачусетской фирмы «Исследования атмосферы и окружающей среды» (*AER*). Хоффман занимается объективным и сравнительным анализом данных, динамикой и радиационным балансом атмосферы, а также климатологией. Он работал в различных подразделениях *NASA* и в Национальном научно-исследовательском консультативном комитете по состоянию и будущим направлениям исследований и деятельности в области преобразования погодных условий в США. Хоффман выражает благодарность за поддержку исследований Институту передовых идей *NASA*, а также своим коллегам из *AER*, особенно Джону Хендерсону (John Henderson).

www.FireWooD.net.ru

и целые лесные массивы сровнялись с землей. Месяцем ранее ураган Эндрю обрушился на Флориду южнее Майами и превратил в пустыню целый регион.

Усли учесть несовершенство существующих методов прогнозирования, наш первый эксперимент моделирования имел неожиданный успех. Чтобы изменить путь Иники, мы прежде всего выбрали место в ста километрах западнее острова, в котором должен оказаться ураган через шесть часов. Затем составили данные возможных наблюдений и загрузили эту информацию в систему *4DVAR*. Программа должна была рассчитать мельчайшие изменения основных параметров первоначального состояния урагана, которые модифицировали бы его маршрут нужным образом. В этом первичном эксперименте мы допускали выбор любых искусственно созданных возмущений.

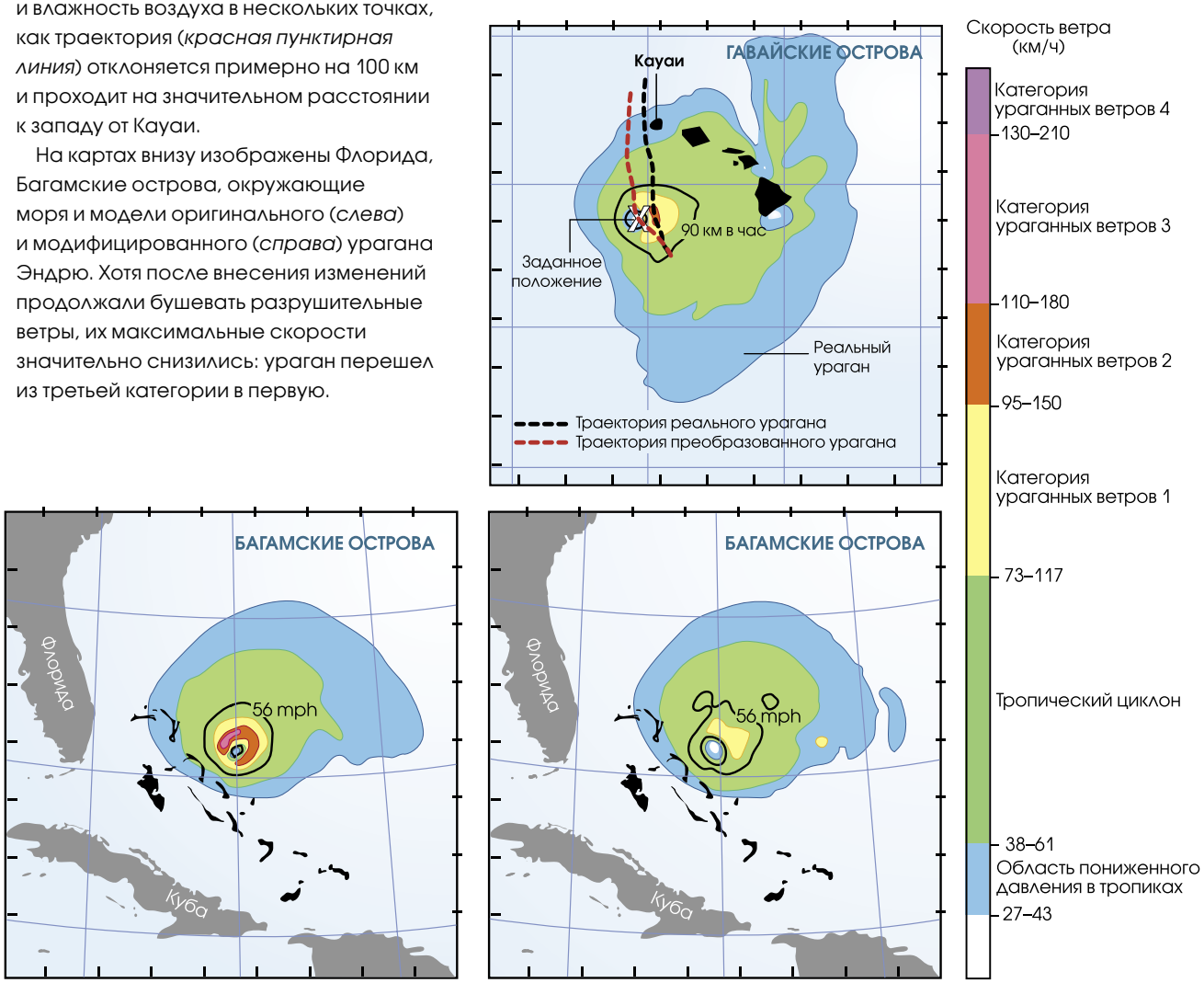
Оказалось, что самые значительные преобразования коснулись первоначального состояния температуры и ветра. Типичные изменения температуры по всей сети координат составляли десятые доли градуса, но самые заметные изменения – увеличение на 2°C – оказались в нижнем ▸

УПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ УРАГАНОВ

Ученые смоделировали два мощных урагана 1992 г. – Иники и Эндрю. Цветом обозначена скорость ветра, а черные линии ограничивают области штормовых ветров, скорость которых превышает 90 км/ч (наименьшая скорость, при которой неизбежны разрушения).

В оригинальной модели урагана Иники траектория его центра (*черная пунктирная линия*) такова, что штормовые ветры обрушиваются на гавайский остров Кауаи. Но стоит слегка изменить начальную температуру и влажность воздуха в нескольких точках, как траектория (*красная пунктирная линия*) отклоняется примерно на 100 км и проходит на значительном расстоянии к западу от Кауаи.

На картах внизу изображены Флорида, Багамские острова, окружающие моря и модели оригинального (*слева*) и модифицированного (*справа*) урагана Эндрю. Хотя после внесения изменений продолжали бушевать разрушительные ветры, их максимальные скорости значительно снизились: ураган перешел из третьей категории в первую.

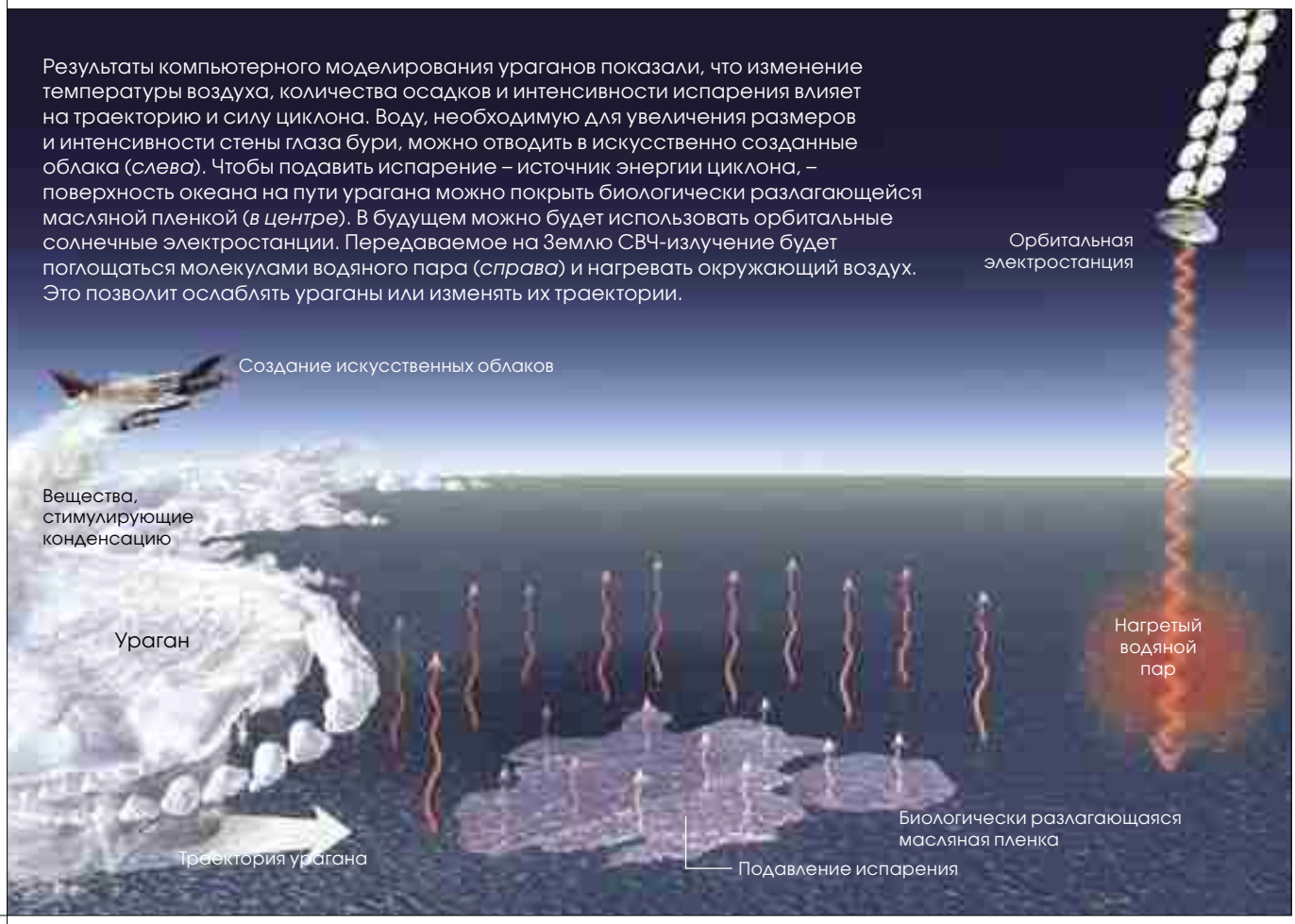


LUCY READING

www.FireWooD.net.ru

ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УРАГАН

Результаты компьютерного моделирования ураганов показали, что изменение температуры воздуха, количества осадков и интенсивности испарения влияет на траекторию и силу циклона. Воду, необходимую для увеличения размеров и интенсивности стены глаза бури, можно отводить в искусственно созданные облака (*слева*). Чтобы подавить испарение – источник энергии циклона, – поверхность океана на пути урагана можно покрыть биологически разлагающейся масляной пленкой (*в центре*). В будущем можно будет использовать орбитальные солнечные электростанции. Передаваемое на Землю СВЧ-излучение будет поглощаться молекулами водяного пара (*справа*) и нагревать окружающий воздух. Это позволит ослаблять ураганы или изменять их траектории.



слое к западу от центра циклона. Согласно расчетам, изменения скорости ветра составили 3,2–4,8 км/ч. В некоторых местах скорость ветра изменилась на 32 км/ч в результате незначительной переориентации направления ветра вблизи центра урагана.

Хотя обе компьютерные версии урагана Иники – первоначальная и с внесенными возмущениями – казались идентичными по структуре, небольших изменений ключевых переменных было достаточно, чтобы ураган развернулся за шесть часов на запад, а потом двинулся прямо на север, оставив остров Кауаи нетронутым. Относительно малые искусственные преобразования начальной стадии циклона были обсчитаны системой нелинейных уравнений, описывающих его деятельность, и через шесть часов ураган пришел в назначенное место. Мы на верном пути! В последующем моделировании использовалась координатная сетка с более высокой разрешающей способностью, а систему *4DVAR* мы запрограммировали на сведение к минимуму материального ущерба.

В одном из экспериментов мы усовершенствовали программу и рассчитали приращение температуры, которое могло бы обуздать ветер у берегов Флориды и снизить ущерб, нанесенный ураганом Эндрю. Компьютеру предстояло определить наименьшие возмущения в начальном температурном режиме, которые могли бы снизить силу штормового ветра в последние два часа шестичасового периода. Система *4DVAR* определила, что лучший способ ограничить скорость ветра – провести большие преобразования начальной температуры около центра циклона, а именно: изменить ее на 2–3°C в нескольких местах. Меньшие изменения температуры воздуха (меньше 0,5°C) произошли на расстоянии от 800 до 1000 км от центра бури. Возмущения привели к образованию волнообразно чередующихся колец нагрева и охлаждения вокруг урагана. Несмотря на то что в начале процесса была изменена только температура, значения всех основных характеристик быстро отклонились от реально наблюдавшихся. В неизмененной модели ураганные ветры (более 90 км/ч) накрывали южную Флориду к концу шестичасового периода, чего не наблюдалось при внесении изменений.

Чтобы проверить надежность полученных результатов, мы провели такой же эксперимент на более сложной модели с большей разрешающей способностью. Результаты оказались схожи. Правда, через

DAVID FIERSTEIN

www.FireWooD.net.ru

шесть часов на видоизмененной модели возобновились сильные ветры, поэтому понадобились дополнительные вмешательства, чтобы уберечь южную Флориду. Вероятно, чтобы держать под контролем ураган в течение определенного промежутка времени, необходимо запускать серию запланированных возмущений.

Кто остановит дождь?

Если результаты наших исследований состоятельны и небольшие изменения температуры воздуха в ураганном вихре действительно могут повлиять на его курс или ослабить силу ветра, то встает вопрос: как этого достичь? Невозможно сразу нагреть или остудить такое обширное атмосферное образование, как ураган. Однако можно подогревать воздух вокруг урагана и таким образом регулировать температурный режим.

Наша команда планирует провести вычисление точной структуры и силы подогрева атмосферы, необходимого для снижения интенсивности урагана и изменения его курса. Несомненно, практическая реализация такого проекта потребует огромного количества энергии, но ее можно получить с помощью орбитальных солнечных электростанций. Вырабатывающие энергию спутники следует оснастить гигантскими зеркалами, фокусирующими солнечное излучение на элементах солнечной батареи. Собранную энергию затем можно будет переправить на микроволновые приемники на Земле. Современные конструкции космических солнечных станций способны распространять микроволны, не нагревающие атмосферу и поэтому не теряющие энергию. Для управления погодой важно направить из космоса микроволны тех частот, при которых они лучше поглощаются водяным паром. Различные слои атмосферы можно будет нагреть согласно заранее продуманному плану, а области внутри урагана и ниже дождевых облаков будут защищены от нагрева, т.к. дождевые капли хорошо поглощают СВЧ-излучение.

В нашем предыдущем эксперименте система *4DVAR* определила большие температурные перепады там, где нельзя применить микроволновой нагрев. Поэтому было решено вычислить оптимальные возмущения при условии, что температура воздуха в центре должна оставаться постоянной. Мы получили удовлетворительный результат, но, чтобы компенсировать неизменность температуры в центре, пришлось значительно изменить ее в других местах. Интересно, что в процессе развития модели температура в центре циклона менялась очень быстро.

Другой способ подавления сильных тропических циклонов – непосредственное ограничение поступающей в них энергии. Например, поверхность океана можно было бы покрыть тонкой, биологически разлагающейся масляной пленкой, которая способна приостанавливать испарение. Кроме того, можно оказывать влияние на циклоны за несколько дней до их подхода к берегу. Крупномасштабную перестройку структуры ветров следует предпринимать на высоте полета реактивных самолетов, где изменение атмосферного давления сильно влияет на мощность и траекторию ураганов. Например, образование инверсионных следов самолетов наверняка может вызвать требуемые возмущения начального состояния циклонов.

Кто встанет у штурвала?

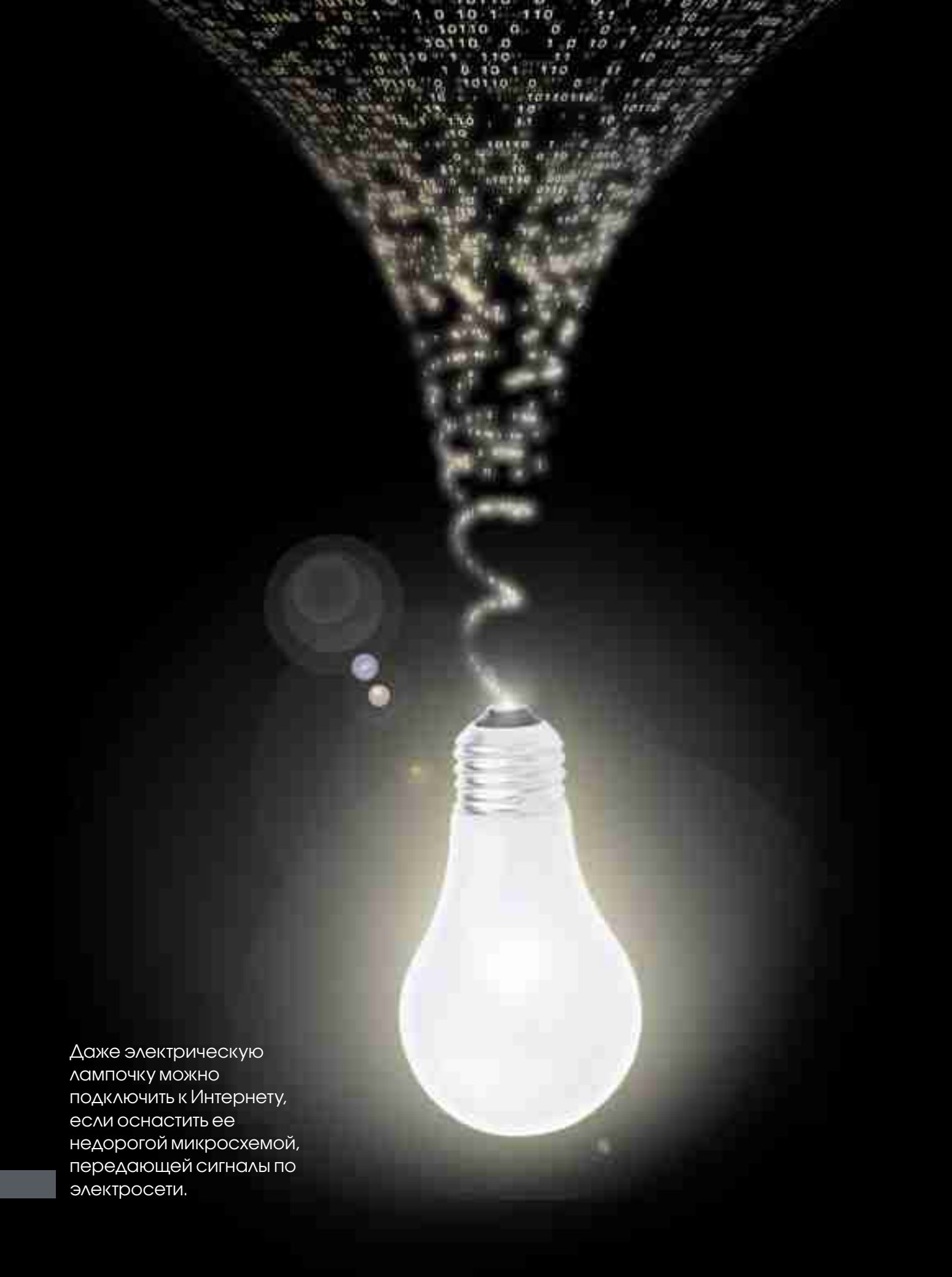
Если в будущем метеорологи научатся управлять ураганами, то скорее всего возникнут серьезные политические проблемы. Несмотря на то что с 1970-х гг. Конвенцией ООН запрещено использовать погоду в качестве оружия, некоторые страны могут не устоять перед искушением.

Впрочем, наши методы еще предстоит опробовать на безобидных по сравнению с ураганами атмосферных явлениях. Прежде всего следует опробовать экспериментальные возмущения для усиления осадков на сравнительно небольшой территории, контролируемой измерительными приборами. Если понимание физики облаков, их цифровое моделирование, методика сравнительного анализа и компьютерные технологии будут развиваться нынешними темпами, то наш скромный опыт может быть претворен в жизнь. Кто знает, быть может, уже через 10–20 лет многие страны займутся крупномасштабным управлением погодой с использованием подогрева атмосферы из космоса. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ:

- The Rise and Fall of Weather Modification: Changes in American Attitudes toward Technology, Nature, and Society. Chunglin Kwa in Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance. Edited by Clark A. Miller and Paul N. Edwards. MIT Press, 2001.
- Controlling the Global Weather. Ross N. Hoffman in Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 83, No2, pages 241-248; February 2002. Available at **http://ams.allenpress.com**
- Critical Issues in Weather Modification Research. Michael Garstang et al., National Research Council of the National Academies of Sciences. National Academies Press, Washington, D.C., 2003. **www.nap.edu/books/0309090539/html**
- NOAA's Hurricane Research Division: **www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq**
- Ross N. Hoffman's technical presentations on weather modification can be found at **www.nlac.usra.edu/studies**

www.FireWooD.net.ru



Даже электрическую лампочку можно подключить к Интернету, если оснастить ее недорогой микросхемой, передающей сигналы по электросети.

Нил Гершенфельд,
Раффи Крикориан, Дэнни Коэн

интернет для вещей

На основе принципов, положивших начало Интернету, сегодня создается сеть нового типа, которая свяжет различные бытовые устройства.

Около ста лет назад Антонио Гауди явил миру новый архитектурный стиль, в котором выразительные художественные формы незаметно сливались с элементами несущих конструкций. Электронной инфраструктуре зданий подобная интеграция еще только предстоит. Выключатели, сетевые розетки и кондиционеры рассматриваются в архитектурных проектах в последнюю очередь, а их местоположение жестко задается скрытой в стенах электропроводкой. Бытовая техника и компьютеры появляются уже после завершения строительства. Лишь немногие устройства обмениваются между собой информацией, а большинство электронных обитателей типичного дома или офиса даже о времени суток имеют различные представления.

Подобное неудобство отрицательно сказывается на экономике строительной промышленности, эффективности использования электроэнергии, архитектурной выразительности и, в конечном итоге, на качестве жизни. В США общий оборот строительных компаний составляет около триллиона долларов, причем на разработку схем, прокладку и проверку электропроводки тратятся миллиарды. Было предложено множество проектов «умных» домов, авторы которых пытались использовать интеллектуальную инфраструктуру зданий, но совершенно не учитывали потребность в устройствах, функциональность которых могли бы задавать не строители, а сами жильцы.

Впрочем, игра не будет стоить свеч, если для ввинчивания лампочки потребуется квалифицированный инженер, а для включения и выключения света – целый *IT*-отдел. Чтобы бытовые приборы научились общаться друг с другом, не требуется ни гигабитных скоростей, ни гигабайтных объемов. Наоборот, необходимо резкое уменьшение стоимости и сложности установки и настройки бытовой сети.

Для соединения домашних устройств было разработано множество различных стандартов: *X10, LonWorks, CEBus, BACnet, Bluetooth, IrDA, HomePlug* и т.д. Аналогичная ситуация сложилась в 1960-х гг., когда родилась сеть *Arpanet*, предшественница Интернета. Чтобы связать множество несовместимых типов компьютеров и сетей, требовалось создать специальное программное и аппаратное обеспечение.

Построение глобальной сети из разнородных локальных сетей (*inernetworking*) основано на двух основных принципах. Первый – коммутация пакетов – заключается в разбиении данных на

www.FireWooD.net.ru

фрагменты, которые независимо маршрутизируются и затем воссоединяются у получателя. Было решено отказаться от традиционного подхода, применяемого при построении телефонных сетей, где для каждого соединения выделяется статическая линия. В основу базового протокола Интернета (*Internet Protocol, IP*) заложен второй принцип – концепция соединения между конечными точками (*end-to-end*), при котором поведение сети определяется не ее внутренней структурой, а тем, какие устройства соединяются между собой. Сегодня через Интернет можно получать доступ к удаленным компьютерам, вести электронную торговлю, смотреть интерактивное видео и т.д. Каждая новая сетевая услуга вводит в оборот новые типы данных, но инженерам не нужно менять сетевое оборудование или программное обеспечение.

За 30 лет размеры и производительность Интернета выросли на семь порядков – от 64 сайтов *Arpanet* до 200 млн. зарегистрированных хостов. Пришлось приложить немало усилий, чтобы в спецификациях отсутствовали параметры, зависящие от конкретных технологий. Но это позволяет развивать оборудование без пересмотра базовой архитектуры глобальной сети.

Все те же принципы позволяют решить задачу соединения не разнородных сетей, а разнородных устройств. Дальнейшее проникновение сетевых технологий в наш быт требует осознания сходств и различий между лампочками Ильича и большими компьютерами, для которых создавался Интернет.

Интеллектуальная среда

Интеграция Интернета с физической инфраструктурой была реализована в нескольких проектах. Например, на приуроченной к встрече нового тысячелетия выставке передовых технологий в Белом доме была продемонстрирована «умная» аптечка. Она напоминает своему владельцу о приеме лекарств, извещает аптекаря о необходимости пополнения запаса медикаментов и помогает врачам следить за пациентами. Такая система облегчает уход за больными и позволяет сократить социальные и экономические затраты, связанные со старением людей.

Другой проект был реализован в Нью-Йоркском музее современного искусства. Чтобы избавиться от обычных компьютерных интерфейсов, в качестве гида было решено использовать мебель. На открытии музея один из меценатов воскликнул: «Как здорово: здесь нет компьютеров, терпеть их не могу!» Никто и не заметил, что мебель скрывает в себе сотни микрокомпьютерных датчиков, обменивающихся информацией с семнадцатью компьютерами, подключенными к Интернету.

В 2001 г. пришел черед выставки «Медиа-хаус». Элементы конструкции одного из зданий несли на себе не только весовую нагрузку, но также электросистемы и средства передачи данных. Система освещения была оснащена микрокомпьютерами, объединенными в сеть. Связь между лампами и выключателями устанавливалась на ходу.

На открытии выставки присутствовал один из руководителей проекта высокоскоростного Интернета-2. Он все время спрашивал, как быстро передаются данные по сети внутри здания. Кто-то заметил, что для системы освещения не нужны высокие скорости, и пошутил, что бытовые устройства объединяются не в Интернет-2, а в Интернет-0. Название всем понравилось, и вскоре был запущен проект И0, а *IP*-процессоры стали воплощением семи принципов, в которых концепция межсетевого взаимодействия была распространена на взаимодействие между устройствами.

Семь принципов

Первый принцип: Во всех устройствах используется *IP*-протокол Интернета. Во многих других системах для соединения устройств применяются иные стандарты. Если компьютер хочет обмениваться данными с каким-то устройством, его сообщение нужно сначала перевести из *IP*-протокола в другой протокол, для чего требуется специальный интерфейс. Такой подход был выбран из опасений, что реализовать *IP* в простых устройствах трудно. Но это не обязательно так. Программу, реализующую *IP*-протокол, можно сжать до нескольких килобайт и выполнять на микроконтроллере ценой в один доллар. *IP*-информация добавляет к каждому

SLIM FILMS (*preceding page*)

ОБЗОР

ИНТЕРНЕТ-0

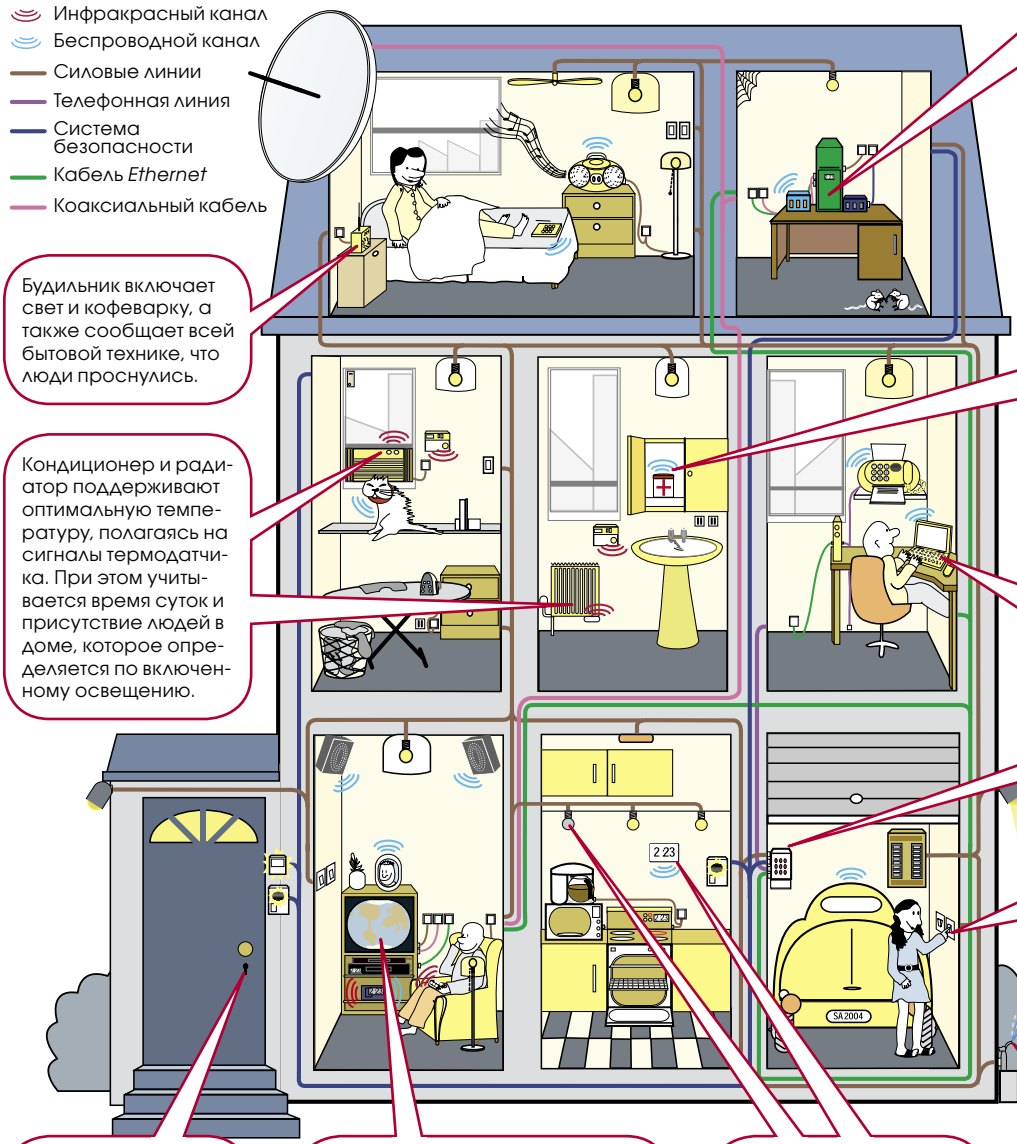
■ Подключение предметов быта к информационной сети позволит упростить настройку бытовой техники, снизить стоимость строительства и облегчить уход за больными и пожилыми людьми. Сегодня существует несколько конкурирующих сетевых стандартов – совсем как на заре эпохи Интернета, когда появилось множество несовместимых типов компьютеров и сетей.

■ Чтобы предотвратить вавилонское столпотворение, необходимо приспособить протоколы обмена, на которых основан Интернет, для свободного представления информации – в виде электрических импульсов, световых вспышек, звуковых сигналов или штрих-кодов.

■ Использование схемы кодирования «Интернет-0» позволяет распространить принцип объединения разнородных компьютерных систем на сети, содержащие устройства различных типов.

www.FireWooD.net.ru

Интернет-0 позволяет организовать взаимодействие разнообразных устройств. Подключенные к домашней сети лампы и нагреватели включаются по сигналу от фото- и термодатчиков, а домашняя аптечка самостоятельно заказывает лекарства. Интернет-0 легко интегрируется в локальные и глобальные компьютерные сети и позволяет обрабатывать информацию, передаваемую по электросети и беспроводным каналам связи, а также считывать данные, например, выгравированные на ключах от входной двери. И0-устройства можно настраивать не только с помощью компьютера, но и вручную.



На чердаке размещены устройства, связывающие разнородные подсети: сервер, широкополосное соединение, точка беспроводного доступа и интерфейс с электросетью. Находясь вне дома, владелец может войти в систему через Интернет и проверить, заперты ли двери и выключены ли бытовые приборы.

Будильник включает свет и кофеварку, а также сообщает всей бытовой технике, что люди проснулись.

Каждый флакон с лекарством оснащен меткой, которую считывает аптечка. Система автоматически напоминает людям, что надо принять лекарство или пополнить их запас.

Кондиционер и радиатор поддерживают оптимальную температуру, полагаясь на сигналы термодатчика. При этом учитывается время суток и присутствие людей в доме, которое определяется по включенному освещению.

Домовладелец может управлять работой всей системы с помощью компьютера, сотового телефона или цифрового органайзера (*PDA*).

В сеть интегрирована домашняя система безопасности.

Между выключателями и лампочками нет никаких проводов, а их программирование занимает всего несколько секунд.

Ключ отпирает дом не только механически, но и цифровым кодом. На ключе выгравирован штриховой код, удостоверяющий личность владельца.

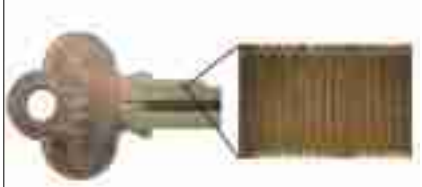
Подключенный к Интернету развлекательный центр позволяет воспроизводить потоковое видео и музыку.

С дистанционного пульта можно управлять не только телевизором, но и другими устройствами.

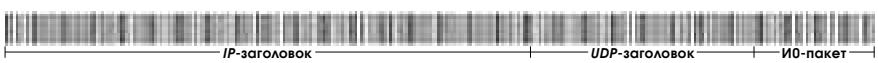
Сеть может сигнализировать о перегорании лампочки.

Часы автоматически синхронизируются с серверами точного времени.

Оросительная система соединена с домашней сетью, которая отключает полив, когда начинается дождь.

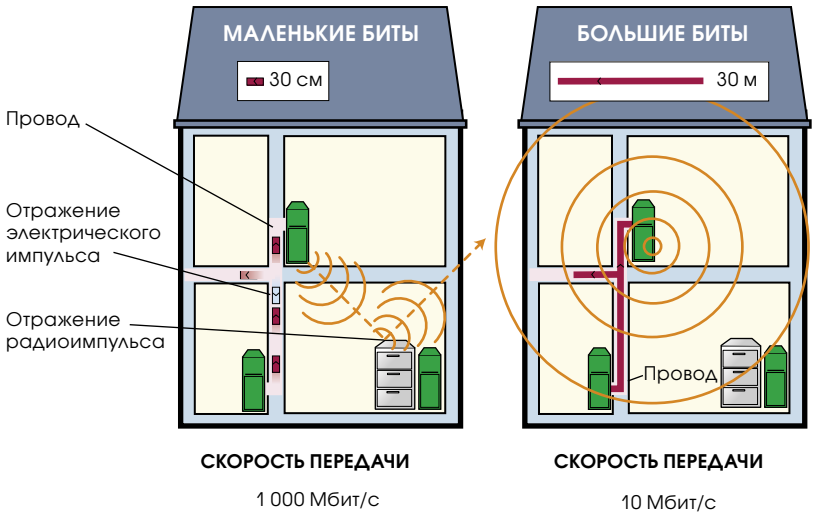


Пакет Интернета-0 можно выгравировать на ключе (*слева*) или напечатать в виде штрих-кода (*внизу*). В обоих случаях зашифрованные вертикальными линиями импульсы легко преобразовать в электрические сигналы и передать в сеть без перекодировки. Гравировка представляет собой криптографический ключ, позволяющий своему владельцу настраивать устройства. Штриховой код содержит И0-пакет, которому предшествует идентификатор устройства-адресата.



MANU PRAKESH (*key*); LUCY READING (*house*)

www.FireWooD.net.ru



Если данные передаются медленно, то соответствующие им электрические и радиоимпульсы получаются большими, что сильно облегчает работу компьютерной сети. Если маленькие импульсы отражаются от металлических предметов (в случае радиосигнала) и проводных соединений (в случае кабельной связи), то большие импульсы в буквальном смысле заполняют собой каждый сантиметр передающей среды. В результате концентраторы и другие специальные устройства становятся ненужными.

сообщению около 100 бит, что практически не влияет на время отклика и потребление энергии. Дополнительные служебные данные небольшого объема позволяют избежать расходов на конфигурирование и обслуживание сложных интерфейсов.

Второй принцип: Совместная реализация протоколов связи упрощает сетевое программное обеспечение. В обычном компьютере задачи, связанные с межсетевым обменом, жестко разделены по уровням. Программа нижнего уровня работает с реальными сигналами, например, генерирует электрические импульсы, посылаемые по *Ethernet*-кабелю или через телефонный модем. Ее выходная информация поступает на следующий уровень программного обеспечения, где данные кодируются и декодируются. К более высоким уровням относятся программы, управляющие отправкой и приемом пакетов, их сборкой и разборкой, а также интерпретацией их содержимого. Наконец, данные попадают к приложению, например к веб-браузеру.

Уровни реализуются отдельно друг от друга, и значительная часть кода предназначается для передачи сообщений между ними. Такая схема чрезвычайно удобна для разработки стандартов: алгоритм работы любого из уровней можно изменять, не затрагивая другие. Однако при написании программного обеспечения вовсе не обязательно соблюдать строгую иерархию уровней. Поэтому алгоритмы программ для И0-устройств составляются уже с учетом функциональности последних.

Третий принцип: Для работы двух устройств не требуется наличия третьего. Большинство компьютеров в Интернете являются либо клиентами (как веб-браузер), либо серверами. Клиенты без серверов бесполезны. В И0 каждая лампа и каждый выключатель хранят необходимые данные и программы в самих себе и не нуждаются в центральном сервере, из-за которого система становится дорогой и менее надежной. Серверы могут расширить функциональность системы, однако она в состоянии работать и без них.

Идентификация

Четвертый принцип: Все устройства должны сами заботиться о своей идентификации. У каждого компьютера в Сети есть пять различных имен: аппаратный *MAC*-адрес в местной сети (например, *00:08:74:AC:05:0C*), *IP*-адрес в глобальной сети (например, *18.7.22.83*), сетевое имя (*www.mit.edu*), функциональное имя (например, «третий сервер слева») и имя криптографического ключа, обеспечивающего информационную безопасность. Одна из важнейших функций серверов – присвоение имен. И0-устройства должны самостоятельно справляться с этой задачей, когда сервер отсутствует, и принимать его инструкции, если он есть.

Аппаратные адреса чаще всего «прошиваются» изготовителем аппаратуры, который выбирает их из выделенного ему блока. Но такой способ идентификации не годится для каждой лампы и каждого выключателя на планете. Поэтому устройство может взять в качестве адреса просто случайную последовательность битов. Вероятность того, что два прибора выберут один и тот же 128-битовый адрес, равна 10^{-38}. Например, нажав специальные кнопки на лампе и выключателе, пользователь может заставить их обменяться адресами и установить управляющие взаимоотношения.

Пятый принцип: В И0 используются биты большего размера, чем в Сети. Ведь у битов есть физический размер, ведь они представляют собой не что иное, как электрические, радио- или световые импульсы. Размер импульса – это произведение его длительности на скорость распространения сигнала (которая обычно близка к скорости света). Раньше размеры битов были больше

LUCY READING

www.FireWooD.net.ru

протяженности сети, по которой они передавались. Теперь они стали гораздо меньше: при скорости передачи 1 Гбит/с длина бита составляет около 30 см. Если размер сети больше 30 см, возникает проблема организации интерфейса между различными ее частями. Небольшое рассогласование характеристик передачи приводит к появлению паразитных сигналов. Более того, если два компьютера начнут передачу одновременно, то конфликт можно обнаружить лишь после передачи множества битов. Именно поэтому в высокоскоростных сетях используются специальные кабели, активные концентраторы, быстродействующие приемопередатчики и квалифицированные инженеры. Однако при скоростях порядка 1 Мб/с, типичных для домашних кабельных модемов и цифровых абонентских линий (*DSL*) и, несомненно, достаточных для осветительных ламп, размер бита достигает 300 м. Таким образом, бит может охватить всю сеть здания, и тогда уже совершенно не важно, какие интерфейсы в ней используются.

Данные могут передаваться по проводам и по воздуху, печататься на бумаге или гравироваться на ключе с использованием схемы кодирования, принятой в Интернет-0.

По пути телеграфа

Шестой принцип: Использование больших битов позволяет представлять данные, образующие пакет, в одном и том же виде независимо от того, по какой среде они передаются. Когда биты малы, их физическое представление, т. е. модуляцию, необходимо приспосабливать к каждому конкретному каналу связи. Модуляция, применяемая в модемах для коммутируемых телефонных линий, существенно отличается от той, которая используется в кабельных модемах, поскольку сигналы, передаваемые по витой паре телефонной линии и по коаксиальному кабелю, различаются и по амплитуде, и по частоте, и по фазе. Если же биты велики, характеристики каналов передачи данных не играют роли.

Тот же принцип используется в коде Морзе. Его можно передавать с помощью телеграфного ключа, посылать с корабля на корабль световыми вспышками или выстукивать по трубам. Различные каналы передают одни и те же данные с одинаковой скоростью и кодируются по одной и той же схеме. Никакой перекодировки не требуется. Информация передается посредством изменений состояния передающей физической среды – скачков напряжения в телеграфной линии или внезапных появлений звука. Тон и амплитуда сигналов не имеют значения.

И0 подобен телеграфу, с тем лишь отличием, что вместо точек и тире используются импульсы, представляющие нули и единицы. Как и современные модемы, И0-устройства посылают пакет в виде последовательностей байтов, ограниченных стартовым и стоповым битами. Бит «0» представляется импульсом, за которым следует пауза, а бит «1» – паузой, за которой следует импульс. Стартовый и стоповый биты представляют собой пару импульсов. Так называемый манчестерский код упрощает детектирование нулей и единиц, а также выявление помех и замираний сигнала. Кроме того, интервал между импульсами стартового бита позволяет приемнику определить скорость передачи данных, так что задавать ее заранее нет необходимости. Если требуется высокая помехозащищенность, отправитель и получатель могут договориться об изменении интервалов между байтами, чтобы выделить сигнал из шума. При этом сохраняется обратная совместимость с более простыми И0-устройствами, в которых ▸

ОБ АВТОРАХ:

Нил Гершенфельд (Neil Gershenfeld), **Раффи Крикориан** (Raffi Krikorian) и **Дэнни Коэн** (Danny Cohen) успешно нарушают междисциплинарные границы. Гершенфельд руководит Центром битов и атомов Массачусетского технологического института, который поддерживается Национальным научным фондом США. Он исследует взаимосвязь физической формы и логической функции самых разных вещей – от квантовых компьютеров до автомобильных систем безопасности и от компьютерной виолончели, которую он разработал для Йо-Йо Ма, до орудий труда, применяемых в индейских деревнях. Крикориан, аспирант Массачусетского технологического института, занимается разработкой оборудования и программного обеспечения для И0-систем. Проект Интернет-0 возник в результате сотрудничества Гершенфельда и Крикориана с Коэном, ведущим инженером компании *Sun Microsystems*, одним из отцов Интернета. В свое время он разрабатывал первые интерактивные приложения для *Arpanet*, в результате чего появился *IP*-протокол и было налажено производство *ИС MOSIS*.

www.FireWooD.net.ru

используются только кадрирующие импульсы.

Если биты посылаются настолько медленно, что их размер превышает протяженность сети, то для всех физических сред можно использовать одинаковое кодирование. Информацию можно передавать по проводам, по силовым электрическим линиям, с помощью звука, в виде штрих-кода на бумаге или на ключах. Каждая из сред станет передавать свою часть импульса: силовые электрические цепи будут отфильтровывать высокие частоты, а радиоантенна – низкие. Важно лишь, чтобы до места назначения дошли хотя бы некоторые содержащиеся в импульсе частоты. (Частотная характеристика играет роль только в том случае, если И0-устройство предназначено для зондирования физической среды.)

Таким образом, интернетовский принцип передачи между конечными точками распространяется на модуляцию. Если компьютер посылает пакеты данных с использованием *IP*-протокола, ему не нужны никакие сведения о сети, которая будет передавать их. Так и устройству, передающему И0-импульсы, не нужны сведения о среде, через которую будет передаваться сигнал.

Меньше значит больше

Седьмой принцип: И0 заключается в применении открытых стандартов. Весь опыт развития компьютерной отрасли говорит о том, что фирменные решения должны надстраиваться над открытыми стандартами, а не конфликтовать с ними.

В качестве действующего примера И0 рассмотрим упомянутую выше интеллектуальную аптечку. В нашем демонстрационном проекте использовались радиочастотные идентификационные метки (*RFID*) – одноразовые микросхемы, наклеиваемые на флаконы и питающиеся энергией опрашивающего их радиосигнала (*см. «Тотальная автоматизация», «В мире науки», №4, 2004 г.*). Нам пришлось настраивать *RFID*-считыватель, чтобы знать, что делать с получаемыми им данными. Сказанное справедливо и для *RFID*-систем, используемых в торговых и складских сетях: для конфигурирования *RFID*-считывателей нужна целая армия консультантов и подрядчиков.

В случае с И0 все намного проще. Метка кодирует *IP*-пакет (его можно назвать *IPID*-меткой), а считывателю остается только передать его в сеть. Пакет может содержать не какой-то абстрактный код, который нужно переводить на английский язык, а адрес фармацевта или врача. Информация будет храниться на флаконе с лекарством, а не в памяти считывателя.

Если все так здорово, то почему описанные решения так медленно внедряются? Специалисты по связи издавна считают, что полосу пропускания канала нужно использовать с максимальной эффективностью. Когда-то это было именно так. Разработчики первой версии *Ethernet* сокрушались, что не достигли фундаментального предела скорости передачи данных, налагаемого квантовой механикой. Однако это не имеет значения: система получила широкое признание благодаря своей простоте.

Сегодня сети действительно приближаются к квантовому пределу, поскольку разработчики жертвуют простотой ради достижения более высоких характеристик. В случае И0, наоборот, технологически меньше значит больше: быстродействие приносится в жертву операционной совместимости.

Применение И0 ограничивается сложностью сети, а не пропускной способностью. И0 предназначен не для замены Интернета, а для обеспечения более низкого совместимого уровня. При передаче пакетов данных между И0-подсетями используются существующие маршрутизаторы, шлюзы и серверы имен. Однако со временем различие между И0 и остальной Сетью может отойти на второй план. Протоколы Интернета описаны в виде алгоритмов, т. е. наборов команд, обеспечивающих, в частности, нахождение оптимальных путей для пакетов. Однако их можно рассматривать и как процедуру оптимизации использования имеющихся ресурсов связи. Согласно последним исследованиям, существуют эффективные методы оптимизации с применением распределенных систем, а не центральных процессоров. Не исключено, что со временем можно будет так сконфигурировать И0-узлы, чтобы они решали задачи управления глобальной сетью, в результате чего может появиться архитектура Интернета более высокого уровня.

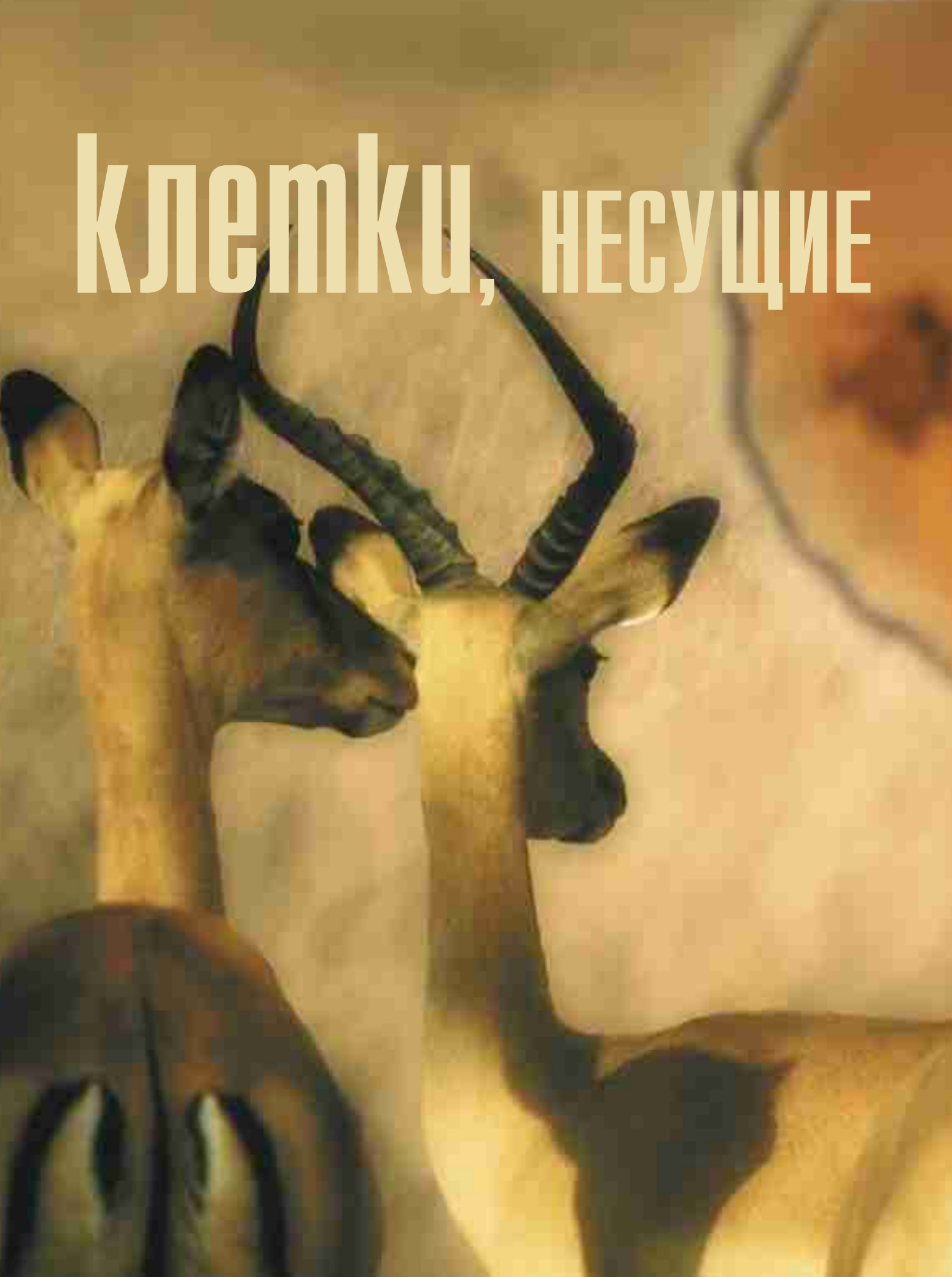
Если так и будет, то окончательной целью И0 будет не просто включение светильников. И0-сеть будет неотличимой от компьютеров, которые она соединяет и фактически сама станет компьютером. Если устройства будут располагать одинаковыми сетевыми, вычислительными и информационными возможностями как в пределах одного здания, так и в масштабах всей планеты, то из них можно будет динамически собирать системы, исходя из имеющихся потребностей, а не из размеров коробки. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- How the Internet Came to Be. Vinton Cerf in the Online User's Encyclopedia. Edited by Bernard Aboba. Addison-Wesley, 1993.
Доступно на **www.internetvalley.com/archives/mirrors/cerf-how-inet.txt**
- When Things Start to Think. Neil Gershenfeld. Henry Holt, 1999.
- Другие публикации доступны на **cba.mit.edu/projects/I0**

www.FireWooD.net.ru

клетки, несущие



Ральф Дам

СВЕТ

Изучение хрусталика глаза позволит ученым не только предотвращать образование катаракты, но и понять природу болезней Альцгеймера и Паркинсона, а также заболеваний, сопровождающихся массовым самоубийством клеток.

Возраст и повреждения – две главные причины помутнения и пожелтения хрусталика.

RENEE LYNN *Corbis (impalas and lionesses)*; JANA BRENNING *(photocomposition)*

Хрусталик глаза – единственная прозрачная ткань человеческого тела. Прозрачность, без которой невозможно сфокусировать свет в глазу, обусловлена уникальной способностью клеток хрусталика активировать программы саморазрушения и останавливать их перед самым завершением этого процесса.

Каким образом клетки хрусталика становятся прозрачными? Ответив на вопрос, ученые могли бы разработать новые подходы к предотвращению катаракты (помутнению хрусталика), возникающей более чем у половины людей старше 65 лет. Спасительное средство одно – хирургическое удаление хрусталика и его замена искусственным имплантатом. Но и после такой процедуры у значительной части пациентов возникают осложнения, требующие повторной операции. Катаракта поражает в первую очередь пожилых людей, у которых любое хирургическое вмешательство вызывает сильную тревогу. Разработка метода, позволяющего приостанавливать образование катаракты или даже поворачивать ее развитие вспять, стала бы для человечества спасительной.

Понимание механизмов, помогающих клеткам хрусталика необычайно тонко контролировать процесс саморазрушения, могло бы подсказать ученым и новые пути лечения заболеваний, характеризующихся массовой гибелью клеток, – болезней Альцгеймера и Паркинсона, а также хронических инфекций, например СПИДа.

Живая материя

Плотный, эластичный и абсолютно прозрачный хрусталик глаза – настоящее чудо природы. Его малейшее потемнение превращает зрительный мир человека в хаотическое скопище вспышек, теней и искаженных образов. Причем когда его клетки приобретают даже легкую окраску, мы перестаем различать оттенки цветов.

Просвечивающие части тела есть у многих животных (вспомним хотя бы крылья насекомых), но абсолютно кристальные ткани встречаются в природе крайне редко. У человека прозрачна и роговица, но эта оболочка глаза – не ткань, а скорее тонкий студенистый пласт белков и сахаров. Хрусталик же состоит из 1000 слоев прозрачных живых клеток.

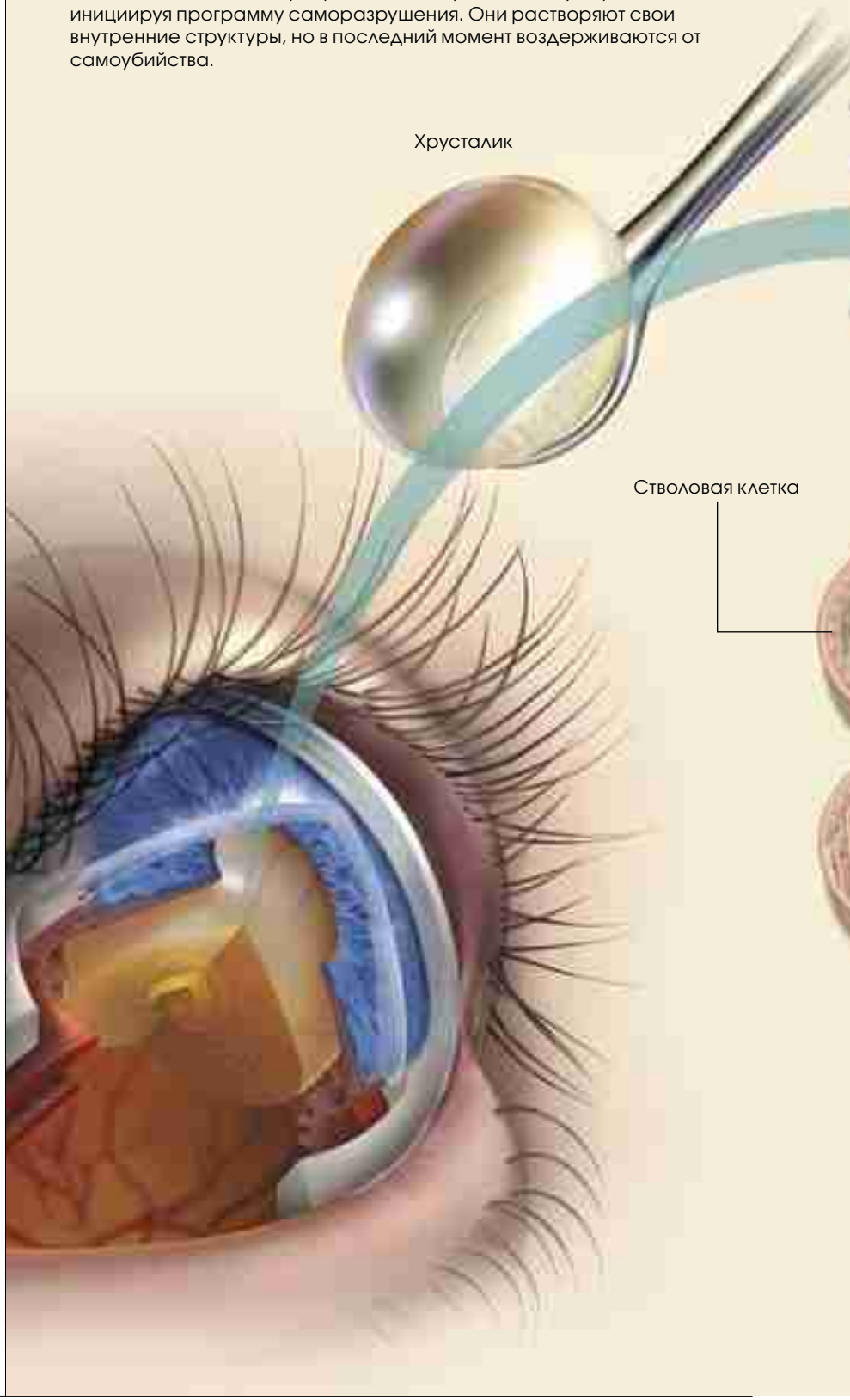
Прозрачность – весьма необычное свойство живой ткани. Клетки содержат такие внутренние структуры (органеллы), как ядро, где хранится ДНК, митохондрии, вырабатывающие энергию, аппарат Гольджи и эндоплазматический ретикулюм, участвующие в синтезе белков и липидов. Каждая структура имеет свой коэффициент преломления, а области, где он изменяется, выглядят непрозрачными.

Кроме того, некоторые клетки поглощают свет определенных длин волн и, таким образом, приобретают окраску. Характерный алый цвет придает эритроцитам крови гем в молекуле гемоглобина. Поскольку наши органы и мышцы наполнены кровью, они выглядят окрашенными в различные оттенки красного. И, наконец, многие клетки (особенно кожи и волос) содержат меланины – пигменты, чей цвет варьирует от красного до черного.

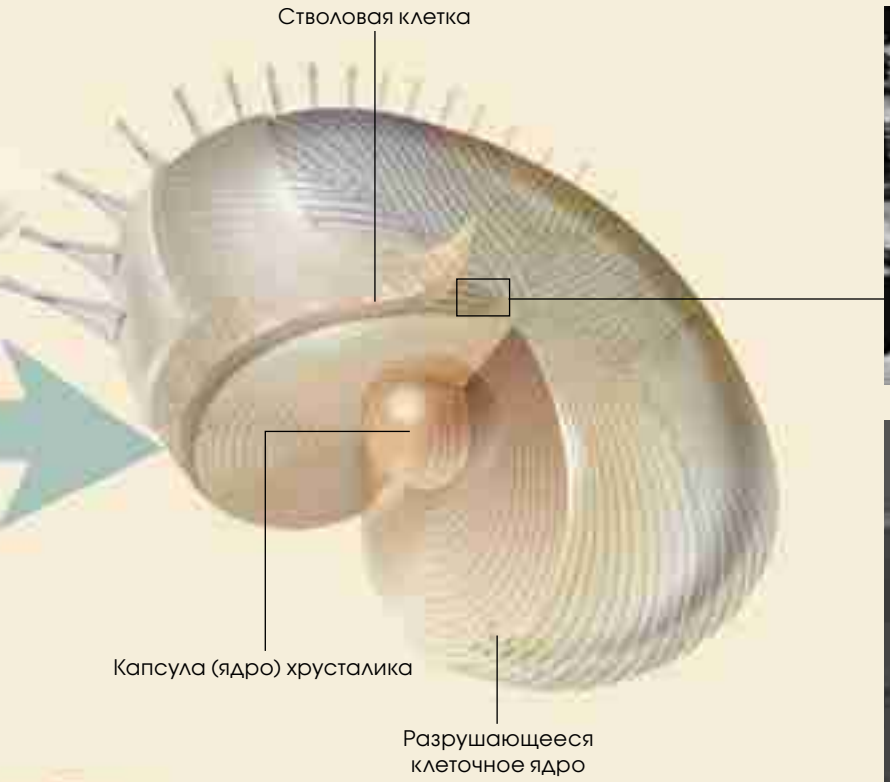
В хрусталике нет ни меланинов, ни крови. Хрящ тоже их не содержит, однако он лишь бесцветен – в лучшем случае полупрозрачен. Это связано с тем, что практически во всех тканях клетки и волокна ориентированы друг относительно друга под различными углами и поэтому рассеивают свет. Хрусталик состоит из клеток только одного типа, и расположены они в строго определенном порядке.

Если клетки хрусталика не снабжаются кровью и лишены органелл, можно ли их считать живыми? Ответ зависит от того, какое определение дать понятию «жизнь». На Земле обитают мириады мелких

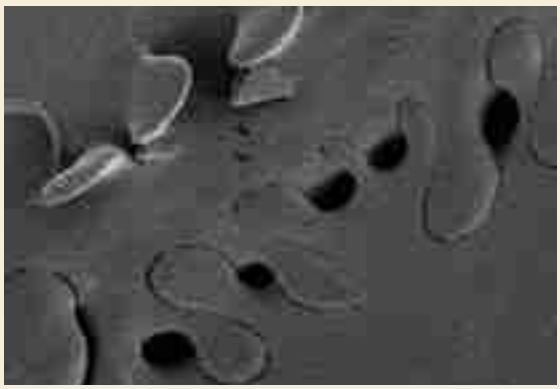
Прозрачность хрусталика обусловлена его структурой и необычной программой развития. Клетки сформировавшегося хрусталика имеют высокоупорядоченное расположение, ограничивающее рассеяние света (*рисунок справа и снимки в правом верхнем углу*). В процессе развития клетки освобождаются от непрозрачного материала (*внизу справа*), инициируя программу саморазрушения. Они растворяют свои внутренние структуры, но в последний момент воздерживаются от самоубийства.



www.FireWooD.net.ru







Слои клеток в хрусталике у коровы располагаются параллельно (*вверху*). В каждом слое соседние клетки подогнаны друг к другу, как кусочки мозаики (*внизу*): между ними, когда хрусталик изменяет свою форму при фокусировании лучей, не образуются зазоры. Характер расположения слоев и смыкания в них клеток позволяет свету проходить через границы между клетками, не подвергаясь рассеянию.

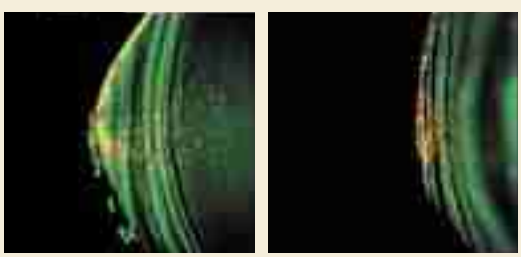
РАЗВИТИЕ ХРУСТАЛИКА

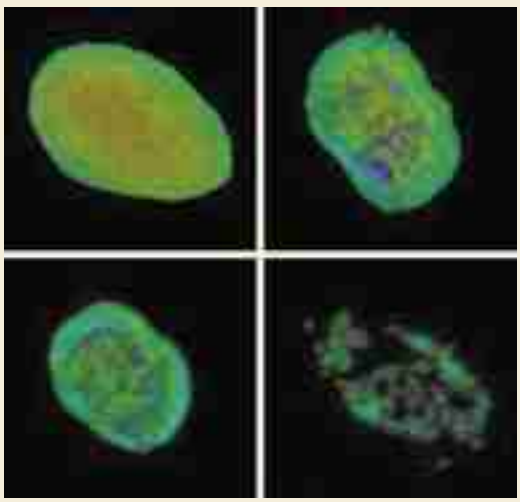
Хрусталик начинает развиваться на самых ранних стадиях жизни зародыша, когда стволовые клетки, образующие стенку сферического пузырька, удлиняются и заполняют его полость (*вверху слева*). Образовавшаяся капсула (ядро) хрусталика обрастает снаружи многочисленными дополнительными слоями дифференцировавшихся стволовых клеток (*вверху*). Поначалу клетки содержат все типичные органеллы – ядро, митохондрии, эндоплазматический ретикулум и т.д. Затем они разрушают свои структуры, сохраняя лишь наружную мембрану и густой раствор белков кристаллинов внутри. Эта едва живая материя имеет однородный коэффициент преломления, а значит, не рассеивает свет.

На фотографиях показаны развивающийся (*внизу слева*) и почти зрелый (*вверху справа*) хрусталики мыши. По мере разрастания хрусталика старые клетки оказываются все дальше от его поверхности, а их ядра (*выделены красным цветом*) перемещаются вниз и в конце концов разрушаются.

Ядро в клетке развивающегося хрусталика погибает в течение нескольких дней (*справа*). Ядерная мембрана и ДНК исчезают одновременно.







KEITH KASNOT (*drawings*); RALF DAHM (*top SEM, layers*); ALAN R. PRESCOTT *University of Dundee, Scotland (bottom SEM, jigsaw pieces)*; FROM "DEVELOPMENT OF A MACROMOLECULAR DIFFUSION PATHWAY IN THE LENS," BY V. I. SHESTOPALOV AND S. BASSNETT, IN *JOURNAL OF CELL SCIENCE*, VOL. 15, 2003 (*bottom left two images, nucleated cells*); RALF DAHM (*bottom right four images, degrading nuclei*)

www.FireWooD.net.ru

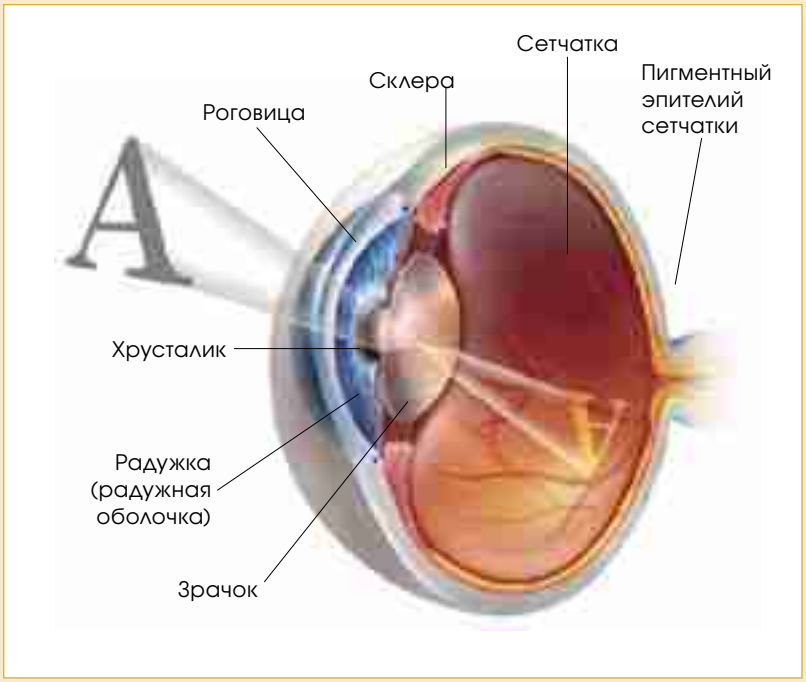
КАРИЕ, ГОЛУБЫЕ И КРАСНЫЕ

Зная механизмы фокусировки света глазом (*см. рисунок внизу*), можно объяснить, почему на фотографиях наши глаза иногда выглядят карими, голубыми или красными. Свет проникает в глаз через узкое отверстие в радужной оболочке – зрачок. Расположенный позади него хрусталик фокусирует лучи на сетчатке. Часть попавшего на радужку света отражается. Чем короче длина световых волн, тем сильнее они отражаются поверхностью, поэтому голубой свет рассеивается сильнее красного, что и определяет естественный голубой цвет радужки.

Радужка с большим количеством меланина поглощает много света и выглядит коричневой, а с меньшим количеством этих пигментных молекул приобретает светло-коричневую или зеленую окраску, а с незначительным количеством пигмента – голубую.

Зрачок кажется черным, потому что богатый меланином слой клеток позади сетчатки поглощает все остатки света, проникшего через сетчатку. Это не дает свету отражаться от дна глаза и повторно воздействовать на фоторецепторы сетчатки, что могло бы искажать зрение.

Организм альбиносов не способен вырабатывать меланин. Их пигментный эпителий сетчатки поглощает очень мало света, вот почему на ярком солнце альбиносы становятся почти слепыми. Свет, отраженный дном глаза, возвращается к зрачку и радужке, освещая кровеносные сосуды и придавая им красную или розовую окраску. То же наблюдается и при фотосъемке со вспышкой.



животных, лишенных крови. Это касается и человеческого хряща, однако все биологи безоговорочно относят его к жизнеспособной ткани. Если живой считать клетку, обладающую метаболизмом, то и клетки хрусталика живые. Они лишены митохондрий, вырабатывающих энергию, однако в самых наружных слоях хрусталика диффундируют молекулы питательных и некоторых других веществ, которые затем медленно проникают и во внутренние его части.

В молодых клетках хрусталика, возникающих у плода из стволовых клеток, присутствуют органеллы, но на ранних стадиях развития организма они разрушаются. Остается лишь цитоплазма, состоящая из необычайно густого раствора особых белков – кристаллинов. Хрусталик неспроста называют иногда биологическим кристаллом: его клетки имеют высокоупорядоченное расположение. Каждая из них содержит крупные молекулы кристаллинов, образующих комплексы с окружающими их компонентами цитоплазмы. Такая структура делает цитоплазму оптически гомогенной средой. Коэффициент преломления в хрусталике везде одинаков.

Катаракта

После запрограммированной гибели органелл клетки хрусталика остаются живыми, однако вместе с ядром они лишаются всех генетических программ. В отличие от клеток других тканей, они полностью теряют способность к восстановлению, что делает хрусталик очень уязвимым. Так, например, сильное обезвоживание может вызвать слипание кристаллинов, что приведет всего за несколько недель к разрушению клеток и их превращению в бесформенную массу – катаракту. Коэффициенты преломления образовавшегося пятнышка и остальной части хрусталика отличаются, и в поле зрения человека возникает мутное пятно.

Мелкие повреждения могут накапливаться в хрусталике и при отсутствии обезвоживания. У многих людей катаракта развивается в результате регулярного воздействия высоко реактивных молекул (например, свободных радикалов), ультрафиолетового излучения или многолетнего повышения уровня сахара в крови вследствие диабета.

Первые упоминания об операциях по удалению помутненных хрусталиков относятся к 1800-м гг. до н.э. и содержатся в своде законов вавилонского царя Хаммурапи. Древнеегипетские тексты, а также средневековые европейские и исламские рукописи описывают операции по отсечению хрусталика от ресничной мышцы глаза и внедре-

KEITH KASNOT

www.FireWooD.net.ru

нию его в стекловидное тело – густую прозрачную жидкость в задней части глазного яблока. Хотя процедура и снимала с глаза пелену, он утрачивал способность фокусировать лучи света на сетчатке. В результате после операции пациенты могли видеть только размытые очертания предметов, как если бы они смотрели под водой.

В XVII–XVIII вв. были изобретены специальные очки, компенсировавшие ослабление зрения, но современные искусственные хрусталики сделали их ненужными. Только в США ежегодно проводится более 1 млн. операций по удалению катаракты. Сегодня процедура занимает не более 45 минут и завершается успехом в 100% случаев.

Прозрачность – весьма необычное свойство живой ткани.

Однако стареющий хрусталик подвержен не только развитию катаракты – с возрастом он желтеет. В нем постепенно накапливаются белки, поглощающие синий и зеленый свет и не пропускающие лучи к сетчатке. Лишь красный, желтый и коричневый свет достигают цели, что значительно меняет зрительное восприятие человеком окружающего мира.

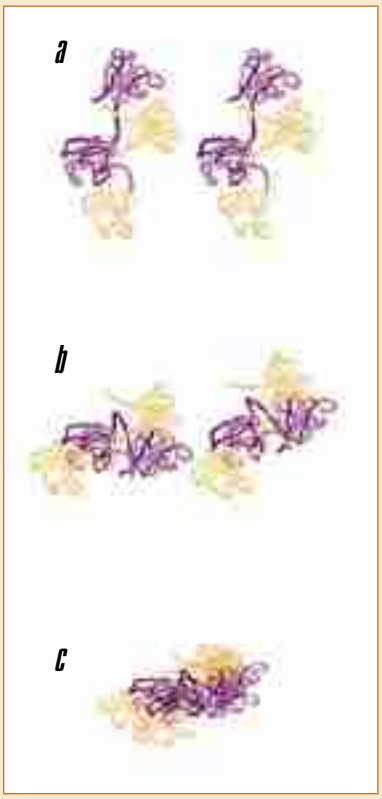
Запрограммированное самоубийство

В последние годы исследователи не только научились возвращать хрусталику утраченные функции, но и задумались над тем, как можно предотвратить его возрастное разрушение. Они обнаружили, что процесс, связанный с уничтожением молодыми клетками хрусталика своих органелл, дает им прекрасную возможность справиться с некоторыми опасными болезнями.

Клетки хрусталика, возникающие из стволовых клеток, на ранних стадиях развития зародыша содержат органеллы. В ходе дифференцировки они их уничтожают, благодаря чему и становятся прозрачными. В других клетках даже небольшое повреждение ДНК чревато необратимым процессом апоптоза, т.е. запрограммированной гибелью. Высвобождающиеся в клетке деструктивные белки кромсают ее ДНК на части, а прекращающие работу митохондрии лишают клетку источника энергии. Она распадается на части и бесследно растворяется. Как правило, поврежденные клетки совершают самоубийство, чтобы освободить место новым здоровым – иначе орган перестает функционировать. В некоторых случаях поврежденные клетки самоуничтожаются, чтобы не переродиться в раковые. Клетки хрусталика тоже разрушают свое ядро и все остальные органеллы, однако они прекращают этот процесс как раз перед самым его завершением, сохраняя наружную мембрану, внутренний цитоскелет из белков и густую плазму (*см. врезку на стр. 54 и 55*).

Способность клеток приостанавливать самоубийство стала для ученых полной неожиданностью.





Каждый год жертвами катаракты становятся миллионы людей. Клетки хрусталика содержат густой раствор крупных белков кристаллинов (*a*). По мере того как в их молекулах накапливаются повреждения, вызванные ультрафиолетовым излучением, окислением или обезвоживанием, они утрачивают свою исходную структуру и превращаются в длинных «червячков» (*b*). Такие молекулы могут слипаться друг с другом, образуя плотную массу переплетенных нитей (*c*). Клубок поглощает проникающий в глаз свет, порождая в поле зрения человека мутное пятно (*см. фотографию*). Повышенный уровень денатурированных белков был обнаружен в головном мозгу людей, страдающих болезнями Альцгеймера и Паркинсона, что навело ученых на мысль о сходной природе катаракты и нейродегенеративных заболеваний.

ALICE CHEN (*drawing*); SCIENCE PHOTO LIBRARY (*photograph*)

ОБ АВТОРЕ:

Ральф Дам (Ralf Dahm) – руководитель проекта в Институте биологии развития им. Макса Планка в Тюбингене (Германия), кандидат биохимических наук и координатор общеевропейского проекта по использованию данио рерио в качестве модели для изучения эмбрионального развития человека.

www.FireWooD.net.ru





Прообразом картины, созданной Клодом Моне в 1899 г. (*слева*), стал уголок его сада под Парижем. Позднее, в 1918—1924 гг., художник также пытался запечатлеть японский мостик. Исследование эскизов показывает, что катаракта значительно снизила у Моне остроту зрения, а пожелтение хрусталиков ухудшило его восприятие синего и зеленого цветов.

К старости зрение французского импрессиониста Клода Моне (1840—1926) ухудшилось. Картины, написанные им в течение двух последних десятилетий жизни, – лучшее тому подтверждение.

Пожелтение хрусталиков изменило восприятие цвета. В них постепенно накопились белки, поглощавшие свет холодных оттенков (фиолетовый, синий, голубой и зеленый) и пропускавшие красный и желтый цвета. Поэтому окружающий мир представал перед взором живописца во все более теплых тонах.

Катаракта вызвала снижение остроты зрения: Моне видел предметы словно через матовое стекло. Постепенно он стал хуже различать формы и очертания предметов, а в конце жизни едва отличал свет от тьмы.

На ухудшение зрения Моне впервые обратил внимание во время поездки в Венецию в 1908 г.: 68-летний художник не смог с привычной легкостью выбрать краски для работы. В 1912 г. врач обнаружил у него катаракту и рекомендовал операцию, но Моне испугался. В то время любое хирургическое вмешательство было чревато серьезными осложнениями, а удаление катаракты уже поставило крест на карьере нескольких живописцев.

В поздних работах импрессиониста количество деталей резко сокращается, а преобладающими становятся желтые, красные и коричневые тона. Моне впадал то в ярость, то в отчаяние и в начале 1922 г. писал, что создать что-либо прекрасное уже не в состоянии.

В том же году зрение Моне опять ухудшилось: правый глаз едва отличал свет от тьмы, а левый видел лишь на 10%. В январе 1923 г., когда художнику было 83 года, ему удалили катаракту правого хрусталика, но Моне жаловался, что очки, которые он должен был носить после операции, сильно искажают цвет.

Только в 1925 г. ему наконец-то удалось подобрать подходящие очки, и он написал, что вновь хорошо видит и собирается много работать. Увы, через год Моне умер.

Они всегда рассматривали апоптоз как безостановочный процесс. А значит, в клетках хрусталика имеется некий механизм, позволяющий им разрушать лишь определенную часть своих структур. Несколько лет назад я вместе с другими специалистами предположил, что этот механизм включает преднамеренную блокировку клетками процесса саморазрушения. Было показано, что во время дифференцировки клеток хрусталика одни органеллы (например, ядро и митохондрии) подвергаются точно такой же деструкции, что и во время полного апоптоза зрелых клеток, а другие (например, цитоскелет) – остаются совершенно интактными. Мы допустили, что клетки хрусталика используют клеточную гибель не для самоуничтожения, а для осуществления дифференцировки.

Данный факт привел нас к следующему заключению: механизм, контролирующий апоптоз, мог бы менять течение болезней, характеризующихся «массовым самоубийством» клеток, например, нейродегенеративных заболеваний. Для этого необходимо выяснить, какие сигналы прекращают процесс клеточного саморазрушения.

Согласно теории инициации апоптоза, предложенной Стивеном Басснеттом (Steven Bassnett) из Вашингтонского университета, по мере того как уже существующие клетки хрусталика обрастают все новыми и оказываются все дальше от его поверхности, количество достигающего их кислорода уменьшается. Когда его концентрация падает ниже порогового уровня, целостность митохондрий, функционирование которых напрямую зависит от доступности кислорода, оказы-

THE JAPANESE FOOTBRIDGE, BY CLAUDE MONET, GIFT OF VICTORIA NEBEKER COBERLY, IN MEMORY OF HER SON JOHN W. MUDD, AND WALTER H. AND LEONORE ANNENBERG, IMAGE © BOARD OF TRUSTEES, NATIONAL GALLERY OF ART, WASH., D.C. (*left*); MINNEAPOLIS INSTITUTE OF ARTS, BEQUEST OF PUTNAM DANA McMILLAN (*right*)

www.FireWooD.net.ru

вается под угрозой. Почувствовав такую опасность, клетка начинает высвобождать факторы, способствующие апоптозу. Правильность теории отчасти подтверждается известным фактом, что поврежденные митохондрии способны инициировать апоптоз в зрелых клетках человека. Получив серьезное повреждение, клетка может разблокировать механизмы гибели и приступить к саморазрушению.

Басснетт указывает еще на одну возможную причину апоптоза: выработка молочной кислоты, образующейся при расщеплении глюкозы в дифференцированных клетках хрусталика. Зрелые клетки в центре хрусталика лишены митохондрий и вырабатывают энергию, превращая глюкозу в молочную кислоту. В хрусталике, таким образом, образуется градиент концентрации молочной кислоты, а также градиент *pH*. Инициатором апоптоза могут быть оба фактора.

Внимание ученых привлекли и некоторые другие триггеры клеточной гибели. Майкл Райд (Michel Wride) из Кардиффского университета в Уэльсе и Эсмонд Сандерз (Esmond Sanders) из Университета провинции Альберта в Канаде показали, что разрушению клеток хрусталика способствует фактор некроза опухоли. Он является сигнальным белком (цитокином) и может выступать в роли мощного инициатора апоптоза здоровых и некоторых раковых клеток. Однако неизвестно, как цитокин работает в хрусталике.

Автору статьи и другим исследователям удалось выяснить некоторые механизмы, приостанавливающие саморазрушение клеток хрусталика. Изучая хрусталики человека, крысы и мыши, мы обнаружили, что в клетках, еще не успевших уничтожить свои органеллы, образуется белок галектин-3, способный связываться с другими молекулами. Когда клеточные органеллы начинают разрушаться, синтез галектина-3 снижается. Такой образец активности вполне мог бы контролировать процесс апоптоза, но о том, какие факторы отключают этот белок, мы не имеем пока ни малейшего представления. Изучать галектин-3 мы начали потому, что он принимает участие в различных биологических процессах, связанных с пролиферацией, апоптозом и дифференцировкой клеток других тканей.

Способность клеток приостанавливать самоубийство стала для ученых полной неожиданностью.

Недавно Сого Нишимото (Sogo Nishimoto) из Университета г. Осака (Япония) идентифицировал ДНК-азу (фермент, расщепляющий ДНК), участвующую в разрушении ДНК в клетках хрусталика. Лабораторные мыши, у которых ДНК-аза отсутствует, появляются на свет с катарактой. Кроме того, при дифференцировке в клетках хрусталиков грызунов не происходит разрушения ядер, в то время как апоптоз клеток всех других тканей протекает нормально.

Многообещающая рыбка

Не исключено, что загадку хрусталика поможет разгадать маленькая аквариумная рыбка данио рерио, словно специально созданная природой для изучения эмбрионального развития животных. Зародыши данио состоят из очень небольшого числа клеток, и на ранних стадиях развития они настолько прозрачны, что ученые могут наблюдать за формированием их внутренних органов воочию. Большинство органов развивается невероятно быстро – всего через 48 часов после выметывания икры. На третий день из икринки вылупляется малек, тут же начинающий активно плавать в воде.

Мутантных рыбок интенсивно изучают многочисленные группы исследователей во всем мире. Сотрудники лаборатории нобелевского лауреата Нюсслайн-Фольхарда (Nusslein-Volhard) из Института Макса Планка обнаружили рыб, чьи хрусталики состояли из клеток с интактными органеллами, и рыб с абсолютно мертвыми клетками хрусталика. У некоторых мутантов была выявлена катаракта, ничем не отличавшаяся от человеческих.

Ученые надеются, что изучение данио рерио поможет получить новые сведения о факторах, запускающих и останавливающих апоптоз. Такая информация могла бы углубить наши представления не только о механизмах развития катаракты, но и о природе нейродегенеративных заболеваний человека. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Nuclear Degeneration in the Developing Lens and Its Regulation by TNFalpha. Michael A. Wride and Esmond J. Sanders in Experimental Eye Research, Vol. 66, No.3, pages 371–383; 1998.
- Lens Organelle Degradation. Steven Bassnett in Experimental Eye Research, Vol. 74, No. 1, pages 1–6; 2002.
- Developmental Aspects of Galectin-3 Expression in the Lens. R. Dahm, S. Bramke, J. Dawczynski, R. H. Nagaraj and M. Kasper in Histochemistry and Cell Biology, Vol. 119, No. 3, pages 219–226; 2003.
- Nuclear Cataract Caused by a Lack of DNA Degradation in the Mouse Eye Lens. S. Nishimoto et al. in Nature, Vol. 424, pages 1071–1074; 2003.

www.FireWooD.net.ru



Устройство для электронного голосования производства компании *Sequoia*.

COURTESY OF SEQUOIA VOTING SYSTEMS

www.FireWooD.net.ru

Тэд Селкер

ЭЛЕКТРОННОЕ ГОЛОСОВАНИЕ

Как предусмотреть все вопросы, связанные с электронной системой голосования?

Казалось бы, что может быть проще: раздать бюллетени, а потом подсчитать их. На самом деле в процессе проведения выборной кампании существует множество нюансов. Во-первых, данные об избирателях, их регистрация и сведения о том, кто за кого голосовал, – конфиденциальная информация; во-вторых, если в предвыборной гонке участвуют более двух претендентов, то появляются серьезные проблемы. Во время подсчета голосов на выборах президента США в 2000 г. из 150 млн. бюллетеней не были обработаны 4–6 млн., что составило 2% от общего числа проголосовавших избирателей. Таким образом, судьба Америки была решена в штате Флорида всего 537 голосами.

Ошибки были обусловлены прежде всего низким уровнем программного обеспечения (из списков было исключено от 1,5 до 3 млн. человек) и неудачным дизайном бюллетеней, что привело к потере от 1,5 до 2 млн. голосов. Только в Палм-Бич из-за слишком яркого оформления бланков 4% избирателей не смогли правильно проголосовать за своего кандидата или выбрали сразу двух. Более 680 человек не смогли понять алгоритм работы автоматических устройств для подсчета голосов, и их бюллетени не были учтены. Согласно сведениям Американского бюро по опросу общественного мнения, около миллиона американцев по тем или иным причинам не приняли участия в выборах президента 2000 г. Таким образом, из-за плохой работы избирательных участков было потеряно 2/3 голосов, а по причине неудовлетворительного оформления бюллетеней и отказов техники – 1/3. Проанализировав ошибки, федеральные и местные власти решили оснастить участки современным оборудованием для электронного голосования, которое должно упростить процедуру, уменьшить количество ошибок и исключить возможность мошенничества.

В некоторых странах электронная система зарекомендовала себя с хорошей стороны. Бразилия начала ее тестирование в середине 90-х гг. и с 2000 г. перешла на этот тип голосования. В 1996 г. использовались электронные машины, способные обработать 40 тыс. голосов

www.FireWooD.net.ru

при вероятности ошибки 7%, а в 1998 г. производительность устройств возросла до 150 тыс. голосов (погрешность – 2%). В 2000 г. модернизированные системы электронного голосования снизили этот показатель уже до 0,2%.

на новое оборудование количество неправильно вложенных бюллетеней уменьшилось с 3,2% в 2000 г. до 0,9% в 2002 г.

Но не все так просто, как кажется. Из-за того, что отсутствует федеральный стандарт на оборудование, на рынке появилось множество разнообразных моделей, конкурирующих между собой. Споры о том, какие из них лучше, не утихают и сейчас. Кроме того, в каждом штате существуют свои требования к эксплуатации оборудования.

Электронные машины по-прежнему несовершенны, а компьютерные вирусы и проблемы с настройкой затрудняют их эксплуатацию.

Электронные машины по-прежнему несовершенны, а компьютерные вирусы и проблемы с настройкой затрудняют их эксплуатацию.

Избирательные технологии

В древней Греции, Египте и Риме для голосования использовались керамические таблички, затем появились бумажные бюллетени, подсчитывавшиеся вручную, а теперь внедряется автоматизированный подсчет голосов. В 1869 г. Томас Эдисон (Thomas Edison) запатентовал устройство для голосования, первые испытания которого начались в 70-х гг. прошлого века.

Современные электронные машины *DRE* воспроизводят бюллетень и регистрационную информацию на дисплее, дублируя ее по звуковому каналу. С переходом избирательных участков штата Джорджия

Но не все избиратели адекватно воспринимают информацию на экране монитора. В 2002 г. мне удалось протестировать электронное устройство для голосования производства фирмы *Electronic Systems and Services* (*ESS*). Модель имела сенсорную панель с графическим интефейсом, где курсор для выбора кандидата располагался очень близко от окна, обозначающего окончание голосования.

Использование аппаратов компании *Sequoia* привело к тому, что 10% избирателей штата Нью-Мексико заполнили бюллетени неправильно. Еще один недостаток такого оборудования – возможность отключить устройство, производящее подсчет избирателей.

Программы по защите информации разрабатываются различными фирмами, чьи алгоритмы представляют собой коммерческую тайну. В 1997 г. власти штата Айова планировали закупить системы для голосования у *Global Election Systems* (которая позже была приобретена фирмой *Diebold*) и обратились за консультацией к Дугласу Джонсу (Douglas W.Jones) из Университета Айовы, который подготовил отчет по компании. В результате было принято решение закупить технику у другого производителя. В феврале 2003 г. компания *Diebold* разместила программное обеспечение на открытом сервере, и уже через несколько дней любой пользователь Интернета мог без труда взломать систему и использовать данные в своих целях.

Безопасность программного обеспечения определяется различными протоколами и уровнем шифрования информации. Для того чтобы быть уверенным в высокой степени ее защиты, необходимо неоднократно протестировать оборудование.

Поскольку основной объем данных передается в электронном виде, вероятность ошибки компьютера сохраняется. В том случае, если будет использовано единое программное обеспечение, сбои в работе электронной системы окажутся весьма ощутимыми. В связи с этим необходим жесткий контроль обработки, передачи и хранения данных.

ОБЗОР

ЭЛЕКТРОННОЕ ГОЛОСОВАНИЕ

- После подведения итогов выборов 2000 г. было принято решение оснастить избирательные участки техникой нового поколения – устройствами прямого электронного голосования.
- Штат или графство, принявшее решение о закупке соответствующих систем, должен заключить контракт с экспертами, осуществляющими оценку надежности оборудования.
- Все сотрудники избирательных штабов и участков должны быть высококвалифицированными работниками и строго выполнять технологические требования.
- Наряду с обновлением технических средств необходимы меры по совершенствованию процесса составления списков избирателей и обработки бюллетеней на участках для голосования, что позволит избежать массовой потери голосов.

www.FireWooD.net.ru

Копии бюллетеней на бумажном носителе и записи звуковых сообщений помогут при проведении контрольного подсчета голосов.



1 Избиратель делает выбор, нажимая символы на экране монитора.

2 Через наушники избиратель слышит голосовое сообщение.

3 Информация записывается на пленку. В случае проведения проверки можно воспользоваться этими записями.

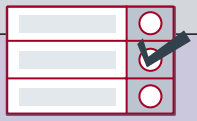
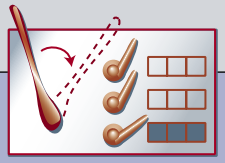
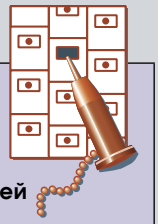


Через прозрачный экран избиратель видит эквивалент бюллетеня на бумажном носителе и может сравнить его с итогами электронного голосования. Копии могут быть использованы при пересчете голосов.

DON FOLEY (ILLUSTRATION); COURTESY OF SEQUOIA VOTING SYSTEMS (PHOTOGRAPH)

www.FireWooD.net.ru

Гораздо проще усовершенствовать существующие выборные технологии, чем внедрять новые.

Технологии	Бумажные бюллетени	Механическая машина	Бюллетени с перфорацией
Комментарии	1,3% из общего объема	Впервые использовалась в 1892 г.	Впервые использовалась в 1964 г.
Преимущества	Просты в обращении. Низкий уровень ошибок при заполнении	Низкая вероятность ошибки и высокая безопасность	Исключают ошибки при голосовании. Компактное оборудование
Недостатки	Низкий уровень доверия со стороны избирателей. Ошибки при подсчете	Большие габариты. Низкая надежность системы подсчета избирателей. Низкая эффективность при большом количестве кандидатов	Ошибки при заполнении. Плохое оформление бюллетеней
Пути улучшения	Производить подсчет при помощи сканера и подвергать специальной обработке	Техническое обслуживание. Установка видеокамер. Изменение панели управления	Использование оптических сканеров для подсчета

Электронное мошенничество

Как предусмотреть все риски, связанные с электронной системой голосования? Конечно, необходимо совершенствовать программное обеспечение, но не стоит забывать о том, что только тестирование всего комплекса позволит минимизировать количество ошибок.

В 1983 г. Кен Томсон (Ken Thompson) сообщил, что при использовании электронной техники для проведения выборов можно изменить результаты голосования. Оказалось, что в программное обеспечение может быть введен секретный код, активизирующийся в день проведения выборов и фальсифицирующий результаты голосования. Томсон назвал этот код «Рождественские яйца».

> Лишь единицы готовы повторить процедуру заполнения электронного бюллетеня, если была обнаружена ошибка.

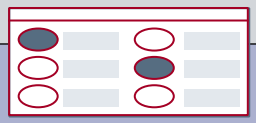
Все электронные устройства оборудованы часами, что позволяет при проведении тестирования установить на них время и дату запланированных выборов. Если в программу внедрены «Рождественские яйца», то они проявят себя в назначенное время.

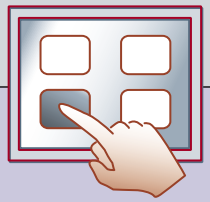
Ученые постоянно совершенствуют программное обеспечение и электронную технику, широко используя опыт коллег, занимающихся системами электронных платежей, благодаря которым каждый день на планете оплачиваются контракты на миллиарды долларов.

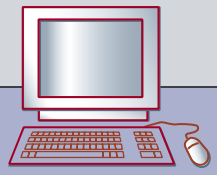
Взаимный контроль со стороны всех участников выборной кампании помогает избежать случайных или преднамеренных ошибок при голосовании. Сотрудниками Массачусетского технологического института была создана программа Безопасные выборы (*SAVE*), которая воплотила в себе основные требования по защите дан-

ELIZA JEWETT

www.FireWooD.net.ru







Бюллетени с чувствительными элементами	Электронное голосование	Голосование через Интернет, телефон, интерактивное телевидение
Впервые использовалась в 1962 г.	Впервые использовалась в 1976 г.	Впервые использовалась в 2000 г.
Низкий уровень ошибок. Просты в обращении. Хороший дизайн	Человеческие ошибки при заполнении и подсчете исключены. Легко воспринимаются. Удобны для инвалидов	Возможность голосования из дома. Удобно для инвалидов. Человеческие ошибки при подсчете исключены
Толстые бюллетени. Требуют осторожного обращения. Низкая скорость обработки	Плохой дизайн бюллетеней. Низкий уровень программного обеспечения	Низкий уровень программного обеспечения
Использование сканеров. Электронная система обработки. Единый перечень кандидатов	Тестирование в различных режимах. Создание защищенных сетей и программ	Создание защищенных сетей и программ

ных. Ученые разработали систему, в которой несколько программ решают одну и ту же задачу, и для того, чтобы нарушить работу, необходимо внести изменения в каждую из них.

Система контроля

Критика существующей системы выборов привела к тому, что было предложено дублировать электронный бюллетень его бумажной копией, которую избиратель может увидеть через прозрачный экран. У такого технического решения есть как достоинства, так и недостатки. Как правило, в США избирателю приходится голосовать по различным спискам. Практика показывает, что лишь единицы готовы повторить процедуру заполнения электронного бюллетеня, если была обнаружена ошибка. Кроме того, злоумышленник может внести изменения в программу печати бюллетеня.

Большинство машин для голосования оснащены аудиосистемой, т.к. звуковая запись хорошо защищена от подделок. Выбрав на экране дисплея имя кандидата, избиратель тут же получит звуковое сообщение, которое записывается на *CD*-диск, который гораздо компактнее бумажного бюллетеня. Проведение видеосъемки на избирательном участке, когда изображение с монитора фиксируется камерой и передается в вычислительный центр в режиме реального времени, также поможет сделать процедуру проведения выборов более безопасной и открытой.

Рассмотрим особенности системы, основанной на аудиозаписи. Например, вы хотите проголосовать за Рузвельта. Нажимаете соответствующую пометку на экране, где появляются курсор «за» и «против». Индикатор на дисплее

ОБ АВТОРЕ:

Тэд Селкер (Ted Selker) возглавляет Калифорнийский технологический институт и занимается изучением выборных технологий, в том числе его интересует, как дизайн электронных бюллетеней влияет на поведение избирателей.

www.FireWooD.net.ru

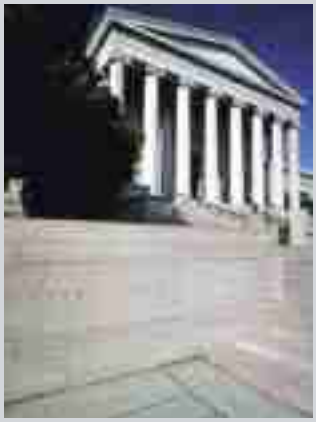
В СУДАХ И В СМИ

В последнее время на страницах газет часто проходят дебаты, посвященные электронной системе проведения выборов, а группы противников и сторонников проводят соответствующие акции.

Март
Американская ассоциация инвалидов обратилась в федеральный суд Флориды с требованием к властям графства Дюваль обеспечить возможность слабо зрячим избирателям голосовать без посторонней помощи.

Апрель
В штате Мэриленд политические деятели и активисты Движения за контроль над выборами потребовали от местной избирательной комиссии отказаться от использования 16 тыс. машин для голосования, не оснащенных принтерами для печати бюллетеней. По данным активистов, в ходе предварительных выборов некоторые избиратели, получившие бумажные бюллетени, обнаружили, что их голоса не были учтены.

Апрель
В штате Калифорния, возможно, будет наложен запрет на использование 14 тыс. устройств для электронного голосования производства *Diebold, Inc*. Не исключено, что против данной компании будут возбуждены административное и уголовное дела. Действия администрации штата вызваны тем, что в ходе проверки в четырех графствах были выявлены факты использования несертифицированного программного обеспечения.



Май
Во Флориде Роберт Векслер (Robert Wexler) выступил за запрет электронной системы голосования в двух графствах.

Июнь
Лига женщин-избирателей, поддерживавшая в 2003 г. электронную систему выборов, настаивает на необходимости использования бюллетеней на бумажном носителе.

Июнь
Глава Комиссии по поддержке выборов настаивает на усилении мер безопасности.

Июль
Группа адвокатов из Флориды требует от суда отменить запрет губернатора проводить ручной подсчет голосов в 15 графствах штата. В ходе выборов в 2002 г. контрольные списки избирателей были утеряны. Правда, диск с данными был найден несколько дней спустя.

Сентябрь
В штате Невада бумажные бюллетени будут выдаваться избирателям на всех участках.

показывает, что выбор сделан. Голос из наушника сообщает вам, что вы проголосовали за Джефферсона.

Минуточку! Оказывается, что была нажата не та кнопка. На экране монитора вы видите курсор «отмена голосования» и нажимаете на нее. Проведя повторную процедуру выбора более внимательно, в итоге вы голосуете за своего кандидата и переходите к следующему этапу.

Приведенный выше пример относится к продвинутым избирателям. Человек замечает лишь существенные изменения изображения на экране монитора. Для избирателя гораздо проще воспринимать звуковое сообщение и смотреть на экран монитора, чем рассматривать в это время бумажный бюллетень. Все предложенные меры позволят усовершенствовать систему голосования.

> Для избирателя проще воспринимать звуковое сообщение и смотреть на экран монитора, чем рассматривать в это время бумажный бюллетень.

В мае 2002 г. в Великобритании проводился эксперимент, когда бюллетени рассылались по почте, избиратели также могли голосовать с помощью мобильного или домашнего телефона или в интерактивном режиме по кабельному телевидению. Используя современные телекоммуникационные возможности, к выборам было привлечено более 100 тыс. человек. Десятизначный ПИН-код был

www.FireWooD.net.ru

доставлен гражданам на дом, а пароль они сами зарегистрировали на сервере избирательной комиссии. В итоге количество участников возросло с 28% до 31%. Наблюдатели не отметили никаких нарушений.

Однако в Манчестере и Бредфорде отмечались случаи продажи голосов: у некоторых избирателей на руках оказались бюллетени для предварительного голосования, и они имели возможность продемонстрировать заинтересованным лицам результаты своего решения.

У сотрудников избирательных комиссий возникают другие проблемы. Например: если поступает заявление о мошенничестве, нужно ли в этом случае закрывать участок? Кроме того, представители администрации не имеют права знакомиться со сведениями о том, как голосовал тот или иной гражданин.



Электронная машина для голосования *AccuVote TSX* фирмы *DieBold* не прошла сертификацию.

COURTESY OF DIEBOLD ELECTION SYSTEMS

Что делать?

В обозримом будущем идеальное устройство для проведения выборов вряд ли будет создано. Тем не менее определенные шаги в этом направлении можно предпринять, а именно:

1. Следует упростить систему регистрации избирателей. Так как в ходе подготовки к выборам 2000 г. большое количество граждан были исключены из списков избирателей из-за ошибок при обработке баз данных, необходимо разработать единые стандарты и технологии на территории США. При этом следует исключить возможность голосования на разных избирательных участках.

2. Оборудование для проведения выборов необходимо тестировать.

3. Персонал, обслуживающий электронику, должен иметь соответствующую квалификацию и неуклонно соблюдать правила на всех этапах подготовки и обработки бюллетеней.

4. Следует вести учет лиц, работающих с документами.

5. При подготовке бюллетеней и разработке устройств для голосования необходимо учитывать прежде всего интересы граждан, которые не должны испытывать затруднений при выборе кандидата.

6. Правительству надлежит вложить средства в программу совершенствования электронной системы, которая должна быть дополнена голосованием по каналам Интернета.

7. Необходимо разработать этические нормы для всех граждан и компаний, принимающих участие в выборах.

Только после того, как будут выполнены вышеуказанные требования, мы получим честные выборы, и не важно, какие технические устройства будут использованы для их проведения. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

- Misvotes, Undervotes and Overvotes: The 200 Presidential Election in Florida. Alam Agresti and Bret Presnell in Statistical Science, Vol.17, no.4, pages 436-440; 2002.
- A Better Ballot Box? Rebecca ercuri in IEEE Spectrum, Vol.39, No.10, pages46-50; October 2002. Available at
- **www.spectrum.leee.org/WEBONLY/publicfeature/oct/evot.html**
- Security Vulnerabilities and Problems with VVPT. Ted Selker and Jon Goler. April 2004. Available at
- **www.vote.caltech.edu/Reports/vtp_wp13.pdf**
- The Catech/M.I.T.Voting Technology Prugect is at **www.vote.caltech.edu**; the progect"s Jujy 2004 report with recommendations for the 2004 presidential election is at **www.vote.caltech.edu/reports/EAC.pdf**
- О методах проведения выборов: **www.sciam.com/ontheweb**.

www.FireWooD.net.ru

Гэри Стикс

Удастся ли создать генетический выключатель?

Полным ходом идут работы по созданию совершенно новых лекарственных препаратов, прицельно выводящих из строя РНК.

В 1996 г. журнал *Worth* сообщил, что вскоре мы станем свидетелями появления еще одного гиганта масштабов *Microsoft*, и это будет компания *Isis Pharmaceuticals*. Надо отдать должное, *Isis* – один из лидеров в так называемой антисмысловой биотехнологии. Но путь к применению этой методики для лечения онкологических и других заболеваний усеян осколками разбившихся надежд.

И вот недавно появилась многообещающая технология блокирования генов. «В течение четверти века в заявках на получение грантов я писал, что последующие пять лет собираюсь посвятить созданию нового метода инактивации генов в клетках млекопитающих *in vitro*, – говорит Филип Шарп (Phillip A. Sharp), директор Института Макговерна по исследованию мозга при Массачусетском технологическом институте. – Но всякий раз новый способ оказывался настолько неуклюжим и нелепым, что его практическое применение было нереально».

Сегодня все внимание Шарпа, получившего в 1993 г. Нобелевскую премию по физиологии и медицине, приковано к недавнему открытию. Оно состоит в том, что у клеток есть неизвестный прежде механизм блокирования экспрессии генов – РНК-интерференция (РНКi). Блокирование происходит на уровне трансляции – синтеза белка на кодирующей его мРНК. Механизм вступает в действие, например, в тот момент, когда вирус, инфицировавший клетку, пытается переключить белок-синтезирующий аппарат хозяина на образование вирусных белков.

В 1998 г. Эндрю Файер (Andrew Z. Fire) из медицинской школы Стэнфордского университета и Крейг Мелло (Craig C. Mello) из Массачусетского университета обнаружили, что введение круглому червю небольших количеств двухцепочечной РНК (дцРНК), кодируемой определенным геном, полностью выключает экспрессию последнего. А в 2001 г. Томас Тушл (Thomas Tuschl) из Рокфеллеровского университета показал, что укороченные версии дцРНК (siРНК, от англ. *short interfering RNA*) заставляют «замолчать» гены-мишени в клетках млекопитающих в культуре. И даже если надежды ученых на применение новой методики не оправдаются, совершенно оче-

www.FireWooD.net.ru

видно, что некоторых ее создателей ожидает высшая научная награда – Нобелевская премия. «Открытие феномена РНК-интерференции чрезвычайно важно не только для медицины, но и для биологии в целом», – замечает Шарп (*см. «Геномные цензоры», «В мире науки», №11, 2003 г.*).

Но насколько *si*РНК отличаются от антисмысловых РНК? На первый взгляд различие невелико. Антисмысловые РНК – это полинуклеотидные цепочки, полученные искусственным путем. Они связываются с мРНК, которые содержат комплементарные им последовательности, что приводит к блокированию экспрессии соответствующих генов. *si*РНК тоже заставляет ген замолчать и использует для этого комплементарное спаривание с РНК. Происходит это следующим образом: в клетке *si*РНК переходит в одноцепочечную форму, и одна из цепей (антисмысловая) включается в состав белкового комплекса, в результате – образуется РНК-индуцированный сайленсинг-комплекс (*RISC*, от англ. *RNA-induced silencing complex*). *RISC* связывается с мРНК, комплементарной антисмысловой цепи в составе комплекса, и особый фермент разрезает мРНК.

Однако в отличие от антисмысловых РНК, которыми ученые занимались последние 15 лет, *si*РНК – инструмент многоразового использования. Они связываются все с новыми и новыми молекулами специфической мРНК, каждый раз выводя их из строя. «Потенциал *si*РНК в 100, а то и в 1000 раз больше, чем у антисмысловых РНК», – говорит Джуди Либерман (Judy Lieberman), ведущий специалист Института биомедицинских исследований в Бостоне.

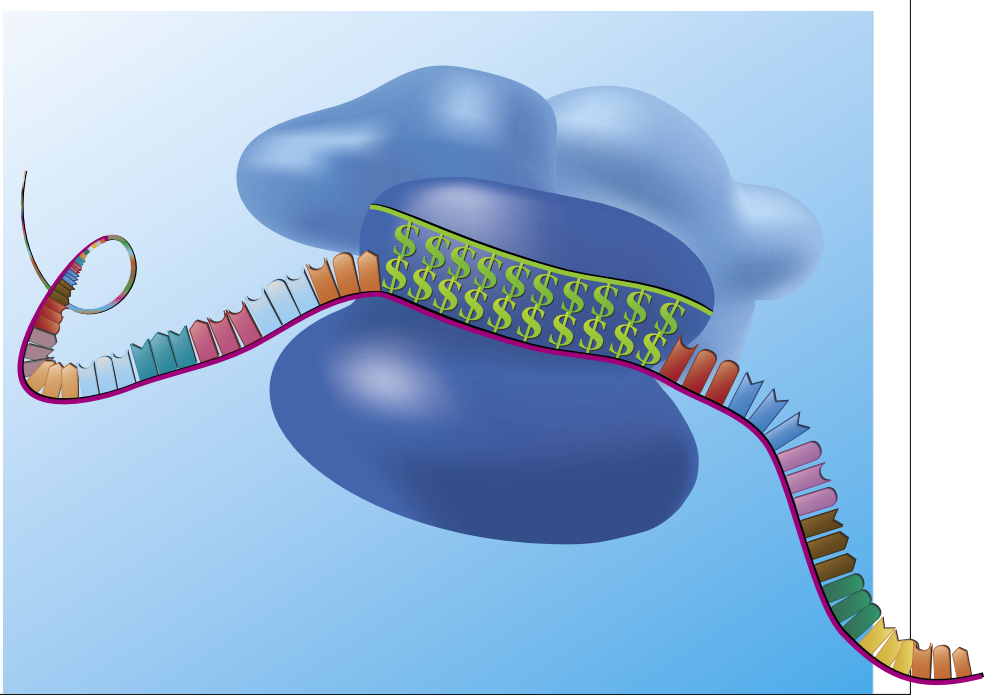
Сегодня с *si*РНК-технологиями связана деятельность более 100 компаний. Половина из них занимается поставкой на рынок химикатов и новых технологий, необходимых для исследований в этой области, другие проводят эксперименты с *si*РНК на коммерческой основе. Небольшая часть фирм сосредоточилась на медицинских аспектах *si*РНК-технологий. В создании одной из них в 2002 г. принимали участие отцы-основатели новой отрасли Тушл, Шарп и Дэвид Бартел (David P. Bartel) из Массачусетского технологического института. Речь идет об *Alnylam Pharmaceuticals* (в переводе с арабского *Alnylam* означает «нитка жемчуга», так называется яркая звезда в созвездии Ориона). На столь экзотическом названии настоял профессор молекулярной биологии и химии в Исследовательском Океанографическом институте Скриппса Пол Шиммел (Paul R. Schimmel). По его словам, такое название будет нелегко запомнить, но и сложно забыть.

«Звездная команда» была готова приступить к делу. Но, когда исполнительный директор компании Джон Мараганоре (John M. Maraganore) стал подыскивать людей, которые реально занялись бы созданием *si*РНК-препаратов, он начал вовсе не с ученых, а с юристов. «Четверо из пяти должны заниматься проблемами интеллектуальной собственности, и только один – наукой», – считает Мараганоре. Он убежден, что финансовый успех зависит от юридических тонкостей не меньше, чем от научных ухищрений.

Шумиха, поднятая вокруг РНК*i*, помогла найти деньги. Сегодня капитализация компании составляет $85 млн. – сумма, достаточная для работы в течение двух лет. За это время предполагается создать препарат и начать его клинические испытания.

Успех или неудача во многом зависят от того, удастся ли доставлять *si*РНК в клетки-мишени и обеспечивать их защиту от клеточных ферментов. *si*РНК должны находиться в клетке достаточно долго, чтобы выполнить свою миссию – найти специфические мРНК и связаться с ними. Те же проблемы возникали при работе с антисмысловыми РНК. *Alnylam* сразу же отбросила

Связывание матричной РНК (*длинная цепь с зубьями*) с комплементарной РНК в составе белкового комплекса (*короткая цепь*).



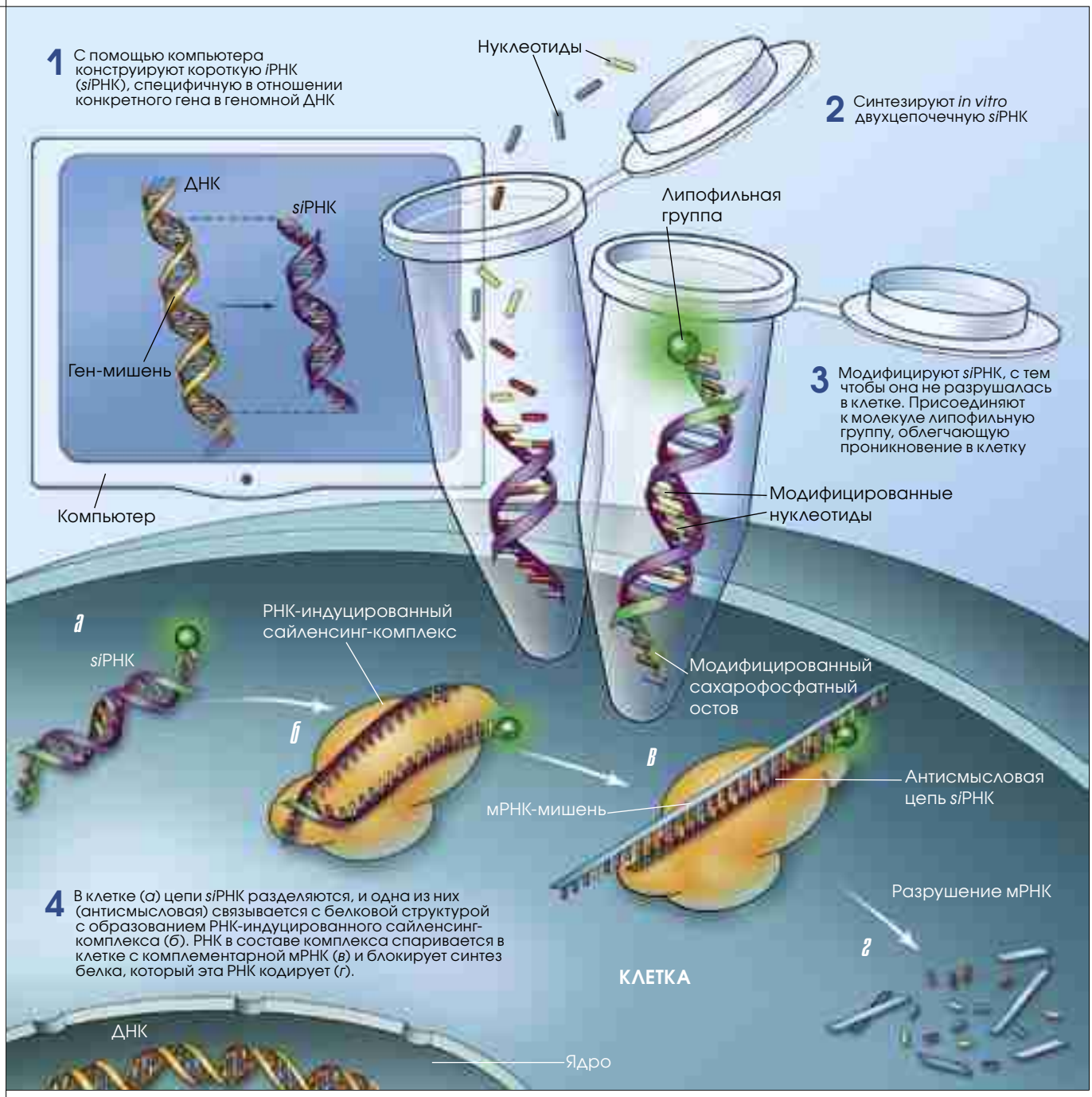
ELIZA JEWETT

www.FireWooD.net.ru

метод векторной доставки (например, с помощью вирусов), когда фрагмент ДНК вводится не просто в клетку, а в клеточное ядро, и синтезируемая на нем РНК влияет на экспрессию. Проблемы в этом случае возникали с адресностью доставки и с повышенным риском побочных эффектов. Было решено синтезировать двухцепочечные *si*РНК длиной в 21 нуклеотидную пару *in vitro*.

Причины, по которым выбор пал именно на этот способ, были весьма необычного свойства. *Alnylam* переманила одного из руководителей администрации фирмы *Isis*, предложив ему пост вице-президента отдела по разработке препарата. Мараганоре позвонил президенту *Isis* и заверил его в намерении сохранять дружественные отношения с разработчиками «антисмысловых» технологий, и они договорились о сотрудничестве. *Alnylam* должна была заплатить *Isis* $5 млн. за использование запатентованных ею химических методов доставки и стабилизации РНК. *Isis*, в свою очередь, инвестировала в *Alnylam*

СОЗДАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО «ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ»



TAMI TOLPA

www.FireWooD.net.ru

КОМПАНИЯ	ЗАБОЛЕВАНИЯ/СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ
Acuity Pharmaceuticals Филадельфия	Возрастная макулодистрофия, диабетическая ретинопатия
Alnylam Pharmaceuticals Кей мбридж, шт. Массачусетс	Возрастная мышечная дистрофия, болезнь Паркинсона, в перспективе – рак, нарушение метаболизма, аутоиммунные заболевания
Atugen Берлин	Рак эпителиальной ткани, нарушение метаболизма, системное применение. Глазные и кожные заболевания, местное применение
Benitec Квинсленд, Австралия	Гепатит С, в перспективе – рак, аутоиммунные заболевания, вирусные инфекции. Генная терапия
CytRx Лос–Анджелес	Амиотрофический боковой склероз, цитомегаловирусные инфекции, ожирение, диабет 2–го типа
Intradigm Роквилл, шт. Мэриленд	Рак
Nucleonics Пенсильвания	Гепатит *B*, в перспективе — рак, воспалительные процессы, вирусные инфекции. Генная терапия
Sirna Therapeutics Боулдер, Колорадо	Возрастная макулодистрофия, гепатит *C*, в перспективе — рак, нарушение метаболизма, воспалительные заболевания, заболевания центральной нервной системы

$10 млн., тем самым гарантировав себе получение прибыли от продаж *si*РНК-продуктов.

Стратегия разработки *si*РНК-препаратов в общих чертах повторяет ту, что использовалась создателями «антисмысловых» продуктов. Единственным средством такого рода, получившим одобрение *FDA*, стал витравен (*vitravene*) компании *Isis*, предназначенный для лечения заболевания глаз, от которого страдают ВИЧ-инфицированные. Лекарство инъецируют непосредственно в глаз, так что активное вещество концентрируется в нужном месте и не воздействует на другие органы и ткани. Однако рынок сбыта для витравена исчез, поскольку появились методы борьбы с цитомегаловирусной инфекцией (она и была причиной поражения сетчатки у ВИЧ-больных).

Возможно, со временем короткие РНК можно будет вводить в кровоток и лечить системные заболевания. Но пока события развиваются по старому сценарию: в августе заявку на проведение клинических испытаний направила фирма *Acuity Pharmaceuticals* из Филадельфии, которая занимается разработкой препарата, предназначенного для лечения возрастной макулодистрофии.

С заявкой в *FDA* собирается обратиться также *Sirna Therapeutics* из Колорадо, и произойдет это на полгода раньше, чем это сделает *Alnylam*. В отличие от последней, *Sirna* – не новорожденная компания, а продукт «перевоплощения» другой фирмы – *Ribozyme Pharmaceuticals*, которая десять лет пыталась создать препараты на основе РНК. Рибозимы – это РНК, обладающие ферментативной активностью, которые можно использовать для расщепления мРНК с тем, чтобы сделать невозможным синтез соответствующих белков. Но, как и в ситуации с антисмысловыми РНК, потенциал рибозимов вызывает сомнения. Препарат, предназначенный для лечения гепатита *C*, привел к слепоте одной из подопытных обезьян (возможно, вследствие передозировки). Другое лекарство оказалось неэффективным при лечении рака молочной железы на поздней стадии. В результате компания оказалась под угрозой банкротства.

В это время в печати появилась научная работа Тушла о подавлении экспрессии генов в клетках млекопитающих в культуре с помощью *si*РНК. Тогда *Ribozyme Pharmaceuticals* решила «сменить вывеску», превратившись в *Sirna Therapeutics*, и использовать те химические методы, с помощью которых она доставляла в клетки и стабилизировала рибозимы, в аналогичных целях, но уже применительно к *si*РНК. Руководство фирмы заявило, что единичная доза *si*РНК сохраняет активность в организме животного в течение 22 суток. Это принесло компании новые инвестиции – $72 млн. Теперь она планирует заняться разработкой препаратов для лечения гепатита, онкологических заболеваний, болезни Гентингтона и т.д.

Однако неизвестно, не вызовет ли *si*РНК нежелательных иммунных реакций в организме и не блокирует ли лишние гены. Пока же ажиотаж вокруг РНК*i*-технологий не спадает. «Если то, что проделано с клетками млекопитающих в культуре, удастся повторить на уровне целого организма, мы получим уникальный метод создания лекарственных препаратов, – говорит Мараганоре. – Осуществится заветная мечта, можно будет прицельно выводить из строя нужные гены».

За рекордно короткий срок РНК*i* стала незаменимым инструментом для исследователей. Но судить о возможности ее применения в медицине можно будет только через несколько лет, когда пройдут первые клинические испытания и мы убедимся в том, что простая инъекция *si*РНК заставляет замолчать ген, ассоциированный с конкретным заболеванием. ■

www.FireWooD.net.ru

Алексей Фридман

Из жизни спиральных галактик



Млечный путь, который мы видим в безлунную ясную ночь, есть малая область самой большой волны, которую человек способен разглядеть невооруженным глазом.

Нв фото туманность Андромеды. Примерно так выглядела бы наша галактика со стороны

Разрешив основной парадокс спиральной структуры, современная наука, однако, до сих пор не дала исчерпывающего ответа на вопрос о происхождении спиральных рукавов.

Более 2/3 видимой массы Метагалактики содержится в галактиках, своеобразных «кирпичиках» мироздания, около 70% которых – спиральные. Поэтому каждое новое открытие в этих астрономических объектах существенно расширяет наши представления о физической природе как имеющихся в Метагалактике структур, так и действующих в них силах.

Волновая концепция

Более полутора столетий назад (1845 г.) лорд Росс открыл спиральные рукава галактик. Данное событие сразу привлекло внимание многих астрономов к этим динамичным и загадочным структурам. Последующие 3/4 века ученые делали безуспешные попытки дать объяснение их происхождению, что заставило выдающегося английского астрофизика Джеймса Джинса печально заявить, что «в спиральных туманностях действуют совершенно неизвестные нам силы, которые только и способны объяснить неудачу при попытках понять происхождение спиральных ветвей...».

Прошло еще четверть века, прежде чем многолетние исследования другого крупного ученого, Бертиля Линдблада, асимметрии в распределении скоростей звезд в нашей Галактике привели его в 1926 г. к представлению о различных «подсистемах» Галактики, имеющих примерно одинаковые диаметры в галактической плоскости, вращающихся с одинаковыми скоростями и характеризующихся разной степенью сплющенности. Позднее было установлено, что наибольлшим моментом вращения обладают два диска – газовый и звездный, где наблюдаются спиральные рукава. Тот факт, что спиральные рукава находятся во вращающихся дисках галактик, дал возможность Линдбладу сделать последний решающий шаг к разгадке происхождения спиральных рукавов. Ученый впервые сделал предположение о том, что они имеют волновую природу.

Одним из выдающихся открытий XX в. стало понимание того, что Млечный путь, который мы видим в безлунную ясную ночь, есть малая область самой большой волны, которую человек способен разглядеть невооруженным глазом. Так разрешился основной парадокс спиральной структуры. Суть его в том, что галактические диски, в которых наблюдаются спиральные структуры, вращаются дифференциально, а не как твердое тело, т.е. угловая скорость вращения не является постоянной, а уменьшается от центра диска к его периферии. Это означает, что спиральные рукава, представляющие собой области повышенной концентрации (в несколько раз превышающей концентрацию фона) ионизованного и молекулярного газа и молодых звезд, должны были бы вовлекаться в дифференциальное вращение, постепенно увеличивая свою длину. В результате изначально повышенная концентрация плотности вещества в рукавах со временем должна бы уменьшаться и через несколько оборотов сравниться с фоном. Поскольку галактические диски за время своего существования совершают от десятка до сотни оборотов (в зависимости от того, идет ли речь о периферийной или центральной части диска), их спиральные рукава невозможно было бы наблюдать.

Концепция Линдблада о спиральных рукавах как волновых образованиях, вращающихся твердотельно и, следовательно, не подверженных растяжению в дифференциально вращающемся диске, разрешила это противоречие. Более того, волновая концепция стимулировала бурное развитие галактической динамики и внегалактической астрономии.

Солитоны

По мере развития технических возможностей наблюдательной астрономии обнаруживались новые особенности спиральной структуры, не находившие объяснения в рамках теории волн плотности, существенно

www.FireWooD.net.ru

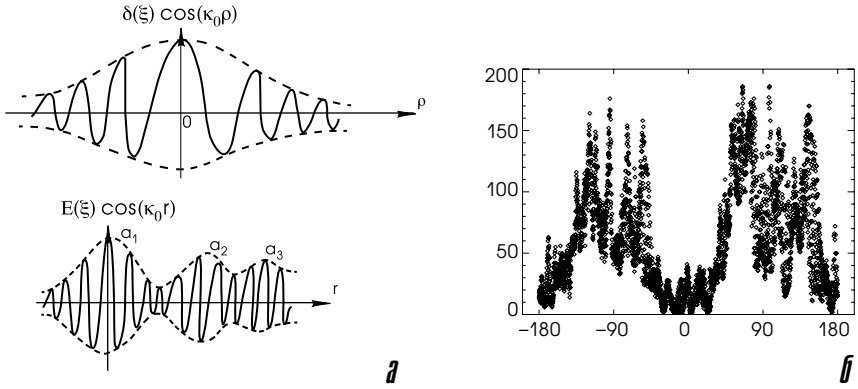


Рис. 1. Солитоны огибающей: а) Их вид, описываемый нелинейной теорией (1977, 1979 гг.); б) Аналогичный вид – карта поверхностной плотности спиральных рукавов галактики *NGC 1365*, полученная в диапазоне 21 см с хорошим разрешением.

разработанной такими известными астрофизиками, как Ц. Лин, Ф. Шу, А. Калнайс, А.и Ю. Тоомре, Д. Линден-Белл и др. Причина прежде всего состояла в том, что они развивали, в основном, линейную теорию волн плотности. В то же время наблюдения показывали, что плотность вещества в рукавах в несколько раз превосходит плотность фона. Таким образом, возникла необходимость создания нелинейной теории волн плотности, простейший вариант которой привел к качественно новой трактовке, описывающей спиральные рукава как солитоны огибающей (*рис. 1а*). Многочисленные наблюдения доказали их поразительную устойчивость при распространении в различных неоднородных средах. Сохранение спиральных рукавов на протяжении многих оборотов диска, т.е. в течение продолжительных динамических времен в дифференциально вращающейся неоднородной по плотности системе, вполне естественно, если считать рукава солитонами огибающей. Это подразумевает наличие внутри них короткопериодической осцилляторной структуры. Спустя 24 года после разработки нелинейной теории спиральных рукавов такая структура была обнаружена в спиральных рукавах галактики *NGC 1365* – одной из ближайших к нам гигантских спиральных галактик (*рис. 1б*). Таким образом, открытие новой структуры подтвердило представления о солитонной природе спиральных рукавов.

Гидродинамическая неустойчивость в диске

Разрешив основной парадокс спиральной структуры и объяснив многие связанные с ней данные, современная наука, однако, до сих пор не дала исчерпывающего ответа на вопрос о происхождении спиральных рукавов. Очевидно, что причиной их возникновения является некая неустойчивость диска. Однако если это так, то она должна вызывать возмущение не только поверхностной плотности (т.е. те самые рукава), но и других параметров диска, например, скорости. Однако до сих пор ничего подобного не было обнаружено. Немаловажную роль в решении вопроса о структурах в полях скоростей спиральных галактик сыграло определение их кривых вращения и наличие в некоторых из них скачков скорости. Это подтолкнуло ученых к созданию гравигидродинамической обобщенной концепции спиральной структуры. Кроме сил самогравитации диска она учитывает также градиенты плотности и скорости. Проведенные российскими специалистами детальные исследования кривых вращения спиральных галактик показали, что не менее чем в половине из них наблюдаются скачки скорости на кривых вращения, которых достаточно, чтобы вызвать гидродинамическую неустойчивость в диске, ведущую к генерации спиральных рукавов. Доказанная тождественность динамических уравнений галактического самогравитирующего диска и вращающейся мелкой воды послужила основой для моделирования процесса генерации спиральных волн плотности на настольной экспериментальной установке. Ее схема показана на *рис. 2а*. Две независимо вращающиеся части установки – «ядро» (1) и «периферия» (2) – создают скачок скорости вращения мелкой воды (3), аналогичный наблюдаемому в спиральных галактиках (*рис. 2б*). Кроме всевозможных спиральных рукавов (*рис. 2в*), многообразие которых связано с различной величиной относительного скачка скорости вращения, между ними были обнаружены антициклоны (*рис. 2г*). Их центры находятся как раз в области скачка скорости. Так лабораторный эксперимент позволил предсказать существование новых структур в спиральных га-

> Лабораторный эксперимент позволил предсказать существование новых структур в спиральных галактиках – гигантских антициклонов.

Corbis/РФГ (*preceding pages*)

www.FireWooD.net.ru

лактиках – гигантских антициклонов (их размеры всего лишь в 2 раза меньше радиального протяжения спиральных рукавов).

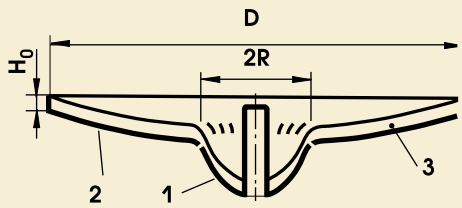
Спирально-вихревые структуры

Последующие годы были посвящены поиску удобной для наблюдения галактики с относительно большим скачком скорости. Семь лет спустя после предсказания гигантских антициклонов в галактиках были открыты вихревые структуры. Они были обнаружены в поле скоростей спиральной галактики *Mrk 1040*, имеющей большой скачок скорости на кривой вращения (*рис. 3а*). Антициклоны располагались между спиральными ветвями, а их центры – в окрестности скачка скорости (*рис. 3б*) в точном соответствии с модельным экспериментом на вращающейся мелкой воде (*рис. 2*).

Дальнейшие теоретические исследования показали, что антициклоны вместе со спиралями составляют единую спирально-вихревую структуру вне зависимости от вида кривой вращения и типа неустойчивости, их породившей. Это означает, что антициклоны должны присутствовать также в галактиках с гладкой кривой вращения.

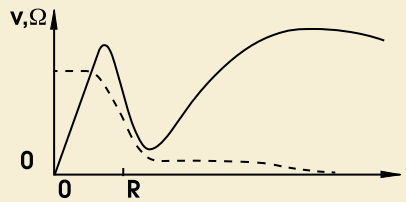
Поиск антициклонов в галактиках с профилем вращения без каких-либо особенностей (а таких почти половина) весьма затруднен. Действительно, скачок на профиле скорости вращения является местом не только локализации центров вихрей, но и расположения коротационной окружности, где скорость спирального узора совпадает со скоростью галактического диска. Следовательно, со скачком скорости связана система координат, относительно которой спиральные рукава остаются неподвижными, а антициклоны – стационарными. Сепаратриса, отделяющая антициклон с «захваченными» газовыми облаками от других «пролетных» облаков, также расценивается как стационарная в системе координат, связанной с коротацией. В любой другой системе координат она не стационарна, и разделение траекторий с захваченными облаками в антициклоне и траекторий с пролетными облаками проблематично. Другими словами, в любой системе координат, не связанной с коротацией, выделить антициклоны в настоящее время не представляется возможным.

Рис. 2. СХЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ СПИРАЛЬНЫХ ВОЛН ПЛОТНОСТИ



а

а) Две независимо вращающиеся части установки – «ядро» (*1*) и «периферия» (*2*) – создают скачок скорости вращения мелкой воды (*3*).



б

б) Качественно совпадающие кривые вращения для мелкой воды и галактического диска: сплошной линией обозначена азимутальная скорость V, пунктиром – угловая скорость Ω.



в) Всевозможные спиральные рукава, многообразие которых связано с различной величиной относительного скачка скорости вращения.

г) Антициклон.

Решение некорректной задачи

Как определить коротационную окружность в галактиках с гладкой кривой вращения? Как выделить вихревые линии тока в плоскости галактики, если измеряется лишь одна компонента скорости вдоль луча зрения по доплеровскому смещению спектральных линий? Чтобы ответить на эти вопросы, российские ученые разработали метод решения некорректной задачи – определения трех компонент скорости газового диска, располагая данными измеренного поля лишь одной составляющей – лучевой скорости. Как известно, решение любой некорректной задачи невозможно без введения некоторых дополнительных предположений. Достоверность решения резко повышается, если адекватность используемых предположений удается доказать ▸

ОБ АВТОРЕ:

Фридман Алексей Максимович, академик РАН, профессор МГУ и МФТИ, лауреат Государственных премий СССР и РФ. В настоящее время А.М. Фридман руководит отделом физики звездных и планетных систем Института астрономии РАН.

www.FireWooD.net.ru

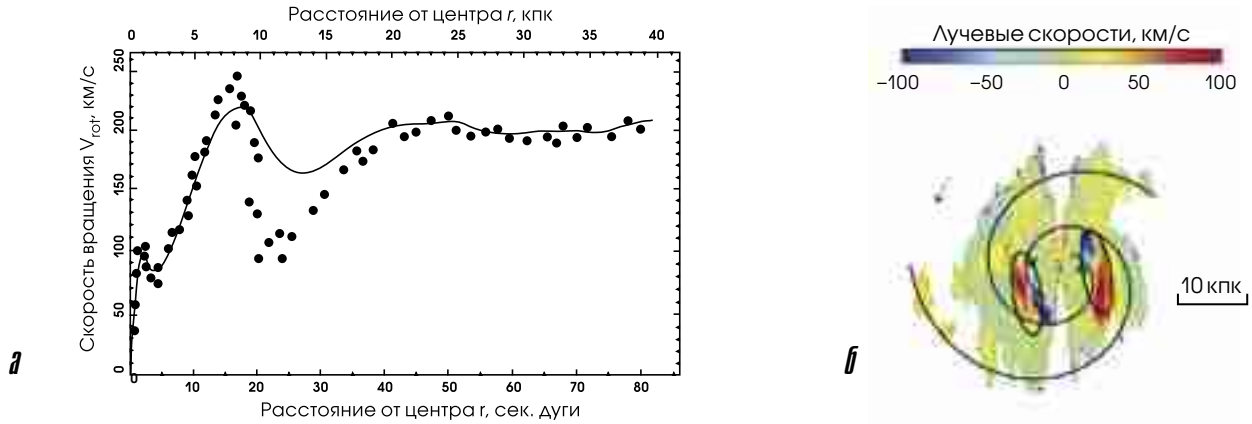


Рис. 3. Галактика *Mrk 1040* со скачком скорости на кривой вращения, где впервые были обнаружены гигантские антициклоны: а) Усредненная по азимуту кривая вращения со скачком скорости. Точки – точки наблюдения вдоль линии узлов (т.е. линии пересечения плоскости галактики к плоскости неба, перпендикулярной лучу зрения); б) Распределение лучевых скоростей (вдоль луча зрения). Синий цвет означает движение к нам, красный – от нас. Более насыщенный цвет соответствует большей величине скорости. Проведенные сплошными линиями спирали соответствуют максимумам плотности спиральных рукавов. Обнаруженные антициклоны между спиральными рукавами обозначены эллипсами со стрелкой, указывающей направление вращения вихря.

МЕТОД РЕШЕНИЯ НЕКОРРЕКТНОЙ ЗАДАЧИ

Суть метода такова. Требуется определить пять составляющих поля скоростей: системную скорость $V_{сис}$ – скорость центра масс галактики, скорость вращения диска $V_{вр}$, и три компоненты скорости диска в волне плотности: V_r, V_ϕ, V_z – так называемые возмущенные скорости. Нетрудно найти связь этих пяти скоростей с измеряемой скоростью вдоль луча зрения $V_{изм}$:

$$V_{изм} = V_{сис} + (V_r \sin\phi + V_{вр} + V_\phi \cos\phi) \sin i + V_z \cos i \qquad (1)$$

Здесь ϕ – азимутальный угол, r – радиус в галактоцентрической системе координат, i – угол наклона плоскости галактики к плоскости неба (перпендикулярной лучу зрения).

Возмущенные скорости V_r, V_ϕ, V_z заметно меньше скорости вращения $V_{вр}$, и их симметрия определяется формой спирального узора (в дальнейшем ограничимся рассмотрением двухрукавных галактик, составляющих подавляющее большинство подобных образований с регулярной спиральной структурой). Это обстоятельство позволяет представить возмущенные скорости в виде:

$$\begin{aligned} V_r(r, \phi) &= C_r(r) \cos(2\phi - F_r(r)), \\ V_\phi(r, \phi) &= C_\phi(r) \cos(2\phi - F_\phi(r)), \\ V_z(r, \phi) &= C_z(r) \cos(2\phi - F_z(r)). \end{aligned} \qquad (2)$$

Представление возмущенных функций в упрощенном виде есть первое предположение, необходимое для решения данной некорректной задачи.

Ниже будут представлены аргументы в пользу справедливости такого приближения для реальных галактик.

Подставляя выражение (2) в соотношение (1), получим разложение измеряемой скорости $V_{изм}$ в ряд Фурье по азимутальному углу, содержащее гармоники от нулевой до третьей включительно. Разложив известную из наблюдений лучевую скорость $V_{изм}$ в ряд Фурье, определяем коэффициенты Фурье вплоть до третьей гармоники включительно. Их оказывается семь: a_0, a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3, где a_i – коэффициенты при cos, а b_i – коэффициенты при sin.

Для определения восьми неизвестных функций: $V_{сис}$, $V_{вр}$, C_r, F_r, C_ϕ, F_ϕ, C_z, F_z, требуется еще одно соотношение между ними. В качестве дополнительного уравнения используется какое-либо из гидродинамических уравнений, связывающее различные параметры волны плотности между собой, и в этом состоит второе (и последнее) предположение, необходимое для решения некорректной задачи.

путем анализа данных наблюдений. (Изложение метода решения некорректной задачи *см. врез слева.*)

Параметры волны

В то время как использование гидродинамических уравнений для описания динамики газовых галактических дисков представляется заведомо оправданным, приближенное описание параметров волны в виде (2) требует отдельного обоснования. Для его подтверждения специалистами было предложено несколько наблюдательных тестов, самый простой и естественный из которых состоит в проверке преобладания второй гармоники в Фурье-спектре возмущенной плотности диска и первых трех гармоник в Фурье-спектре возмущенной лучевой скорости (напомним, что при подстановке (2) в (1), мы приходим к Фурье-разложению функции $V_{изм}$, содержащему только гармоники до третьей включительно).

В качестве примера приведем некоторые результаты, полученные при восстановлении описанным методом поля скоростей газового диска спиральной галактики *NGC 157* из измеренного поля лучевой скорости этого диска.

www.FireWooD.net.ru

Циклоны и антициклоны

На *рис. 4а* показан спектр Фурье возмущенной поверхностной плотности, а на *рис. 4б* – возмущенной лучевой скорости. Явное преобладание второй гармоники в первом случае и первых трех гармоник во втором служит веским аргументом в пользу корректности используемого метода. На *рис. 5а* показано векторное поле скоростей в плоскости газового диска *NGC 157* в системе координат, вращающейся вместе со спиральным узором. Между спиральными рукавами хорошо видны вихревые структуры. Поскольку газ в них вращается против движения галактики в лабораторной системе координат, направление которого (против часовой стрелки) видно по центральной части диска, эти вихри называются антициклонами. Центры вихрей находятся в окрестности коротационной окружности в соответствии с теоретическими выкладками и лабораторным моделированием.

Описанным методом были восстановлены поля скоростей десятка галактик, имеющих регулярную спиральную структуру, и во всех случаях обнаружены гигантские антициклоны (*рис. 5б*).

Дальнейшие теоретические исследования полей скоростей газовых дисков показали, что при достаточно высокой амплитуде спиральной волны плотности в них помимо антициклонов могут существовать и циклоны. Если антициклоны находятся между спиральными рукавами, то циклоны, согласно расчетам, должны располагаться в области спиральных рукавов (*рис. 6а*, где *А* – антициклон, *С* – циклон, σ_{max}, σ_{min}, $0(\sigma)$ – линии максимумов, минимумов и нулевой величины возмущенной поверхностной плотности диска соответственно. Например, линия σ_{min} проходит между спиральными рукавами, σ_{max} – на гребне спиральных рукавов и т.д., а пунктирная окружность проведена на коротации). Выбрав спиральную галактику *NGC 3631* и восстановив

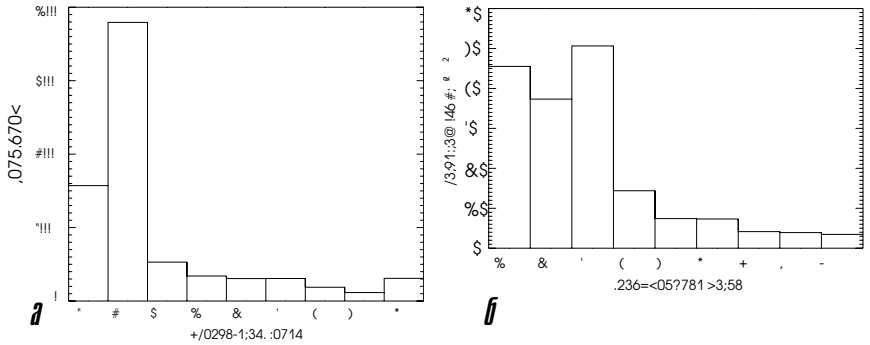


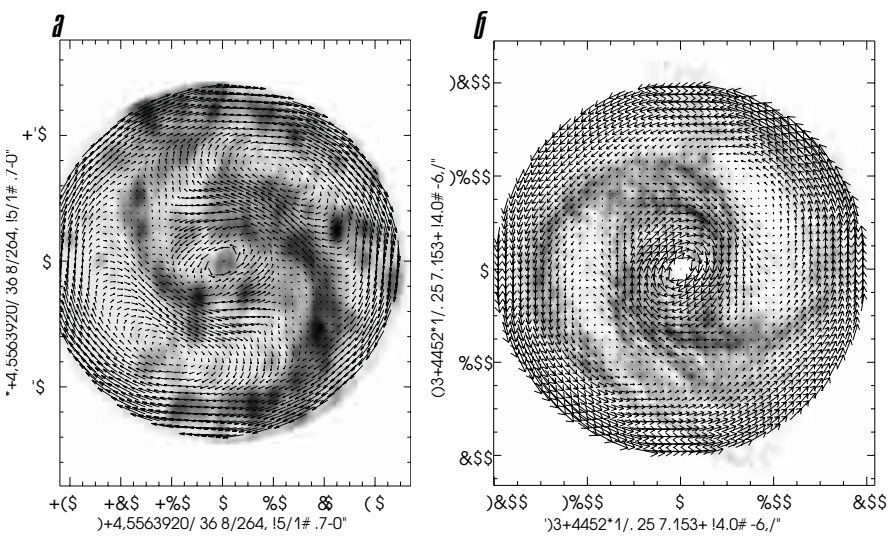
Рис. 4. Фурье-спектры возмущенных поверхностей плотности (*а*) и лучевой скорости (*б*).

полное векторное поле скоростей ее газового диска в системе координат спирального узора, ученые на основании проведенных расчетов обнаружили гигантские циклоны как раз в тех областях диска, где и ожидали (*рис. 6б*, где длинная кривая, состоящая из кружков со звездочками, соответствует σ_{max}, сплошной круг – коротационная окружность).

Центральные перемычки

История изучения спиральной структуры галактик тесно связана с исследованиями еще одного типа галактических структур – так называемых центральных перемычек, или баров. Последние представляют собой звездные эллипсоиды, наблюдающиеся в центральных областях более чем половины спиральных галактик. Как и спиральные рукава, центральными частями которых они, видимо, чаще всего и являются, бары вращаются твердотельно в плоскости галактического диска. Бары могут быть двух типов: быстрые и медленные. Вероятнее всего быстрые бары образуются в результате так называемой бар-неустойчивости диска, в котором звезды движутся по орбитам, близким к круговым. Возникающий в этом случае бар вращается примерно с той же скоростью, что и галактический диск у его концов. Альтернативная возможность

Рис. 5. Гигантские антициклоны в системе координат, вращающейся вместе со спиральным узором: а) Галактика *NGC 157*; б) Галактика *NGC 1365*



www.FireWooD.net.ru

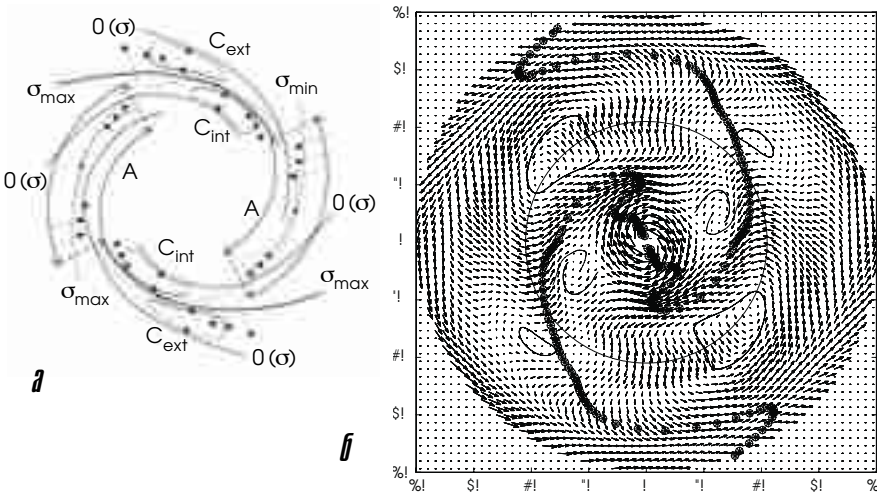


Рис. 6. Циклоны и антициклоны в полях скоростей газовых дисков: а) *A* – антициклон, *C* – циклон, σ_{max}, σ_{min}, $0(\sigma)$ – линии максимумов, минимумов и нулевой величины возмущенной поверхностной плотности диска, соответственно. Например, линия σ_{min} проходит между спиральными рукавами, σ_{max} – на гребне спиральных рукавов и т.д., а пунктирная окружность проведена на коротации; б) Длинная кривая, состоящая из кружков со звездочками, соответствует σ_{max}, сплошной круг – коротационная окружность.

состоит в формировании медленного бара из звездной системы с преобладанием вытянутых в радиальном направлении орбит. Последняя может быть естественным результатом коллапса центральной части протогалактики, когда основная часть потенциальной гравитационной энергии переходит в кинетическую энергию преимущественно радиального движения звезд. Такая звездная система имеет тенденцию к транформации из сферической в эллиптическую, поскольку малые трансверсальные скорости не могут препятствовать взаимному притяжению и сближению звезд (точнее, вытянутых звездных орбит). Описанный процесс составляет суть неустойчивости радиальных орбит, впервые исследованный В. Поляченко и И. Шухманом в 1972 г.

Неустойчивость радиальных орбит

Развитие неустойчивости радиальных орбит приводит к формированию медленного бара, вращение которого обусловлено прецессией орбит. В результате он вращается значительно медленнее скорости вращения самих звезд и скорости вращения диска в области концов бара. Условие существования медленного бара, совпадающее с условием границы неустойчивости радиальных орбит, было определено английским астрофизиком Линден-Беллом в 1979 г. Внешнее проявление баров обоих типов может быть весьма схожим, несмотря на разные механизмы их возникновения. До недавнего времени вопрос о существовании медленных баров в галактиках оставался открытым. Решение этой проблемы основано на исследовании отклика диска на гравитационный потенциал бара. В быстром баре отклик имеет вид отстающих (вращающихся концами назад) спиральных ветвей, сходных с обычными отстающими рукавами спиральных галактик. Медленный бар вызывает менее

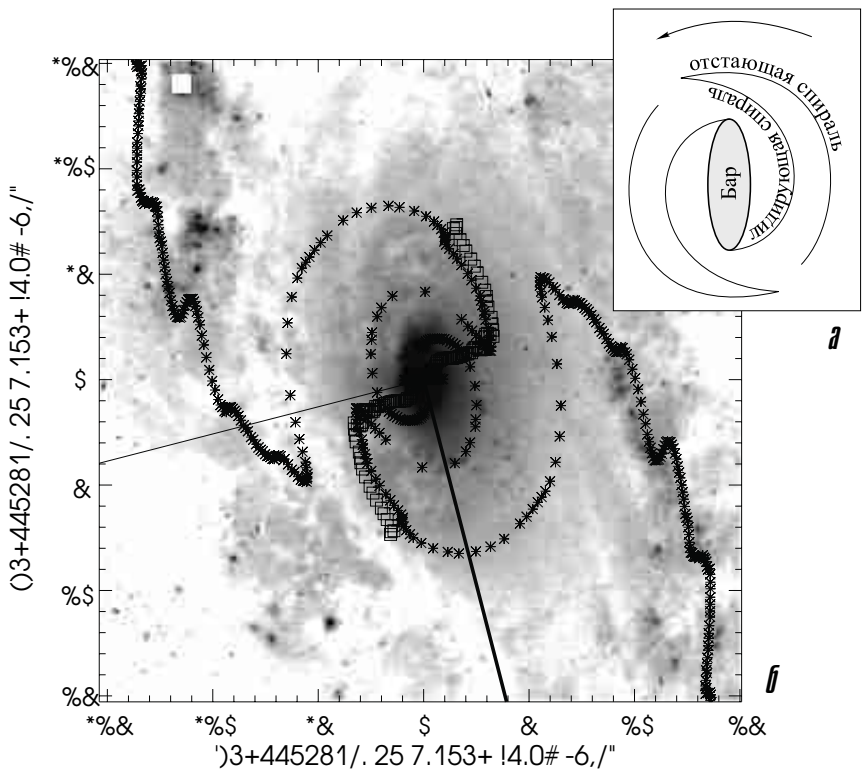


Рис. 7. Медленные бары галактик: а) Структура отклика медленного бара, состоящая из лидирующей спирали (у концов бара) и отстающей спирали (теория); б) Аналогичный отклик медленного бара в центральной части спиральной галактики *NGC 157*.

www.FireWooD.net.ru

тривиальную структуру отклика, которая впервые была определена В. Поляченко в 1994 г. (*рис. 7а*). Она состоит из отходящей от концов бара туго закрученной лидирующей (вращающейся концами вперед) спирали, которая в узкой радиальной области диска совершает, как правило, половину оборота до резкого перехода в основные отстающие спиральные ветви.

В 2000 г., в ходе анализа результатов наблюдений спиральной галактики *NGC 157*, в центральной части ее диска была обнаружена именно такая структура, которую можно было проследить по линиям максимальных значений второй гармоники распределения поверхностной яркости в различных диапазонах длин волн (*рис. 7б*). Так было впервые доказано существование медленных баров в реальных галактиках и подтверждены сделанные ранее нетривиальные теоретические предсказания.

ПРЕДСКАЗАНИЯ И ОТКРЫТИЯ НОВЫХ СТРУКТУР В СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИКАХ

Предсказание осцилляторной структуры спиральных рукавов	Михайловский А.Б., Петвиашвили В.И., & Фридман А.М. – СССР, 1977, 1979
Открытие осцилляторной структуры спиральных рукавов	Фридман А.М., Хоружий О.В., Минин В.А., Поляченко Е.В., Поляченко В.Л., Засов А.В., Сильченко О.К., Афанасьев В.Л., Додонов С.Н., Моисеев А.В. – Россия, Булестекс Ж. – Франция, Кнапен Дж.– Великобритания, 2001
Предсказание гигантских вихрей	Фридман А.М., Незлин М.В., Снежкин Е.Н., Трубников А.С., Поляченко В.Л. – СССР, 1986
Открытие антициклонов в галактиках со скачками скорости	Афанасьев В.Л., Фридман А.М. – Россия, 1993
Открытие антициклонов в галактиках с плавной кривой вращения	Фридман А.М., Хоружий О.В., Ляхович В.В.,Засов А.В., Сильченко О.К., Афанасьев В.Л., Додонов С.Н. – Россия, Булестекс Ж. – Франция, 1997
Открытие циклонов	Фридман А.М., Хоружий О.В., Поляченко Е.В., Засов А.В., Сильченко О.К., Афанасьев В.Л., Додонов С.Н., Моисеев А.В. – Россия, 1999
Открытие неустойчивости радиальных орбит	Поляченко В.Л., Шухман И.Г. – СССР, 1972
Предсказание медленных баров	Линден-Белл Д. – Великобритания, 1979
Расчет форм отклика галактического диска на гравитационный потенциал бара	Поляченко В.Л. – Россия, 1994
Открытие медленных баров	Фридман А.М., Хоружий О.В. – Россия, 2000

Расширяя границы познания

В астрономии пока неизвестны случаи, когда открытия делались бы на основании результатов лабораторного моделирования с помощью специально разработанной экспериментальной установки. Все описанные выше структуры обладают совершенно иной физической природой, чем все известные до сих пор. Именно поэтому работы в этой области существенно расширяют границы познания динамических процессов, протекающих в спиральных галактиках. Такие открытия, как, например, гигантские вихри, по значимости ничуть не уступают обнаружению спиральных рукавов галактик. Однако если последние не несут почти никакой информации о динамике диска, в котором они образовались, то расположение вихрей указывает как на местоположение основного, коротационного резонанса галактики, так и на механизм неустойчивости, породивший спирально-вихревую структуру. Таким образом, можно сказать, что гигантские вихри являются «динамическим портретом» галактики. И также как состояние атмосферы в значительной степени определяется распределением циклонов и антициклонов, динамика галактики характеризуется ее вихревой структурой.

> Так же как состояние атмосферы в значительной степени определяется распределением циклонов и антициклонов, динамика галактики характеризуется ее вихревой структурой.

Описанный выше метод восстановления полного трехкомпонентного поля лучевых скоростей из однокомпонентного поля лучевой скорости, использующий естественные для данной задачи два дополнительных предположения, применим для решения некорректных задач, постоянно встречающихся в науке и технике. Наконец, многолетняя работа ученых над обнаружением предсказанных структур стимулировала мощное развитие техники наблюдений. В частности, описанные выше исследования потребовали перехода к бесщелевой спектроскопии и способствовали созданию на БТА, крупнейшем в Европе телескопе, современного измерительного комплекса на основе сканирующего интерферометра Фабри-Перо и пакетов обрабатывающих программ к нему. ■

www.FireWooD.net.ru

энергия
будущего



Премия «Глобальная энергия» присуждена А.Е.Шейндлину за «фундаментальные исследования теплофизических свойств веществ при предельно высоких температурах для энергетики».

Согласно древнегреческой мифологии, Прометей похитил у богов огонь, чтобы отдать его людям. Человечество славило своего героя, принесшего ему свет и тепло. Но сохранить приобретенное бывает труднее, чем его добыть. Боги жестоко покарали Прометея и отобрали огонь. Такова легенда. Чего больше в ней – воспоминаний о таинственной глобальной катастрофе или пророчества о нашем будущем? Прошли тысячелетия, и человек изобрел электричество. Всего за несколько десятилетий искусственный огонь разгорелся от первой лампочки Эдисона и Яблочкина до яркого сияния прожекторов и телевизионных экранов. Мы живем в век электричества, без которого немыслимо существование современной цивилизации. Энергосистема – сложный и разветвленный технический комплекс, сберечь который – задача государственного значения. Что думают об этом ученые? Каково действительное положение дел в современной российской энергетике?

Размышлениями о некоторых важных ее проблемах, основанными на 60-летнем опыте деятельности в данной области науки, поделился со зрителями передачи «Очевидное–невероятное» почетный директор Института высоких температур РАН, лауреат международной энергетической премии «Глобальная энергия» академик Александр Ефимович Шейндлин.

Три кита энергетики

Безопасность государства во многом зависит от энергетики, развитие которой опирается на достижения фундаментальной и прикладной науки, на новые технологии, позволяющие создавать высокоэффективное энергетическое оборудование. Учитывая все возрастающую роль этой отрасли народного хозяйства для стабильного экономического и социально-политического развития общества, соответствующие решения должны приниматься на основе технико-экономического анализа.

В 1921 г. Страна Советов выдвинула лозунг электрификации всей страны. Таким образом, впервые в истории крупная научно-техническая проблема приобрела политическое звучание.

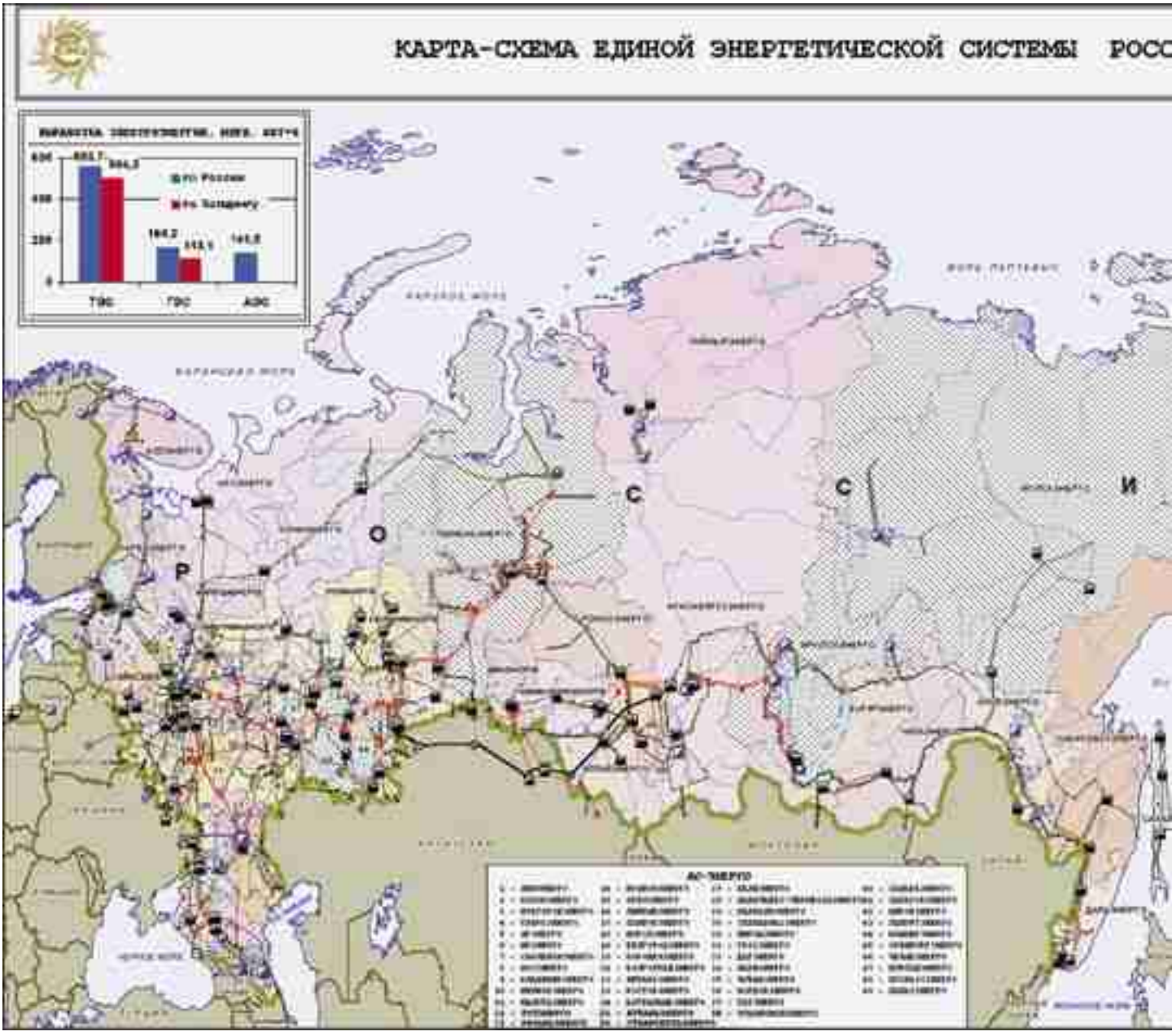
Отечественная электроэнергетика стала одной из лучших в мире: созданная технологическая база позволяла энергомашиностроению полностью обеспечить потребности электроэнергетической области.

Со второй половины 50-х гг. XX в. началось создание Единой энергетической системы (ЕЭС) России (*см. карту на стр. 82*). Пуск уникальных для того времени Куйбышевской, а затем и Сталинградской гидроэлектростанций (теперь Волжская ГЭС им. В.И. Ленина и Волжская ГЭС в г. Волжском), строительство системообразующих линий электропередач, соединивших Московскую, Куйбышевскую (Самарскую) энергосистемы с Уралом ознаменовало новую веху в экономическом развитии страны.

В концепцию развития ЕЭС были заложены принципы концентрации мощностей и централизации энергоснабжения. ЕЭС России – одна из самых надежных систем подобного рода в мире: за годы ее существования крупных аварий, которые систематически происходят в США, Великобритании, Италии и в других странах, не происходило (*см. «Оздоровление энергосистем», «В мире науки», №2, 2004 г.*) Система оснащена надежной противоаварийной автоматикой. За счет того, что электростанции, расположенные в разных часовых поясах, работают параллельно, снижается потребность в рабочей и резервной мощности на 8 млн. кВт.

Потребности России в электроэнергетике удовлетворяются электростанциями, суммарная мощность которых превышает 215 млн. кВт. Свыше 20% составляют ГЭС, более 10% – АЭС, и почти 70% – тепловые электростанции (ТЭС), работающие в основном на природном ▸

www.FireWooD.net.ru



ROB MATHESON *Corbis/РФ (pcecending pages)*

газе (63%) и твердом топливе (28%). В структуре отечественной энергетики значительное место занимают ТЭС на сверхкритических параметрах пара с энергоблоками мощностью 250, 300, 500, 800 и 1200 мВт.

Согласно прогнозам, ожидается рост потребления энергии, которую обычно связывают с энерговооруженностью населения, которую, однако, невозможно наращивать беспредельно.

В связи с тем, что положение дел в энергетике в последние годы изменилось не в лучшую сторону, ученым предстоит найти пути повышения энергоэффективности.

Технологии производства электроэнергии

В конце 20-х – начале 30-х гг. XX в. началось массовое строительство крупных теплоэлектростанций с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла, что с научно-технической точки зрения было вполне оправданным. Однако КПД электростанций, работающих с паротурбинной техникой невысоких параметров, составлял величину порядка 25%, а следовательно, появлялись огромные потоки неиспользуемого низкопотенциального тепла. Поэтому теплофикационный режим работы электростанций был призван резко увеличить эффективность использования топлива.

В 50-е гг. особенно остро встал вопрос повышения эффективности тепловых электростанций. Поскольку рабо-

www.FireWooD.net.ru



чим телом в них является водяной пар (чем выше его температура, тем выше коэффициент полезного действия), переход к более высоким температурам и давлениям должен был базироваться на знании теплофизических свойств пара при этих параметрах. Проведенные в те годы широкомасштабные исследования были призваны создать фундаментальную базу для разработки нового энергетического оборудования. Подобные работы велись в Америке, Великобритании. Тогда Россия шла в авангарде передовой научной мысли.

Передача тепла от теплофикационной электростанции к потребителю (зданиям и сооружениям) требовала строительства разветвленной трубопроводной системы подвода горячей воды, которая, как правило, прокладывалась под землей, нуждалась в теплоизоляции и, наконец, в соответствующем резервировании и управлении работой.

Развитие энергетической отрасли народного хозяйства в условиях существующей тогда политической системы с жестким планированием и централизацией было осуществлено с грандиозным размахом. Единая энергетическая сеть как паутина опутала всю страну.

Более 72% всей тепловой энергии производилось централизованными источниками (мощностью более 20 Гкал/час), в том числе почти 32% вырабатывалось в теплофикационном (комбинированном) цикле на электростанциях. Казалось бы, масштабную теплофикацию следует развивать и далее, однако с 1991 г. началось серьезное отставание технологической базы. Ее теперешнее состояние и уровень электроэнергетики и энергетического оборудования требуют иного подхода.

Нужна ли реформа энергетики

Возможен лавинообразный выход энергетических мощностей из строя. Скажем, коэффициент полезного действия хорошей, но давно построенной электростанции составляет 37–38%. А КПД современных парогазовых установок, которых у нас практически нет, но которые активно строятся на Западе, – порядка 60%, в полтора раза выше. А значит, в полтора раза сокращаются затраты топлива. Если до настоящего времени мы не ощущали дефицита электроэнергии, то лишь потому, что в свое время были введены в строй огромные энергетические мощности, а потребление, главным образом за счет спада промышленного производства, уменьшились. Однако начавшийся экономический рост обусловил рост энергопотребления и энерговооруженности, что может привести к нехватке энергии в ближайшем будущем. Сторонники реформы энергетики говорят о необходимости привлечения частных инвестиций, но это не решит проблему. Нужна разумная система государственного регулирования отрасли. Россия – северная страна, и у нас высокая потребность в тепле.

Современные малые энергетические установки не менее эффективны, чем крупные: экономические параметры очень близки. При этом исключаются потери в протяженных тепловых сетях, исчезает опасность аварийных ситуаций. Во всех системах централизованного теплоснабжения вырабатывается около 1,4 млрд. Гкал, из них порядка 0,8 млрд. Гкал в год – на теплоэлектростанциях. При протяженности трубопроводов более 250 тыс. км, по некоторым оценкам, около 80% требуют замены или капитального ремонта, и не менее 15% находится в аварийном состоянии. На каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется в среднем 70 повреждений, теплопотери достигают 30%, а утечки теплоносителя – более кубокилометра воды в год.

В последние годы электростанции и сети, строившиеся по проектам 50-летней давности, физически и морально устарели. Они не соответствуют современным экологическим нормам, не отвечают требованиям эффективности топливоиспользования, надежности и безопасности. Поэтому особенно актуальным стал вопрос технического перевооружения электроэнергетики, и прежде всего ее основной части – теплоэнергетики. Необходим переход на новый энергетический уровень технологий, обеспечивающий более высокие показатели энергоэффективности.

Если КПД по выработке электроэнергии лучших отечественных паросиловых ТЭС, работающих

www.FireWooD.net.ru

на газе, не превышает 39%, то на современных парогазовых установках (ПГУ) его величина составляет 55–60%. При этом выбросы в атмосферу вредных веществ (например, окислов азота в расчете на 1 кВт·ч) резко сокращают. Главный элемент ПГУ – мощная газовая турбина с КПД до 40% и температурой газа на входе до 1500°С. За счет ввода в эксплуатацию новых ПГУ мощность вырабатываемой в мире электроэнергии ежегодно увеличивается в среднем на 95 млн. кВт. В России из установок подобного класса действует лишь один энергоблок ПГУ-450 на Северо-западной ТЭЦ Ленэнерго (*см. рис. на стр. 85*). Этого явно недостаточно, т.к. достижение эффективности тепловых электростанций при применении парогазовых установок позволяет говорить о КПД, превышающем 60% (в конденсационном) режиме, что резко снижает тепловую составляющую возможного комбинированного теплофикационного цикла.

Поэтому сегодня, особенно в свете реформы жилищно-коммунального комплекса, встает вопрос о переходе на децентрализованные системы теплоснабжения за счет малых теплоэлектроцентралей и сосредоточить внимание на внедрении малых электростанций, работающих по комбинированному циклу. Их установка требует, естественно, подвода топлива, предпочтительно природного газа, что несоизмеримо проще прокладки и эксплуатации протяженных тепловых сетей.

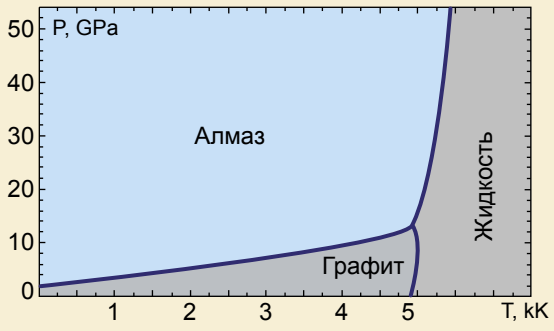
Успешное развитие угольной теплоэнергетики требует дальнейшего совершенствования термодинамических циклов на основе повышения параметров пара – давления и температуры. Теплоэнергетика России последовательно прошла низкие, высокие и сверхкритические параметры пара вплоть до 240 атм. и 545/545°С, которые были освоены в 60-х гг. (На Каширской ГРЭС был создан уникальный предвключенный энергоблок СКР-100 мощностью 100 мВт с параметрами пара 315 атм. и 650°С.) Тогда отечественная теплоэнергетика была на мировом уровне в области новых разработок.

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изучение свойств веществ, которые могут быть эффективно использованы в энергетике, – одна из важнейших задач фундаментальной науки.

Применение углерода в энергетике сегодня представляется перспективным направлением развития отрасли. Если такие фазы углерода, как графит и алмаз, хорошо изучены, то нет полной ясности о характере плавления углерода, и даже величина температуры плавления не уточнена (*см. диаграмму*). Свойства недавно синтезированных новых структур, как, например, фуллерены и карбин, исследованы недостаточно.

ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА УГЛЕРОДА



При соответствующей обработке углерода образуются так называемые нанотрубки, которые позволяют затем применять этот материал, например, для эффективной сорбции водорода (*см. фото*). Это поможет решить проблему хранения водорода при использовании его в водородо-воздушных топливных элементах.

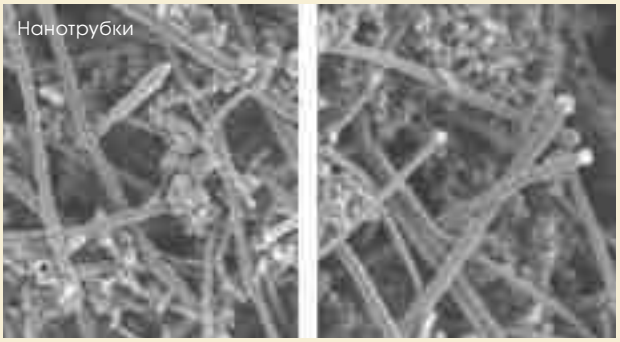
Необходимо также проводить широкие исследования ядерного топлива на основе нитрида урана. Как известно, сегодня широко используется ядерное топливо на основе диоксида урана. Нитрид урана и другие нитридные соединения обладают большей, чем диоксид урана, теплопроводностью, что благоприятно влияет на всю активную зону реактора.

Как известно, наиболее эффективными теплоносителями для перспективных энергетических установок (в первую очередь для установок атомной энергетики с реакторами на быстрых нейтронах) служат жидкие металлы.

Уникально высокая теплопроводность металлов определяет наилучшие теплосъемные характеристики жидкометаллического теплоносителя, а низкое давление насыщенного пара обеспечивает преимущества в конструкции оборудования и удобство в его эксплуатации.

Перспективными считаются теплоносители из щелочных металлов (лития, натрия, калия, рубидия, цезия), характеризующиеся низкими температурами плавления и плотностью.

Особенно интересны двойные и тройные сплавы щелочных металлов, компонентный состав которых позволяет максимально расширить рабочий температурный диапазон жидкой фазы как в сторону высоких, так и предельно низких температур.



www.FireWooD.net.ru

Сегодня в развитых странах освоены газовые и угольные энергоблоки на давление 300 атм. и температуре 600/620°С, с КПД 44–45%. В ближайшие 10–12 лет в Европейском союзе будет создан пылеугольный энергоблок с параметрами пара 350 атм. и 700–800°С и КПД 54–55%. Отставание России в этой области в ближайшие годы может болезненно отразиться на ее экономике.



ЕЭС России – одна из самых надежных энергосистем в мире.

Органическое топливо

Современное состояние российской энергетической отрасли таково, что назрела необходимость в незамедлительной разработке и принятии государственной программы перехода электроэнергетики с дорогих на сравнительно малоценные первичные источники энергии – отходы от газонефтепереработки, сланцы, бытовые отходы, топливо с выработанных и малодебитных месторождений, попутные газы при нефтедобыче и т.п.

Основным источником топлива в российской электроэнергетике служит природный газ. В 2000 г. только на ТЭС холдинга РАО «ЕЭС России» было использовано 243,2 млн. тонн условного топлива (т.у.т.), из них газа – 64%, угля – 30% и мазута – 5%. В 2001 г. в целом по стране доля газа возросла до 66%, а угля – снизилась до 28,4%.

Поскольку газ обеспечивает почти половину внутреннего потребления энергоресурсов (в Европейской части – свыше 2/3), дефицит газа означает прямую угрозу энергетической безопасности страны.

Весьма эффективным может стать более широкое применение пропан-бутановых фракций природного газа в транспортных, прежде всего автомобильных двигателях. Освоение технологий сжижения природного газа может решить ряд проблем, связанных с его транспортировкой.

Использование в энергетике жидких углеводородов, полученных при переработке нефти, связано прежде всего с потребностями транспорта. Структура расходуемого топлива на ТЭС изменяется в сторону уменьшения доли мазута до 3–4% к 2020–2025 гг.

Эффективность использования нефти, как и природного газа, в энергетике России требует новых экономически выгодных подходов к ее добыче и применению. Помимо интенсификации разведки месторождений нефти (так же как природного газа) следует обратить внимание на разработку технологий, позволяющих достаточно эффективно осуществлять нефтедобычу на ранее выработанных месторождениях. (*см. «Есть нефть или ее уже нет», «В мире науки», №10, 2004 г.*)

По некоторым данным, разведанных запасов нефти в России хватит больше чем на 20 лет, газа – на 90, тогда как угля и природного урана – на многие сотни лет.

В наши дни уголь может стать основным видом органического топлива для крупной энергетики, благо его запасы в стране огромны (*см. «Нефтяной вопрос», «В мире науки», №9, 2004 г.*) Однако в последние 10–20 лет практически прекращены фундаментальные исследования, нет новых технологических разработок по его эффективному использованию в энергетике.

Однако не имеющий аналогов в мире перекос цен на взаимозаменяемые энергоносители – газ, уголь и мазут – искажает мотивации потребителей, ориентируя их на завышенный спрос на природный газ.

О ядерной энергетике

Российский ядерноэнергетический комплекс включает атомные электростанции, специализированные научные центры, или наукограды, атомную промышленность и т.д.

Сегодня доля ядерной энергетики в электроэнергетике составляет около 10%, т.е. не является определяющей. Кроме того, некоторые ядерные реакторы исчерпали ресурс работы. Однако крупномасштабное строительство новых крупных ядерных электростанций, прежде всего с реакторами на тепловых нейтронах, должно быть ограничено. Следует сосредоточить внимание на наиболее перспективном направлении – создании эффективных ядерных реакторов на быстрых нейтронах. Для ряда труднодоступных районов нашей обширной страны весьма важным могло быть строительство малых ядерных электростанций, работающих

www.FireWooD.net.ru

порой в автоматическом режиме, а также плавучих атомных электростанций (*см. рис. на стр. 89*).

О возобновляемых источниках энергии

Понятие «Возобновляемые источники энергии» (ВИЭ) объединяет широкий круг потенциальных источников энергии: солнечная энергия, энергия ветра, энергия биомассы, включая различные отходы, геотермальная энергия, энергия малых рек, энергия приливов, волновая энергия, энергия, определяемая разностью температур по глубине океана.

Главный недостаток, присущий большинству ВИЭ, – непостоянство поступающей энергии. Автономная энергоустановка должна иметь либо аккумуляторы, либо установку-дублер, работающую на традиционном топливе. Возобновляемые источники энергии стали популярны в 70–80-х гг. XX в., когда нефтяные кризисы и опасение, что век дешевого топлива заканчивается, стимулировали их развитие. Однако энергия, получаемая от ВИЭ, оказалась очень дорогой. Выявился и ряд недостатков: в первую очередь, – непостоянство поступления энергии, требовавшее стабилизации. Поэтому к сети подключали автономную энергоустановку, снабженную или аккумуляторами, или установкой-дублером, работающим на традиционном топливе. Она должна обладать достаточной емкостью и маневренностью.

Однако несмотря на высокую стоимость энергии, использование ВИЭ в России в особо благоприятных случаях может оказаться экономически выгодным. Это относится к областям страны, не обеспеченным централизованным энергоснабжением и использующим дорогое привозное топливо.

> Если не будет решен вопрос о массовом строительстве новых электростанций, то энергетика устареет настолько, что станет просто опасной.

Ветровая энергетика

Использование энергии ветра – динамично развивающаяся отрасль мировой энергетики. Если суммарная установленная мощность ветровых энергоустановок (ВЭУ) в мире в 2000 г. составляла 17,8 ГВт, то в 2002 г. она достигла 31,1 ГВт.

В последние годы наблюдается непрерывный рост единичной мощности сетевых ВЭУ. Если 10 лет назад типичная установка в составе ветровых ферм вырабатывала 300–500 кВт, то в 2000–2002 гг. мощность серийной ВЭУ достигла 1–1,2 МВт, что приводит к снижению стоимости установленного киловатта, которая сегодня находится на уровне $1 тыс. за кВт. При благоприятных характеристиках ветра стоимость электроэнергии, вырабатываемой крупной ветровой установкой, приближается к стоимости на топливных электростанциях. В России до недавнего времени развитию ветроэнергетики не уделялось должного внимания, а разрабатывавшиеся в конце прошлого века ВЭУ мощностью в 250 кВт (ОКБ «Радуга») мощностью в 1 МВт не были доведены до конца. Поэтому практически все крупные ВЭУ, действующие сегодня в России, укомплектованы импортными агрегатами.

Малая гидроэнергетика

Суммарная мощность малых ГЭС (гидроэнергетические агрегаты мощностью от 100 кВт до 10 МВт) в мире сегодня превышает 70 ГВт.

Малая гидроэнергетика за последние десятилетия заняла устойчивое положение в электроэнергетике многих стран мира. В ряде развитых стран суммарная установленная мощность малых ГЭС превышает 1 млн. кВт (США, Канада, Швеция, Испания, Франция, Италия), а в КНР, лидере в малой гидроэнергетике, – превышает 13 млн. кВт.

В развивающихся странах создание малых ГЭС как автономных источников электроэнергии в сельской местности имеет огромное социальное значение. При сравнительно низкой стоимости установленного киловатта и коротком инвестиционном цикле малые ГЭС позволяют производить электроэнергию в удаленных от сетей поселениях.

В России более 2,5 млн. малых рек, чей суммарный сток превышает

ШЕЙНДЛИН АЛЕКСАНДР ЕФИМОВИЧ:

■ Академик, почетный директор Института высоких температур РАН, член бюро Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН.

■ В сферу его научных интересов входят исследования термодинамических свойств воды и водяного пара (основа создания тепловых станций нового поколения со сверхкритическими параметрами), изучение теплофизических свойств металлов и их паров (натрий, калий, цезий, рубидий, жидкий уран), многие из которых были описаны впервые в мире. Результаты труда ученого нашли широчайшее применение в ядерных энергетических установках и установках прямого преобразования энергии.

www.FireWooD.net.ru

Необходимое количество энергии определяется потребностями экономики (распределение по отраслям):
Промышленность – 33%;
Коммунальный сектор – 37%;
Транспорт – 19%;
Сельское хозяйство – 3%;
Нетопливные нужды – 8%.



ВИЭ



Ветровая энергетика
31 *



Малая гидроэнергетика
70



Солнечная энергия
0,4



Энергия биомассы
30



Геотермальная энергия
8



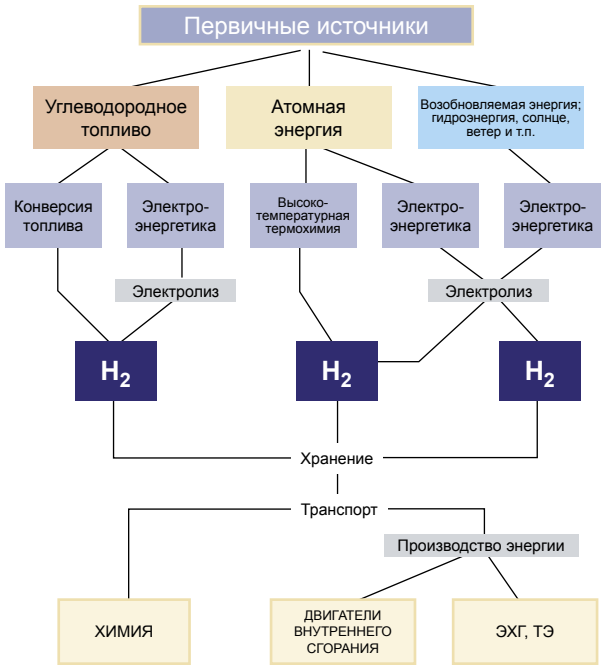
Водородная энергетика

* Установленная мощность по производству электроэнергии, ГВт (эл)

Доля ВИЭ

В мировом производстве – 1,6%
Дания – более 12%
Италия – 2,8%
Испания – 2,7%
Германия – 2,7%
Чили – 2,7%
Швеция – 2,5%
Великобритания – 2,4%
США – 2,2%





www.FireWooD.net.ru

1 тыс. км^3 в год. В 90-е гг. в России проблема производства оборудования для малых и микро-ГЭС в основном была решена, что может позволить производить около 500 млрд. кВт·ч электроэнергии в год. Особенно привлекательно создание малых ГЭС на базе ранее существовавших, где сохранились гидротехнические сооружения, которые можно реконструировать и технически перевооружить. Можно также использовать малые водохранилища, которых в России более тысячи.

Солнечная энергия

Наиболее просто использовать солнечную энергию в солнечных водонагревательных установках (СВУ). Их основной элемент – плоский солнечный коллектор, воспринимающий солнечную радиацию и преобразующий ее в полезное тепло. Суммарная площадь СВУ в мире оценивается в 50–60 млн. м^2, что обеспечивает получение тепловой энергии, эквивалентной 5–7 млн. т.у.т. в год.

В России СВУ не нашли сколько-нибудь значительного применения, хотя некоторые сдвиги в этой области наметились.

Для преобразования солнечной энергии в электрическую могут быть использованы как термодинамические методы, так и прямое преобразование с помощью фотоэлектрических преобразователей (ФЭП).

Сегодня в США работают 7 электростанций общей мощностью 354 МВт(э), использующих параболоцилиндрические концентраторы солнечной радиации и термодинамический метод преобразования. Подобные СЭС построены в ряде стран так называемого солнечного пояса (Мексика, Египет и др.), но не слишком популярны в мире, особенно в России.

Фотоэлектрические преобразователи, использующие не только прямое, но и рассеянное излучение, напротив, находят все большее применение в самых разных регионах. Суммарная мощность установок в мире превысила 500 МВт, что обусловлено принятием в ряде стран таких национальных программ, как «100 тысяч солнечных крыш» в Германии, в Японии или «1 млн. солнечных крыш» в США. Япония и Германия прогнозируют выход на годовые объемы производства до 500 МВт на каждой ФЭП. Массовое производство фотоэлептических преобразователей ведет к их удешевлению. Модули ФЭП на мировом рынке стоят около $4 за пиковый ватт, что при хорошей инсоляции приводит к стоимости электроэнергии в 15–20 цент/кВт. В развивающихся странах установки сравнительно небольшой мощности (в единицы кВт) позволяют сельскому населению этих регионов пользоваться благами современной цивилизации.

«Шейндлин – классик современной энергетики», – так кратко и емко определил его заслуги нобелевский лауреат Жорес Алферов.

Несмотря на положительные тенденции мирового рынка, высокая стоимость электроэнергии от ФЭП ограничивает их широкое применение. Одним из перспективных направлений представляется создание высокоэффективных преобразователей с концентраторами солнечного излучения. Наиболее интенсивно исследования в этой области проводятся в США и России.

Энергия биомассы

По некоторым данным, вклад биомассы в мировой энергетический баланс составляет около 12% (без учета некоммерческого потребления).

Первичная биомасса (растения, произрастающие на суше и в воде) образуется в результате фотосинтеза, за счет которого солнечная энергия аккумулируется в растущей массе. Энергетический КПД фотосинтеза составляет около 5%.

Для энергетических целей первичная биомасса используется в основном как топливо, замещающее традиционное ископаемое. Причем речь, как правило, идет об отходах лесной, деревоперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, полеводства (солома, сено). Сжигание биомассы обычно требует либо ее предварительной подготовки, либо специальных топочных устройств.

В России, по некоторым данным, еще недавно было 27 малых ТЭЦ с общей установленной мощностью 1,4 ГВт, использовавших биомассу в сочетании с традиционным топливом (мазут, уголь, газ). При этом собственно на биомассе выработано 2,2 млрд. кВт·ч электроэнергии и 9,7 млн. Гкал тепла.

Твердые бытовые отходы (ТБО) обычно подвергаются термической обработке: они или сжигаются, или газифицируются на мусороперерабатывающих фабриках.

Ежегодно в России собирается около 60 млн. т твердых бытовых отходов, около 130 млн. т отходов животноводства и птицеводства и 10 млн. т осадков сточных вод. Их энергетический потенциал – 190 млн. т.у.т., который используется пока недостаточно эффективно.

В основе биохимической переработки отходов животноводства и птицеводства (сырьем служат навоз и жидкие бытовые стоки) лежит анаэробное сбраживание, при котором органическая масса отходов определенными штаммами бактерий превращается в биогаз, в состав которого входит метан (до 70%) и диоксид углерода (30%).

www.FireWooD.net.ru

Геотермальная энергия

Из недр Земли на ее поверхность постоянно поступает тепловой поток, интенсивность которого в среднем составляет около 0,03 Вт/м^2. Под его воздействием, в зависимости от свойств горных пород, возникает вертикальный градиент температуры – обычно не более 2–3 К/100 м. Однако в районах вулканической активности вблизи разломов земной коры геотермальная ступень повышается в несколько раз.

Принято считать, что, если температура в геотермальном месторождении превышает 100°С, оно пригодно для создания геотермальной электростанции (ГеоЭС). При более низкой температуре геотермальный флюид целесообразно использовать для теплоснабжения.

Практически на всей территории России есть запасы геотермального тепла с температурами в диапазоне от 30 до 200°С, и уже пробурено около 4 тыс. скважин на глубину до 5 тыс. м. Такое положение позволяет перейти к широкомасштабному внедрению локального теплоснабжения на всей территории нашей страны.

В последнее десятилетие АО «Геотерм» и АО «Наука» совместно с Калужским турбинным заводом внесли существенный вклад в использование геотермальной энергии на Камчатке и Курильских островах. Построена Верхне-Мутновская ГеоЭС мощностью 12 МВт. В 2002 г. введен в эксплуатацию первый блок Мутновской ГеоЭС мощностью 50 МВт. На Курильских островах сооружены геотермальные станции теплоснабжения.

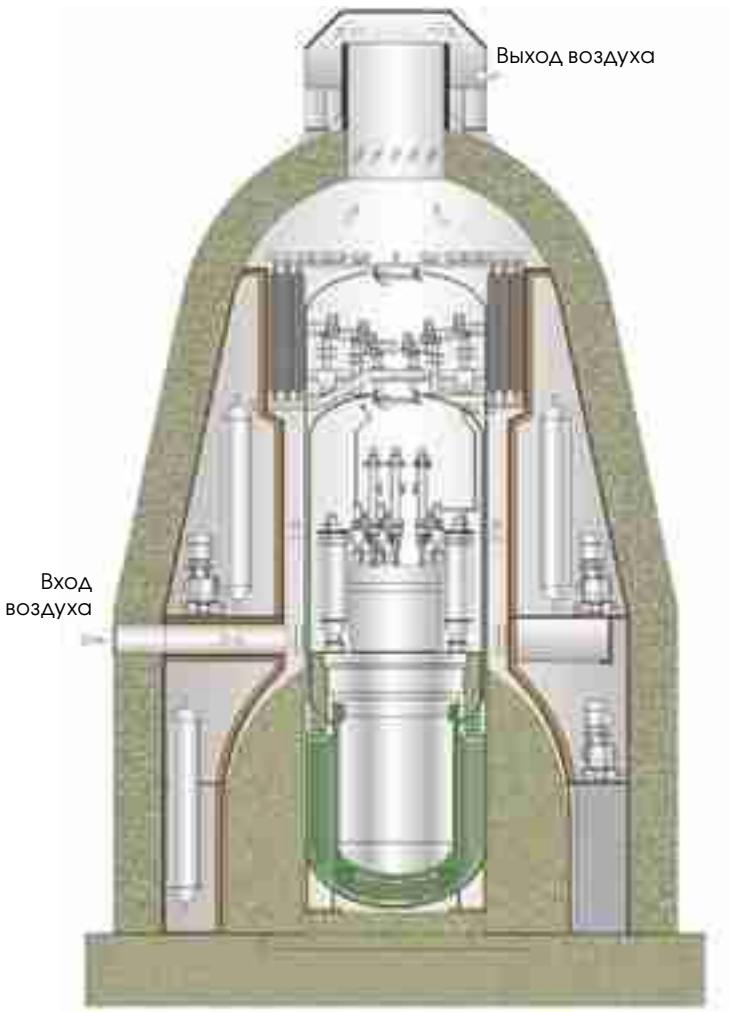
Водородная энергетика

Сегодня водород в энергетике практически не применяется. Однако он предлагается как идеальное топливо для автомобилей, т.к. транспортные средства на водороде не только не загрязняют атмосферу городов (при энергетическом его использовании в атмосферу сбрасывается только водяной пар), но и приводит к экономии первичного топлива (*см. «Экономичность водородного топлива», «В мире науки», №8, 2004 г.*).

Водород нельзя называть источником энергии, потому что в природе он встречается в связанном виде, входит в состав воды, природных углеводородов, биомассы и различных органических отходов, и для его получения требуются затраты энергии. Поэтому водород следует рассматривать как искусственный промежуточный энергоноситель, а следовательно, для его широкого использования в энергетике должны быть решены проблемы эффективного производства водорода, методов его хранения и транспортировки и его высокоэкономичного использования в электрохимических процессах и термодинамических циклах для конечного получения электрической, механической энергии и тепла.

Ученым-энергетикам, как и Прометею, предстоит предпринять буквально героические усилия, чтобы решить все те важнейшие проблемы, которые по мере развития цивилизации приходится решать человечеству. Если XX в. был эпохой революционных открытий во всех областях науки и техники, то XXI в. обещает стать веком энергетики. ■

Атомная станция (АС) малой мощности «УНИТЕРМ».



Материалы взяты из архива А.Е. Шейндлина

www.FireWooD.net.ru

Марк Фишетти

АМОРТИЗАЦИЯ землетрясений

От землетрясений гибнут тысячи людей, а ежегодный ущерб исчисляется миллиардами долларов.

Обычно большие здания укрепляются железобетонными конструкциями и вертикальными диафрагмами. «Мы можем проектировать здания, которые выстоят без разрушений во время сильнейшего землетрясения, но они будут так дороги, что никто не согласится их строить», – говорит Андре Филиатро (Andre Filiatrault), заместитель директора Междисциплинарного научно-исследовательского центра по сейсмическому проектированию и строительству при Университете штата Нью-Йорк в Буффало. Домовладельцы стремятся свести к минимуму риск разрушения конструкций, коммуникаций и оборудования, с тем чтобы получить возможность эксплуатации здания и после стихийного бедствия. «В больнице, например, – говорит Филиатро, – расходы на строительные конструкции составляют 10%, а на оборудование – 90% общей стоимости».

«Чтобы сохранить здание, важно поглотить энергию колебаний земной коры», – считает один из руководителей инженерной фирмы *Degenkolb Engineers* в Сан-Франциско Джеймс Мэлли (James Malley). Специальные мощные устройства устанавливаются между зданием и его фундаментом (например, сейсмические изоляторы, действующие как резиновые подушки, поглощающие удар, или скользящие опоры, которые не дают зданию разрушиться). «Технологические решения, лежащие в основе таких механических конструкций, предназначались для военных целей: укрепления стартовых шахт ракет, палуб кораблей и подводных лодок, а их разработки принадлежат специалистам, перешедшим на гражданскую службу», – отмечает Дуглас Тейлор (Douglas P.Teylor), глава *Taylor Devices*.

К сожалению, исследователи мало внимания уделяют таким разработкам, как виброустановки со специальными балками, способными противодействовать движению грунта, или жидкие среды в фундаменте здания, которые под влиянием электрического поля могут превращаться в гель и компенсировать ударные волны. ■

ДЕМПФЕРЫ ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ работают как амортизаторы в автомобилях. Они гасят колебания грунта, сводят к минимуму горизонтальные смещения и предотвращают разрывы. Днище поршня с бурами, проходя сквозь кремниевую эмульсию, рассеивает механическую энергию.



KENT SNODGRASS *Precision Graphics*

www.FireWooD.net.ru

В 1999 г. Национальный научный фонд США развернул широкую программу по моделированию землетрясений с целью определения лучших средств сейсмозащиты конструкций. Фонд за 15 лет намеревается потратить на исследования, проводимые в 20 университетских центрах, более $100 млн. Строятся гигантские сейсмоплатформы и опытные волновые резервуары, в строй вошла высокоскоростная сеть передачи информации о проведенных испытаниях различных средств сейсмозащиты.

Две катастрофы стимулировали разработку методов сейсмоизоляции сооружений. В январе 1994 г. землетрясение в Нортридже, недалеко от Лос-Анджелеса, унесло 60 жизней и нанесло ущерб в $20 млрд. В январе 1995 г. подземные толчки в Кобе (Япония) разрушили более 50 тысяч зданий и привели к гибели более 5 тысяч человек. История повторяется: землетрясение в долине Сан-Фернандо (Калифорния) в 1971 г. ускорило принятие строительных правил и норм, требующих применения железобетона.

Даже легкие небоскребы могут противостоять сильным ветрам. Они могут раскачиваться, вызывая состояние, схожее с морской болезнью. Строители могут устранить подобные колебания. Для этого необходимо установить на крышах огромные резервуары с водой, снижающие силу ветра (а также пригодные для тушения пожаров). Альтернативная мера – установка скользящих опор (*см. иллюстрацию*), которые дадут возможность покрытию совершать колебательные горизонтальные движения. Такой способ также играет роль сейсмогашения, снижая нагрузку на вертикальные колонны во время землетрясения.



СЕЙСМОИЗОЛЯТОРЫ, устанавливаемые под столбами мостов, зданий, дорожных полотен, уменьшают сдвиги грунта во время землетрясений и, соответственно, наносимые разрушения. Резиновые подушки (вставка) амортизируют боковые движения и возвращают конструкцию в первоначальное положение. Стальные пластины, скрепленные с резиновыми, дают жесткость, необходимую для предотвращения вертикальных перемещений. Свинцовый стержень уменьшает раскачивание конструкции, вызываемое ветром.

СКОЛЬЗЯЩИЕ ОПОРЫ позволяют зданию при колебаниях грунта плавно перемещаться из стороны в сторону. Выполненные из высокопрочного композиционного материала, обладающего малым трением, самосмазывающиеся полусферические опоры распределяют вес здания и силы сейсмического сдвига. От формы опор зависит, как далеко и насколько быстро может скользить здание.

www.FireWooD.net.ru

Николь Гарбарини

БОЛЬШЕ, ЧЕМ Музыка

Если маленький, но универсальный *MP3*-плеер *iPod* оснастить аксессуарами, он будет работать как диктофон, будильник и даже как портативная *FM*-радиостанция.

Когда я впервые услышала восторженные дифирамбы *MP3*-плеерам *iPod* фирмы *Apple Computer*, моему удивлению не было предела: из-за чего такой ажиотаж?! Да, на жестком диске *iPod* помещаются тысячи песен, записанных в формате *MP3*, но ведь в самом устройстве нет ничего революционного. Наверняка на рынке вскоре появятся аналогичные *MP3*-плееры, которые будут не хуже и даже лучше, чем *iPod*. (От души надеюсь, что некоторые модели окажутся еще и дешевле: *iPod* с 40 Гб памяти стоит целых $399.) В конце концов, это просто плеер с огромной памятью.

Однако, походив с *iPod* пару недель, я прониклась симпатией к стильному удобному устройству. В нем уместилась вся моя фонотека, которую мне





www.FireWooD.net.ru

без труда удалось рассортировать в отдельные списки воспроизведения. Раньше любимые композиции просто терялись среди сотен лазерных дисков, беспорядочно лежащих в стопках и покрывающихся пылью. Уже через пару часов вся моя музыка перекочевала в маленькую блестящую коробочку. Создатели *iPod* продумали все до мелочей: и выбор композиции, и регулировка громкости осуществляются с помощью удобного колеса прокрутки. Вскоре я стала с пренебрежением относиться к более примитивным технологиям. Всякий раз, когда вижу кого-то на улице с аудио- или *CD*-плеером, у меня проскакивает мысль: «О, да это прошлый век!»

Разумеется, я не единственный счастливый обладатель цифрового чуда. *iPod* появился три года назад, и с тех пор корпорация *Apple* продала уже миллионы своих *MP3*-плееров. Впечатляет и количество компаний, выпускающих различные приспособления для *iPod*. Сейчас к нему можно приобрести порядка 200 аксессуаров – от съемных динамиков до пульта дистанционного управления. Есть и *USB*-интерфейс, который позволяет переносить различные файлы, например цифровые фотографии, на жесткий диск плеера. Таким образом, *iPod* можно превратить в диктофон, будильник и даже в миниатюрную радиостанцию.

Сначала я протестировала диктофоны от фирм-производителей *Griffin Technology* и *Belkin*, которые крепятся к плееру с помощью гнезд для наушников и пульта дистанционного управления. У обоих диктофонов есть встроенные микрофоны и миниатюрные динамики. Оба устройства питаются от батарейки плеера и не требуют дополнительного программного обеспечения. Просто вставьте штекеры в гнезда и приступайте к записи лекций или интервью. Диктофон фирмы *Belkin* ($34,99) аккуратно вписывается в дизайн *iPod*, а его собрат *iTalk* от *Griffin* ($39,99) соединяется через разъемы входа/выхода, которые позволяют подключать внешний микрофон.

В руководстве пользователя отмечается, что встроенные динамики могут превратить *iPod* в карманный будильник. (Плеер и без посторонней помощи справляется с функциями будильника, но чтобы услышать его, вам придется спать в наушниках.) Однако по качеству звука диктофонным динамикам далеко до хороших наушников или стационарных колонок.

Кроме всего прочего компании *Griffin* и *Belkin* производят *FM*-передатчики, которые могут транслировать песни с жесткого диска *iPod* на радиоприемник. Сначала я протестировала передающее устройство *iTrip* ($35) от фирмы *Griffin* – маленький цилиндр, присоединяющийся к верхней части плеера и по умолчанию настроенный на частоту 87,9 МГц. Воспользовавшись программным обеспечением *iTrip* дома или в офисе, можно составить целый список частот вещания. Я настроила радиоприемник на нужную частоту, нажала на кнопку, и из динамиков полились мои любимые песни. Звук оставался громким и чистым, пока передатчик находился в пределах 7,5 м от приемника.

Дальность вещания передающего устройства *TuneCast II* ($39,99) от фирмы *Belkin* оказалась примерно такой же. У него есть короткий шнур для подключения к гнезду для наушников, маленький жидкокристаллический дисплей и кнопки для выбора частоты вещания. Таким образом, вы можете настроить свою миниатюрную радиостанцию на другую волну, даже если под рукой нет компьютера. В отличие от *iTrip*, который питается от аккумуляторов плеера, для *TuneCast II* требуются две батарейки *AAA* (его также можно соединить с внешним источником питания). В конце концов я отдала предпочтение *iTrip*, поскольку его внешний вид гармонирует с дизайном плеера.

FM-передатчик позволяет слушать *iPod* за рулем через автомагнитолу. К сожалению, своей машины у меня нет, а предложить таксисту послушать музыку с плеера я не решилась. (Представляете, есть люди, которым не нравится *Sex Pistols*!) В конечном итоге я уговорила отца испытать устройство в его машине. И *iTrip*, и *TuneCast II* совместимы с автомобильным радио. Они транслировали мои любимые песни не хуже солидных *FM*-радиостанций. К сожалению, через полчаса папа не выдержал, и оставшуюся часть пути мне пришлось слушать его любимое ток-шоу.

Однажды меня посетила интересная мысль: нельзя ли с помощью *iTrip* или *TuneCast II* заглушить коммерческую радиостанцию? Если да, то я могла бы, например, во время поездки с друзьями заставить их слушать мои любимые записи. Воспользовавшись одним из диктофонов, можно было бы записать на плеер голосовое сообщение, а в нужный момент передать его на автомобильное радио. Неожиданно из динамиков раздался бы мой голос: «Давайте остановимся и пропустим по рюмашке!» А еще было бы здорово посеять в офисе панику: «Мы прерываем нашу трансляцию для важного сообщения. На Землю высадились марсиане. Спасайся кто может!!!»

Еще раз договорившись с отцом, я решила проверить свои предположения. Увы, оказалось, что ни *iTrip*, ни *TuneCast II* не обладают достаточной мощностью, чтобы заглушить популярную *FM*-радиостанцию. Мои надежды устроить веселую шутку в офисе или во время поездки рухнули. Аксессуары помогут вам приспособить плеер *iPod* для многих вещей, но радиосаботаж в их число не входит. ■

Как расширить возможности *MP3*-плеера?

www.FireWooD.net.ru

БИБЛИОГРАФИЯ-2004

Авиация	ГИБКИЕ КРЫЛЬЯ, Стивен Эйшли, №2.
	УСПЕХ БРАТЬЕВ РАЙТ, породивший немало сомнений, Дэниел Шленофф, №3.
Археология	В ЦАРСТВЕ РАСПИСНЫХ ПЕЩЕР, Екатерина Дэвлет, №11.
	МУЖЧИНА И ЖЕНЩИНА ЭПОХИ НЕОЛИТА, Ян Ходдер, №4.
Астрономия	ЗА ГОРИЗОНТОМ СОБЫТИЙ Черепащук А.М., по материалам беседы О-Н, №5.
	МОЛОДЫЕ ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ, Стивен Зепф, Кит Ашман, №1.
	НАША РАСТУЩАЯ ГАЛАКТИКА, Барт Ваккер, Филипп Рихтер, №4.
	НЕОБЫЧНАЯ СМЕРТЬ ОБЫЧНЫХ ЗВЕЗД, Брюс Балик и Адам Франк, №9.
	ПРОХОЖДЕНИЕ ВЕНЕРЫ, Стивен Дик, №6.
Атмосфера	КОГДА ПОГОДУ ДЕЛАЛ МЕТАН, Джеймс Кастинг, №9.
Биография	ДЕТИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ, Гэри Стикс, №12.
Биология	ВЕЛИКИЙ СИМБИОЗ: ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЭУКАРИОТНОЙ КЛЕТКИ, Владимир Малахов, №2.
	СУЩЕСТВУЮТ ЛИ РАСЫ? Майкл Бамшед и Стив Олсон, №3.
	ТАЙНЫ НЕЙРОСПОРЫ, Татьяна Потапова, №9.
Биотехнологии	ВИРУСЫ: ОРУЖИЕ ПРОТИВ РАКА, Дерк Неттелбек и Дэвид Карел, №1.
	ДИАГНОСТИКА КОРОВЬЕГО БЕШЕНСТВА, Стэнли Прузинер, №10.
	ЗАКОДИРОВАННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ, Стивен Фриленд и Лоренс Херст, №7.
	КУЛЬТУРНЫЕ ЗЛАКИ: НАЗАД В БУДУЩЕЕ, Стивен Гофф и Джон Салмерон, №11.
	СИНТЕТИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ, Уэйт Гиббс, №8.
	СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ: СОМНЕНИЯ И НАДЕЖДЫ, Роберт Ланца и Надя Розенталь, №9.
	ТАЙНА ШОКА, Доналд Ландри и Хуан Оливер, №5.
	«ТЕНЕВАЯ» ЧАСТЬ ГЕНОМА: СОКРОВИЩА НА СВАЛКЕ, Уэйт Гиббс, №2.
	«ТЕНЕВАЯ» ЧАСТЬ ГЕНОМА: ЗА ПРЕДЕЛАМИ ДНК, Уэйт Гиббс, №3.
Бытовая электроника	ПОВСЕМЕСТНЫЙ ЭЙНШТЕЙН, Филип Ям, №12.
Выборные технологии	ЧЕСТНЫЕ ВЫБОРЫ, Партха Дасгупта и Эрик Маскин, №6.
Генная инженерия	ГЕННЫЙ ДОПИНГ, Ли Суини, №10.
Единая теория поля	ЛАНДШАФТ ТЕОРИИ СТРУН, Рафаэль Буссо, Йозеф Полчински, №12.
Здравоохранение	ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС В БАНГЛАДЕШ, Муштаки Чоудхури, №11.
Из нашей истории	ТЕОРИИ ВСЕХ ПОЛЕЙ, ОБЪЕДИНЯЙТЕСЬ! Джордж Массер, №12.
Изобретательство	ПЕРВЫЙ КАРМАННЫЙ АРИФМОМЕТР, Клифф Столл, №4.
Информационные технологии	МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ GPS, Пер Энге, №9.
	ОРГАНИЧЕСКИЕ ДИСПЛЕИ, Вебстер Говард, №5.
	ПЕРВЫЕ НАНОЧИПЫ, Дэн Хатчесон, №7.
	РОБОТЫ НА СТАРТЕ, Уэйт Гиббс, №6.
	СЕНСОРНЫЕ СЕТИ, Дэвид Каллер, Ханс Малдер, №10.
	СУБМИКРОННЫЕ МАГНИТНЫЕ СЕНСОРЫ, Стюарт Солин, №11.
	ТОТАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ, Рой Уонт, №4.
Квантовая механика	ПРАВ ЛИ ЭЙНШТЕЙН? Джордж Массер, №12.
Климат	ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ. МОЖНО ЛИ ОБЕЗВРЕДИТЬ
	«БОМБУ ЗАМЕДЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ»? Джеймс Хансен, №6.
Космические полеты	ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВЯЗКИ В КОСМОСЕ
	Энрико Лоренцини и Хуан Санмартин, №11.
Космические технологии	КОСМИЧЕСКИЙ БУКСИР, Рассел Швейкарт, Эдвард Лю, Пайет Хат, Кларк Чапман, №2.
Космология	МИФ О НАЧАЛЕ ВРЕМЕН, Габриель Венециано, №8.
	ЧТО БЕСПОКОИТ ФИЗИКОВ? Клаудиа Дрейфус, №11.
Криптография	ЗАГАДКА МАНУСКРИПТА ВОЙНИЧА, Гордон Рагг, №10.
Математика	ФОРМЫ ПРОСТРАНСТВА, Грэхем Коллинз, №10.

www.FireWooD.net.ru

Материаловедение ИСКУССТВЕННЫЕ МУСКУЛЫ, Стивен Эшли, №1.

Медицина ЦЕЛИТЕЛЬНАЯ ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ, Хантер Хоффман, №11.

Мнение РОСИИЯ: ПРОБЛЕМЫ МИГРАЦИИ, Регент Т.М., №7.

Нанотехнологии НАНОТЕХНОЛОГИЯ И ДВОЙНАЯ СПИРАЛЬ, Нейдриен Симан, №9.

Наука и общество В ПОИСКАХ ЦИВИЛИЗАЦИИ БУДУЩЕГО, Мясников В. А., по материала беседы О-Н, №11.
ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА, Сергей Капица, №4.
ПЕРЕПИСЬ КАК ЗЕРКАЛО ДЕМОГРАФИИ, №7.
РОССИЯ ЧЕРЕЗ 100 ЛЕТ, Евгений Андреев и Анатолий Вишневский, №8.
СЛАДКОГОЛОСЫЕ ПТИЦЫ ПСЕВДОНАУКИ, Кругляков Э.П., по материалам О-Н, №2.

Науки о Земле ТИХИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, Питер Сервелли, №6.

Нейробиология ДРУГАЯ ЧАСТЬ МОЗГА, Дуглас Филдз, №7.
ЗАГАДКИ ШИЗОФРЕНИИ, Дэниел Джэвитт и Джозеф Койл, №4.
ЗАЧЕМ НУЖЕН СОН? Джером Сигел, №2.
МОЗГ НАРКОМАНА, Эрик Нестлер и Роберт Маленка, №6.
УПРАВЛЯЮЩИЙ МОЗГ, Элхонон Голдберг, по материалам О-Н, №1.
ФРЕЙД ВОЗВРАЩАЕТСЯ, Марк Солмс, №8.

Образование КРАЕУГОЛЬНЫЕ КАМНИ ОБРАЗОВАНИЯ, Евгений Базанов, №5.

Палеоантропология ПЕРВООТКРЫВАТЕЛИ ЕВРАЗИИ, Кейт Вонг, №2.

Палеогеология ДЕНЬ, КОГДА МИР БЫЛ СОЖЖЕН, Дэвид Кринг и Дэниел Дурда, №3.

Планетология ВОТ И САТУРН! Джонатан Лунин, №8.
МАРСИАНСКАЯ ОДИССЕЯ, Джордж Массер, №6.
МАРСИАНСКИЕ ХРОНИКИ, Митрофанов И.Г., по материалам О-Н, №7.
НЕВИДИМКИ ПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМ, Дэвид Ардила, №7.
НОВАЯ ЛУНА, Пол Спадис, №3.

Портрет ЭЙНШТЕЙН И НЬЮТОН. ДВА ГЕНИЯ, Алан Лайтмэн, №12.

Психология АЛХИМИЯ ПАМЯТИ, Матюгин И.Ю., по материалам О-Н, №8.
ИЛЛЮЗИИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ, Меньшикова Г. Я., по материалам О-Н, №6.
ИСКУССТВО БОРЬБЫ СО СТРЕССОМ, Соколова Е.Т., по материалам О-Н, №10.
НА ГРАНИ СТРЕССА, Анна Леонова, Дарья Костикова, №10.
ПРОКЛЯТИЕ ВЫБОРА, Барри Шварц, №7.

Ретроспектива ВЕК С ЭЙНШТЕЙНОМ, Дэниел Шленофф, №12.

Релятивизм ПОИСК НАРУШЕНИЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ, Алан Костелецки, №12

Робототехника АРМИЯ МИНИ-РОБОТОВ, Роберт Грабовски, Луис Наварро-Сермент, Прадип Хосла, №2.

Социология СПАД ПРЕСТУПНОСТИ В США:ДЕЛО НЕ ЗАКРЫТО, Ричард Розенфельд, №5.

Специальный репортаж КОСМИЧЕСКАЯ СИМФОНИЯ, Уэйн Ху, Мартин Уайт, №5.
КТО НАРУШИЛ ЗАКОН ТЯГОТЕНИЯ? Георгий Двали, №5.
ОТ ЗАМЕДЛЕНИЯ К УСКОРЕНИЮ, Адам Рисс и Майкл Тёрнер, №5.
ПЛАН ВСЕЛЕННОЙ, Майкл Стросс, №5.
ЧЕТЫРЕ КЛЮЧА К КОСМОЛОГИИ, Джордж Массер, №5.

Теория относительности КОСМИЧЕСКАЯ ЗАГАДКА, Лоренс Кросс и Майкл Тэрнер, №12.

Технология АТОМНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ XXI ВЕКА, Уэйт Гиббс, №12.

Физика АТОМЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ, Ли Смолин, №4.

Филисофия ВРЕМЯ ПОСЛЕ ЭЙНШТЕЙНА, Кедров К.А., по материалам О-Н, №3.
БУДУЩЕЕ ТЕОРИИ СТРУН, Джордж Массер, №2.

Человек и космос КИТАЙСКИЙ ПРОРЫВ, Джеймс Оберг, №1.
КОСМИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ, Джоан Хорват, №7.

Экология КОГДА ВЕСНА В РАЗГАРЕ, Дэниел Гроссман, №4.
БОЖЕСТВЕННЫЙ РЕАКТОР, Марина Смирнова, №1.
ПОЧЕМУ ТАЕТ АРКТИКА, Мэтью Стерм, Доналд Перович и Марк Сериз, №1.
УРОКИ ВОЛКОВ, Джим Робинс, №9.

Экономика ДЕТСКИЙ ТРУД, Каушик Базу, №1.

Эксперимент КОМПАС ЭЙНШТЕЙНА, Питер Галисон, №12.

Энергия ЭКОНОМИЧНОСТЬ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА, Мэтью Вельд, №8.

Ядерное оружие ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ НА ОРБИТЕ, Дэниел Дюпон, №9.

www.FireWooD.net.ru



Читайте в следующем выпуске журнала:

СИНГУЛЯРНЫЙ КОМПЬЮТЕР

Музыка и мозг

Разбитое сердце

Непредсказуемые изменения климата

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

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

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

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»		

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»		

Плательщик

www.FireWooD.net.ru