

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

№5 2006

БОЛЬШАЯ ФИЗИКА УМЕНЬШАЕТСЯ: плазменные ускорители

Кому принадлежат
наши гены

Беседы
с фараонами

Эпоха
экстремальных
затоплений

Цунами – волна перемен

ISSN 0208-0621



06005



9 770208 062001 >

www.sciam.ru

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

DISPLAY

14-16 ИЮНЯ

2006

МОСКВА ЦДХ

- Системы отображения специального исполнения
- Универсальные и специализированные экраны
- Отображение в системах связи и управления
- Городские информационно-справочные системы
- Средства отображения в рекламных технологиях
- Компоненты систем и средств отображения
- Информационные табло, мониторы, дисплеи
- Проекционное оборудование и системы
- Средства отображения на транспорте
- Средства отображения в военной технике

<http://display.chipexpo.ru>

содержание

МАЙ 2006

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 16** **ФИЗИКА**
ПЛАЗМЕННЫЕ УСКОРИТЕЛИ
Чандрашекер Джоши
В новых компактных ускорителях элементарные частицы будут накапливать колоссальную энергию, скользя на гребнях плазменных волн.
- 24** **ИММУНОЛОГИЯ**
ЗАГАДОЧНЫЕ ИММУННЫЕ СИНАПСЫ
Дэниел Дэвис
Изучение иммунных синапсов позволяет по-новому взглянуть на процесс создания информационных сетей, с помощью которых иммунная система защищает наш организм.
- 32** **ОКЕАНОЛОГИЯ**
ЦУНАМИ: ВОЛНА ПЕРЕМЕН
Эрик Гайст, Василий Титов и Костас Синолакис
Трагедия, произошедшая в Индийском океане в декабре 2004 г., заставила по-новому взглянуть на проблему мониторинга землетрясений и ураганов.
- 40** **ИНЖЕНЕРИЯ**
КАК ЗАЩИТИТЬ НОВЫЙ ОРЛЕАН
Марк Фишетти
Если скорость повышения уровня океана сохранится, то за 100 лет он поднимется на 0,3–0,9 м. Смогут ли жители прибрежных районов обеспечить себе безопасность?
- 48** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ОЧИЩЕНИЕ РАСПОЗНАВАНИЕМ
Гэри Стикс
Специальные сетевые процессоры с архитектурой конечных автоматов очищают огромные потоки информации от спама и компьютерных вирусов.
- 52** **БИОТЕХНОЛОГИИ**
ХОЗЯЕВА ЖИЗНИ
Гэри Стикс
Вопреки опасениям, патентование молекул ДНК пока не стало тормозом на пути биомедицинских исследований. Однако худшее, возможно, впереди.
- 60** **ГЕОГРАФИЯ**
ЭПОХА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАТОПЛЕНИЙ
Дмитрий Мисуров
Наступление новой эпохи затоплений может стать трагедией для современников. В путешествие можно сказать, что сейчас не наблюдается столь интенсивного таяния льдов и вечной мерзлоты, как 16–10 тыс. лет назад.

Учредитель и издатель: ЗАО «В мире науки»

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

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

Арт-директор: Л.П. Рочева

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

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

Спецкорреспондент: Д.В. Костикова

Научные консультанты:
Профессор, директор центра египтологических исследований
РАН Г.А. Белова; Профессор, доктор экономических наук
М.В. Конотопов; Академик РАН, директор института географии
РАН В.М. Котляков; Академик РАН А.Л. Чепалыга

Над номером работали:
А.В. Банкрашков, Е.Г. Богадист, А.В. Ващенко,
Е.Н. Демыгина, Б.А. Квасов, Т.М. Колядич, Д.А. Мисуров,
М.Б. Молчанов, Т.В. Поталова, И.Е. Сацевич,
В.В. Свечников, В.И. Сидорова, В.Г. Сурдин,
П.П. Худoley, Б.В. Чернышев, Н.Н. Шафрановская

Верстка: А.Р. Гукасян

Корректурa: М.А. Янушкевич

Секретари: А.И. Носенкова
О.С. Быковская

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

Коммерческий директор: В.И. Левицкий

Главный бухгалтер: Т.М. Братчикова

Помощник бухгалтера: С.М. Амелина

Отдел распространения: Л.В. Старшинова

Подписка: О.А. Флакова

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

Менеджер по рекламе: В.П. Мостинская

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

Размещение рекламы: Рекламное агентство ООО «Видео
Интернешнл-пресс ВИ», 121522, Москва, ул. Оршанская,
д. 3, тел. (495) 956-33-00, факс 737-64-87

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

Отпечатано в Эстонии, типография **Printall**

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

Тираж: 40 000 экземпляров
Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845
Editor in Chief: John Rennie

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

News Editor: Philip M. Yam

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

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce 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:

3 **ОТ РЕДАКЦИИ**
ПРОТИВОРАКОВАЯ ВАКЦИНА

4 **50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

6 **НОВОСТИ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

- Бактерии и лекарства
- Планетарный стресс
- Как «реанимировать» инсулинпродуцирующие клетки
- Кредитные карты и банкротства
- Меньше мужчин — выше преступность
- Ели ли австралопитеки моллюсков?

14 **ПРОФИЛЬ**
КОГДА ДРОЖИТ ЗЕМЛЯ

Дэвид Эппел
Сейсмолог и научный сотрудник Геологической службы управления США Люси Джонс знает, как успокоить общественность и снять напряжение, вызванное страхом перед природными катастрофами.

68 **ОЧЕВИДНОЕ — НЕВЕРОЯТНОЕ**
БЕСЕДЫ С ФАРАОНАМИ

Елизавета Богадист
Россияне, великие любители всевозможных «хождений за три моря», проторили дорожку в земли фараонов еще в IX в.

ОБЗОРЫ:

86 **КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ**



ПРОТИВОРАКОВАЯ вакцина

Фармакология относится к числу наук, развивающихся не скачкообразно, а планомерно. Какой-нибудь новый антидепрессант или препарат, понижающий холестерин, лишь незначительно превосходят своих предшественников по эффективности. Другое дело — вакцины. Массовая вакцинация населения, скажем, от полиомиелита или эпидемического паратифа серьезным образом изменила положение дел в медицине и даже привела к искоренению некоторых инфекционных заболеваний. Так, вирус натуральной оспы сегодня надежно упрятан в охраняемых морозильных камерах в России и в хранилищах Центров по контролю за распространением заболеваний и их предотвращению (CDC) в Атланте (США).

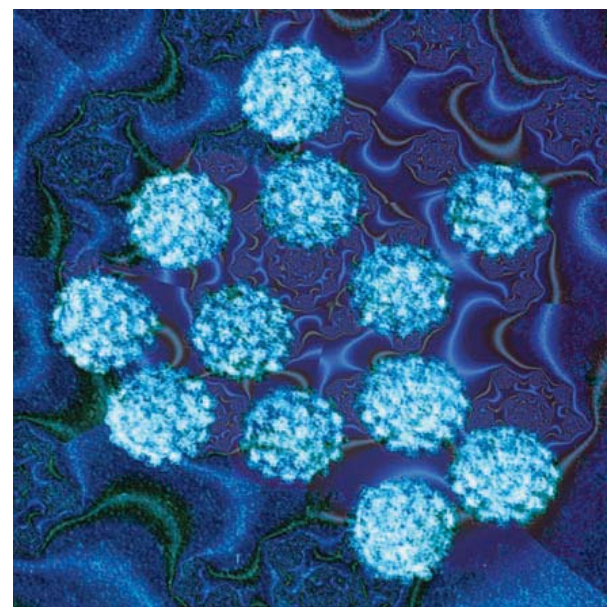
Сегодня создатели вакцин стоят на пороге нового прорыва. Управление по контролю за качеством пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств США (FDA) уже готово выдать разрешение на применение двух вакцин компаниям *Merk* и *GlaxoSmithKline*. Клинические испытания показали их эффективность в предотвращении инфицирования человека двумя типами папилломавируса (HPV), ответственными за 70% случаев возникновения рака шейки матки. В США ежегодно регистрируется

до 10 тыс. новых случаев возникновения инвазивного рака шейки матки, а погибают от него каждый год около 4 тыс. женщин.

Органы здравоохранения должны быть готовы к появлению нового мощного средства борьбы с этим опасным заболеванием. Необходимо убеждать миллионы родителей, чтобы они дали согласие на вакцинацию своих чад против вируса, передающегося половым путем. Многие заражаются HPV, будучи еще совсем юными.

Лучше всего проводить вакцинацию до достижения половой зрелости, в возрасте 10–12 лет, когда вероятность полового контакта минимальна и врачи составляют план повторной вакцинации против ветряной оспы, кори и других болезней. Вакцина фирмы *Merk* эффективна также в отношении двух других видов HPV, ответственных за образование разного рода бородавок на гениталиях. Ее целесообразно использовать для вакцинации не только девочек, но и мальчиков.

Вакцинация одиннадцатилетних подростков против болезней, передающихся половым путем, — дело деликатное. Из 513 опрошенных врачей примерно половина полагает, что родители вряд ли пойдут на это. Многие просто не уверены в безопасности прививки.



Папилломавирусная инфекция — одна из основных причин возникновения рака шейки матки

Консультативный комитет по иммунизации при CDC, который составляет перечень рекомендованных вакцин, обязан всячески способствовать продвижению вакцин против HPV после того, как они получат «добро». Органам здравоохранения и компаниям-изготовителям нужно провести масштабную просветительскую работу. Прежде всего, необходимо убедить население в том, что вакцинация против HPV жизненно необходима, и каждый подросток обязательно должен пройти эту процедуру.

Врожденное поведение ■ Землетрясение в Сан-Франциско ■ Стрихнинные улики

МАЙ 1956

ЗАПРОГРАММИРОВАННЫЙ МОЗГ. «Насколько сильно поведение связано с наследственностью? Например, низшие позвоночные с рождения наделены многими аспектами зрительного восприятия (ощущение направления, положения в пространстве, движения и т.д.). Теория инстинктов и наследования особенностей поведения стала заманчивее, чем 15 лет назад, когда у нас не было прочной базы для объяснения организации врожденного поведения. Каждое животное появляется на свет с унаследованными чертами поведения своего вида, которые, как и биологическое строение, являются продуктом эволюции» — Роджер Уолкотт Сперри (в 1981 г. Сперри стал лауреатом Нобелевской премии по физиологии и медицине — прим. ред.).

ПРОВЕРКА НА ЛОЯЛЬНОСТЬ. В прошлом году президент Эйзенхауэр попросил президента Национальной академии наук США Детли Бронка определить, стоит ли разрешать ученым, обвиняемым в нелояльности, вести несекретные исследования, финансируемые правительством. Возглавляемый Бронком комитет постановил, что о научной деятельности следует судить исключительно по ее результатам: средство для лечения раковых заболеваний «не станет для человечества менее ценным из-за того, что его разработал коммунист».

МАЙ 1906

ПОСЛЕДСТВИЯ ТРАГЕДИИ. В истории не было более жалкого зрелища, чем 200 тыс. оборванных, бездомных жителей Сан-Франциско, бессильно наблюдающих с амфитеатра окружающих холмов, как с лица земли исчезает их родной город! Сейчас не время для пафосных речей, однако наш рассказ будет неполным без упоминания о волне истинного великодушия, хлынувшей на пострадавших из всех уголков страны. Капиталисты и рабочие, железнодорожники и промышленники, духовенство и творческая интеллигенция дружно протянули руку помощи: в разоренный город стекаются вагоны с продуктами и предметами первой необходимости.

ВОЙНА И БОЛЕЗНИ. Последние два столетия во время продолжительных войн от различных болезней умирало вчетверо больше солдат, чем от боевых ранений. Интересно сравнить эти цифры со статистикой, собранной японской армией в Маньчжурии, где на каждого солдата, скончавшегося от недуга, приходилось в среднем



Землемерный инструмент вместо старомодной цепи, 1856 г.

четверо погибших на поле брани. Столь впечатляющие результаты объясняются высоким уровнем гигиены и санитарии в японских войсках, а также обязательным проведением тщательных бактериологических исследований питьевой воды на позициях.

МАЙ 1856

ОРУДИЕ ТОПОГРАФА. На иллюстрации изображено новое землемерное устройство. Специальный механизм соединяет большие колеса с измерительными дисками, расположенными на ручке. Землемер просто катит инструмент перед собой и узнает пройденное расстояние. В результате удается сэкономить время и добиться большей точности, т.к. отпадает необходимость использовать мерную цепь и проводить множество измерений, сопровождающихся постоянными пересчетами и корректировками.

К СВЕДЕНИЮ ПРЕСТУПНИКОВ. Корреспондент газеты *Medical Times* пишет: «Перст науки указал на выявление убийцы с помощью стрихнина и не оставил ему ни капли надежды. Крупица белого порошка, из-за которого жертва должна была тихо сойти в могилу, вопреки преступным ожиданиям вызвала неистовые судороги. Его едва заметная частичка, обнаруженная на коже убитого, после ряда химических анализов засияла яркими радужными кольцами».

ЭЛЕКТРОНИКА
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

ChipEXPO СЕНТЯБРЬ 19-21 -2006

4-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



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

ИНФОРМАЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА



КОМПОНЕНТЫ
И ТЕХНОЛОГИИ
Components & Technologies



ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ

ЗАО «ЧипЭкспо», Россия,
111141, Москва, ул. Перовская 19/2, стр. 3,
тел./факс: (495) 368-1039, e-mail: info@chipexpo.ru

www.chipexpo.ru

Бактерии и лекарства: что их связывает?

В прошлом году ученые фармацевтической компании *Pfizer*, проводя исследования на крысах, обнаружили, что в моче животных существенно понижен уровень одного из метаболитов — гиппуровой кислоты. Подопытные грызуны были выращены, как обычно, в виварии в г. Роли (Северная Каролина), и концентрация гиппуровой кислоты в их моче не должна была отличаться от таковой у крыс из других групп. Выяснилось, однако, что все животные, на которых проводился эксперимент, содержались в отдельном помещении. Кроме того, обнаружилось, что их кишечная флора имела необычный состав.

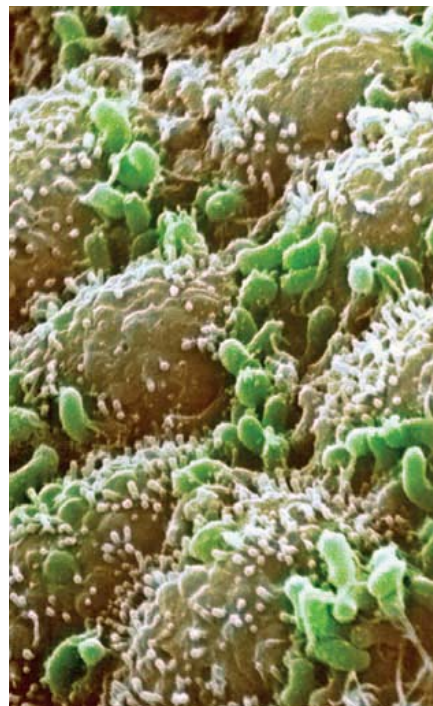
«Это стало настоящим сюрпризом», — говорит Лора Робоски (Lora

S. Robosky), главный научный сотрудник компании. Вместе со своими коллегами она исследует метаболиты, содержащиеся в физиологических жидкостях организма, используя спектроскопические методы и метод распознавания образов. Новая область науки — метабономика — занимается, в частности, подбором оптимальных для каждого пациента лекарственных средств. Так, с ее помощью был выявлен один из факторов, от которых зависит действенность медикаментозного лечения. Речь идет о составе кишечной микрофлоры.

Предположение о том, что микроорганизмы, обитающие в кишечнике, влияют на состояние здоровья организма-хозяина, давно высказывалось учеными. Однако проверить гипотезу не представлялось возможным, поскольку бактерии, передаваясь от матери к ребенку через пищу и при физическом контакте, адаптированы исключительно к тем условиям, в которых они находятся в кишечнике, и не размножаются вне его.

Наш кишечник населяет около 400 разных бактерий, при этом каждый вид представлен несколькими штаммами. К такому выводу ученые пришли, проанализировав нуклеотидные последовательности геномов выделенных микроорганизмов. В дистальных отделах кишечника бактерии обеспечивают высвобождение 20% суммарного количества калорий, расщепляя сахара на более легко усваиваемые компоненты.

Связь между таинственными обитателями кишечника человека и состоянием его здоровья начинает проясняться только сейчас. Так, два года назад Дэвид Бинион (David G. Binion) из Медицинского



Стенки двенадцатиперстной кишки покрыты сплошным ковром бактерий (зеленый цвет). Кишечник человека населяет 400 видов микроорганизмов.

колледжа в Висконсине показал, что бутират натрия, синтезируемый микроорганизмами, может подавлять рост кровеносных сосудов в стенке кишечника, блокируя COX-2 (фермент, отвечающий за развитие воспалительных процессов). Далее, обнаружилось, что специфический штамм *Escherichia coli* способен метаболизировать диметиларсин (соединение мышьяка) с образованием токсичных продуктов, обладающих канцерогенным эффектом.

Ученые из компании *Pfizer* пока не исследовали метаболизм лекарственных веществ у своих необычных подопытных крыс, однако обнаруженный ими феномен отчасти объясняет, почему результаты испытаний на одинаковых, на первый взгляд, животных иногда существенно различаются.

ПРОСТОЙ ТЕСТ НА ТОКСИЧНОСТЬ

Совсем молодое направление в метабономике — исследование метаболитов в физиологических жидкостях — начинает набирать силу. В прошлом году Имперский колледж в Лондоне и компания *Pfizer* получили патент на новый высокоточный метод определения потенциальной токсичности лекарственных препаратов: прежде чем вводить лекарство животному, предлагается тщательно проанализировать состав его мочи. Способ позволяет предсказать токсичность препаратов в 90% случаев. Если удастся доказать применимость такого подхода к человеку, то безопасность назначаемых пациентам медикаментов будет гарантирована.

В том, что действенность медикаментозного лечения зависит от кишечной флоры, уверен и один из «отцов-основателей» метабономики Джереми Николсон (Jeremy K. Nicholson) из Имперского колледжа в Лондоне. Он считает, что изменения в метаболизме определяются внешними факторами. Это могут быть стресс, необычный состав кишечной флоры и т.д. Так, многие микроорганизмы синтезируют соединения, которые активируют ферменты, ответственные за процессы детоксикации в печени, а ряд метаболитов микробного происхождения является непременным участником обмена веществ у человека.

Микрофлора может быть ответственна за превращение некоторых лекарственных веществ (например, рофекоксиба, противовоспалительного и обезболивающего средства, известного под названием *Vioxx*) в токсины, очень вредные для сердечной мышцы. Однако, по словам Николсона, сегодня индивидуальные особенности метаболизма лекарственных веществ связывают в первую очередь с чисто генетическими факторами, а не со спецификой их взаимодействия с факторами окружающей среды.

В планы Николсона входит создание новой ветви метабономики, основанной на построении метаболических профилей, что позволит заранее предвидеть возможное образование токсичных веществ и проследить пути их образования. Однако заветная мечта Николсона — построение системы интеграции таких дисциплин, как протеомика, транскриптомика и другие «омики», которая поможет создать полную картину физиологического действия лекарственных препаратов.

Гунджан Синха

еще раз о ПИЩЕВЫХ ВОЛОКНАХ

Существует ли связь между потреблением пищевых волокон и заболеваемостью раком толстой и прямой кишки? По данным многочисленных исследований, клетчатка защищает толстую и прямую кишку от рака, не влияет на его возникновение или даже повышает риск заболевания. В материале, опубликованном в декабрьском номере журнала *Journal of the American Medical Association*, обобщены результаты 13 исследований, в которых на протяжении 20 лет наблюдались 725 тыс. человек. Хотя авторам сообщения не удалось учесть влияние некоторых особенностей диеты испытуемых на полученные результаты, было обнаружено, что у людей, потреблявших наименьшее (менее 10 г в день) количество волокон, отмечался повышенный риск рака толстой и прямой кишки. Полученные данные заставляют предполагать,



что незначительным снижением риска рака прямой кишки испытуемые были обязаны пищевым волокнам, входящим в состав круп и цельного зерна, но не волокнам, содержащимся в овощах и фруктах.

Дж. Р. Минкел

ПЛАНЕТАРНЫЙ стресс

В своем ежегодном отчете «Состояние мира в 2005 г.» *Worldwatch Institute* уделяет основное внимание Китаю и Индии. США сегодня по-прежнему лидируют по использованию природных ресурсов на

душу населения, но если по этому показателю их догонят Китай и Индия, для поддержания экономики этих двух стран потребуются природные ресурсы второй планеты Земля.

	Китай	Индия	Европа	Япония	США
Валовой внутренний продукт на душу населения (в \$)	4600	2500	26 900	29 400	40 100
Ежегодный расход нефти (в баррелях на душу населения)	1,9	0,9	–	–	25,3
Потребление зерна в 2005 г. (в кг на душу населения)	292	173	561	354	918
Площади с высокой биологической продуктивностью (в га на душу населения)	1,6	0,8	4,7	4,8	9,7

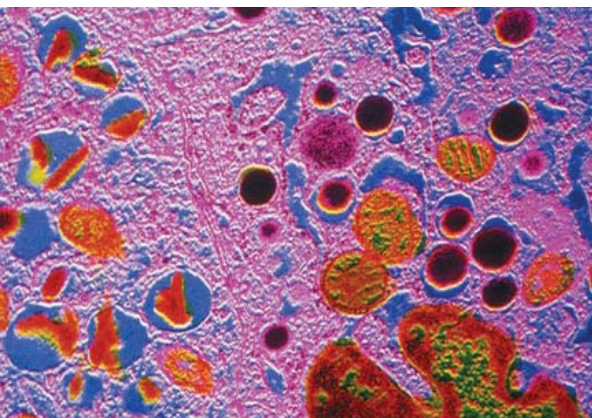
СОЗДАЙ СЕБЯ САМ

Инсулинпродуцирующие клетки поджелудочной железы, разрушенные у больных диабетом, можно «реанимировать».

В 2000 г. врачи из Университета Альберты в Эдмонте (Канада) сообщили об успешной трансплантации островковой ткани поджелудочной железы больным диабетом. Пересаженные островки секретировали инсулин в необходимом количестве в нужное время и обеспечивали контроль уровня сахара в крови намного точнее, чем это делали любые другие препараты, в том числе инсулин. Но островковую ткань для трансплантации можно получить только от доноров, а их всегда недостаточно.

Сегодня другая группа медиков, возглавляемая Алексом Рабиновичем (Alex Rabinovitch), намеревается стимулировать к образованию бета-клеток, продуцирующих инсулин,

Островковые бета-клетки (зеленый и оранжевый цвета) поджелудочной железы, вырабатывающие инсулин, разрушаются при диабете I типа. Процесс образования новых бета-клеток можно инициировать с помощью факторов роста.



поджелудочную железу больного, используя для этого факторы роста. Об одном случае применения факторов роста для сходных целей уже известно: это ускорение процесса образования эритроцитов с помощью эритропоэтина. Однако в нашем случае речь идет не об ускорении процесса, а о его запуске после полной остановки.

При диабете I типа (инсулинозависимом) происходит аутоиммунное избирательное разрушение почти всех бета-клеток. Лишь небольшое их число продолжает отпочковываться от системы протоков поджелудочной железы, воспроизводя тот процесс, с помощью которого в норме образуются островковые клетки. Долгое время ученые рассматривали почкующиеся клетки как хлам, от которого нужно очистить островковую ткань, предназначенную для трансплантации. Однако в последнее время они склоняются к тому, что это вовсе не хлам, а чистое золото.

«Хирурги утверждают, что наилучшие результаты получаются при трансплантации тканей, «загрязненных» упомянутыми клетками. «Зачем нужны больному чужие клетки, если в его поджелудочной железе образуются такие же, пусть и в очень малом количестве?» — спрашивает Рабинович. Точного ответа на этот вопрос ученый не знает, но думает, что они необходимы для налаживания контакта с островками с целью образования цепи обратной связи.

Из всех возможных факторов роста Рабинович выбрал два: гастрин, секретлируемый в желудке, и фактор роста эпидермиса (ФРЭ). Свидетельства их участия в образовании бета-клеток были получены в 1993 г. Стивеном Брендом (Stephen

Brand) из Гарвардской медицинской школы. Он обнаружил, что у мышей, несущих мутации, вследствие которых синтезируются в избыточных количествах эти два фактора, в поджелудочной железе содержится необычайно много бета-клеток. Рабинович имитировал эффект мутаций, введя оба фактора подопытным мышам. Через две недели после начала эксперимента количество бета-клеток у животных увеличилось втрое, уровень инсулина — в восемь раз, а содержание сахара в крови нормализовалось. Однако у грызунов с застарелым диабетом результаты были не столь впечатляющими: хотя содержание сахара в крови значительно упало, животные нуждались во введении иммуносупрессантов. Подавление иммунной реакции создает благоприятные условия для трансплантации, но может приводить к повреждению печени, поэтому к такому способу борьбы с диабетом можно прибегать, только когда нет другого выхода. При регенерации же (даже частичной) решается проблема дефицита донорских тканей. Кроме того, отпадает необходимость в интенсивной иммунотерапии: собственные клетки нужно защитить только от аутоиммунной реакции, а при трансплантации необходимо подавить иммунную систему в целом.

В августе 2005 г. началась вторая фаза клинических испытаний гастрин и ФРЭ. К маю 2006 г. можно ожидать результатов тестов на безопасность и эффективность. В группу испытуемых входят больные диабетом не только I, но и II типа. Последний встречается гораздо чаще: для него не характерна аутоиммунная реакция, бета-клетки продуцируют инсулин, но в недостаточном количестве.

По словам Рабиновича, он был бы очень рад, если бы в результате введения факторов роста больные диабетом II типа могли обходиться без инсулина, а больные диабетом I типа применяли его реже. То малое количество инсулина, которое вырабатывает организм больного, играет огромную роль, поскольку бета-клетки крайне чувствительны к кратковременному повышению или понижению концентрации сахара в крови. Чем точнее регулируется содержание сахара, тем меньше риск развития сосудистых патологий и других осложнений диабета.

Филип Росс

ОПАСНОЕ ОЖИВЛЕНИЕ

Гастрин и фактор роста эпидермиса (ФРЭ) способны «реанимировать» инсулинпродуцирующие бета-клетки. Однако их применение сдерживается тем, что неизвестно, какое побочное действие они могут оказывать. Так, гастрин обнаруживается в следовых количествах в крови язвенных больных, принимавших блокаторы «кислотного насоса», спустя 10 лет. Уровень гастрина в крови повышен у всех больных с такой патологией. Он не достигает тех концентраций, в каких исследователи собираются его вводить, но все же превышает норму в три-пять раз. Если придется отказаться от обоих упомянутых факторов, можно попытаться использовать другие. Как показывают опыты на животных, некоторые из многочисленных факторов роста служат даже более эффективными активаторами процесса образования бета-клеток, чем гастрин и ФРЭ.

ОЧЕВИДНОЕ



НЕВЕРОЯТНОЕ

НА КАНАЛЕ ТВЦ ПО СУББОТАМ в 12:40

программа С.П. Капицы



забудьте о долгах

Появление кредитных карт, которые получили широкое распространение тридцать лет назад, возможно, стало одной из главных причин банкротства. По мнению профессора права Пенсильванского университета Дэвида Скила (David Skeel), решение, принятое Верховным судом в 1978 г., позволило компаниям-эмитентам банковских карт устанавливать лимиты расчетов, исходя из уровня доходов жителей штата. Чтобы избежать ограничений, многие держатели кредитных карт регистрировались в Делавэре и Южной Дакоте, т.к. в этих штатах можно было вводить в обращение карты с большим лимитом денежных средств для всех категорий граждан. В результате многие неплатежеспособные американцы не смогли вовремя пополнить свой счет и оказались банкротами.

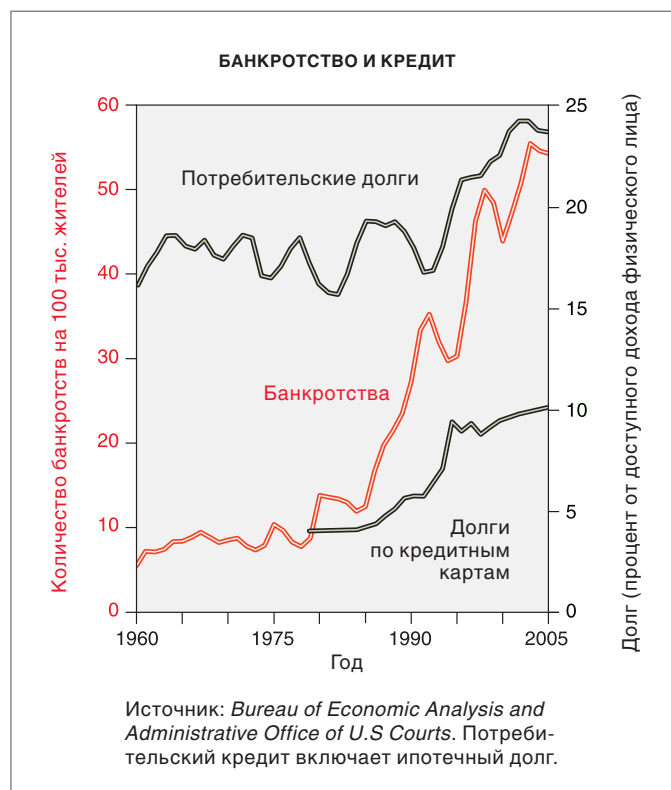
Скил считает, что электронная система трат и займа денег снижает моральную ответственность за расходование средств. В 1960-е гг. для получения кредитной карты заемщик должен был лично обратиться в банк, а сейчас можно просто направить в банк запрос по электронной почте. Кроме того, контроль расходования клиентом заемных средств со стороны банка затруднен.

Исследования, проведенные специалистами из Гарвардского университета, показали, что к 1/4 банкротств

приводит необходимость оплачивать дорогостоящее лечение при серьезном заболевании или травме. Потеря работы также может стать причиной неплатежеспособности. Кроме того, никак нельзя сбрасывать со счетов увлечение ряда людей игорным бизнесом.

Поправки, внесенные в законодательные акты США о банкротстве от 1978 г., призванные облегчить условия погашения кредита и получения нового, не улучшили ситуацию. По новому закону, так же как и по старому в соответствии со статьей 7, неплатежеспособный заемщик освобождался от обязательств по возврату денежных средств, а при наличии реальных активов в соответствии со статьей 13 можно было вернуть только часть кредитных средств. Основная масса должников предпочла воспользоваться статьей 7. За шесть лет действия этого закона количество неплатежеспособных американцев значительно возросло. В 1984 г. вновь были внесены изменения в законодательство, но, как видно из приведенного графика, количество банкротств продолжало расти.

В октябре 2005 г. вступил в действие Закон о предотвращении злоупотреблений в сфере банкротства и защите прав потребителей. Новый законодательный акт ужесточил требования к заемщикам и процедуре проверки банкротов по статье 7. Несмотря на эти меры, эксперты настроены весьма пессимистично.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- The Impact of the Bankruptcy Reform Act of 1978 on Consumer Bankruptcy. Ian Domowitz and Thomas L. Eovaldi in *Journal of Law and Economics*, Vol. 36, No. 2, pages 803–835; October 1993.
- The Bankruptcy Puzzle. F. H. Buckley and Margaret F. Brinig in *Journal of Legal Studies*, Vol. 27, No. 1, pages 187–207; January 1998.
- Why It Pays to File for Bankruptcy: A Critical Look at the Incentives under U.S. Personal Bankruptcy Law and a Proposal for Change. Michelle J. White in *University of Chicago Law Review*, Vol. 65, pages 685–732; Summer 1998.
- The Fragile Middle Class: American in Debt. Teresa A. Sullivan, Elizabeth Warren and Jay Lawrence Westbrook. Yale University Press, 2000.
- Marketwatch: Illness and Injury as Contributors to Bankruptcy. David U. Himmelstein, Elizabeth Warren, Deborah Thorne and Steffi e Woolhandler in *Health Affairs (Web exclusive)*, February 2, 2005. www.healthaffairs.org

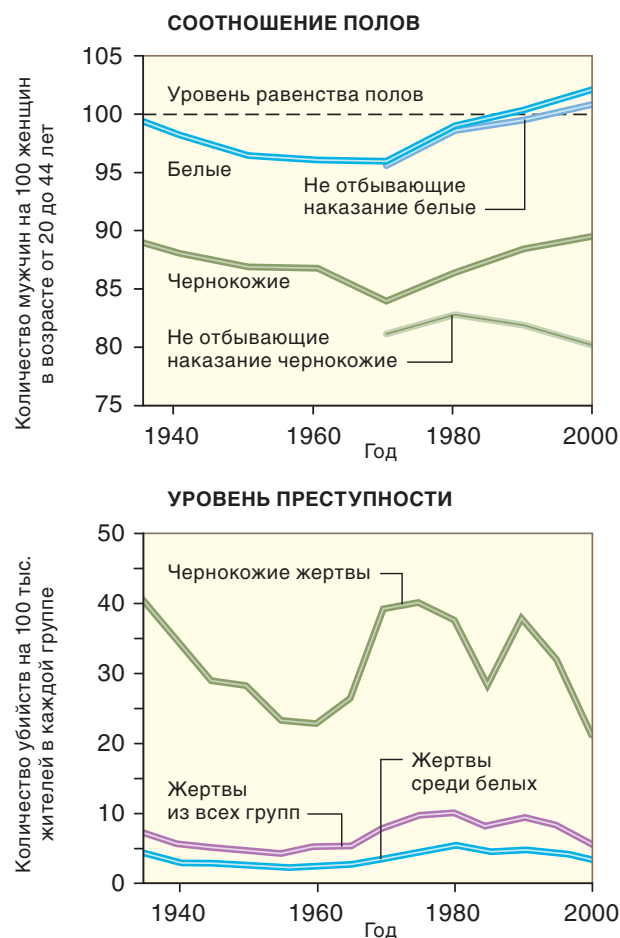
МЕНЬШЕ МУЖЧИН — ВЫШЕ ПРЕСТУПНОСТЬ?

Ученые заметили, что наличие в обществе большого числа молодых мужчин может привести к социальным беспорядкам, с которым столкнулась Америка в XX в. Противники такой теории в свою очередь заявляют, что дефицит мужского населения также становится причиной кризиса.

Недавно Марсиа Гуттентаг (Marcia Guttentag) из Гарвардского университета и Пол Секорд (Paul Secord) из Хьюстонского университета провели социологические исследования, предметом которых стала динамика заключения браков и разводов среди афроамериканской части населения США. Именно данная группа испытывает самый острый дефицит мужчин. Основываясь на демографических данных, ученые пришли к выводу, что преобладание женщин в исследуемой группе не стимулирует мужчин к вступлению в брак и вложению средств в образование детей. Даже после заключения брака сохраняется высокая вероятность развода или раздельного проживания членов семьи. Ситуация усугубляется отсутствием постоянного источника доходов у большинства чернокожего населения Америки. Еще в 1960-х гг. в северных штатах начали закрываться фабрики, обеспечивавшие людям приличные зарплаты. Потеряв работу, многие афроамериканцы занялись криминальным бизнесом. Подобные экономические процессы привели к серьезным социальным последствиям, в первую очередь к подрыву семейных устоев. В результате появилось большое количество матерей-одиночек, в том числе малолетних, которые обладали лишь смутным представлением о воспитании детей. А мальчики из неполных семей имели гораздо больше шансов попасть в криминальную среду. Выводы ученых подтверждаются данными опроса, проведенного в 153 городах. Его результаты показали, что преобладание женского населения среди чернокожих американцев приводит к разрушению семьи и росту числа правонарушений.

Как видно из приведенной диаграммы, снижение количества мужчин среди темнокожих жителей США в 60-х гг. XX в. повлекло стремительный рост преступности. Наглядным подтверждением тому служат показатели, приведенные на нижнем графике. Многие молодые люди не успевали завести семью, т. к. служили в армии или отбывали наказание в тюрьмах. В 1970-е гг. отмечался колоссальный рост количества заключенных среди афроамериканцев в возрасте от 20 до 44 лет.

Снижение преступности в начале 1990-х гг. несколько противоречит приведенной теории. Возможно, удастся доказать отсутствие связи между соотношением полов в



обществе и уровнем жизни, который изменился в американских городах именно в 1990-е гг. Сократилось количество граждан, имеющих оружие, снизилось потребление наркотиков и алкоголя. Наркоторговцы отказались от громких разборок и старались меньше привлекать к себе внимание общества. Самым приятным объяснением позитивных перемен в социуме может стать и тот факт, что молодые парни из бедных кварталов развернули активную борьбу с наркотиками и распространением СПИДа.

Роджер Дойл

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Too Many Women? The Sex Ratio Question. Marcia Guttentag and Paul F. Secord. Sage Publications, 1983.
- The Sex Ratio, Family Disruption, and Rates of Violent Crime: The Paradox of Demographic Structure. Steven F. Messner and Robert J. Sampson in *Social Forces*, Vol. 69, No. 3, pages 693–713; March 1991.

пища для РАЗМЫШЛЕНИЙ



Согласно новой гипотезе, громадные моляры и мощные жевательные мышцы позволяли массивным австралопитекам с легкостью разгрызать раковины моллюсков.

В течение первого миллиона лет существования на планете древнейшие представители рода *Ното* жили в Африке бок о бок с представителем другой группы гоминид — австралопитеком массивным. Предки современных людей и австралопитеки имели серьезные различия.

ФАКТ ИЛИ АРТЕФАКТ?

Все обнаруженные до сих пор останки массивных австралопитеков были найдены в местах, где когда-то находились водоемы и болота. Этот факт вполне согласуется с предположением, что австралопитеки были приспособлены к питанию пресноводными крабами и моллюсками. С другой стороны, такое обстоятельство можно объяснить и лучшей сохранностью окаменелостей во влажных средах. Если останки массивных австралопитеков будут найдены там, где никогда не было ни водоемов, ни болот, гипотезу Шейбеля можно сбросить со счета.

У австралопитеков, например, были громадные моляры (коренные зубы), толстая зубная эмаль и высокие костные гребни на черепе, к которым крепились мощные жевательные мышцы. Палеонтологи считали, что все эти приспособления служили массивным австралопитекам для размельчения грубой растительной пищи.

Согласно современным экологическим представлениям, два близкородственных вида животных могут жить бок о бок только в том случае, если они сильно различаются способами утилизации локальных источников корма. Для того чтобы объяснить, каким образом предкам людей и австралопитекам удавалось так долго уживаться на одной территории, ученые предположили, что представители *Ното*, которые обзавелись крупным головным мозгом и научились изготавливать орудия, перешли на мясную диету, а австралопитеки превратились в вегетарианцев.

Однако в последнее время радиоуглеродные исследования все чаще заставляют ученых сомневаться в реальности такого сценария развития австралопитеков. Изотопы углерода, содержащиеся в съеденной животным пище, со временем включаются в состав его тканей. Соотношение нестабильного и стабильного изотопов углерода ($C13/C12$) в зубах массивных австралопитеков значительно выше, чем этот показатель должен был бы быть у животных, питавшихся по преимуществу фруктами и орехами, но ниже, чем у животных, кормившихся семенами злаков. Такой факт навел палеонтологов на мысль, что австралопитеки были всеядными существами. Правда, с этим никак не вяжется анатомия австралопитеков.

По мнению молодого ученого из Калифорнийского университета в Беркли Алана Шейбеля (Alan V. Shabel) строение зубов и черепа австралопитеков было приспособлено не к размельчению грубого растительного корма, а к разгрызанию твердых панцирей беспозвоночных животных. Шейбель отмечает, что хотя восточная и южная части Африки во времена существования гоминид становились все суше и суше, они, как и ныне, изобиловали водоемами и болотами, кишевшими моллюсками и ракообразными.

Присмотревшись к современным африканским млекопитающим (капской бескоготной выдре и водяному мангусту), чей основной корм составляют панцирные животные, Шейбель обнаружил, что их череп отличается такими же анатомическими особенностями, что и череп массивного австралопитека. С помощью мощного жевательного аппарата звери с легкостью разгрызают раковины моллюсков и панцири раков и крабов. А если массивные австралопитеки жили в сырых и болотистых местах, в процессе эволюции они тоже могли перейти на питание панцирными беспозвоночными.

Для проверки своего предположения Шейбель провел радиоуглеродный анализ костей выдры, мангуста и тканей их жертв. Соотношение в них $C13/C12$ оказалось сравнимым с показателями массивных австралопитеков. А это значит, что из всех существующих догадок о диетических пристрастиях австралопитеков только его гипотеза хорошо согласуется с фактическим материалом, имеющимся в распоряжении палеонтологов.

Кейт Вонг

ЗЕМЛЕДЕЛЬЦЫ В европе

Генетическая ветвь древних переселенцев из Западной Азии, которые примерно 7,5 тыс. лет назад познакомили Европу с земледелием, прекратила свое существование. К такому выводу пришли исследователи, изучавшие митохондриальную ДНК 24 скелетов древнейших европейских земледельцев, обнаруженных в 16 разных местах Германии, Австрии и Венгрии. Ученые надеялись, что наследуемая по материнской линии ДНК будет напоминать генетический код нынешних жителей Европы. Однако в ноябре 2005 г. ученые сообщили, что четверть изученных неолитических скелетов относится к линии *N1a*, к

которой в настоящее время принадлежит лишь 0,2% населения земли.

Полученные специалистами результаты подтверждают мнение, что современные европейцы ведут свою родословную в основном от палеолитических охотников и собирателей, проникших на континент 40 тыс. лет назад. Впоследствии они научились возделывать землю у мигрантов из Западной Азии, где сельское хозяйство возникло 12 тыс. лет назад. Со временем линия *N1a* пришла в упадок — возможно в результате смешанных браков древних фермеров-переселенцев с местными женщинами.

Чарлз Чой





19 - 22
сентября

Российская промышленно-технологическая выставка

РОСПРОМТЕХ

www.rospromtech.ru

2006

Москва
Крокус Экспо



Организаторы:





Оргкомитет:

тел.: (495) 956-48-22
 факс: (495) 255-70-69
 e-mail: rpt@umee.ru
<http://www.rospromtech.ru>

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- Металлорежущие, металлообрабатывающие станки
- Листообрабатывающее оборудование
- Модернизация, реновация и современные технологии ремонта станков и оборудования
- Автоматизация управления промышленными предприятиями
- Роспромтех-Подшипники
- Обработка поверхностей
- Промышленные покрытия. Технологии и материалы
- Масла и смазки в машиностроении
- Финансирование и страхование промышленности
- Промышленная кооперация
- Патентование и изобретательство в машиностроении
- Сварочное производство
- Подъемно-транспортные машины и механизмы
- Криогенмаш

КОГДА ТРЯСЕТСЯ ЗЕМЛЯ



Природные катастрофы вызывают у людей страх и ощущение незащитности перед разгулом стихий. Люси Джонс знает, как успокоить общественность и снять напряжение.

Люси Джонс (Lucy Jones) готовится к выступлению на телеканале *National Geographic*. Всего двумя днями раньше по Новому Орлеану и другим районам побережья Мексиканского залива прокатился ураган Катрина, принесший разорение и гибель тысячам людей. Картины разрушений, вид толп отчаявшихся людей и бесконечного потока эвакуированных после урагана Рита вызывают панику у зрителей, которые проецируют события на себя и представляют, что нечто подобное может произойти и в их родном Лос-Анджелесе или Сан-Франциско. Будучи сейсмологом и научным сотрудником Геологической службы управления США (USGS) по Южной Калифорнии, Джонс посвятила много времени изучению вероятности катастроф и возможности их предупреждения.

Джонс везет телевизионную группу к близлежащему разлому Игл-Рок под Лома-Бриджем в западной части Пасадины. Она объясняет перед телекамерой, что наибольшую опасность для Лос-Анджелеса представляет сильное землетрясение при знойных ветрах Санта-Ана, которые будут раздувать пламя пожаров, возникающих в результате разрыва газопроводов и замыканий в высоковольтных линиях электропередачи. «Серьезно пострадает недвижимость», — говорит Джонс и добавляет, что в океан Калифорния не упадет, поскольку «ей некуда падать».

Исследования ее коллеги Неда Филда (Ned Field) показали, что землетрясение с магнитудой 7,5 под разломом Пуэнте-Хиллз в Лос-Анджелесе способно нанести ущерб в \$250 млрд. и унести тысячи жизней. Сопоставимые потери понесла Япония после землетрясения с магнитудой 6,9, которое произошло в 1995 г. в Кобе. Согласно расчетам, вероятность того, что в ближайшие 20 лет в районе залива Сан-Франциско может произойти землетрясение с магнитудой не меньше 7 составляет 25%. Несколько лет назад Федеральное агентство по управлению в чрезвычайных ситуациях (FEMA) объявило, что подобное бедствие является одной из трех наиболее вероятных катастроф, грозящих Соединенным Штатам, — двумя другими были атака террористов на Нью-Йорк и ураган в Новом Орлеане.

ЛЮСИ ДЖОНС: Утешительница

- Интервью, которые дала Джонс после двух землетрясений 1992 г., произвели изрядное впечатление на калифорнийцев.
- Она изучала китайскую литературу, что помогло ей стать первым западным ученым, работавшим в Китае после 1979 г.
- Об опасности землетрясений: «Самая большая опасность для Лос-Анджелеса заключается в том, что строительные нормы не имеют обратной силы».

СМИ охотно обращаются к Джонс за комментариями относительно возможных катаклизмов, поскольку она умеет доступно объяснить сложные геологические процессы и знает, как успокоить встревоженную аудиторию. «Люди доверяют Люси и ждут от нее советов, как подготовиться к землетрясению и пережить его, — говорит директор Южнокалифорнийского центра землетрясений в Лос-Анджелесе Том Джордан (Tom Jordan). — Она не только телезвезда, но и уважаемый ученый». После событий 11 сентября 2001 г. и распространения конвертов с бактериями сибирской язвы газета «Лос-Анджелес таймс» писала, что регион нуждается в «Люси Джонс в области биотерроризма», т.е. в человеке, который в чрезвычайной ситуации мог бы внушить доверие людям и призвать их к сотрудничеству.

Однако сама Джонс совсем иначе представляла себе свое будущее. Защитив докторскую диссертацию по геофизике в Массачусетском технологическом институте, она в 1983 г. поступила на работу в отделение USGS по Южной Калифорнии, где специализировалась на изучении и использовании статистики землетрясений. Совместно с коллегой-сейсмологом Полом Ризенбергом (Paul Reasenberг) она обобщила эмпирические данные по последовательностям афтершоков и вывела формулы, позволяющие рассчитать вероятность их возникновения после основного толчка. Она продолжает статистический анализ землетрясений и часто работает вместе со своим мужем, сейсмологом Эгиллом Хокссоном (Egill Hauksson), сотрудником Калифорнийского технологического института.

Однако не столько ее исследования, сколько телеобращения сделали Джонс незаменимой в критических ситуациях. Ее первое выступление в СМИ состоялось после землетрясения 1986 г. в Палм-Спрингсе, но наибольшее впечатление на жителей

Южной Калифорнии произвели, пожалуй, ее интервью после катаклизмов 1992 г в Джошуа-Три (магнитуда 6,1) и в Ландерсе (магнитуда 7,1). Своим главным достоинством она считает «умение говорить откровенно и лаконично».

За годы работы с прессой Джонс поняла, что после масштабных стихийных бедствий научная точность — не главное: люди хотят, чтобы их ободрили. По словам Люси, человек порой боится землетрясений гораздо больше, чем реальной опасности, которой он подвергается ежедневно, садясь, например, в машину. Согласно статистике, вероятность погибнуть при землетрясении для американца составляет примерно 1/120 000, что в 1500 раз меньше угрозы попасть в аварию на транспорте.

Выступая перед зрителями, Джонс не ставит себе цель снять тревогу у людей, однако по мере того, как она объясняет ситуацию, люди постепенно успокаиваются. «Я думаю, мы страшимся землетрясений потому, что они не поддаются управлению. Но сейсмологи дают стихии имя и номер, и таким образом как будто «приручают» ее». Роль утешительницы удается Джонс, поскольку, по ее словам, она смотрит на вещи глазами женщины. «Всем становится легче, когда мама говорит, что все в порядке». Подумав немного, Люси добавляет: «Это единственная ситуация, когда быть женщиной в науке — полезно».

Во время недавних ураганов Федеральное агентство по чрезвычайным ситуациям превратилось в настоящий комитет по национальной безопасности. По мнению Джонс, в современном политическом климате терроризму придают больше значения, чем стихийным бедствиям, хотя в обоих случаях зачастую требуются одни и те же меры. В первую очередь необходимо обучать тех, кто должен первым реагировать на событие, и обеспечить эффективные каналы связи.



Разлом Сан-Андреас, вблизи Сан-Луис-Обиспо может вызвать землетрясение, которое принесет больше ущерба, чем недавний сезон ураганов.

Люси Джонс недавно исполнилось 50 лет. Она оставила пост председателя Комиссии по сейсмической безопасности штата Калифорния (независимого органа, консультирующего правительство штата по вопросам, касающимся сейсмической безопасности) — политическую должность, на которую ее назначил еще губернатор Грей Дэвис (Gray Davis). Члены комиссии рассматривают законопроекты, касающиеся, в частности, строительных нормативов и правил, и дают свои рекомендации. Так, на обсуждение был вынесен вопрос об экономии средств за счет исключения государственных колледжей из списка строений, требующих повышенной сейсмостойкости. Джонс пыталась отговорить законодателей от принятия опрометчивого решения, но она полагает, что данное предложение будет вновь вынесено на рассмотрение.

«После этого я поняла, что не факты, а закон убеждает людей», — сказала Джонс, которая также входит в состав Калифорнийского совета по оценке прогнозов землетрясений. Случись в Калифорнии землетрясение, будьте уверены — Люси Джонс не только даст ему научное объяснение, но и успокоит людей. ■



Плазменные ускорители разгоняют электроны до нескольких сотен МэВ и при этом помещаются на лабораторном столе.

Чандрашекар Джоши

ПЛАЗМЕННЫЕ ускорители

В новых ускорителях элементарные частицы будут накапливать колоссальную энергию, скользя на гребнях плазменных волн.

С помощью ускорителей элементарных частиц физики пытаются разгадать фундаментальные загадки природы. В этих гигантских установках заряженные частицы разгоняют почти до скорости света и затем сталкивают их друг с другом, воссоздавая условия, существовавшие в момент рождения Вселенной. Анализируя результаты столкновений, ученые стремятся понять, как связаны между собой, казалось бы, несопоставимые силы и частицы, и как можно было бы описать их взаимодействие в рамках единой теории. Но чем ближе физики подходят к разгадке сокровенных тайн творения, тем более мощные и дорогие ускорители требуются для проведения экспериментов.

Самый мощный ускоритель строится сейчас в Европейской лаборатории физики элементарных частиц (CERN). Речь идет о Большом адронном коллайдере (LHC) диаметром 8,6 км, который будет введен в эксплуатацию в 2007 г. Протоны в нем будут разгоняться под действием семи триллионов вольт, и их столкновения расскажут нам, откуда

берется масса частиц (см. «Загадки массы», «ВМН», №10, 2005 г.). С помощью уже действующих установок ученые пытаются получить кварк-глюонную плазму (исходное состояние материи) и разобраться, почему во Вселенной вещества больше, чем антивещества. Сегодня во всех ускорителях используется старая, громоздкая технология разгона заряженных частиц СВЧ-излучением.

Последние три четверти века мощность ускорителей каждые 10 лет возрастала примерно на порядок, что позволило ученым сделать множество фундаментальных открытий в ядерной физике и физике элементарных частиц. Но продолжится ли такой прогресс? Ускорители на СВЧ-излучении, похоже, достигли предела своих возможностей. В 1993 г. конгресс США прекратил финансирование сверхпроводящего суперколлайдера диаметром 28 км и стоимостью \$8 млрд., который был бы вдвое мощнее, чем LHC. Теперь физики надеются, что следующим после LHC будет построен линейный коллайдер длиной 30 км, но нет никакой уверенности, что ►

многомиллиардный проект не разделит судьбу суперколлайдера. Как нельзя более кстати появились новые методы ускорения частиц с помощью плазмы, применение которой позволит значительно уменьшить размеры и стоимость ускорителей для физики самых высоких энергий (100 ГэВ и больше).

Помимо гигантских ускорителей, работающих на предельно высо-

телями поближе. Во-первых, они ускоряют либо легкие элементарные частицы (электроны и позитроны), либо тяжелые (протоны и антипротоны). Во-вторых, частицы могут разогнаться либо за один проход по прямой, либо за несколько круговых оборотов. Например, *LHC* представляет собой кольцевую установку, в которой будут сталкиваться два пучка протонов. После *LHC* физи-

электрическое поле. При напряженности поля от 20 МВ/м до 50 МВ/м происходит электрический пробой: с металлических стенок резонаторов проскакивают электрические искры, и ток в них резко падает. Поскольку напряженность электрического поля должна быть ниже порога пробоя, для разгона частиц до больших энергий требуются большие расстояния. Например, чтобы получить триллионвольтный пучок частиц, необходим ускоритель длиной 30 км. Если бы мы не были ограничены пределом электрического пробоя, его можно было бы сделать более компактным.

В ускорителях нового типа роль ускоряющей структуры играет ионизированный газ, т.е. плазма. Одним из основных элементов конструкции становится электрический пробой, поскольку он необходим для ионизации газа. В качестве источника энергии используется не СВЧ-излучение, а луч лазера или пучок заряженных частиц.

Казалось бы, ни то, ни другое не подходит для ускорения элементарных частиц: и в лазерном луче, и в потоке заряженных частиц есть сильные электрические поля, но их векторы перпендикулярны направлению распространения. А ведь в ускорителе электрическое поле должно быть продольным, т.е. направленным в сторону движения разгоняемых частиц. К счастью, когда лазерный луч или пучок заряженных частиц проходит через плазму, в ней может возникать мощное продольное электрическое поле.

Плазма в целом электрически нейтральна и содержит равные количества отрицательных (электроны) и положительных (ионы) зарядов. Импульс мощного лазера или сгусток частиц создают в плазме возмущение. По существу, луч срывает легкие электроны с более тяжелых положительных ионов, в результате чего возникают области избытка положительных и избытка

Вскоре для получения низкоэнергетических электронных пучков можно будет использовать настольные плазменные ускорители.

ких энергиях, существуют машины и поскромнее. Они используются в материаловедении, структурной биологии, ядерной медицине, а также для изучения термоядерного синтеза, стерилизации пищевых продуктов, переработки ядерных отходов и лечения некоторых видов рака. В таких установках энергия электронов или протонов относительно невелика (от 100 МэВ до 1 ГэВ), но, тем не менее, они занимают много места. В ближайшем будущем им на смену скорее всего придут настольные плазменные ускорители.

СВЧ-излучение и плазма

Прежде чем приступить к рассмотрению новой технологии, познакомимся с классическими ускорителями.

ки надеются построить линейный коллайдер электронов и позитронов с энергией в точке столкновения порядка 0,5 ТэВ. При таких энергиях электроны и позитроны должны разогнаться по прямой, поскольку круговое ускорение привело бы к чрезмерным энергетическим потерям на синхротронное излучение. Плазменные ускорители лучше всего подходят именно для линейного ускорения легких частиц.

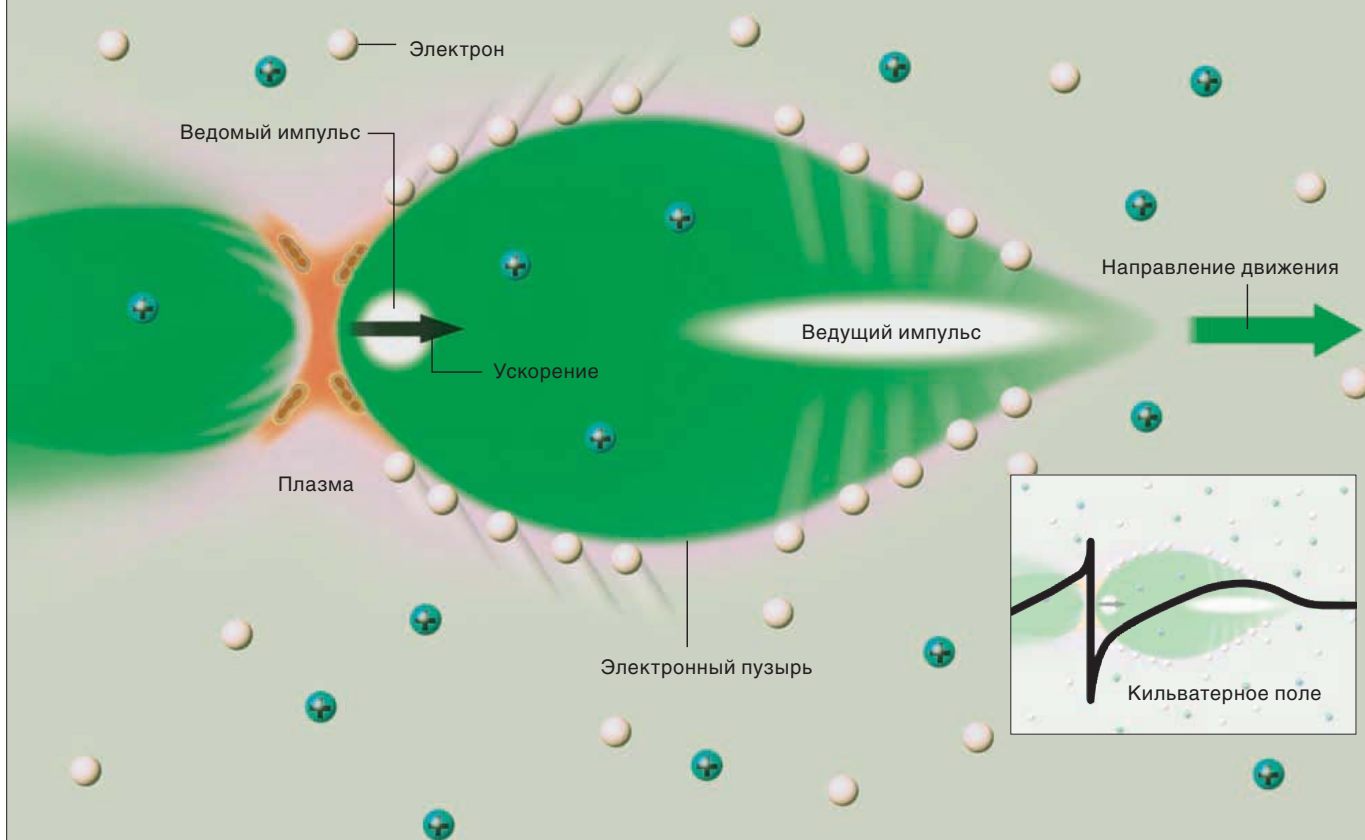
Обычный линейный коллайдер ускоряет частицы электрическим полем, которое движется синхронно с ними. В объемном резонаторе с замедленной волной (металлическая трубка с периодически расположенными диафрагмами) с помощью мощного СВЧ-излучения создается

ОБЗОР: ПЛАЗМЕННЫЙ СЕРФИНГ

- Десятилетиями для ускорения элементарных частиц до околосветовых скоростей использовались СВЧ-резонаторы. Из них состоит и Большой адронный коллайдер (*LHC*) диаметром 8,6 км, который будет запущен в 2007 г.
- Существенно уменьшить размеры и стоимость ускорителей высокой энергии позволит технология разгона электронов и позитронов, скользящих на вершине электромагнитной волны, возбуждаемой в плазме. Новая методика уже была проверена в лабораторных экспериментах.
- На основе плазменных устройств можно будет создавать настольные ускорители низкой энергии для проведения исследований в области материаловедения, структурной биологии, ядерной медицины и стерилизации пищевых продуктов.

РЕЖИМ ПУЗЫРЯ

В ускорителе с кильватерным полем используется ускоряющая сила, создаваемая возмущенным распределением зарядов, которое называют кильватерным полем. Ведущий лазерный или электронный импульс выталкивает электроны плазмы (белые) на периферию, оставляя за собой область положительного заряда (зеленая). Она втягивает отрицательно заряженные электроны назад, и позади ведущего импульса формируется электронный пузырь. Вдоль оси распространения пучка электрическое поле (изображено внизу) напоминает очень крутую, готовую обрушиться океанскую волну. Кильватерное поле придает мощное ускорение ведомому электронному импульсу, захваченному задней частью пузыря.



отрицательных зарядов (см. рис. сверху). Возмущение образует волну, которая перемещается в плазме почти со скоростью света. Мощное электрическое поле, направленное от области положительного заряда к области отрицательного, ускоряет попавшие в него заряженные частицы.

Ионизированный газ может поддерживать ускоряющие электрические поля фантастической величины. Например, в плазме, содержащей 10^{18} электронов в 1 см^3 (довольно обычная величина), может возникнуть волна с пиковым электрическим полем 100 ГВ/м — в тысячу раз больше, чем в обычном ускорителе на СВЧ-излучении. Однако существует принципиальная проблема: типич-

ная длина СВЧ-волны составляет 10 см , а длина плазменной волны — всего 30 мкм , и разместить в ней сгусток ускоряемых электронов очень сложно.

Описанный метод ускорения элементарных частиц с помощью плазмы был предложен еще в 1979 г. Джоном Доусоном (John M. Dawson) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (UCLA). Но прошло почти полтора десятка лет, прежде чем был поставлен эксперимент, в котором электроны разогнались в волнах плазмы. Автор статьи вместе с коллегами из UCLA однозначно решил эту задачу в 1993 г. Особого внимания заслуживают два новых вида ускорителей: с лазерным и с плазменным кильватерными полями.

Лазерное кильватерное поле найдет широкое применение в настольных ускорителях небольшой мощности, а плазменное — в сверхмощных коллайдерах, которые будут обеспечивать наибольшую энергию столкновений.

Импульсы света

Сегодня мы можем говорить о создании настольных плазменных ускорителей, поскольку в нашем распоряжении есть компактные титан-сапфировые лазеры, генерирующие ультракороткие световые импульсы мощностью до 10 ТВт . Когда такой импульс направляют на струю гелия длиной 2 мм , он мгновенно срывает с молекул газа электроны, создавая плазму. ▶

GEORGE RETSECK

УСКОРИТЕЛЬ С ЛАЗЕРНЫМ КИЛЬВАТЕРНЫМ ПОЛЕМ

В настольном плазменном ускорителе высокоинтенсивный луч лазера фокусируется на сверхзвуковой струе газообразного гелия (слева). Световой импульс создает в струе газа плазму, и кильватерное поле ускоряет некоторые из ее электронов. Получившийся электронный импульс коллимируется и проходит через магнитное поле, отклоняющее частицы соответственно их энергиям. Такой ускоритель может разместиться на столе размером 1,2 м на 1,8 м. Снимки электронных пучков (справа), сделанные в Лаборатории прикладной оптики Французского политехнического института, демонстрируют, как было преодолено главное препятствие. Хотя некоторые электроны ускорились до 100 МэВ, нижняя граница диапазона энергий доходила до 0 МэВ (а). Кроме того, пучок расходился на целый градус. Напротив, в экспериментах с недавно открытым режимом пузыря удалось получить хорошо сфокусированный моноэнергетический пучок с энергией около 180 МэВ (б).



Световое давление лазерной «пули» настолько велико, что электроны «выдуваются» наружу во всех направлениях. Покинутые ими ионы притягивают их обратно, и электроны устремляются к оси, вдоль которой распространяется лазерный импульс, проскакивают ее и снова движутся наружу (см. стр. 19). В результате возникают волнообразные колебания, которые называются лазерным кильватерным полем.

Электроны образуют своеобразный пузырь диаметром приблизительно 10 мкм. Около его фронта движется лазерный импульс, создающий плазму. Внутренняя часть пузыря состоит из ионов, а электрическое поле в нем напоминает чрезвычайно высокую океанскую волну. Возможны и другие конфигурации, но в режиме пузыря ускорение электронов обеспечивается наиболее надежно.

Когда электронная пушка впрыскивает электроны в то место плазмы, где они уже есть в избытке, новые частицы под действием электрического поля устремляются к положительным зарядам внутри пузыря. Волна движется вперед со скоростью света, поэтому инжектируемые электроны должны иметь околосветовую скорость, чтобы поймать волну и получить от нее дополнительную энергию. Согласно теории относительности дальнейшее увеличение энергии электронов происходит главным образом за счет увеличения их массы, а не скорости. Поэтому они не опережают плазменную волну, а как бы скользят на ее гребне, приобретая все большую энергию. Некоторые электроны самой плазмы точно так же захватываются и ускоряются, словно пена, подхваченная гребнем океанской волны.

В 2002 г. Виктор Малка (Victor Malka) из Лаборатории прикладной оптики Французского политехнического института показал, что с помощью управляемого лазером кильватерного поля можно создавать хорошо сфокусированный пучок, содержащий 108 электронов. К сожалению, диапазон энергии ускоренных электронов оказался очень широк (от 1 МэВ до 200 МэВ). В большинстве случаев требуются пучки электронов с одинаковой энергией.

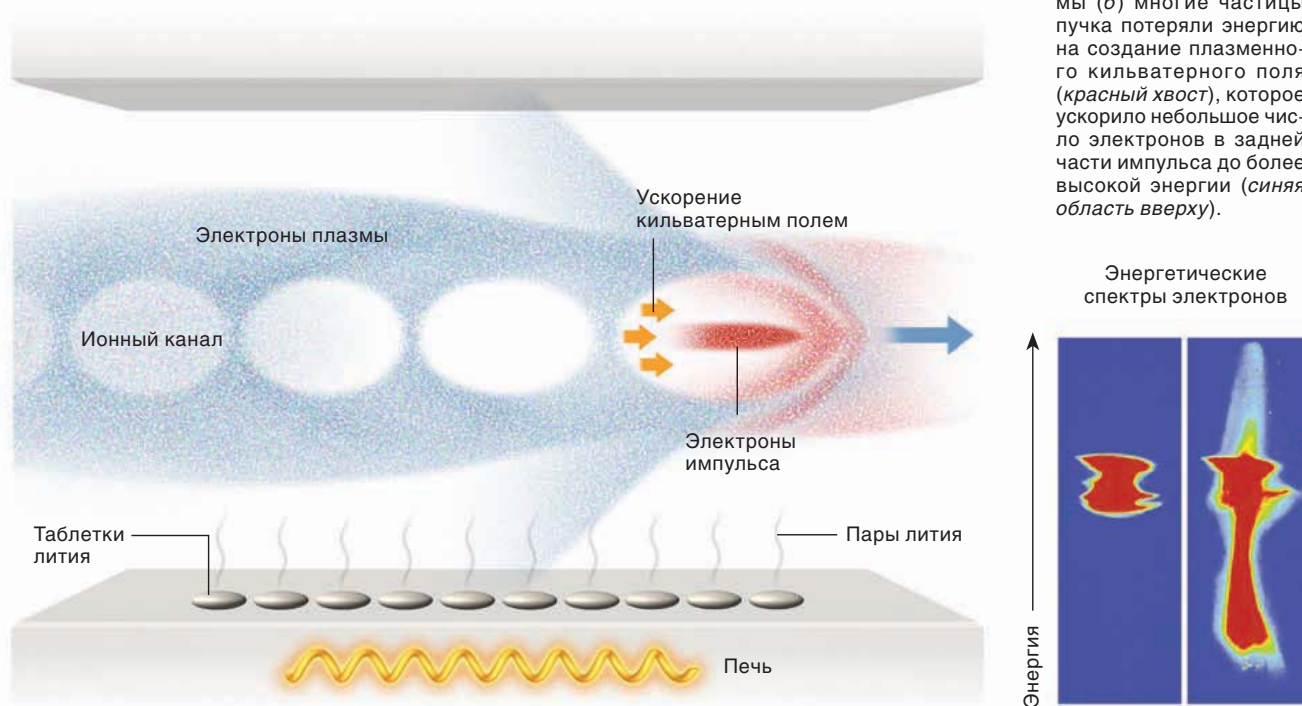
Большой разброс энергии обусловлен тем, что электроны захватываются волной поля в разных точках и в разное время. В обычном ускорителе частицы вводятся в одном месте недалеко от пика электрического поля. Ученые считали, что такой точный впрыск в ускорителе с лазерным кильватерным полем невозможен, т.к. ускоряющая

GEORGE RETSECK (иллюстрация); SOURCE: VICTOR MALKA (спектры)

ДОЖИГАТЕЛЬ ПЛАЗМЫ

Ускорение в плазменном кильватерном поле недавно было продемонстрировано на Стэнфордском линейном коллайдере (SLC). В плазменной установке энергия пучка электронов увеличивалась на 4 ГэВ на пути всего 10 см, для чего на обычном СВЧ-ускорителе потребовалась бы секция длиной 200 м.

В специальной печи испаряются таблетки лития. Интенсивный электронный импульс (красный) ионизирует пар и создает плазму. Он «выдувает» электроны плазмы (синие) наружу, формируя позади себя возмущенное распределение зарядов, создающее ускоряющее поле. Электроны, находящиеся в кильватерном поле, испытывают мощное ускорение (оранжевые стрелки).



В отсутствие лития (а) пучок электронов, разогнанных SLC до 30 ГэВ, был моноэнергетическим (энергия откладывается по вертикали). После прохождения через 10 см литиевой плазмы (б) многие частицы пучка потеряли энергию на создание плазменного кильватерного поля (красный хвост), которое ускорило небольшое число электронов в задней части импульса до более высокой энергии (синяя область вверху).

структура имеет микроскопические размеры и существует в течение очень короткого времени. Однако в 2004 г. три конкурирующие группы исследователей из США, Франции и Великобритании одновременно обнаружили новый физический режим, в котором самозахваченные электроны движутся как единое целое и достигают одной и той же энергии. Все три группы использовали лазеры более высокой мощности, чем прежде (от 10 ТВт и выше). Когда столь мощный лазерный импульс проходит через плазму, он становится короче и уже и создает большой электронный пузырь, захватывающий электроны из плазмы. Таких самозахваченных электронов оказывается настолько много, что они отбирают у кильватерной волны довольно мно-

го энергии, и захват новых частиц прекращается. Самые энергичные электроны в авангарде сгустка опережают волну и начинают терять энергию, тогда как отставшие электроны с меньшей энергией продолжают ее набирать.

В результате получается пучок электронов с узким распределением энергии. Например, в экспериментах Малки ее разброс был снижен со 100% до 10% при интенсивности пучка порядка 10^9 электронов. Заметно уменьшилось и его угловое рассеяние: оно оказалось сопоставимым с угловым рассеянием пучков, создаваемых лучшими линейными СВЧ-ускорителями. Полученные пучки электронов фактически представляли собой импульсы длительностью всего 10 фс, т.е. были самыми короткими из когда-либо созданных

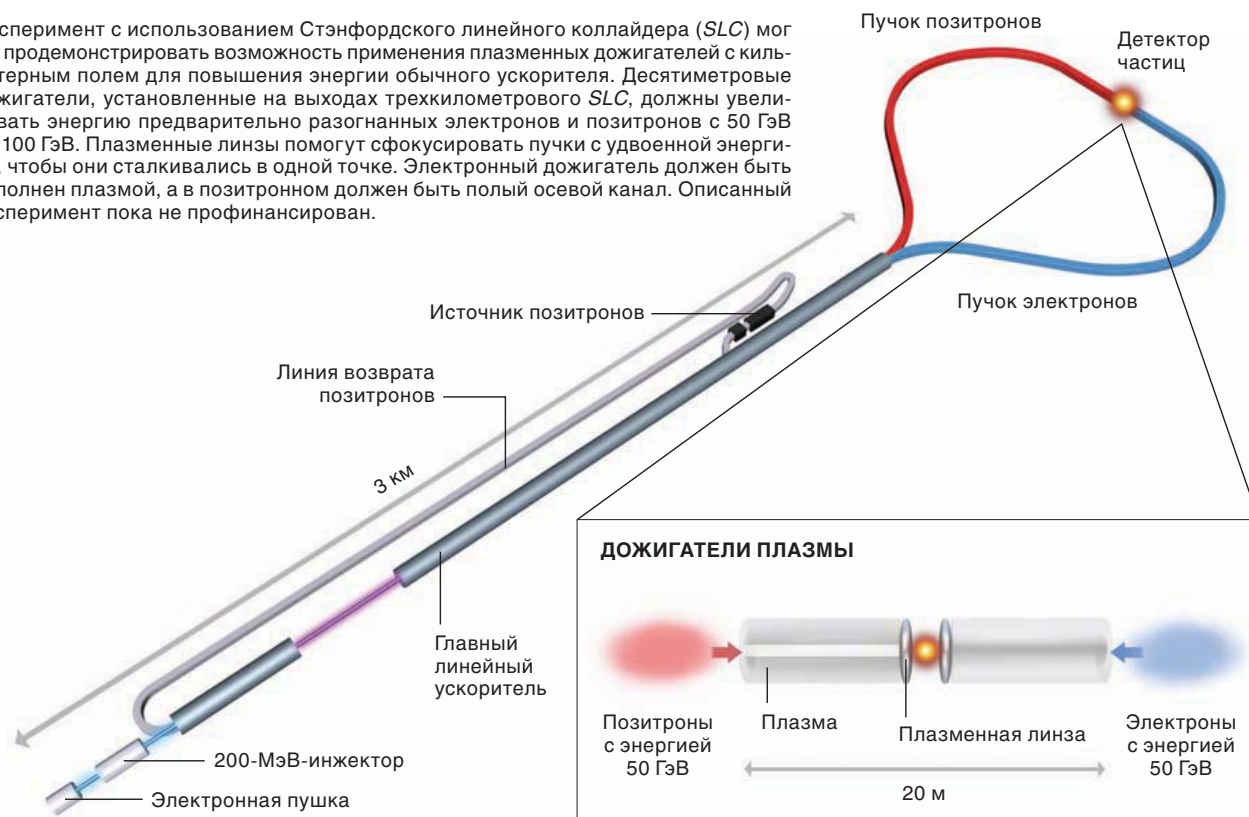
в ускорителях. Поэтому их можно использовать в качестве источника излучения для изучения сверхбыстрых химических и биологических

ОБ АВТОРЕ:

Чандрашекар Джоши (Chandrashekar Joshi) — профессор электротехники Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (UCLA). Он руководит Центром высокочастотной электроники и установкой «Нептун» для углубленных исследований ускорительной техники в UCLA. Автор новейших методов ускорения элементарных частиц, Джоши известен работами, посвященными нелинейной оптике плазмы, взаимодействию интенсивного лазерного излучения с веществом и применению плазмы в ядерном синтезе, ускорителях и источниках света.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГИИ ОБЫЧНОГО УСКОРИТЕЛЯ

Эксперимент с использованием Стэнфордского линейного коллайдера (SLC) мог бы продемонстрировать возможность применения плазменных дожимателей с кильватерным полем для повышения энергии обычного ускорителя. Десятиметровые дожиматели, установленные на выходах трехкилометрового SLC, должны увеличивать энергию предварительно разогнанных электронов и позитронов с 50 ГэВ до 100 ГэВ. Плазменные линзы помогут сфокусировать пучки с удвоенной энергией, чтобы они сталкивались в одной точке. Электронный дожиматель должен быть заполнен плазмой, а в позитронном должен быть полый осевой канал. Описанный эксперимент пока не профинансирован.



процессов. Если такой электронный импульс направить на тонкую металлическую мишень, то можно получить столь же короткий рентгеновский импульс. Вероятно, вскоре рентгеновское излучение, получаемое с помощью настольных ускорителей, найдет множество применений.

В принципе, ускоритель с лазерным кильватерным полем может разгонять электроны до энергии порядка 1 ГэВ, но для этого нужно получить плазменную волну, которая сохраняется на протяжении целого сантиметра, а не пары миллиметров. Чтобы возбуждающий ее лазерный луч как можно дольше сохранял свою интенсивность, необходимо создать для него плазменный световод. Наиболее перспективным считается метод предварительного формирования плазменного световода, который разрабатывают исследователи из Национальной ла-

боратории им. Лоуренса в Беркли. В этом методе плотность электронов около оси плазмы ниже, чем на периферии. Поэтому коэффициент преломления в центре плазменного канала оказывается выше, чем на периферии, и канал ведет себя как оптоволокно, направляющее лазерный луч. Эксперименты в Беркли уже показали, что такие каналы позволяют получить моноэнергетические пучки электронов. Дальнейшее усовершенствование технологии, вероятно, приведет к появлению настольных плазменных ускорителей ГэВ-класса.

Приближение к предельной энергии

А нельзя ли использовать компактные плазменные ускорители для разгона элементарных частиц до энергий порядка 1 ТэВ? В принципе, можно было бы последовательно соединить сотни компактных ла-

зерно-плазменных ускорительных модулей, дающих приращение энергии по несколько ГэВ. Аналогичная каскадная схема используется для получения высоких энергий с помощью традиционных СВЧ-ускорителей. Однако каскадирование плазменных ускорителей сопряжено с огромными трудностями.

Сегодня предпочтение отдается методу дожигания плазмы, при котором ускоритель с плазменным кильватерным полем удваивает энергию частиц, разогнанных обычным ускорителем. Последний выдает два импульса электронов или позитронов с энергией порядка нескольких сотен ГэВ. В первом импульсе (его называют ведущим) содержится в три раза больше частиц, чем во втором (ведомом). И длительность каждого импульса, и временной интервал между ними обычно составляет 100 фс. Как и в лазерном ускорителе, плотный ведущий

импульс попадает в менее плотную плазму и создает пузырь с кильватерным полем. Процесс протекает так же, как в ускорителе с лазерным кильватерным полем, но электроны разбрасываются не световым давлением луча, а электрическим полем ведущего импульса. Затем ведомый импульс попадает в электронный пузырь и быстро ускоряется продольной составляющей полученного электрического поля.

На участке длиной 10 см плазменный ускоритель увеличивает энергию электронов на 4 ГэВ.

Ускоритель с плазменным кильватерным полем вызвал большой интерес у физиков, занимающихся совершенствованием ускорительной техники. Столь привлекательным его сделали достижения ученых из UCLA, Университета Южной Калифорнии и Стэнфордского центра линейных ускорителей (SLAC). Прежде всего им удалось создать плазменный ускоритель метровой длины как для электронов, так и для позитронов. Большое искусство потребовалось для того, чтобы научиться поддерживать устойчивость ведущих пучков на таком расстоянии. Кроме того, физики продемонстрировали увеличение энергии электронов более чем на 4 ГэВ на дистанции всего 10 см. Самое главное, что нет никаких принципиальных препятствий для еще большего увеличения энергии: достаточно просто удлинить участок с плазмой.

Наконец, ученые показали, что плазма улучшает фокусировку электронного или позитронного луча как минимум в два раза. Это весьма существенно для коллайдеров, в которых ускоренные частицы должны быть сфокусированы на очень маленьком пятнышке. Чем сильнее сосредоточены пучки, тем больше происходит столкновений, количество которых является столь же

важным параметром коллайдера, как и их энергия.

Перечисленные успехи позволяют задуматься об использовании плазменной схемы для достижения верхней границы энергий. Однако сначала технику следует проверить на работающем ускорителе, используя его как первую ступень. Например, пару плазменных устройств длиной 10 м можно было бы установить по обе стороны от точки столкно-

вения на Стэнфордском линейном коллайдере, чтобы увеличить энергию частиц с 50 ГэВ до 100 ГэВ. Хотя проект еще не профинансирован, SLAC уже предложил министерству энергетики построить линию SABER для ускорения частиц до высоких энергий, чтобы продолжить исследования.

Мы рассмотрели принцип действия ускорителей применительно к разгону электронов. Чтобы ускорять позитроны или другие положительно заряженные частицы, нужно перевернуть электрическое поле. Например, можно использовать в качестве ведущего пучок позитронов. Его положительный заряд будет затягивать электроны плазмы внутрь, а они, как и прежде, будут проскакивать центральную ось и образовывать пузырь. При этом направление электрического поля изменится на противоположное тому, которое наблюдалось бы в случае электронного импульса, что и требуется для ускорения ведомого импульса позитронов.

Плазменные установки могут ускорять и более тяжелые частицы, например, протоны. Однако тут есть одно важное требование: вводимые частицы должны двигаться почти со скоростью света, чтобы не отстать от плазменной волны. Это означает, что энергия ускоряемых

протонов должна быть не меньше нескольких ГэВ.

Технология плазменных ускорителей развивается семимильными шагами. Многие принципиальные проблемы уже решены, но создание конкретных устройств пока сопряжено с серьезными трудностями. В частности, инженерам еще предстоит повысить эффективность ускорителя (долю энергии ведущего импульса, которая передается ускоряемым частицам), точность настройки пучков (в точке столкновения они должны быть выровнены с точностью до единиц нанометров) и частоту повторения рабочих циклов (количество импульсов, ускоряемых за единицу времени).

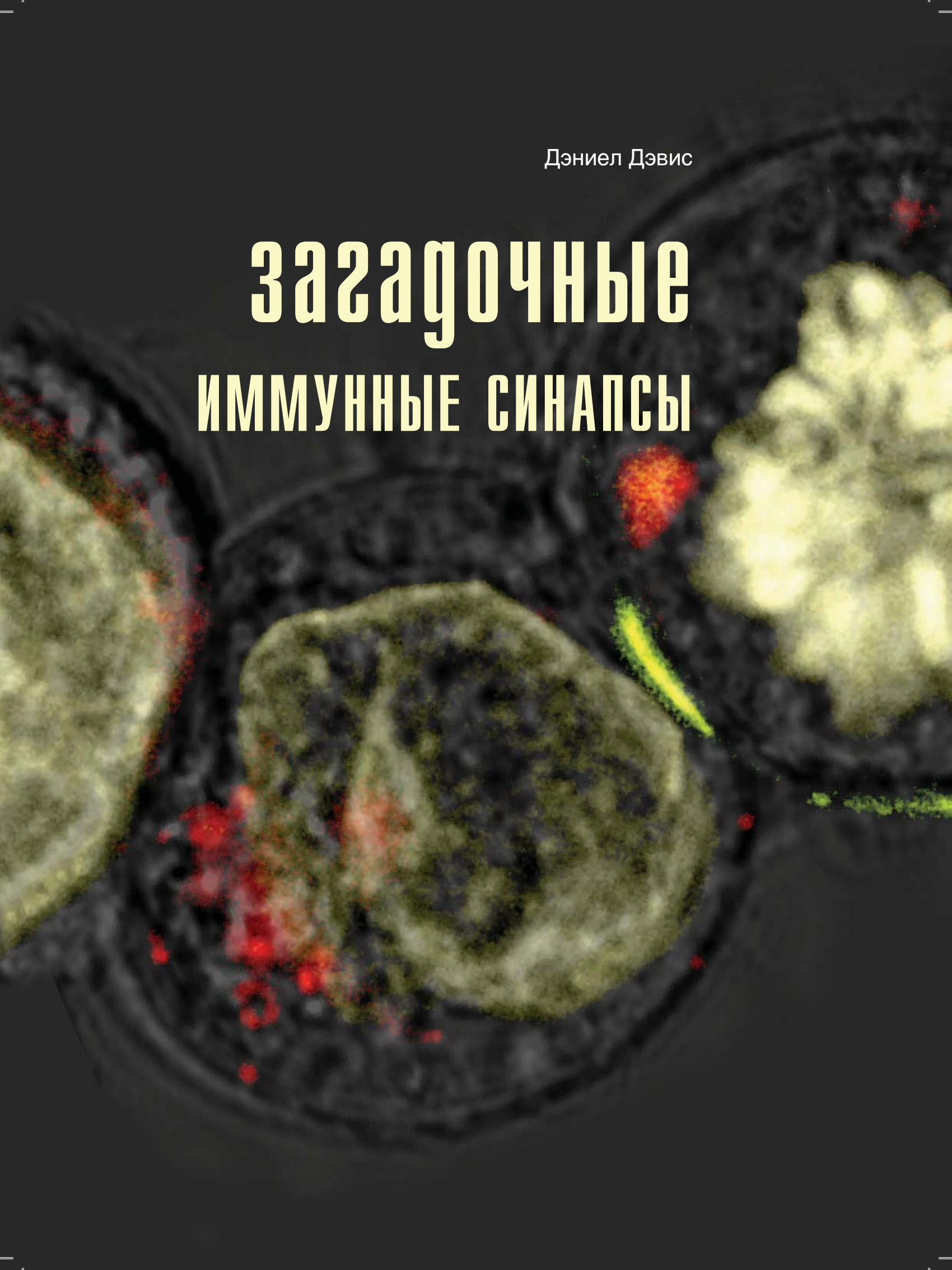
Создателям обычного ускорителя потребовалось 75 лет, чтобы довести энергию столкновения электронов с позитронами до 200 ГэВ. Технология плазменных ускорителей развивается гораздо быстрее, и ученые надеются выйти за пределы возможностей СВЧ-систем для физики высоких энергий всего за пару десятилетий. ■

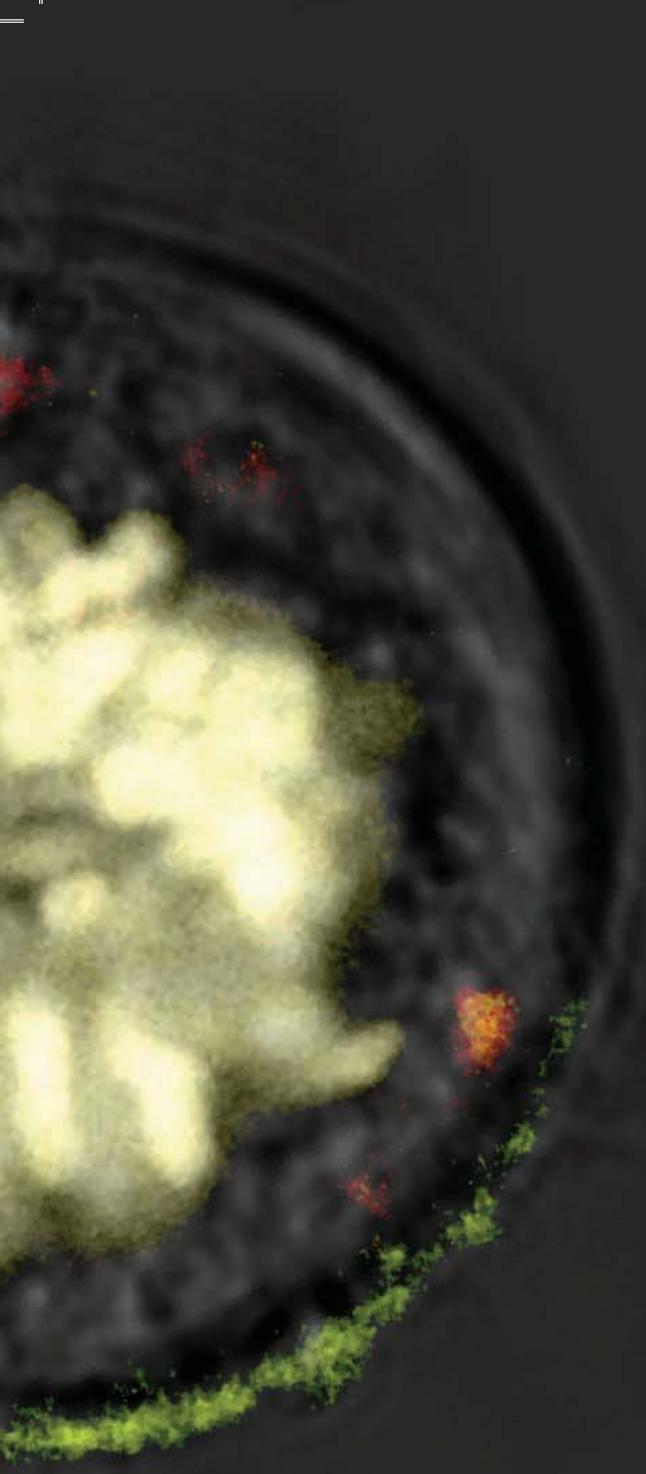
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Plasma Particle Accelerators. John M. Dawson in *Scientific American*, Vol. 260, No. 3, pages 54-61; March 1989.
- Plasma Accelerators at the Energy Frontier and on Tabletops. Chandrashekhar Joshi and Thomas Katsouleas in *Physics Today*, Vol. 56, No. 6; pages 47-53; June 2003.
- Accelerator Physics: Electrons Hang Ten on Laser Wake. Thomas Katsouleas in *Nature*, Vol. 431, pages 515-516; September 30, 2004. Also three research reports in the same issue.
- The Lasers, Optical Accelerator Systems Integrated Studies (L'OASIS) Group at the University of California, Berkeley: <http://loasis.lbl.gov/>
- Stanford's Plasma Wakefield Accelerator Experiment: www.slac.stanford.edu/grp/arb/e164/index.html

Дэниел Дэвис

загадочные ИММУННЫЕ СИНАПСЫ





Визуализация взаимодействующих иммунных клеток выявила структурные образования, сходные с синапсами, посредством которых общаются между собой нейроны. Изучение иммунных синапсов позволяет по-новому взглянуть на процесс создания информационных сетей, позволяющих иммунной системе защищать наш организм.

Поверхностные клеточные белки (*желтые*) концентрируются в области контакта двух иммунных клеток, обменивающихся информацией. Они сообщают клетке-убийце (*внизу слева*), что с *V*-клеткой (*справа*) все в порядке. Для клеток, не прошедших тест на жизнеспособность или безопасность, у клетки-убийцы заготовлено «оружие» — гранулы с кислым содержимым (*красные*), готовые устремиться к месту контакта (*синапсу*) и сделать смертельную инъекцию.

К сожалению, обнаружение сенсационных научных открытий не всегда привлекает к себе внимание общественности и не сулит ученому материальных благ, хотя в научных кругах ценится чрезвычайно высоко.

Подобное событие произошло в 1995 г., когда Абрахам Купфер (Abraham Avi Kupfer) из Национального еврейского медицинского исследовательского центра в Денвере делал доклад на Кистоунском симпозиуме на одном из престижных горнолыжных курортов США. В аудитории собралось несколько сотен иммунологов, которые с изумлением смотрели на удивительные трехмерные изображения взаимодействующих клеток иммунной системы. На экране одна за другой возникали округлые, похожие на бычий глаз белковые структуры в том месте, где клетки контактировали друг с другом.

Сомнений быть не могло: как и синапсы, обеспечивающие связь между нейронами в нервных коммуникационных сетях, области контактов между клетками иммунной системы включают упорядоченные белковые агрегаты. На представленных Купфером изображениях были четко видны наружные кольцевые структуры, которые удерживают вместе контактирующие клетки, и внутренние белковые кластеры, участвующие в диалоге между клетками. Идея о том,

что иммунные клетки, которым для осуществления должной защиты организма необходимо постоянно обмениваться информацией, используют те же механизмы, что и клетки нервной системы, отнюдь не нова. Но в докладе Купфера подобная мысль впервые получила зримое подтверждение. Когда он закончил, зал взорвался аплодисментами, вопросам не было конца.

После сенсационного доклада прошло 10 лет, но и по сей день многое в структурной организации иммунных синапсов остается неясным: какие клеточные механизмы создают синаптические структуры? Как эти структуры регулируют межклеточные взаимодействия? Как нарушения их деятельности связаны с возникновением заболеваний? И, наконец, могут ли патогены использовать иммунные синапсы в своих целях?

Визуализация иммунных синапсов и их последующее изучение стали возможными благодаря появлению новой микроскопической техники высокого разрешения и компьютерному обеспечению старых методов получения изображений. И теперь, когда стало ясно, что мыслительный процесс, осознание или ответ организма на попадание какого-либо патогена опосредуются сходными белковыми структурами, исследование механизма иммунной реакции приобретает новый смысл.

Выбор направления

О способности клеток иммунной системы к целевому обмену информацией было известно задолго до обнаружения иммунных синапсов. Ученые знали, что данные клетки общаются друг с другом и со структурами другого типа с помощью особых молекул — цитокинов, и что некоторые из них не распределяются по всему организму, как это делают гормоны, а направляются в кровь и взаимодействуют только с определенными клетками при тесном контакте.

Способность обмениваться химическими сигналами лишь с ближайшими соседями — важное свойство иммунных клеток. В отличие от нейронов, которые образуют между собой и с другими клетками стабильные долговременные контакты, они «общаются на бегу», поскольку находятся в постоянном движении в поисках чужеродных агентов. Когда какая-либо иммунная клетка, выискивающая признаки заболевания, встречается с другой клеткой, она в течение считанных минут должна выяснить, все ли с ней в порядке. Если окажется, что последняя повреждена или представляет опасность, иммунная клетка либо уничтожает ее, либо подает сигнал тревоги другим участникам «линии обороны». Сбой в системе коммуникации может привести к уничтожению нормальных клеток (что и происходит при аутоиммунных заболеваниях, например, рассеянном склерозе) или к неконтрольному делению раковых структур. Иммунологи в высшей степени заинтересованы в том, чтобы не только идентифицировать все молекулы, участвующие в диалоге, но и выяснить, как они взаимодействуют между собой, принимая судьбоносные решения.

В начале 1980-х гг. ученые из Лаборатории иммунологии при Национальных институтах здравоохранения предприняли попытку проверить гипотезу, согласно ▶

ОБЗОР: РАЗГОВОР ПО ПРАВИЛАМ

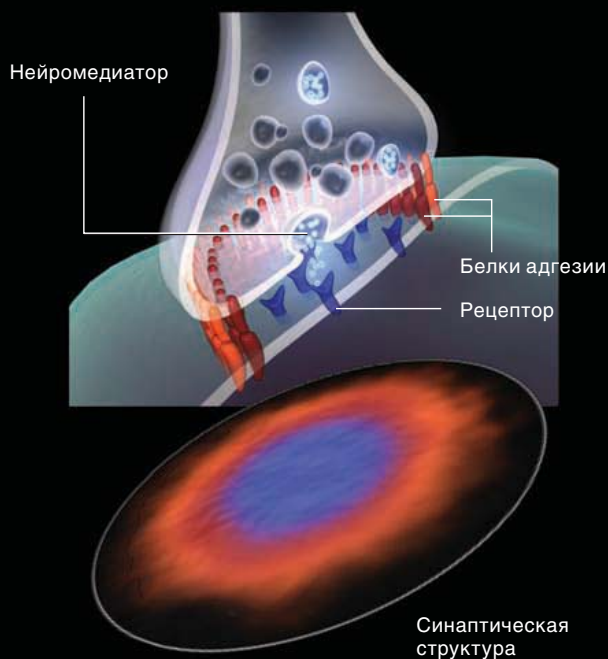
- На фотографиях контактирующих иммунных клеток четко видны упорядоченные мембранные структуры, напоминающие синапсы, посредством которых общаются друг с другом нейроны.
- Ученых, занимающихся исследованием иммунных синапсов, интересует в первую очередь механизм контроля структуризации и ее роль в межклеточных коммуникациях.
- Возможность наблюдать за взаимодействиями иммунных клеток в реальном времени позволяет глубже проникнуть в тайну их общения и понять, как их совместные действия обеспечивают защиту нашего организма.

СИНАПСЫ ПОД МИКРОСКОПОМ

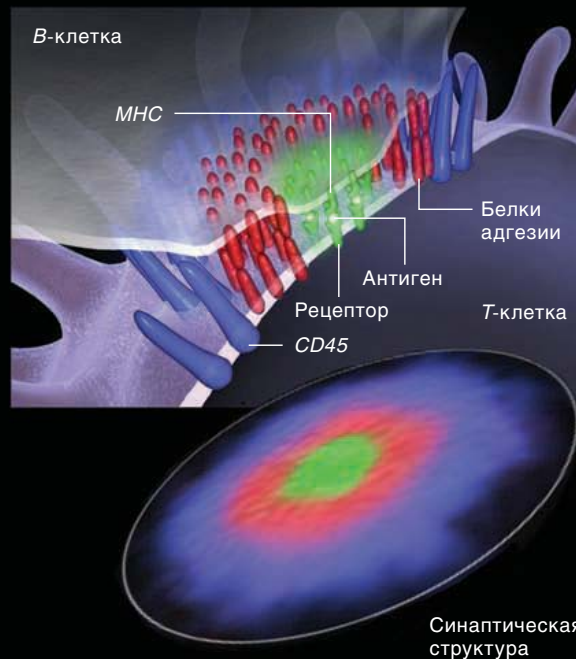
Слово «синапс» в переводе с греческого означает «соединение, связь», а в данном контексте — область соприкосновения клеток, где происходит обмен сигнальными молекулами. Часто такое взаимодействие трансформируется в прямой физический контакт, опосредуемый особыми белками. Межнейронные синапсы, как правило, являются стабильными структурами, а иммунные — временными образованиями, предназначенными для непродолжительного контакта. Структура иммунного синапса зависит от того, между какими клетками он образуется. Структуризация происходит в несколько этапов и регулирует процесс общения.

ПОРАЗИТЕЛЬНОЕ СХОДСТВО: Синапс между нейронами образуется с помощью белков адгезии, удерживающих клетки в непосредственной близости. Активация первого нейрона приводит к выбросу в синаптическую щель нейромедиаторов, которые диффундируют во второй нейрон и связываются с рецепторами на его поверхности. В образовании иммунного синапса тоже участвуют белки адгезии — они сближают клетки во время обмена информацией. На рисунке представлено взаимодействие двух иммунных клеток — *B* и *T*. Первая несет на своей поверхности белок — главный комплекс совместимости (*MHC*), с которым связан антиген, вторая — рецептор, распознающий этот антиген и связывающийся с ним. Белок *CD45*, обычно подавляющий межклеточное взаимодействие, вытеснен на периферию синапса. Внешне сформировавшийся синапс напоминает бычий глаз.

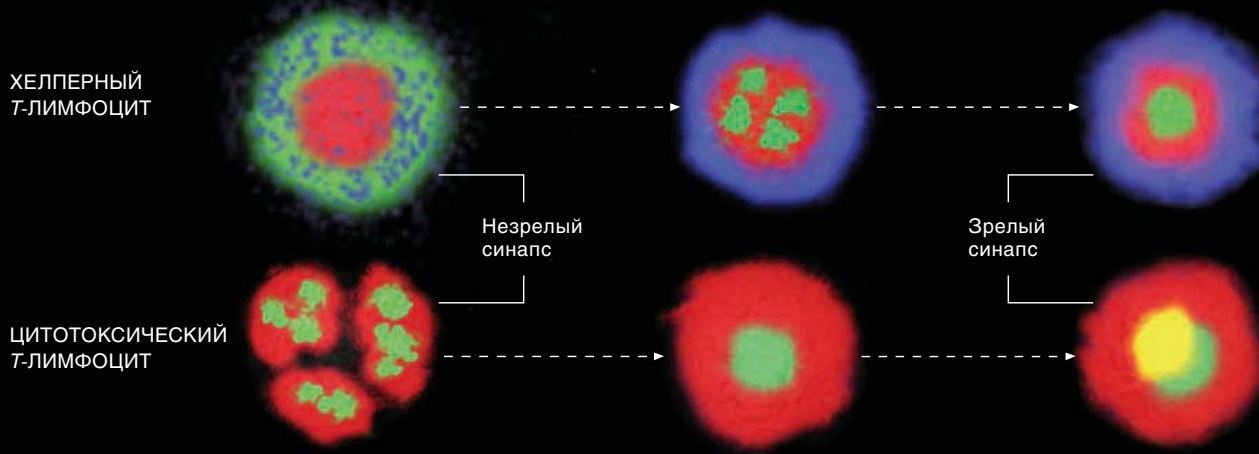
НЕЙРОННЫЙ СИНАПС



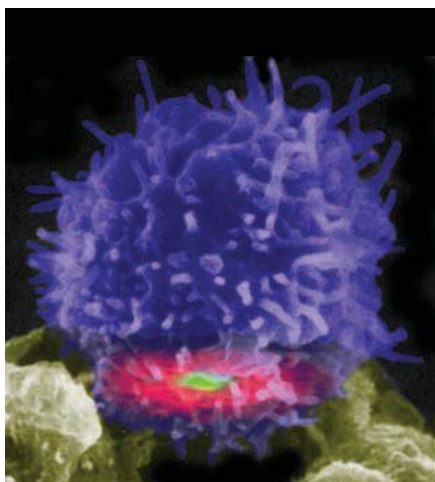
ИММУННЫЙ СИНАПС



ФОРМИРОВАНИЕ СИНАПСОВ: Образование синапса между хелперным *T*-лимфоцитом и другой иммунной клеткой начинается с кластеризации белков адгезии (красные) в центре области контакта, а рецепторов (зеленые) — по периферии. В зрелом синапсе внешнее кольцо образуют молекулы *CD45*. При формировании синапса между цитотоксическим *T*-лимфоцитом (*T*-киллером) и клеткой, подлежащей уничтожению, происходит кластеризация рецепторных белков и белков адгезии, впоследствии образующих кольцо. Гранулы с токсичным веществом (желтые) устремляются из центра *T*-клетки к синапсу и впрыскивают содержимое в клетку-мишень.



AMADEO BACHAR



Взаимодействие между *T*-клеткой (синяя) и антигенпредставляющей дендритной клеткой (желтая), в результате которого *T*-клетка активируется. На микрофотографии видно, что *T*-клеточные рецепторы, взаимодействующие с антигенами, находятся в центре (зеленый), а белки адгезии (розовые), удерживающие клетки вместе, располагаются по периферии.

которой направленная передача цитокинов от одной иммунной клетки другой происходит через некую структурированную поверхность раздела. Известно, что клеточные мембраны не служат непреодолимым барьером для белков: последние проходят сквозь них, легко достигают области контакта между двумя иммунными клетками и образуют здесь некие структуры, подобные тем, что возникают при взаимодействии нейронов друг с другом или с другими клетками.

Гипотеза, высказанная группой ученых из Лаборатории иммунологии, основывалась на том экспериментально подтвержденном факте, что кластеризации специфических белков у поверхности *T*-клеток достаточно для их активации. В 1984 г. была опубликована статья, в которой участник эксперимента, Майкл Норкросс (Michael A. Norcross), впервые высказал идею, что нервная и иммунная системы используют для межклеточных взаимодействий сходные синаптические механизмы. К сожалению, материал был напечатан в малоизвестном журнале, к тому же некоторые важные детали в публикации были

опущены, в результате о синаптической модели взаимодействия клеток иммунной системы вскоре забыли.

В 1988 г. ныне покойный Чарльз Джейнвэй мл. (Charles A. Janeway) из Йельского университета поставил блестящий эксперимент, подтверждающий способность иммунных клеток к направленной секреции белков. Он включил *T*-клетки в поры мембраны, разделяющей сосуд с раствором на два отсека, и добавил в один из них вещество-активатор, побуждающий *T*-клетки к выделению белков. Оказалось, что белки направлялись исключительно в ту сторону, откуда исходил сигнал, т.е. в тот отсек, где находился активатор.

В 1994 г. Уильям Пол (William Paul) и Роберт Седер (Robert A. Seder) вновь вернулись к идее иммунных синапсов. Они представили синапс как структуру из двух находящихся в непосредственной близости друг к другу клеточных поверхностей. На одной из них располагались белковые рецепторы, на другой — их «контрагент». Имея в виду, что иммунные клетки обладают несравнимо большей свободой перемещения, чем нейроны, Пол назвал иммунные синапсы «непрочным союзом», в отличие от стабильных долговременных синаптических связей между нейронами.

Итак, к середине 1990-х гг. гипотеза иммунных синапсов обрела четкие очертания, но чтобы стать научным фактом, она должна была получить экспериментальное подтверждение,

антигенов и переходят в активированное состояние. Напоминающие бычий глаз белковые структуры, образующиеся в области контакта двух клеток, Купфер назвал надмолекулярными комплексами активации (НКА).

Независимо от Купфера активацию *T*-клеток продемонстрировали также Майкл Дастин (Michael L. Dustin) и Пол Аллен (Paul M. Allen) из Медицинской школы при Вашингтонском университете совместно с Марком Дэвисом (Mark M. Davis) из Стэнфордского университета. Они использовали несколько иной подход: заменили АПК липидной мембраной, фиксированной на предметном стекле. На мембрану были нанесены белки, обычно присутствующие на поверхности АПК, каждый из которых нес свой флуорофор. Как только к мембране приближалась *T*-клетка, происходила перегруппировка белковых молекул (см. рис. справа сверху), а по мере «обследования» ею мембранных белков формировалась структура «бычий глаз». Таким образом, стало ясно, что для образования иммунного синапса не требуется усилий двух клеток, — синаптическая структура появляется в ответ на приближение одной иммунной клетки к искусственному белковому ансамблю.

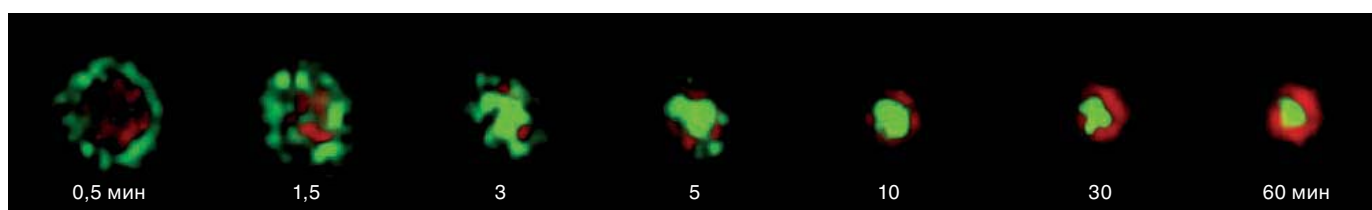
Было показано также, что синапс является динамической структурой, изменяющейся по ходу взаимодействия клеток. Так, *T*-клеточные рецепторы, связывающиеся с анти-

Изменения в структуре синапса могут нести информационную нагрузку.

каковым и стали слайды, продемонстрированные Купфером на Кистоунском симпозиуме. На них были четко видны антигенпредставляющие иммунные клетки (АПК), специализирующиеся на расщеплении чужеродных агентов (например, вирусов), и взаимодействующие с ними *T*-клетки, которые распознают представленные АПК-фрагменты

генами, вначале образуют кольцо вокруг кластера из белков адгезии (такой ансамбль называется незрелым синапсом). Затем структура «выворачивается наизнанку»: молекулы адгезии образуют наружное кольцо по краю «бычьего глаза», а взаимодействующие с антигенами *T*-клеточные рецепторы оказываются в центре. Образуется зрелый

COURTESY OF MICHAEL L. DUSTIN, REPRINTED WITH PERMISSION FROM SCIENCE, VOL. 285, ©1999 A. A. S. (habepxy crebaa); COURTESY OF MICHAEL L. DUSTIN, REPRINTED WITH PERMISSION FROM "THE IMMUNOLOGICAL SYNAPSE: A MOLECULAR MACHINE CONTROLLING T-CELL ACTIVATION," BY GRAKOU ET AL., IN SCIENCE, VOL. 285, ©1999 A. A. S. (habepxy crpaas)



В одном из первых экспериментов по визуализации иммунных синапсов Майкл Дастин использовал искусственную клеточную мембрану с включенными в нее флуоресцентно мечеными белками. Когда *T*-клетка (ее на фотографии не видно) приближалась к мембране, начиналось формирование синапса. Вначале белки, несущие антигенподобные молекулы (зеленые), образовывали наружное кольцо, а белки адгезии (красные) собирались в центре. За те 60 минут, в течение которых велось наблюдение, можно было увидеть, как синаптическая структура «выворачивается наизнанку» — антигены и белки адгезии меняются местами. Аналогичные процессы протекают при созревании синапса в области контакта *T*-клетки и реальной антигенпредставляющей клетки.

синапс. Синаптические структуры были обнаружены и для других типов иммунных клеток. В частности, в 1999 г., когда я работал в лаборатории Джека Штромаингера (Jack Strominger) в Гарвардском университете, мною было получено изображение синаптических структур, образуемых цитотоксическими лейкоцитами — *T*-киллерами.

Замысловатый язык танца

Что же заставляет клеточные белки устремляться к месту контакта и образовывать упорядоченные ансамбли? По крайней мере, одна структура, обеспечивающая перемещение белков во всех клетках, известна — это цитоскелет, сложная сеть тонких белковых нитей, способных растягиваться и сокращаться. Как показали эксперименты, в присутствии токсинов, парализующих работу цитоскелета, некоторые белки утрачивают способность перемещаться в сторону иммунного синапса. Следовательно, нити цитоскелета действительно могут контролировать процесс аккумуляции белков в области синапса.

В упорядочивании белков могут участвовать также два других механизма. Высказывалось предположение, что в клеточной мембране вначале образуются небольшие кластеры из нескольких белковых молекул, способные перемещаться вдоль клеточной поверхности опять-таки с помощью цитоскелета. Такие плавучие «островки» собираются в области синапса и взаимодействуют с рецепторными белками клетки-партнера, что и приводит к ее

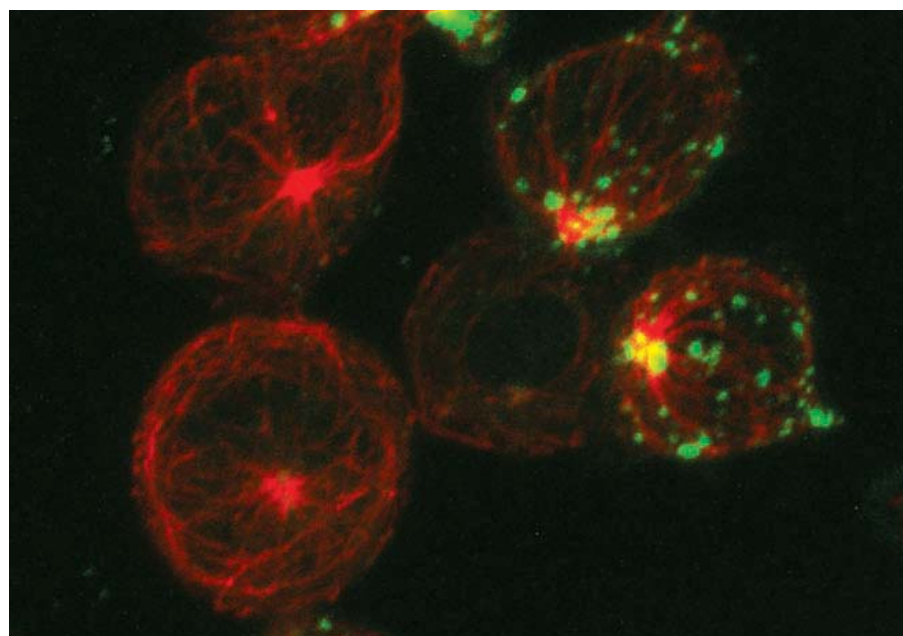
активации. Впрочем, упомянутые «островки» слишком малы, чтобы их можно было увидеть с помощью оптического микроскопа, так что их существование спорно.

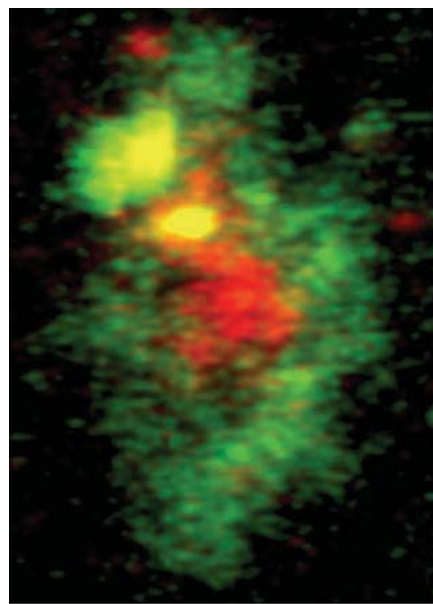
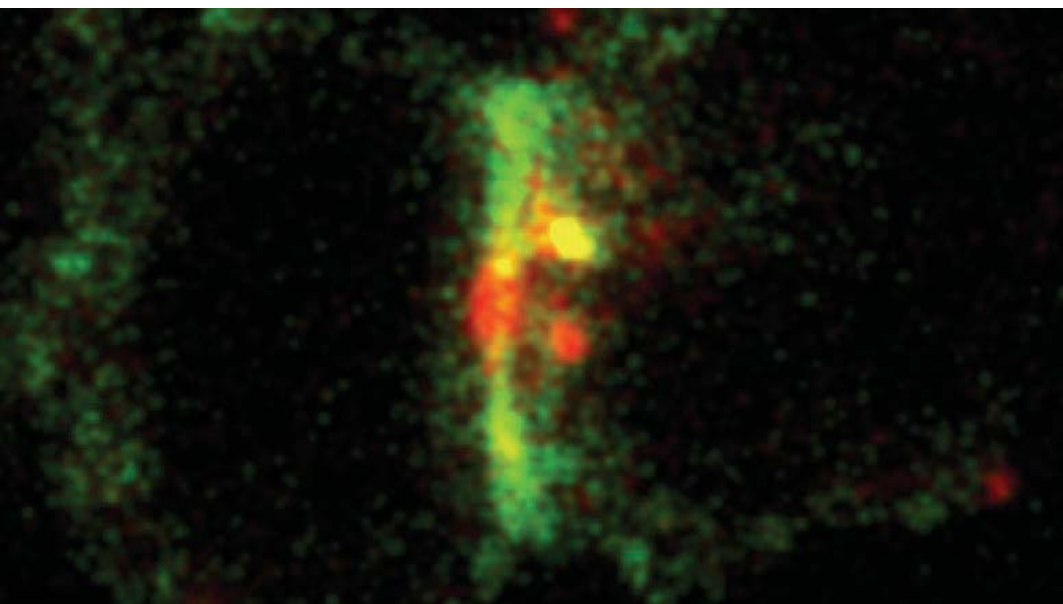
Еще одна интересная гипотеза заключается в том, что решающую роль в пространственно-временной организации белков при формировании синапса играют физические параметры — размеры разных белковых молекул. Как только белки одной клетки связываются со своими партнерами, принадлежащими другой, две клеточные мембраны сближаются, причем образовавшийся зазор в точности соответствует размерам

взаимодействующих белков. При этом центральный кластер из малых белковых молекул вытесняет на периферию белки большего размера, и в области синапса происходит распределение разных типов белков.

Данную гипотезу было решено проверить с помощью математического моделирования. За работу взялся математик Аруп Чакраборти (Arup K. Chakraborty) из Калифорнийского университета. Он был поражен стройностью организации синаптической структуры и сразу представил, как его собственные иммунные клетки начинают замысловатый «танец», стоит только ему подхватить ▶

Заснят момент, когда два *T*-киллера (справа) готовятся атаковать клетку, подлежащую уничтожению (в центре). Протеолитические ферменты (зеленые) уже сконцентрировались в центре синапсов, образовавшихся в области контакта *T*-клеток и клетки-мишени. Они поступили сюда по микротрубочкам (красные) цитоскелета и будут инъецированы в клетку-мишень через центральную часть синаптической структуры. Такой способ введения ферментов защищает от разрушения сами *T*-клетки.





По мере движения вируса *T*-клеточного лейкоза человека (красный) от инфицированной *T*-клетки к неинфицированной (справа налево вверх) белки адгезии (зеленые) концентрируются в области контакта мембран. Если смотреть на все происходящее «глазами» больной *T*-клетки (вверху справа), то можно увидеть структуру, аналогичную иммунному синапсу. Это означает, что вирус *T*-клеточного лейкоза, а также другие патогены, поражающие клетки иммунной системы (например, ВИЧ), могут использовать в своих целях структуры межклеточной коммуникации.

грипп. Моделирование показало, что разницы в размерах белковых молекул, участвующих в «танце», достаточно для образования кластеров из больших и малых молекул в разных участках синапса.

Конечно, иммунологам хотелось бы знать, каков смысл такой перегруппировки в контексте коммуникационных связей между клетками. Не исключено, что никакого смысла нет вообще: вначале считалось, что иммунный синапс представляет собой что-то вроде буфера, обеспечивающего направленную секрецию цитокинов, и такова его единственная функция. Однако со временем стало очевидно, что в зависимости от типа иммунных клеток синаптическая структура может решать самые разные задачи: инициировать диалог, прекращать его, регулировать «громкость» разговора и т.д.

В 2002 г. Купфер (работающий сегодня в Медицинской школе Университета Джонса Хопкинса) показал, что обмен сигналами между *T*-клетками и АПК еще до формирования надмолекулярного комплекса активации (НКА) способствует клеточной адгезии, но для активации

T-клеток необходимо образование НКА. А недавно Шоу и Аллен совместно с Дастином обнаружили, что результативный обмен сигналами между *T*-клетками и АПК начинается до того, как *T*-клеточные рецепторы группируются в центре синапса. Коммуникация возникает даже до появления законченной структуры, из чего можно заключить, что завершение ее формирования означает конец диалога.

Ученые предполагают, что архитектура синапса регулирует «громкость диалога». Втягивая рецепторы, *T*-клетки могут обезопасить себя от губительной гиперстимуляции при избытке антигенов. Выяснилось, что *T*-клетки действительно убирают рецепторы из области синапса, чтобы ослабить сигнал, и аккумулируют их там, чтобы усилить вызов при недостатке антигенов.

Я наблюдал сходное поведение *T*-клеточных киллеров, особых клеток иммунной системы, которые отыскивают поврежденные или аномальные клетки (раковые, мутирующие или инфицированные) и уничтожают их. Нездоровые клет-

ки могут отличаться отсутствием на их поверхности некоторых специфических белков, что и воспринимается *T*-киллерами как признак болезни. Я показал, что дефицит специфических белков отражается на структуре синапса, в чьем образовании участвуют *T*-киллеры, которые, исходя из характера изменения структуры клетки, решают, уничтожить подозрительный объект или оставить в покое.

И еще одна потрясающая новость: возможно, язык хореографии, который используют для общения иммунные клетки, доступен некоторым вирусам, например, вирусу иммунодефицита человека. Чарльз Банхэм (Charles R.M. Bangham) и его коллеги из Имперского колледжа в Лондоне первыми продемонстрировали, что в том месте, где вирусная частица переходит из одной клетки в другую, клеточные белки образуют структуру, напоминающую иммунный синапс (см. рис. вверху). Создается впечатление, что вирусы используют для своей репликации не только клеточный аппарат, но и коммуникационные механизмы клетки.

COURTESY OF CHARLES R. M. BANGHAM AND TADAHIKO IGAKURA. REPRINTED WITH PERMISSION FROM "SPREAD OF HTLV-1 BETWEEN LYMPHOCYTES BY VIRUS-INDUCED POLARIZATION OF THE CYTOSKELETON," BY IKAGURA ET AL., IN SCIENCE, VOL. 289, ©2003 A. A. S.

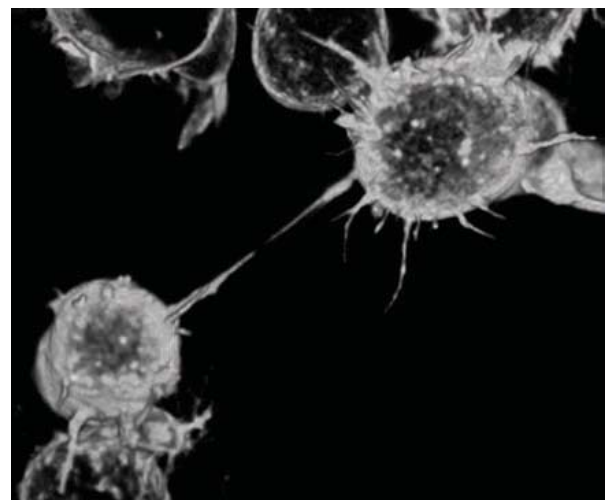
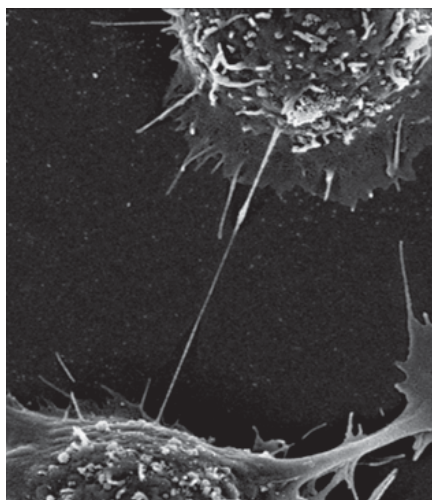
Сходство, которое нельзя не заметить

Визуализация иммунных синапсов дала мощный импульс к всестороннему исследованию межклеточных взаимодействий. Появился целый ряд новых гипотез, разрабатываются способы их проверки. Сама идея существования иммунных синапсов внесла значительные изменения в иммунологический ландшафт. Стало очевидно, что защитная система организма — это сложная информационная сеть, похожая на нервную структуру гораздо больше, чем считалось раньше.

Теперь нейробиологи и иммунологи могут говорить на одном языке и сопоставлять свои наблюдения. Они уже пришли к выводу, что оба типа синапсов используют при функционировании множество одинаковых белков. Известно, например, что в кластеризации белков в межнейронных синапсах важную роль играет белок агрин. Как показывает визуализация иммунных синапсов, данное вещество накапливается в них и может усиливать некоторые типы иммунной реакции. А рецептор нейрофилин-1, участвующий в коммуникации нейронов, присутствует и в иммунных синапсах. Имеются данные, что нейрофилин-1 помогает клеткам иммунной системы выявлять чужеродные агенты, облегчая образование синаптических связей между ними и другими клетками.

Мы обнаружили еще одно интересное сходство между нейронами и клетками иммунной системы: и те, и другие устанавливают контакты с себе подобными и другими клетками с помощью длинных трубочек, вытягивающихся из клеточной мембраны (см. рис. сверху). Функции трубочек не известны ни иммунологам, ни нейробиологам, что позволяет нам объединить свои усилия.

Возможно, эти наноструктуры служат каналами дистанционной связи, по которым от одной иммунной клетки к другой передаются



Длинные нанотрубочки соединяют между собой два нейрона (слева) и две иммунные клетки (справа). Данные структуры пока мало изучены. Возможно, они обеспечивают дистанционную связь между клетками. Известно, что по этим каналам от клетки к клетке переходят молекулы белков или ионы кальция, а также, возможно, вирусные частицы.

цитокины. Саймон Уоткинз (Simon C. Watkins) и Рассел Солтер (Russell D. Salter) из Медицинской школы Питтсбургского университета обнаружили, что целая популяция иммунных клеток использует наномагистрали для быстрой передачи ионов кальция на сотни микрон, что в клеточном масштабе поистине огромное расстояние.

В ходе дальнейших исследований межклеточных взаимодействий в крупных популяциях иммунных клеток ученые надеются выявить новые интересные особенности коммуникационных сетей. Еще одно многообещающее направление исследований — визуализация межклеточных контактов *in vivo*, а не на предметном стекле.

Нобелевский лауреат Джон Салстон (John Sulston) в своих мемуарах вспоминает, как в 1970-х гг. он изучал процесс развития червя, исследуя под микроскопом тонкие срезы. «Я с восхищением наблюдал, как одна за другой делятся клетки. То, что я видел, не могло сравниться ни с чем... За один только уик-энд я получил полную картину постэмбрионального развития брюшной цепочки ганглиев, просто наблюдая за происходящим».

Исследование взаимодействий между клетками иммунной системы

с помощью микроскопии высокого разрешения по существу только начинается, и на этом пути нас, несомненно, ждет много сюрпризов. Поверхностные клеточные белки, участвующие в обнаружении опасных чужеродных агентов, давно идентифицированы. Но лишь в последнее время стала вырисовываться зримая картина их взаимоотношений, в частности, формирование иммунных синапсов. Словом, такой распространенный подход, как «простое наблюдение», представляет собой весьма ценный научный метод. ■

ОБ АВТОРЕ:

Дэниел Дэвис (Daniel M. Davis) — профессор иммунологии в Имперском колледже в Лондоне, занимается изучением взаимодействий клеток иммунной системы с помощью микроскопии высокого разрешения. Начинать свою научную деятельность как физик. Перейдя на работу в отдел молекулярной и клеточной биологии Гарвардского университета, заинтересовался иммунологией. В 1999 г. впервые получил изображение синаптической структуры, образующейся между T-киллерной клеткой и клеткой-мишенью, и проследил за формированием синапса между двумя клетками *in vivo*.

Трагедия, произошедшая в Индийском океане в декабре 2004 года, заставила по-новому взглянуть на проблему мониторинга землетрясений и ураганов.



Эрик Гейст, Василий Титов
и Костас Синолакис

Цунами: ВОЛНА ПЕРЕМЕН

26 декабря 2004 г. на побережье Индийского океана обрушились волны, унесшие сотни жизней. Целые города и деревни были стерты с лица земли, за несколько часов погибло больше 225 тыс. человек, не менее 1 млн. остались без крова (см.: Л. Лобковский. *Всеразрушающая волна*. ВМН, № 5, 2005 г.)

Ввиду резкого роста численности населения в прибрежных зонах, цунами могут принести небывалый ущерб. Вместе с тем, огромный поток информации, полученной из самых разных источников (любительская видеосъемка, спутниковые измерения волн) изменил некоторые представления ученых о поведении цунами.

Зарождение гигантских волн в относительно сейсмически спокойном районе Индийского океана прежде представлялось маловероятным. Однако трагические события дека-

бря 2004 г. произошли именно там, где цунами не прогнозировались, и это заставило исследователей расширить список потенциально опасных зон. Более того, обнаружилось, что даже незначительные изменения параметров землетрясений способны сильно влиять на размер и форму волны. Полученные данные помогли усовершенствовать компьютерные модели, которые планируется использовать для будущих систем мониторинга и оповещения людей.

В преддверии катастрофы

Почти все землетрясения, порождающие цунами, происходят в зонах субдукции, т.е. там, где одна из тектонических литосферных плит поддвигается под другую. Гравитационные силы и опускание вязкого вещества внутри мантии заставляют плиты перемещаться друг относительно друга, но сила ►

трения, возникающая при этом в верхних слоях земной коры, на какое-то время скрепляет их друг с другом. В области соприкосновения плит или разрыва земной коры постепенно накапливается напряжение. Когда нижняя плита рывком поддвигается под верхнюю, выталкивая ее, происходит сильное землетрясение, вызывающее большую волну, которая разделяется на две. Одна устремляется к берегу, другая — в открытый океан. Масштаб цунами зависит от величины перемещения плит океанической земной коры.

В восточной части Индийского океана (невдалеке от западного побережья индонезийского острова Суматра) в зоне субдукции происходило поддвигание Индийской плиты под Евразийскую. В южных частях этой зоны не раз возникали мощные землетрясения (с магнитудой до 9). Последнее из них произошло в 1833 г. Керри Си (Kerry Sieh) и его коллеги из Калифорнийского технологического института установили, что в результате этого, а также предыдущего землетрясения произошел подъем древних коралловых рифов. Специалисты ожидали новых сильных толчков. Однако они были удивлены, когда декабрьское землетрясение 2004 г., вызвавшее мощные цунами, произошло к северо-западу от Суматры. Прежние наблюдения свидетельствовали, что тектонические движения здесь происходят гораздо медленнее, и поэтому ученые не ожидали такого сильного накопления напряжений, которые и стали причиной толч-

ков. Последующий анализ показал, что толчок с магнитудой 9 (по другим оценкам 9,3) вызвал подъем 1200-км участка морского дна на высоту до 8 м, когда сотни кубических километров воды поднялись над поверхностью океана. Сегодня ученые считают, что новые цунами могут возникать вблизи Аляски, Пуэрто-Рико и в других аналогичных зонах субдукции (см. стр. 35).

Суматранско-Андаманское землетрясение началось в 07:59 по местному времени, и вскоре всемирная сеть сейсмических станций сообщила о нем Тихоокеанскому центру оповещения о цунами, расположенному на Гавайях.

В Тихом океане, где возникает 85% всех цунами в мире, дистанционные датчики (цунаметры) могут обнаруживать огромные волны вдали от суши и посылать информацию о них в Тихоокеанский центр и Центр оповещения о цунами в Палмере (шт. Аляска) до того, как волны обрушатся на берег. Но в Индийском океане не было ни такой системы, ни каналов связи для предупреждения людей на берегу. Несмотря на то, что первые волны достигли берегов Таиланда, Шри-Ланки и других стран не менее, чем через два часа после их возникновения, почти для всех они были полной неожиданностью.

В открытом океане

Исследователи из Японии и США уже 15 лет разрабатывают компьютерные модели распространения цунами в открытом океане. Ранее им не хватало данных, с которыми

можно было бы сравнить результаты моделирования. Для любой модели распространения цунами необходимы следующие исходные данные: во-первых, местоположение и площадь деформации океанического ложа, которые ученые вычисляют по магнитуде и эпицентру землетрясения, и, во-вторых, высота, или амплитуда смещенной воды, что можно оценить только по результатам наблюдения волн в открытом океане.

Ранее ученые располагали только измерениями приливомеров, находящихся в прибрежной зоне, и оценкой разрушений на берегу. Получаемые сигналы характеризовали вторичные волны, а не сами цунами.

Три геодезических спутника, пролетавшие над районом землетрясения, первыми передали сведения о цунами в Индийском океане. Они провели радарные измерения их распространения в открытом океане и подтвердили, что водяной горб высотой в полметра может превратиться в вал и вызвать страшные разрушения на берегу.

Пролетая со скоростью около 5,8 км/с, спутники впервые измерили высоту цунами по всему фронту их распространения. Полученные данные подтвердили основные представления о движении цунами в открытом океане и полезность имеющихся моделей для прогнозирования.

Небывалый размах

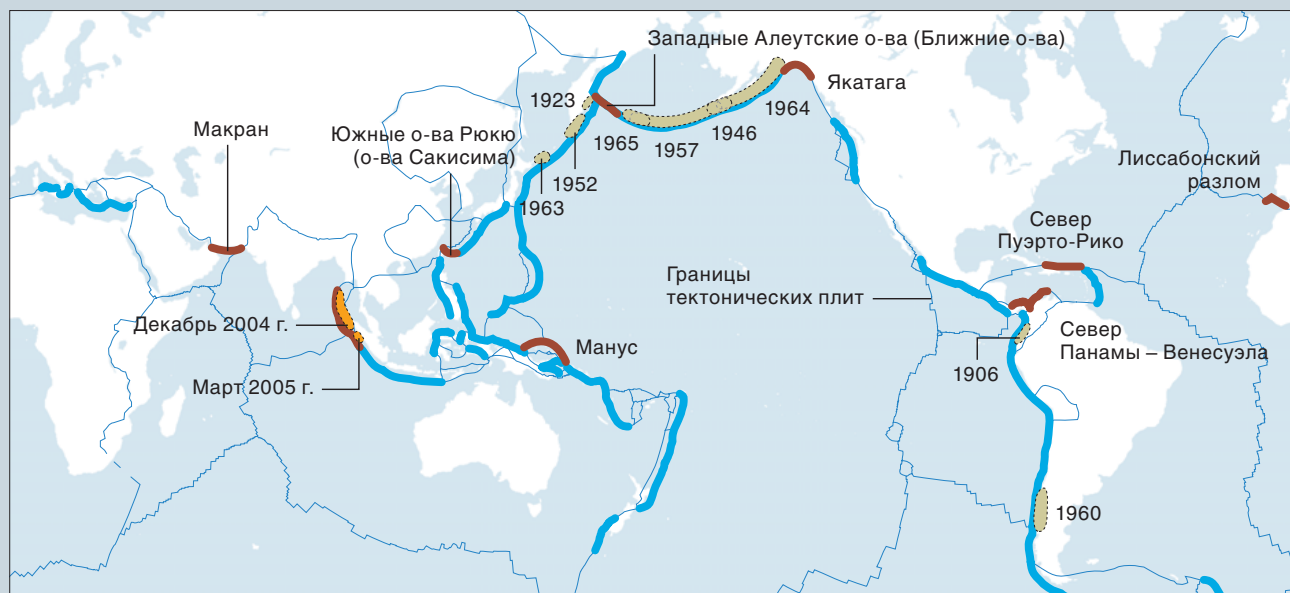
В открытом океане цунами движутся со скоростью 500–1000 км/ч. Путь от северной Суматры и Андаманских островов до берегов Мьянмы (Бирмы), Таиланда и Малайзии на востоке и до Шри-Ланки, Индии и Мальдивских островов на западе первые волны прошли меньше, чем за три часа. За 11 ч они преодолели 8 тыс. км до берегов Южной Африки. Примерно в то же время, когда СМИ разнесли весть о трагедии, ученые стали получать данные с приливо-

ОБЗОР: БУДУЩИЕ ПРОГНОЗЫ

- События, произошедшие в Индийском океане в декабре 2004 г., перевернули наше представление о цунами.
- Новые данные позволили ученым прогнозировать появление цунами, направление движения и распространения волн на суше.
- Улучшенные компьютерные модели будут использоваться в сочетании с новыми системами мониторинга цунами и оповещения населения.

ИСТОЧНИКИ ЦУНАМИ

Землетрясения, которые породили самые известные цунами прошлого века (серовато-желтые овалы), возникали там, где сталкиваются тектонические плиты, — в так называемых зонах субдукции (голубые линии). Одна плита подвигается под другую, вызывая цунами. В зоне Суматранско-Андаманского разлома землетрясений с магнитудой больше 8 ранее не наблюдалось, однако в декабре 2004 г. там были зарегистрированы подземные толчки с магнитудой 9. Когда через три месяца в том же районе произошло новое землетрясение с магнитудой 8,7 (оранжевые овалы), ученые пришли к заключению о возможности образования цунами в местах с замедленным тектоническим движением. Среди них оказались те, где особенности океанического ложа могут препятствовать субдукции, увеличивая напряжения в разломе.



Источники цунами:

- Зоны замедленной или затрудненной субдукции
- Зоны нормальной субдукции

Землетрясения, вызвавшие сильные цунами:

- С магнитудой не менее 8,5 (с 1900 по 2000 гг.)
- Суматранско-Андаманское (2004 г.)

меров во всем мире. В западном направлении цунами, обогнув южную оконечность Африки, устремились на север, разделившись на две ветви, одна из которых отклонилась в сторону Бразилии, а другая — к Новой Шотландии в Канаде. В восточном направлении цунами направились между Австралией и Антарктидой в Тихий океан, достигнув берегов Канады. Случаев распространения цунами на столь большие расстояния не было зарегистрировано со времени взрыва вулкана Кракатау в 1883 г.

Когда вся картина распространения цунами была воспроизведена с помощью компьютерной программы моделирования MOST (*Method Of Splitting Tsunami*), главной в Национальной администра-

ции США по океану и атмосфере (*National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA*), оказалось, что высоты волн, рассчитанные по этим методам, соответствуют показаниям разных станций наблюдения за приливами. Карта моделированных волн в Индийском океане показала, что наибольших значений они достигают вдоль срединно-океанических хребтов, которые как бы дают энергию волнам, чтобы распространяться на более далекие расстояния. Знание такого воздействия помогает ученым в программировании.

Последствия катастрофы

Гораздо труднее предсказать, что произойдет с приближением цунами к берегу. В декабре 2004 г. скорость

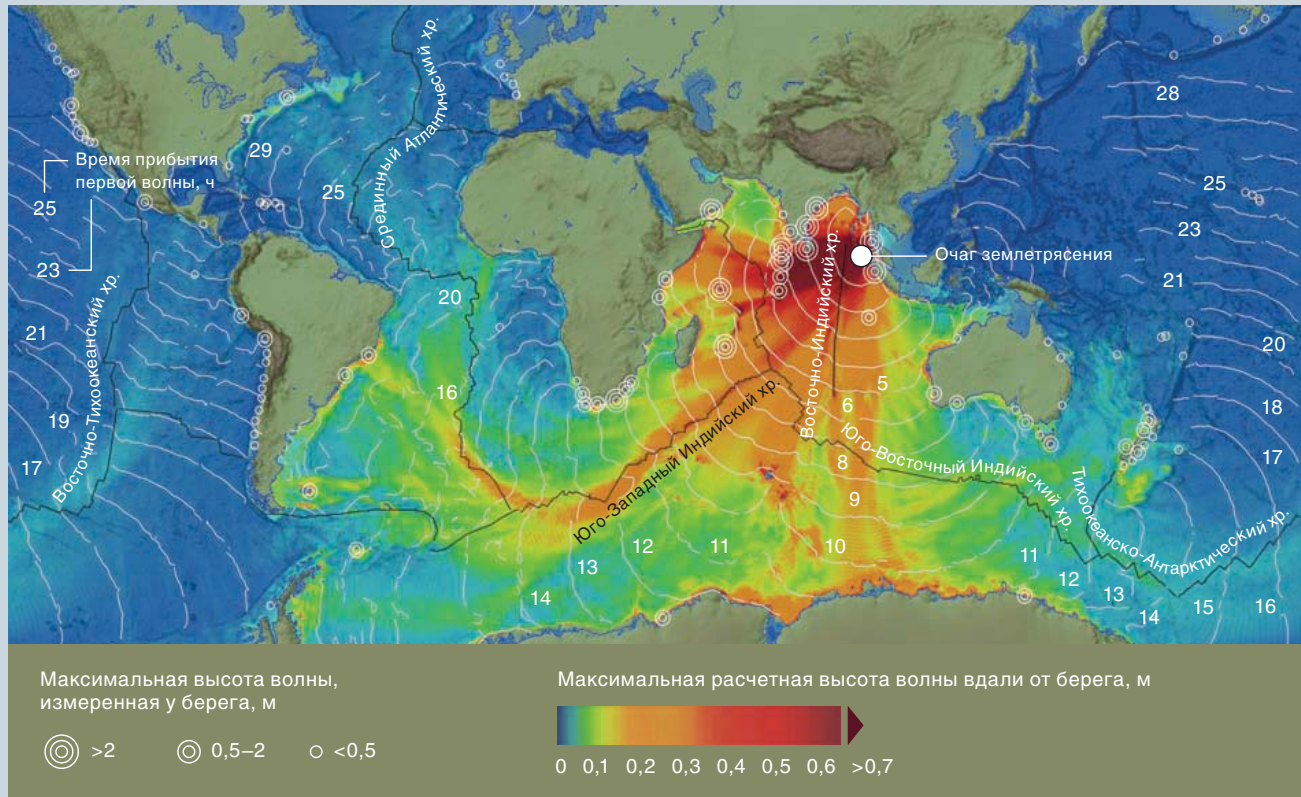
волн постепенно снижалась по мере того, как море становилось все менее глубоким. Когда они достигли берега, расстояние между их гребнями снизилось с нескольких сотен километров до 15–20 км. Однако под давлением волн, идущих со стороны океана, высота их постоянно росла, превысив 30 м у берега провинции Ачех на острове Суматра, которого волна достигла раньше всего.

Продолжая двигаться со скоростью 30–40 км/ч, волны с интервалами в 30 мин. обрушились на город Банда-Ачех и унесли в море все, что встретилось на их пути. Разрушения береговой полосы были столь велики, что их было видно с космической станции.

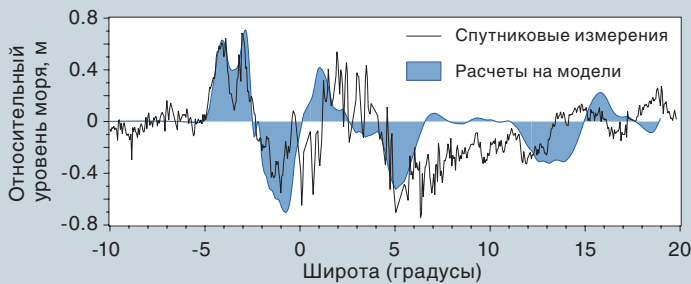
До 90-х гг. XX в. технические сложности моделирования не ▶

ПРОГНОЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЦУНАМИ

Изучая цунами, ученые рассматривают три основных аспекта: дальность распространения больших волн по мировому океану; их форму; и расстояния, которые они покрывают, заливая сушу. Результаты полевых измерений сопоставлены с результатами расчетов на самой передовой американской модели, получившей название *MOST* (*Method Of Splitting Tsunami*)

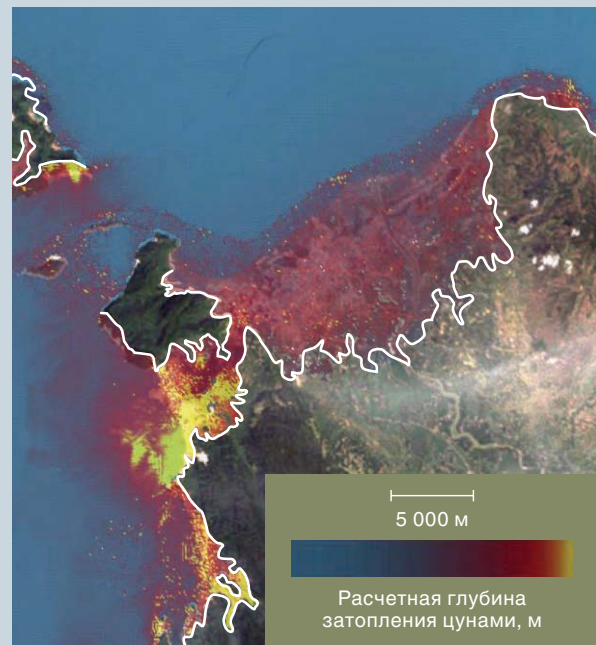


Картина распространения цунами показывает, что наибольшие высоты смоделированных в открытом море волн, (теплые тона) соответствуют наибольшим высотам воды, зарегистрированным приливомерами вблизи побережий (самые большие кружки). Первая волна (белые линии) дошла до западных берегов Канады примерно за 30 часов.



Высота волн в открытом океане, измеренная спутником «Ясон-1» при полете над Индийским океаном через два часа после землетрясения, которое вызвало цунами (черная линия), соответствует результатам расчетов на модели (голубые области).

Толща воды, обрушившейся на берег провинции Ачех на северо-западе Суматры, достигала местами высоты 30 м, остров был затоплен на расстояние до 4,5 км. Смоделированные области затопления (цветные наложения) соответствуют результатам измерений на местах и снимкам со спутника, сделанными после наводнения (область со стороны моря за белой линией).



позволяли сделать расчеты далее как для точек у уреза воды или вблизи него. Полученные значения высот волн ученые использовали для оценки расстояния, на которое цунами проникнут вглубь суши. Однако первые исследования разрушений, нанесенных цунами Никарагуа в 1992 г., показали, что уровень затопления в некоторых местах был в 10 раз выше моделированного.

Вскоре между учеными Японии и США разгорелось соревнование по созданию моделей, которые позволяли бы более точно отразить наводнение. Сопоставляя данные крупномасштабных лабораторных экспериментов и полевых исследований, ученые продолжали совершенствовать японскую модель *T(S)UNAMI-N2* и американскую *MOST*, пока не добились соответствия виртуальных и реальных параметров наводнений. Эти модели оказались приемлемыми и для прогнозирования самых больших цунами, они достоверно воспроизводили затопление прибрежных зон Индийского океана.

Специалисты, оценивавшие ущерб, нанесенный цунами, в Индонезии и других странах, отметили, что прогноз уровня воды при наводнении не определяет масштаба бедствия. Во многих районах Таиланда и Шри-Ланки волна накрыла прибрежную полосу менее чем на 4,5 м, но степень разрушений была сравнима с тем, что произошло в Ачех, где уровень воды в зоне затопления был в 6 раз выше. Кроме того, в городе Банда-Ачех под действием цунами были разрушены даже сейсмостойкие строения.

Для определения масштаба разрушений Ахмет Ялчинер (Ahmet Yalceiner) из Ближневосточного технического университета в Анкаре (Турция) и один из авторов статьи (Синолакис) разработали новую систему измерения разрушений — критерии оценки разрушительной силы волн, действующей на кон-



На территории общины Синигам на юго-западном побережье Шри-Ланки в декабре 2004 г. в результате цунами произошло крушение поезда, при котором погибли 1500 человек.

струкции, также учитываются в ней мощные течения, которые намного сильнее в зоне затопления цунами, чем приливными и ветровыми волнами.

Неожиданный поворот событий

Возможно, самой большой научной загадкой декабрьского цунами 2004 г. в Индийском океане стало само землетрясение. Хотя сейсмические толчки были самыми сильными со времени землетрясения 1964 г. на Аляске, объяснить, почему такие гигантские цунами поднялись в результате Суматранско-Андаманского разлома, очень трудно.

Начальный сброс обычно бывает самым большим. Однако в 2004 г. в Индийском океане он был незначительным, но, затронув участки высокого напряжения, быстро высвободившие энергию, привел к гораздо более сильному землетрясению и цунами, чем можно было предположить. Для исследования причин возникновения гигантской волны в этом регионе и последствий стихийного бедствия были применены компьютерные модели, разработанные в NOAA. При запуске

программы с сейсмическими данными на выходе, расчетная высота волн в открытом океане оказывалась заниженной более чем в десять раз. Данные первого непосредственного измерения амплитуды цунами на приливной станции у побережья Кокосового острова, полученные ▶

ОБ АВТОРАХ:

Эрик Гейст (E. L. Geist), **Василий Титов** и **Костас Синолакис** (Costas E. Synolakis) занимаются изучением цунами. Гейст — геофизик-исследователь Службы геологии США в Менло-Парке (шт. Калифорния). С помощью компьютерного моделирования он исследует влияние землетрясений, происходящих в зоне субдукции, на образование цунами. Титов разработал первую компьютерную модель NOAA для предсказания цунами. Он участвует в Программе исследования цунами в центре NOAA в Сиэтле и работает в Вашингтонском университете, руководит Центром исследования цунами Университета Южной Калифорнии, занимается изучением крупномасштабных моделей цунами и компьютерным моделированием затоплений побережий, подверженных ударам цунами.

ПРЕДУПРЕЖДЕН – ЗНАЧИТ ВООРУЖЕН

До трагедии в Индийском океане системы оповещения о цунами не существовало. В настоящее время несколько международных групп, которые координирует Межправительственная океанографическая комиссия ЮНЕСКО, работают над созданием в Индийском океане эффективной системы мониторинга, аналогичной тихоокеанской. Для этого необходимо усовершенствовать сейсмометрическую сеть, позволяющую определять местоположение крупных землетрясений, ввести в строй не менее пяти цунаметров для регистрации волн в открытом океане (хотя нужны 13 для их регистрации не позже, чем через 30 мин после возникновения), а также сеть приливометров вблизи побережий.

Важнейшие шаги уже сделаны. С 2005 г. две сейсмометрические сети, одна из которых — совершенно новая, автоматически передают данные в национальные центры контроля землетрясений в Индонезии и Малайзии. (Вскоре получаемая информация станет доступной для всего региона.) Уже усовершенствованные в целях контроля за цунами четыре цунаметра, один из которых расположен у Индонезии, находятся ближе всего к крупным разломам, где возникают цунами.

По плану, основная система мониторинга должна вступить в строй к июлю, ее количественные данные будут использоваться в компьютерных прогнозных моделях. Далее необходима надежная система оповещения о надвигающемся стихийном бедствии.

Большей части береговой линии Индийского океана протяженностью 66 тыс. км первая волна может достигнуть не раньше, чем через два часа после землетрясения, следовательно, времени для эвакуации будет вполне достаточно. В тех районах, на которые волна обрушится меньше, чем через час после землетрясения, предупреждение может оказаться запоздалым. Поэтому местным жителям необходимо научиться распознавать естественные признаки приближающейся катастрофы: сильные сотрясения земли и отступление океана, которое обычно предшествует приходу цунами.

В любом случае важна быстрая эвакуация людей в заранее подготовленные безопасные места.

Цунаметр представляет собой датчик давления, установленный на океанском ложе. При прохождении волны он посылает акустический сигнал на землю, который затем передается через спутник лицам, ответственным за объявление предупреждения о цунами.



примерно через 3,5 ч после землетрясения, улучшили результаты моделирования.

Сейсмический анализ, проведенный в последующие дни, показал, что разрыв, начавшийся у Суматры, быстро продвигался на север со скоростью 2,5 км/с. было также определено местоположение наибольшего сброса и, следовательно, образования наибольшего цунами. Но ни в одном из сейсмических построений не было места достаточно значительным тектоническим движениям, объясняющим высоту волн, измеренную спутниками в открытом океане, и огромное затопление в городе Банда-Ачех.

Наземные станции с помощью GPS отслеживали гораздо более медленные движения земной поверхности, чем те, которые вызываются сейсмическими волнами. Измерения показали, что сброс, развивающийся хотя и медленно, продолжался и после прекращения выделения сейсмической энергии. Несмотря на то, что при малых значениях скорости развития сброса, образование цунами не происходит, вероятнее всего, что именно замедленный и часто незаметный сброс обуславливает образование больших цунами. Поэтому непрерывная регистрация данных GPS может стать важным компонентом систем предупреждения о цунами.

Попадание или промах

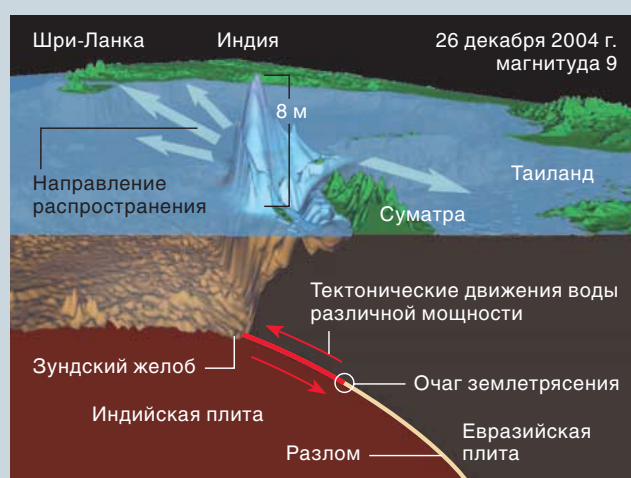
Несомненно, особенности землетрясения сказываются на характеристиках цунами. 28 марта 2005 г. произошло еще одно землетрясение. Первоначальный разрыв оказался на том же расстоянии от берега Суматры и той же глубине под ложем океана, что и в декабре 2004 г., и оба толчка вошли в десятку самых сильных с 1900 г. Однако они вызвали различные цунами.

Оценив магнитуду землетрясения в 8,7, специалисты Тихоокеанского центра оповещения о цунами и других организаций ожидали самого худшего. В то время как сильный подземный толчок привел к разрушениям на суше, сведений об ущербе,

ПОРАЗИТЕЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ

В декабре 2004 г. и в марте 2005 г. вдоль одного и того же разлома произошли два сильных землетрясения. Вызванные ими первичные волны достигли высоты в 8 м (в декабре) и 3,5 м (в марте). Исследователям удалось установить причины такого различия.

1. Энергия мартовского землетрясения (магнитудой 8,7) была в 15 раз меньше энергии декабрьского (магнитудой более 9).
2. Землетрясение 2005 г. произошло в более глубокой части разлома (выделена красным цветом), поэтому оно было менее энергичным.
3. Оно произошло в месте, где глубина океана меньше, и поэтому был вытолкнут меньший объем воды.
4. Очаг мартовского землетрясения располагался примерно на 100 км южнее декабрьского, поэтому Суматра погасила большую часть энергии идущей на восток волны, что защитило Таиланд и Малайзию. В западном направлении волна ушла в открытый океан, тогда как в декабре волны, идущие и в западном, и в восточном направлениях, обрушились на близлежащие побережья.



причиненном цунами, не поступало. Через две недели после землетрясения международная группа, в которую входил В. Титов (один из авторов настоящей статьи), обследовала пострадавший район и установила, что высота волны, обрушившейся на берег, достигала 4,5 м, и это вполне могло привести к гибели людей.

Анализ афтершоков декабрьского землетрясения, который провели Эндрю Ньюмен (Andrew Newman) из Технологического института штата Джорджия и Сьюзен Билек (Susan Bilek) из Горно-технологического института штата Нью-Мексико, дал основание предположить, что сброс произошел около океанической впадины, и толща воды над ним была больше, чем над большей частью мартовского сброса. Поэтому цунами 2004 г. набрало большую высоту, продвигаясь из глубоководной зоны к берегу. Кроме того, мартовский

сброс произошел под островами Ниас и Симёлуэ, что ограничило объем вытолкнутой воды.

Небольшие различия в простирании разломов имеют также большое значение: цунами направились в двух разных направлениях. В результате в марте основная часть волн, распространявшихся в восточном направлении, обрушилась на берега Суматры, которая, погасив их энергию, тем самым защитила Таиланд и Малайзию. Волны западного направления устремились в открытый океан и на юго-западе их основная часть обогнула Шри-Ланку, Индию и Мальдивские острова, пострадавшие в декабре.

После страшной катастрофы, произошедшей в декабре 2004 г. в Индийском океане, центры оповещения о цунами и моделирования гигантских волн были в срочном порядке оснащены новейшим оборудованием. Благодаря последним

достижениям науки и техники люди смогут избегать губительных последствий, которые может принести человечеству разбушевавшаяся стихия. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Furious Earth: The Science and Nature of Earthquakes, Volcanoes, and Tsunamis. Ellen J. Prager. McGraw-Hill, 2000.
- На сайте www.sciam.com есть статья «Echoes from the Past», дополняющая настоящую.
- Страницы Национальной администрации США по океану и атмосфере (NOAA): www.tsunami.noaa.gov/
- Сайт Центра Исследования цунами Университета Южной Калифорнии: <http://cwis.usc.edu/dept/tsunamis/2005/index.php>
- Сайт Центра геологических исследований, цунами и землетрясений США: <http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/>



Марк Фишетти

КАК ЗАЩИТИТЬ НОВЫЙ ОРЛЕАН

В июне нынешнего года на побережье Мексиканского залива как обычно начнется сезон ураганов. Смогут ли жители прибрежных районов обеспечить себе безопасность?

Сразу после того, как в августе 2005 г. ураган Катрина нанес страшные разрушения Новому Орлеану, президент США Джордж Буш и министерство внутренней безопасности объявили, что катастрофу такого масштаба было невозможно предвидеть. Однако и ученые, и инженеры, и политики штата Луизиана уже много лет предупреждали, что ураганы четвертой и пятой категорий, обрушившиеся на Мексиканский залив, способны затопить регион. В 1998 г. в Университете штата Луизиана было проведено компьютерное моделирование подобного наводнения. В том же году штат предложил программу восстановления природных заболоченных местностей в дельте Миссисипи, которые могли бы защитить внутренние регионы. На программу требовалось выделить \$14 млрд., однако конгресс отверг ее.

Более того, строительные компании и Инженерный корпус Армии

США, ответственные за обеспечение защиты от наводнений, предлагали построить высокие земляные дамбы и гидротехнические затворы, которые преградили бы морским волнам путь во внутренние городские каналы. Как следует из документов, строительство различных гидротехнических сооружений предлагалось еще в 1968 г. Но ни на один из проектов так и не было выделено средств. После урагана Катрина документы были извлечены из архивов, дополнены и появилось несколько больших проектов, целью которых было защитить Новый Орлеан и Луизиану от стихийных бедствий.

Проблема дельт

Опасность грозит не только Миссисипи — в такой ситуации находятся дельты рек во всем мире. Дело в том, что илистые грунты дельт уплотняются как в результате человеческой деятельности, так и естественным образом, а ежегодные речные паводки затопляют осевшие грунты. Правда, дамбы, построенные для защиты от наводнений, препятствуют поступлению новых осадков. Однако добыча нефти, газа и пресной воды из подземных источников вызывают оседание нижележащих структур, и в дельту устремляются потоки соленой океанской воды, из-за которой гибнет растительность, препятствующая проникновению морской воды вглубь суши.

Повышающийся уровень мирового океана только усугубляет ситуацию. Если ничего не изменится, то за 100 лет он поднимется на 0,3-0,9 м, и прибрежным городам, расположенным в низменностях, будет грозить опасность. Уже сейчас следует позаботиться о строительстве дамб и насосных станций, а стены зданий укрепить дополнительной водонепроницаемой кладкой, как это уже делается в Венеции.

В прибрежных зонах живет треть человечества: в Каире, в низовьях ▶

Нила, живет около 16 млн. человек, в дельтах Красной реки и Меконга во Вьетнаме — по 15 млн., в Шанхае — 13,5 млн., в дельте Ганга в Бангладеш — 10 млн., и всем им грозит опасность. Под угрозой находятся также дельты Ориноко в Венесуэле в Южной Америке и дельты Рейна, Роны и По в Европе. Но в прибрежной зоне Миссисипи, где проживает 2,2 млн. человек, худшее положение. Оседание грунта и потеря заболоченных земель происходят здесь быстрее, чем в любом другом месте, и чаще, чем где бы то ни было, обрушиваются ураганы. Рекордные подъемы воды, побудившие Нидерланды и Великобританию построить защитные сооружения, составляли 4,6 м, а подъем воды, вызванный ураганом Катрина, достиг 8,5 м.

Ситуация ухудшилась, когда Инженерный корпус Армии США с благословения конгресса начал строительство дамб по берегам Миссисипи. Защитив от паводков сельскохозяйственные фермы и промышленные предприятия, они лишили регион плодородных осадочных отложений и пресной воды. Дело в том, что естественные паводки в дельте реки приносили массы осадков к преграждающей путь волнам цепочке островов, расположенных с запада и востока от дельты, восстанавливая каждый год то, что смывал океан. Но сегодня, когда устье реки углублено для прохода судов, осадки выносятся прямо в глубоководные места,

поэтому дельта (и Новый Орлеан) остаются незащищенными.

Даже крупные судоходные каналы, берега которых размывают волны от проходящих по ним судов, превращаются в раны, по которым океанская вода, нагоняемая ураганом, может проникать в город. Подобная ситуация наблюдается и в дельтах других рек.

Слишком поздно спасать?

План защиты дельты Миссисипи был разработан в 1998 г. и получил название «Побережье 2050» (*Coast 2050*). Проект 2003 г. «Прибрежная зона Луизианы» (*Louisiana Coastal Area (LCA)*), предусматривал оснащение дамб гидротехническими затворами, которые открывались бы в определенное время года, пропуская пресные паводковые воды и осадки на заболоченные земли, что способствовало бы восстановлению почвы. Однако по словам Лена Бара (Len Bahr), руководителя Управления по прибрежным работам при губернаторе Луизианы, ураганы Катрина и Рита кардинально изменили ландшафт и поэтому планы *Coast 2050* и *LCA* уже не годятся.

Более того, поскольку подтопление, вызванное ураганом, произошло из озера Понтчартрейн, расположенного к северу от Нового Орлеана, и из судоходных каналов к востоку от города, такие действия не остановили бы Катрину, считает Хассан Машрики, исследователь из Центра изучения ураганов Университета штата Луизиана. ▶

ГРАНДИОЗНЫЙ ПЛАН

Для защиты от наводнений, которые могут вызвать ураганы пятой категории, были предложены три основные схемы (см. *верхнюю карту*). План «Тесное кольцо» (*красная линия*), предусматривающий реконструкцию систем дамб в Новом Орлеане и соединение их с аналогичными сооружениями на берегах Миссисипи, рассчитан на защиту только от ураганов третьей категории. «Всеобъемлющий план» (*желтые линии*) предполагает продолжение линии дамб на восток до границы штата Миссисипи и на запад за Морган-Сити. 700-километровая система дамб высотой 11–12 м протянется на запад примерно по линии Берегового канала — основного транспортного канала в маршах.

Во всех случаях предусмотрено сооружение водопропусков, которые будут время от времени открываться, пропуская на марши пресную воду, питательные вещества и осадки, что позволит оживить растительность и «нарастить» почву для компенсации оседания грунта и повышения уровня моря. Когда строительство канала Боннет-Карре будет завершено, появится возможность сбрасывать паводковые воды.

Другие специалисты отдают предпочтение системе дамб с длинными цепочками гидротехнических затворов, которые должны соединить между собой барьерные острова, образовав «Внешний щит», подобный тому, что создан в Нидерландах. Для восстановления заболоченных территорий должны быть предусмотрены водопропуски и новые точки входа для судов выше по Миссисипи. Это потребует углубления каналов, но сократит время прохождения по ним, устранив необходимость углублять устье Миссисипи и обеспечит поступление осадков к барьерным островам и маршам.

ОБЗОР: ЗАЩИТА ОТ НАВОДНЕНИЙ








- Дамбы оказались низкими и недостаточно прочными, чтобы сдерживать нагон воды, вызванный ураганом Катрина.
- Системы защиты от наводнений, подобные уже существующим в Нидерландах, Англии и в других местах, способны защитить дельты и восстановить огромные площади высыхающих маршей.
- При строительстве защитных барьеров инженерам следует прислушаться к мнению ученых. Если бы накопленные исследователями знания использовались раньше, последствия урагана Катрина не были бы столь серьезными.



Во всех схемах предусматривается строительство большого числа различных гидротехнических затворов. Они будут открываться для пропуска судов и обеспечения естественного перемешивания пресной и соленой воды, и закрываться, когда понадобится предотвратить нагон воды ураганом со стороны озера Понтчартрейн по судоходным и дренажным каналам.

По плану Университета штата Луизиана, так называемый эффект воронки, который вызвал самые большие разрушения дамб во время урагана Катрина, должен быть управляем, а канал MRGO, источник эрозии почв больших заболоченных земель, следует закрыть. Некоторые специалисты рекомендуют возведение стен, которых обеспечили бы людям укрытие при опасности затопления убежища.



- | | |
|---|---|
|  Тесное кольцо |  Гидротехнические затворы |
|  Всеобъемлющий план |  Существующие дамбы |
|  Внешний щит (примерные участки) |  Брешы в дамбах, пробитые Катриной |
|  Водопропуски (примеры) | |

Примечание: Карты приближены. Источники: Университет штата Луизиана, *Shaw Coastal*, Инженерный корпус Армии США, *Coast 2050*; спутниковые данные *USGS*, хранящиеся в Национальном центре *EROS*, Сай-Фоллс, шт. Южная Дакота.

По словам Машрики, для предотвращения затопления города нужно также построить гидротехнические затворы поперек некоторых ведущих в него каналов.

Однако это не помогло бы остальной юго-восточной части Луизианы. Поэтому редакция журнала *Scientific American* обратилась к широкому кругу специалистов с просьбой представить предложения по защите региона. Были предложены три стратегии (см. карты): «Тесное кольцо», охватывающее только Новый Орлеан; «Всеобъемлющий план», предусматривающий строительство 700-километровой системы дамб, тянущихся от границы штата Миссисипи до Техаса, но не защищающих прибрежную зону; и «Внешний щит» по периметру региона, который будет охранять всю местность, как в Нидерландах. Все три плана предусматривают также строительство тех или иных гидротехнических затворов.

У каждого из подходов есть свои сторонники и противники, но все согласны в одном: надо восстанавливать регион. Побережье Мексиканского залива — это не только культурный центр, но и важный «экономический локомотив», тянущий всю страну. В дельте Миссисипи добывается пятая часть всей американской нефти, четверть природного газа и треть морепродуктов. Через ее порты проходят грузы стоимостью в триллионы долларов. Эта экономическая деятельность требует развитой инфраструктуры и десятков тысяч работников, которые не могут жить во времянках или в домах, находящихся в двух часах езды от места работы.

Новый путь

Прежде чем приступить к осуществлению любого плана, проектировщики должны до конца понять, почему не помогли уже построенные дамбы. Причины разрушения дамб и каналов в Новом Орлеане

исследуют четыре группы: Университета штата Луизиана, Американского общества инженеров-строителей (ASCE), Инженерного корпуса Армии США и Национального научного фонда.

В октябре 2005 г. министр обороны США Доналд Рамсфелд заявил, что Национальная академия наук рассмотрит все отчеты, чтобы окончательно определить причину разрушения защитных дамб. Он сказал, что работа академии должна быть завершена к июню 2006 г. Однако сезон ураганов официально начинается 1 июня, и командир Новоорлеанского округа Инженерного корпуса полковник Ричард Вагонаар (Richard Wagenaar) сказал, что его долг — закончить к этой дате строительство всех федеральных дамб. Президент Буш сначала запросил у конгресса \$1,4 млрд. на восстановление поврежденных ураганом Катрина сооружений, а в декабре — еще \$1,5 млрд. на реконструкцию городских дамб, которые должны обеспечить защиту от ураганов третьей категории.

В рамках «Всеобъемлющего плана» компании *Shaw Coastal* (подразделения *Shaw Group*) Машрики и Вагонаар предусматривают возвести на юге и западе новые конструкции, смыкающиеся с местными дамбами, которые предстоит нарастить. Но в вопросах о том, кто должен выполнять работу, сколько на нее потребуется времени и денег, авторы проектов расходятся. По оценкам Вагонаара, план Инженерного корпуса может быть выполнен за 5–10 лет и потребует \$25–35 млрд.

О'Нил Малброу (O'Neil Malbrough), президент компании *Shaw Coastal* считает такие сроки нереальными. «Корпус начал строительство дамб вокруг Нового Орлеана и озера Понтчартрейн еще в 1965 г. и до сих пор не все закончил», — сказал он.

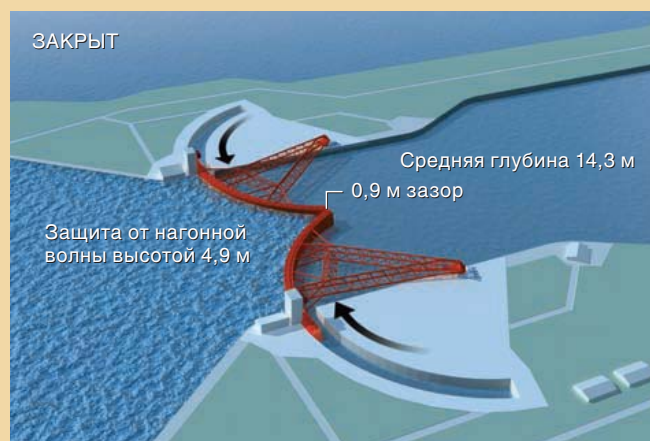
Вагонаар отмечает, что у компаний мало шансов принять участие

в подобных работах, если только конгресс не объявит конкурс. Инженерный корпус армии уже сто лет является фактически монопольным подрядчиком финансируемых из федеральной казны работ по защите от наводнений.

Кроме того, Машрики из Университета штата Луизиана установил, что широкая брешь в Индустриальном канале, вызвавшая затопление восточной части города после урагана Катрина, была обусловлена так называемым эффектом воронки. Компьютерное моделирование и данные, которые Машрики получил на месте, показывают, что Катрина нагоняла воду с востока вверх по широкому каналу *MRGO* и одновременно по соседнему Береговому каналу. Две нагонные волны сомкнулись у места соединения входов в эти каналы, и устремились в более узкий Индустриальный канал. Машрики считает, что особенности местности обусловили увеличение высоты нагонной волны на 20–40%. В итоге давление возросло настолько, что стена канала не выдержала.

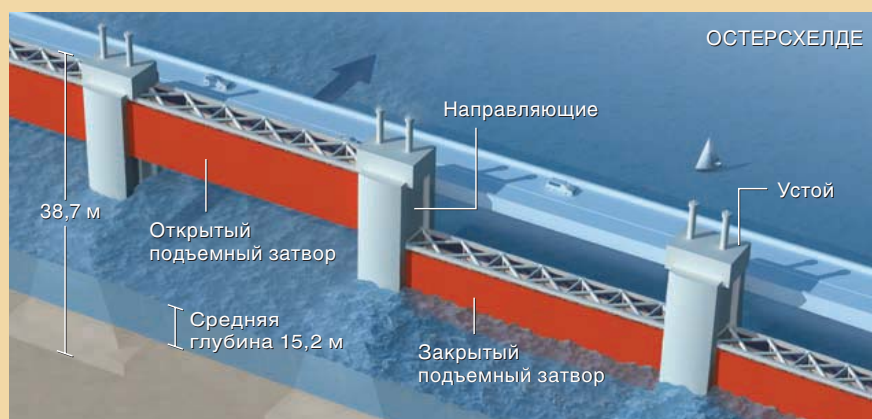
Ученые предсказывали эффект воронки, и Машрики утверждает, что учения по подготовке к наводнениям, проводившиеся в 2004 г. Федеральным агентством по управлению страной в чрезвычайных ситуациях, наглядно это продемонстрировали.

Джеффрес Уильямс (S. Jeffress Williams) из Геологического управления США, проработавший в Луизиане 20 лет и изучавший речные дельты во всем мире, считает, что эффект воронки был недооценен. (При сужении канала на 50% высота волны увеличивается вдвое). И эти попытки предотвращения увеличения высоты волны стали одной из главных причин строительства Темзинского барьера в 1982 г. для предотвращения нарастания высоты волны при нагоне воды штормовыми ветрами в эстуарий Темзы вблизи Лондона. ▶



ПЛАВУЧИЕ ЗАТВОРЫ

Гидротехнические затворы могут защитить Новый Орлеан и другие прибрежные города от затопления нагонной водой. Разные типы таких сооружений представлены в Нидерландах. Барьер Маслант позволяет судам проходить по Новому каналу из Северного моря в порт Роттердама, но закрывается на время шторма. Для защиты от коррозии и удобства обслуживания обе полые створки затвора хранятся в сухих доках. Когда его нужно закрыть, доки заполняют водой, створки всплывают, а приводные машины поворачивают их, выводя в русло. Затем камеры створок заполняют водой, и они опускаются на дно. По окончании шторма воду из камер откачивают, а всплывшие створки заводят обратно в доки.



ПОДЪЕМНЫЕ ЗАТВОРЫ

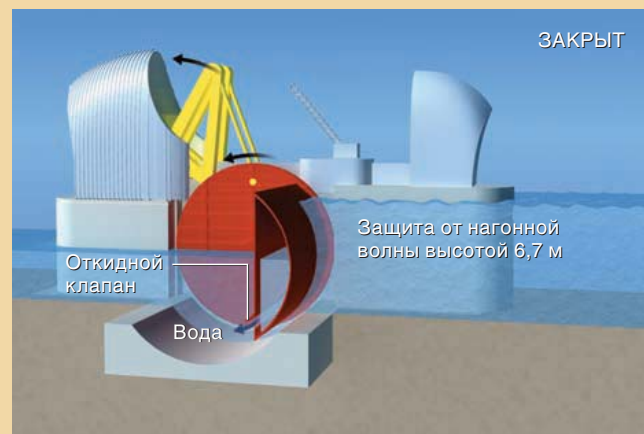
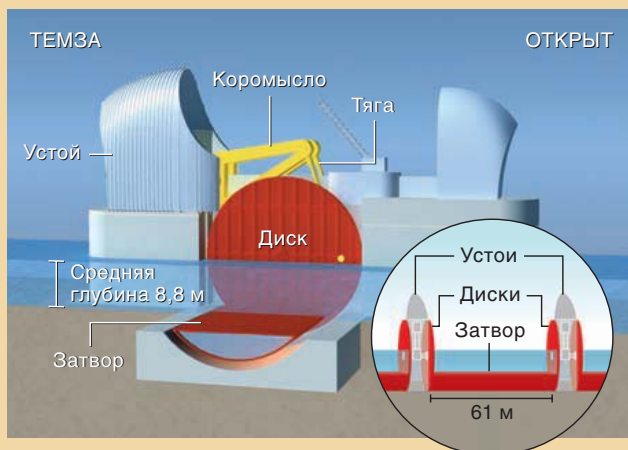
Длинные цепочки затворов, соединяющих между собой укрепленные берега и дамбы, образуют барьер Оостерсхелде — часть внешнего щита Нидерландов. Подобные затворы могут пригодиться для любой схемы защиты Нового Орлеана. Комплекс Оостерсхелде длиной 2,9 км пересекает три канала. Когда 62 стальных затвора, установленных между бетонными устоями, подняты, они пропускают 3/4 первоначальных приливно-отливных потоков, обеспечивая сохранение эстуариев позади барьера.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДИСКИ

Шторм 1953 г., обрушившийся на Нидерланды, погнал также 4,6-метровую волну вверх по эстуарию Темзы, что вызвало гибель 300 человек в Англии. Сегодня Темзу перегораживают 10 стальных затворов, удерживаемых устоями, которые накрыты блестящими «капюшонами». Четыре центральных затвора шириной по 61 м, заполненные водой, находятся на одном уровне с речным дном, не мешая прохождению судов.

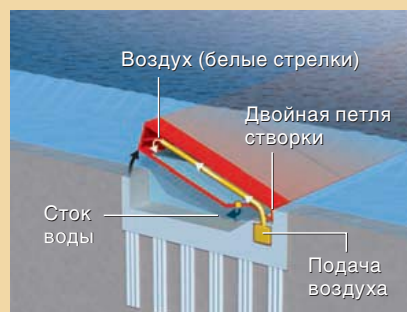


Диски на обоих концах каждого затвора установлены на валах, поэтому когда нужно поднять затвор, гидроцилиндры через систему рычагов и тяг поворачивают диски. При этом воздух вытесняет из затвора воду. При опускании затвора все происходит в обратном порядке.



ВСПЛЫВАЮЩИЕ СТВОРКИ

Отгораживаться от приливных волн и повышающегося уровня моря предстоит многим прибрежным городам. В Венеции инженеры сооружают барьеры, которые должны перегорозить каналы в случае приближения сильной приливной волны, что случается 3–4 раза в год (ее рекордная высота – 1,98 м). В каждом проходе будет установлено от 20 до 40 полых стальных створок. В опущенном положении они будут лежать в прочных бетонных гнездах, заполненных водой. При необходимости в створки будет закачиваться воздух, который вытеснит воду, и они будут всплывать, перегораживая проход. Этот процесс займет меньше 30 мин. Расположенный рядом шлюз обеспечит пропуск судов.



Внешний щит

Машрики считает, что для защиты города канал MRGO необходимо закрыть, а в Береговом канале построить гидротехнические затворы, тем более что судов здесь проходит мало, а поддержание канала в надлежащем состоянии требует больших затрат.

«Всеобъемлющий план» может казаться легче осуществимым, чем «Внешний щит», но необходимо рассмотреть защиту больших пространств маршей, которую не предусматривают другие планы. Марши служат местом зимовки 70% американских перелетных водоплавающих птиц, смягчают воздействие океанских волн, которые могли бы повредить трубопроводы, проложенные как на суше, так и на небольшой глубине, способствующие снижению уровня океанской воды. Регион можно было бы защитить, соединив барьерные острова дамбами с гидравлическими затворами большой протяженности. (Такой подход избрали Нидерланды после страшного шторма 1953 г., который вызвал 4,6-метровый нагон воды, что привело к гибели 1800 человек и затоплению территории площадью 2000 км².) Практически вся территория Нидерландов является дельтой, а 26% ее территории лежит ниже уровня моря. Самая низкая точка страны находится на отметке -6,7 м, т.е. ниже Нового Орлеана. Здесь также происходит оседание почвы. Сегодня страну ограждают более 1600 км дамб, дюн и гидротехнических затворов, что значительно больше, чем требуется для Луизианы.

Йоп Вейерс (Joop Weijers), долгое время занимавший пост старшего инженера министерства транспорта, общественных работ и водных проблем Нидерландов, которое курирует организацию *Delta Works*, ведущую работы в дельте, сказал, что подобный подход мог бы обеспечить защиту Луизианы и дельт в других странах. Хотя нидерландский

щит может показаться грандиозным, сегодня строительство всей системы обошлось бы в \$15–16 млрд. Затраты на обслуживание системы составляют около \$500 млн. в год, однако экономить на безопасности нельзя, т.к. когда побережье было защищено, в регионе начался туристический, сельскохозяйственный и промышленный бум.

Пригласите на завтрак ученых

Голландцы, напуганные наводнением 1953 г., начали спешно строить прочные дамбы в устьях рек, впадающих в Северное море. Однако бермы прервали обмен пресных и соленых вод и сменили экологию района. В последние десятилетия *Delta Works* изменила направление работы, сделав упор на создание барьеров, которые закрываются только при угрозе нагона воды.

Вагонар из Инженерного корпуса, Малбр из *Show Coastal* и Машрики из Университета штата Луизиана согласны, что в любой новый план, который предстоит принять, необходимо включить некоторые части первоначальных планов *Coast 2050* и *LCA*, способствующие сохранению маршей. Поступление пресной воды и осадков на заболоченные территории должны обеспечить водопропуски — большие гидротехнические затворы в дамбах по берегам Миссисипи.

Несмотря на то, что опыт Нидерландов и Великобритании может оказаться полезным, США могут самостоятельно построить систему дамб. Похоже, что одно время и Инженерный корпус понимал это: в 2001 г. его представители делали аналогичные заявления редакции журнала *Scientific American*, готовившей статью о восстановлении дельты. В 2004 г. руководители Инженерного корпуса и *Delta Works* подписали соглашение о взаимопонимании и обмене информацией, и в октябре несколько голландских инженеров помогли Инженерному

корпусу проанализировать причины разрушения защитных дамб.

Для координации работ по защите зоны дамб нужен несомненный лидер. Несколько организаций, занимающихся дамбами, обратились к Малброу с предложением представить правительству штата и федеральному правительству их единый скоординированный план. Многие специалисты полагают, что контролировать проведение работ должен руководимый правительством консорциум, и рекомендуют рассмотреть предложения ученых, мнение которых ранее не учитывалось. Ветеран USGS Уильямс, проработавший 13 лет и в Инженерном корпусе, говорит, что «ученые постоянно предоставляли данные, но это не влияло на проекты. Политики и проектировщики должны использовать их».

Вагонар, принявший руководство районом Нового Орлеана в июле 2005 г., бывший член Инженерного корпуса, сказал, что впредь корпус будет больше привлекать внешних специалистов. «Сегодня мы гораздо более открыты, чем пять-шесть лет назад. Но мы не можем изучать ситуацию до бесконечности. Кто-то должен принять решение». ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Drowning New Orleans. Mark Fischetti in *Scientific American*, Vol. 285, No. 4, pages 76–85; October 2001.
- Preliminary Report on the Performance of the New Orleans Levee Systems in Hurricane Katrina on August 29, 2005. R. B. Seed et al., Report No. UCB/CITRIS-05/01, University of California, Berkeley, and American Society of Civil Engineers, November 17, 2005. Доступно на www.asce.org/files/pdf/katrina/teamdatareport1121.pdf
- Drawing Louisiana's New Map: Addressing Land Loss in Coastal Louisiana. National Research Council. National Academies Press (выйдет в свет в 2006 г.).



Гэри Стикс

ОЧИЩЕНИЕ РАСПОЗНАВАНИЕМ

Специальные сетевые процессоры с архитектурой конечных автоматов очищают огромные потоки информации от спама и компьютерных вирусов.

Последние несколько десятилетий компьютерная индустрия развивается стремительно. Стабильный рост тактовой частоты процессоров покрывает досадное снижение эффективности и непомерное увеличение размеров программного обеспечения. Впрочем, такая роскошь становится все менее позволительной: мощность, потребляемая микросхемами, возрастает, а персональные компьютеры постепенно превращаются в электрические обогреватели. Поэтому производители компьютеров, свято чтящие закон Мура, постепенно переходят к выпуску ЭВМ на базе нескольких маломощных процессоров.

Однако у многопроцессорных систем есть довольно серьезные недостатки. Например, программисты без особого энтузиазма берутся за написание программного обеспечения, распределяющего вычислительную нагрузку между разными процессорами. Кроме того, для многих прикладных задач, таких как поиск вирусов и обработка XML-документов, чрезвычайно сложно при-

думать алгоритм решения, который мог бы выполняться параллельно несколькими процессорами.

Чтобы выяснить, содержатся ли в электронном письме слова, характерные для спама (скажем, «лотерея» или «виагра»), необходимо произвести последовательную обработку текста, например, определить, встречается ли после слова «лотерея» слово «выигрыш». Распределить выполнение такой задачи между различными процессорами совсем не просто. Поэтому инженеры предложили другую концепцию: центральный процессор (ЦП) отвечает за выполнение основных функций операционной системы, а поиском спама и вирусов занимаются специализированные сопроцессоры наподобие тех, что уже давно используются для обработки графической информации. В последние годы особенно остро встал вопрос информационной безопасности, и для разгрузки ЦП начали применяться аппаратные системы обнаружения вторжений. Некоторые научные и производственные лаборатории пошли дальше и приступили к разработке универсального устройства для обработки потоковых данных любого типа. Речь идет о сетевом процессоре общего назначения, который можно запрограммировать на решение различных задач, будь то выполнение функций брандмауэра или сжатие сетевого трафика.

Электронный фейсконтроль

Проектированием ультрасовременного сетевого оборудования и программного обеспечения занимаются специалисты Цюрихской научно-исследовательской лаборатории IBM, на счету которой Нобелевские премии за создание сканирующего туннельного микроскопа и открытие высокотемпературной сверхпроводимости. В ее стенах Жан ван Лунтерен (Jan van Lunteren) и Тон Энгберсен (Ton Engbersen) разработали сетевой процессор для фильтрации спама,

вирусов и другой вредной информации по методу сличения с образцом (*pattern-matching*). В августе 2005 г. новое устройство было представлено участникам конференции *Hot Chips*, проходившей в Стэнфордском университете.

Идея создания нового процессора родилась в ходе работ по оптимизации алгоритмов передачи данных в больших сетях. В конце 1990-х гг. ван Лунтерен занимался поиском наиболее эффективных способов просмотра так называемых таблиц маршрутизации. Специальные компьютеры (маршрутизаторы) проверяют десятки миллионов сетевых пакетов в секунду и просматривают десятки тысяч табличных записей, прежде чем отправить очередную порцию информации в нужном направлении. Для ускорения поиска в таблицах маршрутизации ван Лунтерен придумал специальную хэш-функцию, по которой рассчитывается хэш-индекс, позволяющий моментально находить информацию о том, куда следует направить очередной сетевой пакет.

На основе хэш-функции ван Лунтерен разработал алгоритм поиска в сбалансированных таблицах маршрутизации (*BaRT*), который существенно уменьшает количество бит, необходимых для хранения маршрута. Сейчас с его помощью можно обрабатывать 25 млн. пакетов в секунду, а в перспективе и вчетверо больше.

Чтобы определить маршрут, достаточно просмотреть лишь коротенький заголовок пакета, в котором указано место назначения. Однако для фильтрации спама и вирусов, а также для анализа XML-документов сетевой процессор должен гораздо глубже изучать передаваемые данные. Поэтому хэш-функция ван Лунтерена стала ключевым элементом сетевых процессоров IBM.

Назад к Тьюрингу

Несмотря на многие усовершенствования, в основу современных ►

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Конечные автоматы обрабатывают потоки данных, сопоставляя каждый входной символ одновременно со многими символами из антиспамовой базы данных. Традиционные машины с неймановской архитектурой сопоставляют поступающие символы с имеющимися в памяти по одному. В состоянии «0» конечный автомат сравнивает букву «Л» с двумя другими — «Л» и «В», — чтобы определить, является ли она первой буквой слов «ЛОТЕРЕЯ» или «ВИАГРА», часто встречающихся в спаме. Как только регистрируется совпадение, машина переходит в состояние «1» и начинает последовательно проверять поступающие символы на предмет соответствия подстрокам «ОТЕРЕЯ» или «ИАГРА». Обнаружив полное совпадение с одной из них, система переходит в состояние «2» и помечает сообщение как спам.

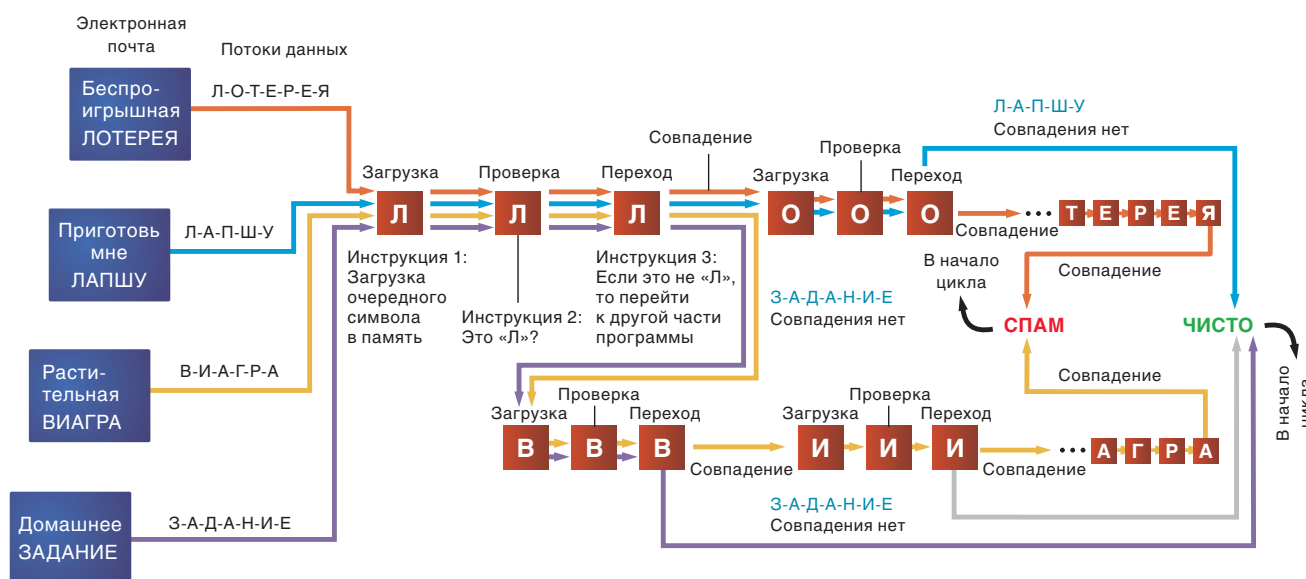
Если совпадение не найдено, как в случае со словом «ЛАПШУ», система переходит в состояние «3» — данное письмо не является спамом. Если первый же входящий символ, например, буква «З» в слове «ЗАДАНИЕ», не совпадает с началом слов из базы данных, система сразу переходит из состояния «0» в состояние «3».

В традиционной неймановской машине каждый поступающий символ сравнивается за один раз только с одним символом из базы данных. Более того, для каждого сопоставления требуется выполнение трех, а иногда и более инструкций: на одном машинном такте загружается очередной символ, на другом он сравнивается с образцом, на третьем выполняется переход к следующему слову из базы данных, если не было найдено совпадение.

КОНЕЧНЫЙ АВТОМАТ



НЕЙМАНОВСКАЯ АРХИТЕКТУРА



ЦП закладывается архитектура, предложенная еще в 1940-х гг. известным математиком Джоном фон Нейманом и разработчиками первого электронного компьютера Джоном Мокли (John Mauchly) и Преспером Экертом (J. Presper Eckert). Обычный неймановский процессор извлекает из ячейки памяти команду, выполняет ее и увеличивает счетчик команд на единицу, чтобы он указывал на адрес следующей инструкции. Этот цикл повторяется до тех пор, пока не появится команда условного и безусловного перехода к другому месту программы. При обработке XML-документов или поиске спама и вирусов традиционные процессоры последовательно выполняют по несколько десятков команд для анализа каждого символа.

Ван Лунтерен и Энгберсен взяли за основу концепцию конечного автомата, которую разработал пионер вычислительной техники Алан Тьюринг. Конечный автомат — это математическая абстракция, описывающая пути изменения состояния объекта в зависимости от его текущего состояния и входных данных при условии, что общее возможное количество состояний конечно. В принципе, даже процессор с неймановской архитектурой является разновидностью конечного автомата. Но устройство, разработанное ван Лунтереном и Энгберсеном, в корне отличается от традиционных ЦП, поскольку в нем нет никакого счетчика команд.

Конечные автоматы могут за один машинный такт сравнивать порцию данных сразу с несколькими шаблонами. Именно поэтому они широко применяются в графических процессорах и аппаратных системах распознавания речи. Однако обычный конечный автомат нельзя перепрограммировать: в жертву приносятся гибкость и универсальность — основные достоинства ЦП с неймановской архитектурой, главным недостатком которых является по-

следовательный (непараллельный) характер вычислений. К счастью, концепция конечного автомата, разработанная специалистами IBM, подразумевает возможность его перепрограммирования на случай появления новых вирусов или изменения стандарта XML.

Реализацию процессорной архитектуры ван Лунтерена и Энгберсена демонстрирует диаграмма состояний, т.е. граф, узлы которого соответствуют различным состояниям системы, а линии (связи) — возможным переходам от одного состояния к другому. Примером простейшего конечного автомата может служить турникет метро. Начальный узел графа соответствует состоянию «закрыто». Ввод монеты, жетона или магнитной карты представлен линией, представляющей переход в состояние «открыто». Проход через турникет — это другая линия, обозначающая переход обратно в состояние «закрыто».

На графе конечного автомата ван Лунтерена и Энгберсена один узел может быть связан со многими другими. Прежде чем система переходит к очередному состоянию, принимается решение, какую из связей активировать. Например, в процессе фильтрации спама процессор может извлечь из памяти слово «лотерея». При этом он может не только выявить букву «о», идущую за «л» в потоке символов, но и посторонние знаки, скажем, подчеркивания («л_о»), которые вставляются, чтобы обмануть антиспам-фильтр. На одном и том же шаге процессор может найти и букву «л» из слова «лотерея», и букву «в» из слова «виагра», и многие другие символы, хранящиеся в базе признаков спама. Традиционный процессор выполнял бы сравнение с каждым образцом по очереди (см. стр. 50).

По крайней мере, в лаборатории применение конечного автомата для обработки потоковых данных существенно улучшило производительность системы. На конференции *Hot*

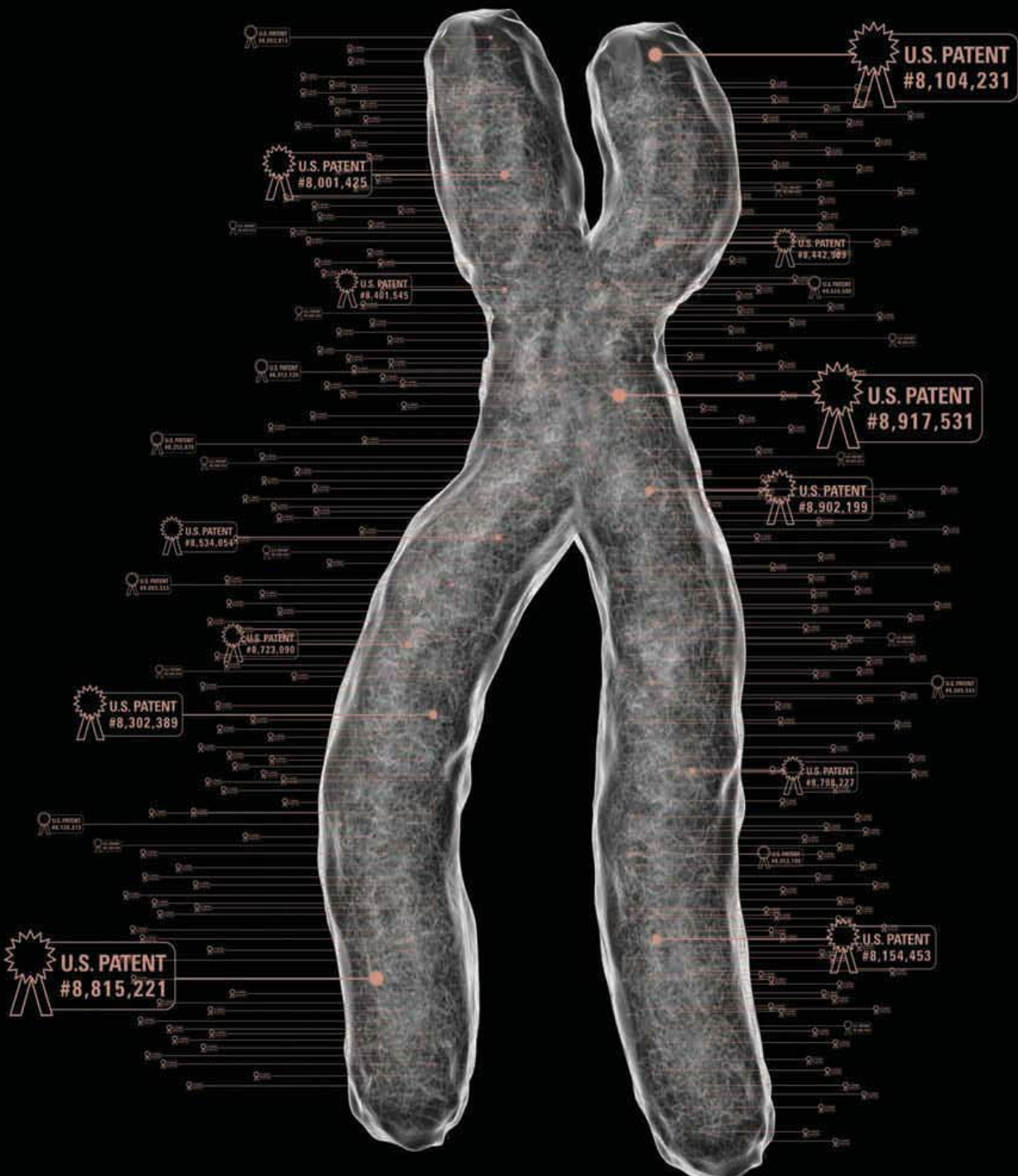
Chips ван Лунтерен сообщил, что система с архитектурой конечного автомата может обрабатывать до 20 Гб/с, отсеивая вирусы и спам. Это в 10–100 раз быстрее, чем позволяет обычный процессор.

В новое устройство был изначально заложен алгоритм *BaRT*. Во многих конечных автоматах хранение правил переходов между состояниями занимает большой объем памяти. Разработанная в компании IBM система может хранить до 25 тыс. символов в менее чем 100 кБ памяти. Это почти в 500 раз меньше, чем требуется для работы других конечных автоматов. Эффективность алгоритма, разработанного для анализа таблиц маршрутизации, такова, что с ростом выделяемой памяти производительность системы растет линейно: если количество правил перехода между состояниями увеличивается, скажем, в десять раз, то и объем требуемой памяти возрастает во столько же. Во многих других конечных автоматах это привело бы к стократному увеличению требуемой памяти.

Компания IBM уже защитила свою технологию конечных автоматов патентом и внедряет ее в различные специализированные устройства. Разработкой программируемых конечных автоматов занимаются и другие компании. Например, Джон Локвуд (John Lockwood), профессор Вашингтонского университета в Сент-Луисе, создал фирму *Global Velocity*, которая вскоре должна будет выпустить первый образец процессора с этой архитектурой на рынок. Однако ван Лунтерен утверждает, что устройство компании IBM выделяется среди прочих, поскольку имеет широкую сферу применения. Безусловно, в дальнейшем подобные сопроцессоры станут еще изощреннее. Таким образом, наследие Тьюринга и наследие фон Неймана разместятся на одной плате в нескольких сантиметрах друг от друга. ■

Гэри Стикс

ХОЗЯЕВА ЖИЗНИ



U.S. PATENT
#8,815,221

U.S. PATENT
#8,302,389

U.S. PATENT
#8,723,090

U.S. PATENT
#8,534,654

U.S. PATENT
#8,881,553

U.S. PATENT
#8,001,425

U.S. PATENT
#8,401,545

U.S. PATENT
#8,737,124

U.S. PATENT
#8,252,476

U.S. PATENT
#8,104,231

U.S. PATENT
#8,492,909

U.S. PATENT
#8,917,531

U.S. PATENT
#8,902,199

U.S. PATENT
#8,798,327

U.S. PATENT
#8,154,453

Вопреки опасениям, патентование молекул ДНК пока не стало тормозом на пути биомедицинских исследований. Однако худшее, возможно, впереди.

В клетках тела любого человека существует ген, отвечающий за формирование спинного мозга на ранних этапах развития эмбриона. Однако «собственником» этого гена (обладателем патента на его нуклеотидную последовательность) является не конкретный человек, а Гарвардский университет. Ген, кодирующий белок, с помощью которого вирус гепатита А присоединяется к клетке, принадлежит министерству здравоохранения и социальных служб США, а ген рецептора гистамина (вещества, вырабатываемого в организме при сенной лихорадке) — корпорации *Incyte*. На сегодня запатентована половина генов, отвечающих за развитие тех или иных форм рака.

Геномная ДНК человека содержит чуть меньше 24 тыс. генов, в которых записаны инструкции по структурной организации и функционированию всех 100 триллионов клеток организма человека. К середине прошлого года Ведомство по патентам и товарным знакам США выдало патенты почти на 20% генов различным корпорациям. Если быть точным, то из 23,5 тыс. генов, внесенных в реестр Национального центра биотехнологической информации, на 4,5 тыс. генов выдан хотя бы один патент. Только корпорации *Incyte* принадлежат права почти на 10% всех генов человека.

Сегодня патентование генов «поставлено на поток». У многих такое положение дел вызывает беспокойство и протест. «Мыслимо ли патентовать чьи бы то ни было гены!» — восклицают они. И в самом деле: разве могут принадлежать кому-то одному права на те или иные линии животных или рыб? Ведь их гены избрала природа, а не человек! Не тормозится ли прогресс исследования природы онкологических заболеваний из-за того, что права на половину всех известных генов, ассоциированных с данными заболеваниями, кому-то принадлежат?

Не приведет ли такое положение дел к тому, что ученые, вместо того чтобы заниматься наукой, будут тратить массу времени на выяснение прав собственности на свои открытия?

Специалисты утверждают, что наступает эра персонифицированной медицины, эра расцвета геномики, протеомики и появляется возможность исследовать работу сразу множества разных генов и их продуктов. В повседневную врачебную практику постепенно входят патентованные тесты, позволяющие строить генетические профили пациентов и подбирать лекарственные препараты с учетом индивидуальных особенностей больных. Сегодня ученые вплотную приблизились к тому, чтобы изучать функционирование целых геномов. А между тем многие биологические молекулы, деятельность которых должна быть проанализирована в ходе столь сложных исследований, уже запатентованы, что неизбежно скажется на темпах разработки новых методов лечения и проблеме поддержания здоровья нации.

Все, что только есть под солнцем

Вопрос о правах на нашу жизнь отнюдь не нов. Так сложилось, что проведенный учеными анализ положения дел в области, находящейся на стыке охраны интеллектуальной собственности и молекулярной биологии, совпал с 25-ой годовщиной принятия Верховным судом США знакового решения по «делу Чакрабарти». Согласно данному положению, живые существа можно запатентовать, если они появляются благодаря вмешательству человека (т.е. по существу «сотворены» им).

В 1972 г. инженер компании «Дженерал электрик» Ананда Чакрабарти (Ananda M. Chakrabarty) подал заявку на патентование штамма бактерии *Pseudomonas*, с легкостью расщепляющей углеводороды. ▶

Она уничтожала нефтяную пленку на поверхности воды или грунта гораздо быстрее, чем ранее применявшиеся микроорганизмы. Однако Чакрабартти получил свой штамм не с помощью генной инженерии в общепринятом смысле, т.к. к тому времени методы создания рекомбинантных ДНК еще не были полностью разработаны, а ввел в бактериальную клетку кольцевые внехромосомные генетические элементы — плазмиды, взятые им от других штаммов. В выдаче патента Чакрабартти было отказано на том основании, что «живой организм, созданный природой, патентование не подлежит».

Когда в 1980 г. Верховный суд США решил вернуться к «делу Чакрабартти», молекулярно-биологический ландшафт изменился до неузнаваемости. Включение в геномную ДНК какого-либо живого существа фрагментов генома другого организма стало обычным делом. Созданная в том же году фирма *Amgen* поставила целью продемонстрировать возможности, которые сулят новые технологии, основанные на разрезании и сшивании разнородных ДНК. Одновременно достоянием гласности стал протокол получения интерферона генноинженерными методами. Стэнли Коэн (Stanley Cohen) и Герберт Бойер (Herbert Boyer) стали обладателями патента на «способ получения биологически функциональных молекулярных химер». Начался биотехнологиче-

ский бум. Конгресс принял закон, разрешающий университетам заключать эксклюзивные лицензионные соглашения по запатентованным ими технологиям. Затем таким же правом были наделены Национальные институты здравоохранения.

Отчеты, предоставленные экспертами Верховному суду США, содержали доводы как «за», так и «против» патентоспособности микроорганизма, полученного Чакрабартти. Ряд фирм (начиная с *Genentech* и кончая *Regents*, созданной при Калифорнийском университете) сочли, что изобретение удовлетворяет таким необходимым требованиям, как новизна, неочевидность и практическая применимость. С другой стороны, руководитель *The Peoples Business Commission* Джереми Рифкин (Jeremy Rifkin) выступил резко против идеи вмешательства «в саму природу» и обрисовал катастрофические последствия манипуляций с живыми организмами.

В конце концов, главный судья Уоррен Берджер, полагаясь на мнение большинства, отклонил доводы противников выдачи патента как безосновательные, заявив, что любое изобретение, включающее «что-либо под солнцем, созданное руками человека», может быть запатентовано. «Альберт Эйнштейн не мог запатентовать свой знаменитый закон, выражающийся формулой $E=mc^2$, так же как Исаак

Ньютон не мог получить в личное владение открытый им закон всемирного тяготения», потому что эти законы существовали всегда. Но бактерия Чакрабартти — другое дело, ранее в природе такого организма не было, и «открыть» его было нельзя.

Положительный исход «дела Чакрабартти» послужил сигналом к патентованию не только генов, но и клеток (в том числе стволовых) и целых организмов. Первые патенты на гены выдавались в соответствии с правилами, которыми руководствуются при патентовании химических веществ. *Incyte* вовсе не является собственником чьего бы то ни было рецептора гистамина, речь идет об «изолированной и очищенной его форме». Патент на выделенный и клонированный ген и его белковый продукт дает эксклюзивное право владельцу на продажу, скажем, инсулина или фактора роста человека. Точно так же какой-нибудь ученый-химик может разработать новый способ очистки витамина B и претендовать на патент.

Как без труда вытянуть рыбку из пруда

К началу 1990-х гг. неумолимое наступление биотехнологии по всем фронтам вновь привело к нарушению *status quo*. На сей раз возмутителями спокойствия стали новые высокоскоростные методы секвенирования ДНК, разработанные в процессе реализации проекта «Геном человека». С их появлением стало невозможно патентовать нуклеотидные последовательности, как это происходило ранее, т.е. таким же образом, как химические соединения.

Много вопросов и споров возникло в связи с регистрацией прав на неполноразмерные гены, в частности так называемые *EST*-последовательности (от *expressed sequence tag*). *EST* представляют собой короткие сегменты ДНК длиной ▶

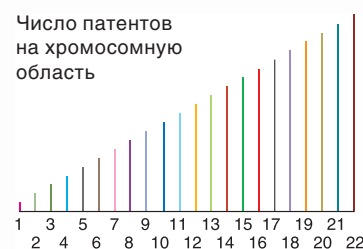
ОБЗОР: ПАТЕНТОВАНИЕ ДНК

- В прошлом году исполнилось 25 лет с момента принятия судьбоносного судебного решения, которое положило начало патентованию ДНК и даже целых организмов.
- На сегодня запатентована почти пятая часть из 24 тыс. генов генома человека и около 50% идентифицированных раковых генов.
- То, чего многие опасались — полного блокирования фундаментальных биомедицинских исследований, — не произошло. Но с развитием геномики и протеомики и их коммерциализацией опасения могут стать реальностью.
- В США обсуждение этических проблем патентования живых систем не вылилось в законодательные решения, но в Европе и Канаде все обстоит несколько иначе.

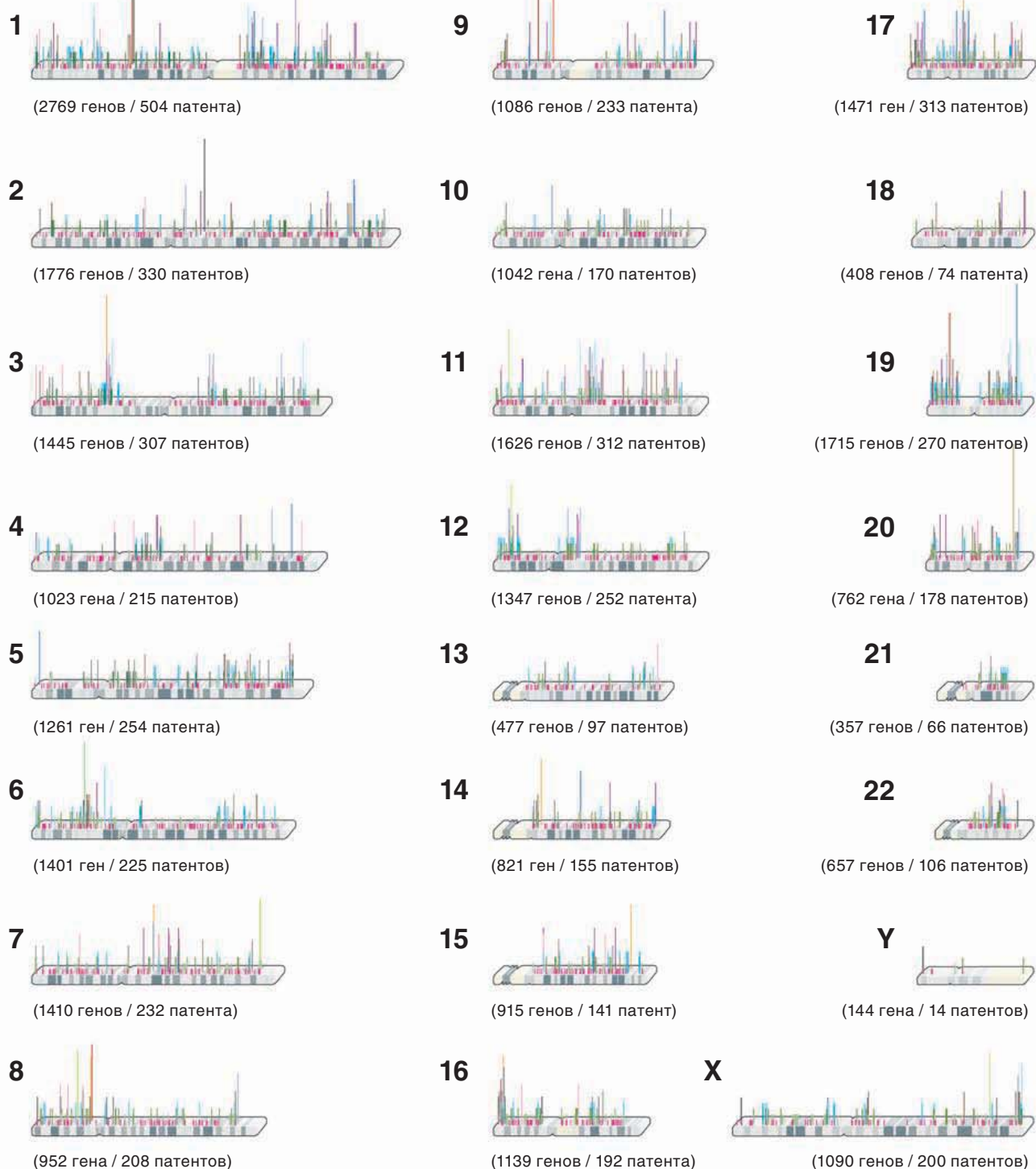
ЗАПАТЕНТОВАННЫЙ ГЕНОМ

Представленные диаграммы показывают, сколько патентов в США выдано на разные участки хромосом. Каждая цветная линия отражает число патентов на хромосомную область, которая может содержать несколько генов. Одно «право собственности» может включать несколько генов, а на один ген может быть выдано более одного документа. Поэтому число патентов на хромосому, указанное под каждой диаграммой, не всегда совпадает с результатом суммирования числа патентов, представленных цветными полосками.

Число патентов на хромосомную область



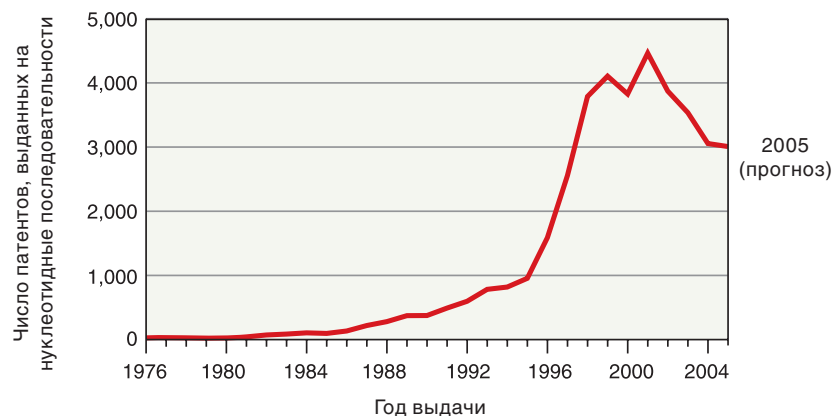
ХРОМОСОМА



ОБЛАДАТЕЛИ ПАТЕНТОВ — КТО ОНИ?

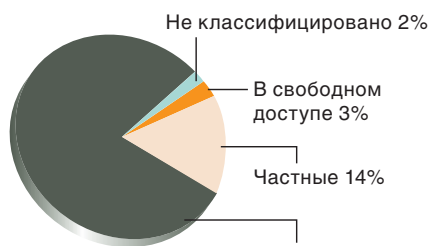
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ПАТЕНТОВ, СВЯЗАННЫХ С ДНК И РНК, ПО ГОДАМ

Больше всего патентов на нуклеотидные последовательности (в том числе не связанные с ДНК и РНК человека) было выдано в 2001 г. Потом начался спад, который, возможно, связан с ужесточением правил патентования.



ПАТЕНТЫ НА ГЕНЫ ЧЕЛОВЕКА

Из круговой диаграммы видно, что наибольшее число патентов на те 23 688 генов, которые внесены в реестр Национального центра биотехнологической информации, принадлежит в США негосударственным организациям.



Самые крупные держатели патентов

Самые крупные держатели патентов	Число патентов (на 14.09.05)
Калифорнийский университет	1018
Правительство США	926
Sanofi Aventis	587
GlaxoSmithKline	580
Incyte	517
Bayer	426
Chiron	420
Genentech	401
Amgen	396
Human Genome Sciences	388
Wyeth	371
Merck	365
Applera	360
Техасский университет	358
Novartis	347
Университет Джона Хопкинса	331
Pfizer	289
Массачусетская больница общего профиля	287
Novo Nordisk	257
Гарвардский университет	255
Стэнфордский университет	231
Lilly	217
Affymetrix	207
Корнуеллский университет	202
Институт Солка	192
Колумбийский университет	186
Висконсинский университет	185
Массачусетский технологический институт	184

всего несколько сотен нуклеотидов, которые расположены на одном из концов гена. Их можно использовать в качестве зондов для быстрого «выуживания» соответствующего полноразмерного гена из хромосомы. Заявки на патентование EST посыпались сотнями. А между тем их функции оставались неизвестными. «Секвенирование EST почти не требует усилий и не обладает свойствами новизны», — заметил как-то Брюс Альбертс (Bruce Alberts), бывший президент Академии наук США.

Основанием патентования последовательностей с неустановленными функциями служило то, что они могут использоваться как биотехнологический инструмент. Но как раз это больше всего и волновало ученых. Собственник EST-зондов мог требовать лицензирования, что привело бы к удорожанию медико-

биологических тестов и даже сдерживанию разработки новых методов диагностики и лечения.

В 1998 г. в журнале *Science* появилась статья, в которой выражалось беспокойство по поводу появления в молекулярной биологии неких «запретных зон», антиподов «открытых пространств», доступных всем желающим. Особенно неприятно то, что такие «зоны» имеют тенденцию расширяться: постепенно в них оказываются не только EST, но и прилегающие участки ДНК. Дело может закончиться тем, что кто-то вознамерится предъявлять права на целые хромосомы.

Еще более серьезное возражение против патентования сегментов генов состоит в том, что для хромосомной локализации генов с помощью EST не нужно проводить никаких экспериментов, вся работа ограничивается анализом базы данных.

EST представляет собой скорее информационный инструмент, который не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к предмету патентования. Абстрактные идеи изначально не относили к категории патентоспособных, хотя за последние 10 лет традиция не раз нарушалась.

Если в дальнейшем такие исключения станут правилом, то будут подорваны основы всей системы патентования. В уплату за 20-летнюю монополию патентовладелец обязан предоставлять информацию о сделанном им открытии или изобретении, чтобы ею могли воспользоваться другие исследователи и применить для усовершенствования уже имеющейся технологии. Но как сможет работать принцип «услуга за услугу», если предметом патентования станет сама информация?

В 2001 г. патентное ведомство США разработало новые инструкции, рекомендуемые экспертам при рассмотрении заявок на патенты в области биотехнологии обращать особое внимание на то, может ли новое открытие принести конкретную пользу. В большинстве других технологических областей вопрос полезности вторичен по отношению к таким понятиям, как «истинная новизна», поскольку изобретателя обычно не заботит защита авторских прав, если он полагает, что его детище не найдет практического применения. При патентовании «молекул жизни» принцип полезности станет тем фильтром, который будет способствовать поддержанию на должном уровне качества патентов. Последовательности ДНК, выполняющие функции зондов или хромосомных маркеров, новым критериям не соответствуют.

Нововведения уже принесли некоторые плоды. По данным Национальной академии наук, на сегодня выдано лишь небольшое число патентов на *EST*. Важное уточнение к практике патентования, нацеленное на то, чтобы отсеять заявки, не отвечающие принципу полезности, вступило в силу 7 сентября 2005 г., как раз к моменту заседания Апелляционного суда США по федеральному округу, где рассматривались претензии заявителей патентов. Суд согласился с решением низших инстанций отклонить заявку компании *Monsato* на защиту пяти растительных *EST*, которые не соотносились ни с какими заболеваниями. Положительное для заявителя решение по данному делу было бы равноценно «выдаче лицензии на охоту, поскольку все представленные *EST* могли использоваться только для получения информации о соответствующих генах». Такое мнение высказал главный судья федерального суда Пол Мичел.

В последние месяцы появилась информация о реальном положении дел с пресловутыми «запрет-

ными зонами». Она содержалась в докладе Национальной академии наук *Reaping the Benefits of Genomic and Proteomic Research*, представляющим собой результаты опроса 655 произвольно выбранных ученых из различных университетов, лабораторий и фирм. Им предлагалось ответить на вопрос, как влияет патентование «молекул жизни» на развитие геномики и протеомики, а также на исследования, связанные с поисками новых лекарственных средств. Обнаружилось, что за последние два года лишь 8% ученых из академических институтов пришлось иметь дело с объектами патентования, 19% вообще не заботило, не забрели ли они случайно на «чужую территорию», а 73% заявили, что у них никогда не возникало необходимости в использовании патентованных продуктов. «Сегодня проблема патентования не слишком беспокоит академические круги», — говорится в докладе.

Число патентов, выдаваемых на нуклеотидные последовательности, неуклонно уменьшается. Больше всего (примерно 4,5 тыс.) их было выдано в 2001 г., а затем наметился спад, что, возможно, стало следствием ужесточения требований к продукту (см. стр. 56). Другая причина — стремление к свободному обмену биомедицинской информацией, сходному с тем, что происходит в сфере информационных технологий. Когда начиналась работа над проектом «Геном человека», ученые разных стран договорились, что все данные о нуклеотидных последовательностях будут незамедлительно обнародоваться. Аналогичная тактика применялась и при реализации других масштабных проектов, таких как «Однонуклеотидный полиморфизм», цель которого — картирование вариантных сайтов в геноме человека. Все компании и организации, участвующие в расшифровке генома вируса атипичной пневмонии, условились создать «патентный пул», который обеспе-

чивал бы неэксклюзивное лицензирование вирусного генома.

Идея делать бизнес на генетической информации, похоже, потерпела крах. Два гиганта в сфере геномики (*Celera Genomics* и *Incyte*) в самом начале XXI в. поменяли профиль и стали заниматься разработкой новых лекарственных средств. Крейг Вентер (*J. Craig Venter*), пионер в секвенировании геномной ДНК человека, покинул компанию *Celera* и выступил с открытой критикой патентования генов. «История доказала, что патент на ген стоит не больше бумаги, на которой он написан. Если кто и заработал на нем, то это патентовед», — заявил он.

«Патентные дебри», о которых еще недавно так беспокоились, оказались не такими уж непроходимыми, поскольку в научных кругах не очень-то принято с пиететом относиться к правам на интеллектуальную собственность. Должен же ученый, не занимающийся коммерческой деятельностью, иметь какие-то льготы? Однако такая иллюзия была развеяна в 2002 г. решением Апелляционного суда по федеральному округу, принятым по делу Мэди против Дьюка. Суд решил, что любой академический ученый содействует «законной коммерческой деятельности» университета, где он работает, а потому ни на какие льготы рассчитывать не может. Такой вердикт обеспокоил исследователей, они сочли, что это может привести к ограничению свободы творчества, что побудило Национальную академию наук обратиться в конгресс с просьбой урегулировать вопрос в законодательном порядке.

Проблемы, связанные с интеллектуальной собственностью, будут усугубляться по мере развития таких молодых областей науки, как геномика и протеомика. Сегодня они начинают приносить первые практические результаты — новые методы диагностики и лекарственные препараты. «С выходом ▶

ПАТЕНТОВАНИЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ: ХРОНОЛОГИЯ

Все лица и организации, которые имеют отношение к патентной системе, постоянно задаются вопросом: что можно считать изобретением (и, следовательно, считать патентоспособным), а что представляет собой попытку «экспроприации» закона природы или природного материала (а значит патентованию не подлежит).

1889

Комиссар патентования вынес решение, согласно которому растения, даже полученные в результате искусственного отбора, считаются «продуктами природы» и потому патентованию не подлежат. Заявитель (*Ex parte Latimer*) пытался запатентовать полученные им растительные волокна, но заявка была отклонена.



Ирис

1930

Конгресс США принял закон о патентовании растений, разрешающий выдавать документ на новые виды растений, способные к вегетативному размножению.



Ананда Чакрабартти

1948

Верховный суд постановил, что простая комбинация бактерий не является изобретением (*Funk Brothers Seed Company v. Kalo Inoculant Company*).

1971

Начала работу *Cetus*, первая биотехнологическая компания.

1980

Верховный суд США постановил, что бактерия, «полученная» Чакрабартти, есть «природный продукт» и на нее может быть выдан патент. Суд провозгласил также, что патентоспособными являются все «живые системы, созданные руками человека». Конгресс США принял закон (*The Patent and Trademark Laws Amendment*), согласно которому университетам предоставлялось право на исключительное лицензирование.



Хромосомы человека

1988

Гарвардский университет получил патент на онкомышь – животное, которому был введен ген, предопределяющий развитие рака.



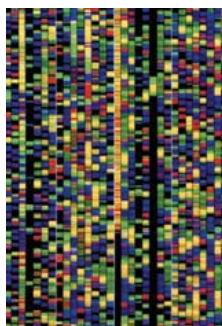
Онкомышь

1990

Проект «Геном человека» запущен.

1996

Ученые разных стран, работающие как в университетах, так и в коммерческих организациях, приняли резолюцию (*The Bermuda Rules*), в соответствии с которой «вся информация, касающаяся нуклеотидных последовательностей геномной ДНК человека, получаемая специально учрежденными центрами по секвенированию, должна быть открытой».



ДНК-чипы

2000

Объявлено об окончании первого этапа проекта «Геном человека».

Билл Клинтон и Тони Блэр выступили с заявлением, что «основополагающая информация о геноме человека, в том числе о нуклеотидной последовательности ДНК и ее вариантах, должна быть доступна ученым всего мира». Заявление привело к резкому падению акций биотехнологических компаний.

2001

Ведомство по патентам и товарным знакам США издало директиву, ужесточающую требования к практической применимости изобретения и объему раскрываемой в патенте информации. Побудительным мотивом к такому шагу послужила неопределенность с патентованием сегментов генов.

2002

Верховный суд Канады отказался признать патент на гарвардскую онкомышь.

2003

Конгресс принял постановление о запрещении Ведомству по патентам и товарным знакам выдавать документы на «организмизм человека» — своеобразную кодификацию его работы.

2005

Ведомство по патентам США отказало Стюарту Ньюмэну и Джереми Рифкину в выдаче патента на гипотетическую химеру животное/человек. Целью заявителей было получение патента, который поставил бы заслон на пути создания подобных существ в будущем.



Химера

ANONYMOUS/Private Collection/Bridgeman Art Library (Ирис); TED SPIEGEL/Corbis (Чакрабартти); BIOPHOTO ASSOCIATES/PHOTO RESEARCHERS, INC. (Хромосома человека); DAVID PARKER/Photo Researchers, Inc. (ДНК-чипы); SCIENCE MUSEUM/SCIENCE AND SOCIETY PICTURE LIBRARY (Онкомышь); REMY DE LA MAUVINIÈRE AP Photo (Химера)

подобных продуктов на рынок число патентных заявок будет неуклонно расти», — говорит главный юрисконсульт *Affymetrix* Барбара Колфилд (Barbara Caulfield), противник патентования ДНК. По ее словам, уже сейчас есть патенты, охраняющие слишком большой объем информации, что ложится тяжелым грузом как на академических ученых, так и на промышленность. Например, австралийская компания *Genetic Technologies* имеет патенты, на основе которых она может заключать лицензионные соглашения с лабораториями и университетами, занимающимися изучением некодирующих областей генома. И однажды обнаружится, что ей принадлежит право на сбор информации по тем 95% геномной ДНК, которую раньше называли «хламом», а теперь рассматривают как «командный центр», управляющий работой всех белок-кодирующих генов.

Не нарушать сложившегося порядка вещей

В целом в США преобладает мнение, что не стоит ставить барьеры на пути коммерциализации новых биотехнологий. Сопутствующие этические, философские и социальные проблемы широко обсуждаются в правительственных кругах, однако дискуссии редко выливаются в какие-то конкретные решения по поводу патентной защиты живых существ. К положительному решению «дела Чакрабарти» Верховный суд подтолкнуло известное высказывание Томаса Джефферсона, третьего президента США, первого «патентоведа» страны: «Изобретательность должна достойно вознаграждаться».

«Дело Чакрабарти» поставило на повестку дня сразу несколько вопросов. Где тот предел, который нельзя преступать при регистрации права собственности на живые организмы? Следует ли подниматься выше того уровня на филогене-

тическом древе, где находится бактерия *Pseudomonas*? В 1988 г., через восемь лет после завершения «дела Чакрабарти», был выдан патент на так называемую гарвардскую онкомышь. Ей был введен ген, предопределяющий развитие контактного рака, что делало животное исключительно ценным инструментом для биомедицинских исследований. Сторонники выдачи патента приводили те же доводы, что и в «деле Чакрабарти»: введение онкогена означает появление нового, не существовавшего ранее в природе животного.

Далеко не все страны идут по тому же пути, что и США. Недавно в Канаде по поводу гарвардской мыши было принято совсем другое решение, которое подтвердил Апелляционный суд Канады. В вынесенном в 2002 г. вердикте юристов говорилось, что формулировка «создание вещества» (по существу, нового продукта) не годится, когда речь идет о мышши.

В Старом Свете организации тоже ведут себя более осторожно. Европейское патентное ведомство сузило объем охраняемой информации, оговорив, что речь идет только об онкомышах, а не обо всех грызунах. При этом оно сослалось на статью 53 Европейской патентной конвенции, согласно которой запрещается выдавать патент, если он нарушает «сложившийся порядок вещей или моральные принципы». Европейские эксперты «распотрошили» также патентный портфель по генам рака молочной железы, принадлежавший фирме *Myriad Genetics* из штата Юта. Известно, что выдача патентов на подобные гены тормозит развитие исследований в области онкологии и внедрение новых достижений в практику. Так, *Myriad* стала виновницей того, что крупнейшие онкоцентры страны прекратили разработку дешевых методов выявления онкогенов *BRCA1* и *BRCA2*. В Европе же упомянутые методы применяются без всяких ограничений.

Патентная практика в Европе и США существенно различается. Когда «дело Чакрабарти» рассматривалось в Верховном суде, оппонентам было сказано, что поднятые ими вопросы этического характера находятся в ведении конгресса, но все законодательные инициативы пока ни к чему не привели. Если здесь что-то и изменится, то, скорее всего, в результате повторного рассмотрения Верховным судом одного из ключевых моментов в «деле Чакрабарти», касающегося более четкого разграничения таких понятий, как природный продукт и тот, что появился при вмешательстве человека.

Теперь все с нетерпением ждут решения Верховного суда США по делу *Laboratory Corp. of America Holdings v. Metabolite Laboratories, Inc.* В ходе слушаний предстоит определить, может ли служить предметом патентования простая корреляция между повышенным уровнем аминокислоты гомоцистеина в организме и дефицитом двух витаминов *B*. Речь идет о патентовании только корреляции как таковой, а не о медицинском и другом оборудовании, которое используется для проведения анализа. Интерес к проблеме проявляют не только биотехнологические предприятия, но и специалисты индустрии информационных технологий, где вопрос патентоспособности программного обеспечения и бизнес-методов тоже служит предметом дискуссий.

По мере развития технологий судам придется снова и снова осмысливать идею патентования «всего под солнцем, что создано человеком». Идет ли речь об одном лишнем гене в организме мышши или просто о корреляции между концентрациями двух разных молекул — все равно возникает вопрос: «Как быть с тем, что изобретатель получает на 20 лет почти монопольное право распоряжаться тем или иным продуктом?» ■

Дмитрий Мисюров

ЭПОХА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАТОПЛЕНИЙ

Озеро Маныч-Гудило — реликт долины слива вод Хвалынского бассейна (древний Каспий) в Новозвксинский бассейн (древнее Черное море).

Исследование эпохи экстремальных затоплений позволяет понять причины водных катастроф и предотвращать трагедии в будущем.

Общеизвестно, что большая часть нашей планеты покрыта водой, а потому неудивительно, что цунами, наводнения и прочие «водяные» напасти сопровождали человечество на протяжении всего его существования. Ученые неоднократно находили свидетельства древних затоплений в различных частях света, а мифология всех народов мира сохранила память о нескольких всемирных потопах. Пытаясь понять причину повторяющихся катаклизмов, ведущий научный сотрудник Института географии РАН, доктор географических наук, академик РАН Андрей Леонидович Чепалыга на примере областей современных Черного и Каспийского морей разработал концепцию эпохи экстремальных затоплений. Его исследования позволяют объяснить многие исторические события, понять настоящее и заглянуть в будущее. Естественно, концепция не охватывает всего многообразия существующих гипотез, но заслуживает обсуждения.

Каспийская аномалия

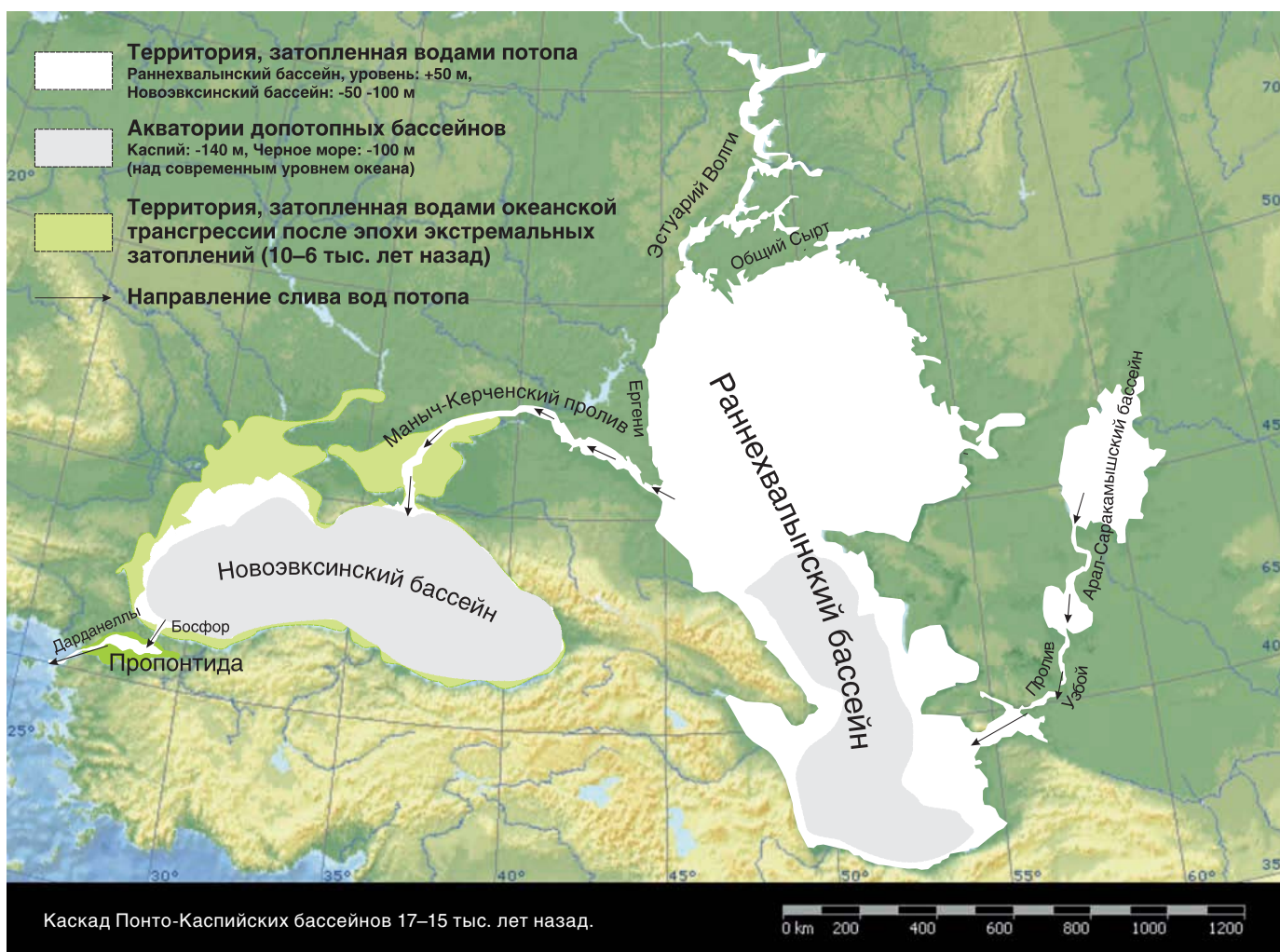
За последнюю четверть XX в. уровень Каспийского моря поднялся на 2,5 м, и что будет дальше, ученые могут лишь гадать. Но можно сделать некоторые предположения на основе событий, произошедших 16–10 тыс. лет назад, в период валдайского оледенения.

По мнению А.Л. Чепалыги, около 16 тыс. лет назад уровень Каспия (для того периода он называется Раннехвалынским бассейном) поднялся и дал начало водному каскаду, который через Маныч-Керченский пролив достигал Черного моря (тогда еще Новоэвксинский бассейн) и далее уходил в Босфор и Мраморное море (см. стр. 62–63). А.Л. Чепалыга назвал этот период эпохой экстремальных затоплений, оставившей после себя множество «памяток».

Это эпоха потоков с резким подъемом уровня воды в Каспии — так называемая Хвалынская трансгрессия. Того же мнения придерживается и ряд других ученых, в том числе академик РАН Ю.Г. Леонов. Хронология тех событий изучена подробно, имеются десятки радиоуглеродных датировок (работы Г.И. Рычагова (1997 г.), А.А. Свиточа (2002 г.), Ю.Г. Леонова (2002 г.) и других), подтверждающих факты затоплений. Проблеме послеледниковых затоплений особое внимание уделяется в трудах В.М. Котлякова, М.Г. Гросвальда. Задача — выявить общие закономерности, особенности того периода, последствия той эпохи.

Хвалынский этап длился 5–6 тыс. лет, за это время произошло до десяти циклов колебаний уровня воды с периодичностью 500–600 лет, которые можно объединить в три волны, каждая из которых длилась около 2 тыс. лет.

Модель эпохи экстремальных затоплений, предложенная Чепалыгой, включает реконструкцию так называемого каскада Евразийских бассейнов, который состоял ►



из Арало-Сарыкамышского бассейна, Узбоя, Хвалынского моря, Маныч-Керченского пролива, Новоэвксинского моря, Босфора, древнего Мраморного моря. Через пролив Дарданеллы воды каскада сливались в Средиземное море (см. стр. 63). Площадь этого озерно-морского пространства достигала 1,5 млн. км², объем воды составлял 700 тыс. км³. Для сравнения — крупнейшая в мире современная озерная система Великих озер Северной Америки в

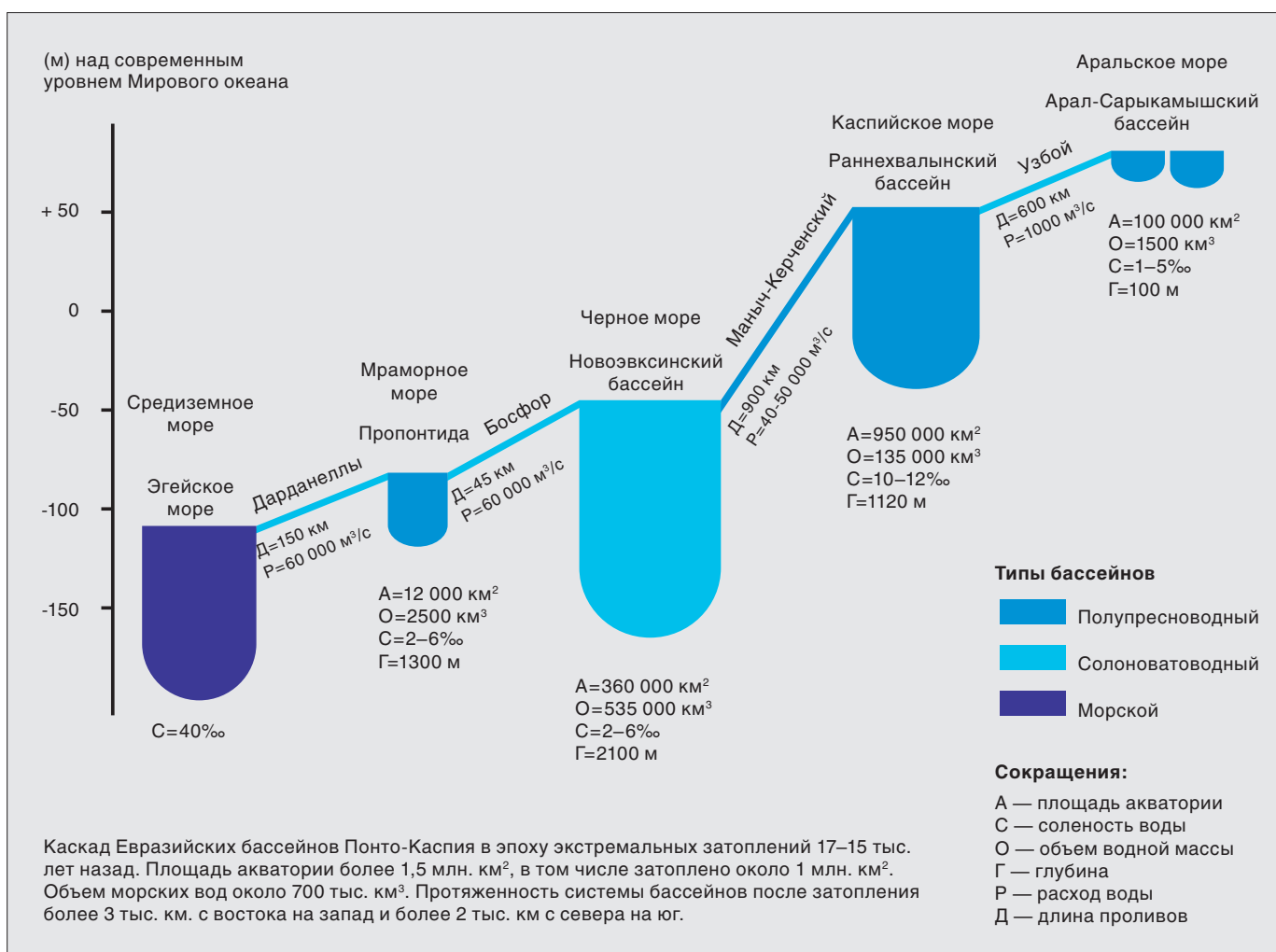
шесть раз меньше и не превышает 245 тыс. км², она содержит в тридцать раз меньше воды, а площадь ее водосборного бассейна в три лишним раза меньше, чем у древнего Евразийского каскада. Арало-Сарыкамышский бассейн (современное Аральское море), который изначально был изолированным и бессточным озером, превратился в проточное озеро-море. Хвалынское море и другие бассейны каскада отличались от современного Каспия еще и более низкой температурой (+4 °С на севере и до +14 °С на юге). Вода в них была мутной, поскольку таяние вечной мерзлоты провоцировало смыв породы со склонов и увеличение стока речного твердого грунта.

Согласно концепции эпохи экстремальных затоплений береговая линия Хвалынского бассейна пере-

мещалась на сотни и даже тысячи километров, что, естественно, влияло на рельеф местности, геологическое строение, флору и фауну, на условия жизнедеятельности человека. Первая и самая мощная волна затоплений (Раннехвалынская), нахлынула 16–15 тыс. лет назад и длилась около 2 тыс. лет. Высота уровня моря по сравнению с нынешним предположительно изменялась трижды (+36 м, +50 м, +35 м). Порог стока в Манычском проливе находился в то время на отметке +20 м, поэтому каспийская вода переливалась в Черное море через Маныч-Керченский пролив. Вторая (Среднехвалынская) волна эпохи экстремальных затоплений в своих пиковых показателях составила +22 м, +16 м, +6 м, однако пролива в тот период, возможно, уже не существовало. Воды в древнем

Не все ученые разделяют точку зрения А.Л. Чепалыги. Так, американские исследователи Б. Райан (Ryan) и В. Питман (Pitman) еще раньше отмечали, что «виновником» экстремальных затоплений того периода было Черное море.

А.Л. ЧЕПАЛЫГА, 2005 (СТР. 62-63); А.Л. ЧЕПАЛЫГА, 2004



Каспии стало слишком мало, чтобы «переливаться» через пролив в древнее Черное море. Во время третьей волны (Позднехвалынской) вода поднималась незначительно (-5 м, 0 м, -5 м, -12 м). Таким образом, наиболее мощные катаклизмы при- шлись на Раннехвалынский период.

слива вод из Каспия его уровень поднялся до 50–40 м., акватория увеличилась с 350 до 400 тыс. км². Объем воды в Новоэвксинском бассейне был несколько меньше, чем в нынешнем Черном море. Кстати, уровень Каспия в настоящее время ниже уровня Черного моря (и

воды, вызвавших экстремальные затопления. Существуют несколько гипотез. Доктор географических наук, профессор М.Г. Гросвальд разработал теорию евразийских гидросферных катастроф, связанных с покровным оледенением Арктики, в том числе предлагается гипотеза, по которой источником воды и энергии потоков была глубоководная часть Арктического бассейна. Академик РАН В.М. Котляков также поддерживает гипотезу, что вода в значительных количествах появилась вследствие быстрого таяния материковых льдов толщиной до 2–3 км, покрывавших часть Северной Евразии.

По версии А.Л. Чепалыги, источники воды — это прежде всего таяние материковых льдов и вечной мерзлоты (см. стр. 64). После пика похолодания последнего оледенения ▶

За последнюю четверть XX в. уровень Каспийского моря поднялся на 2,5 м.

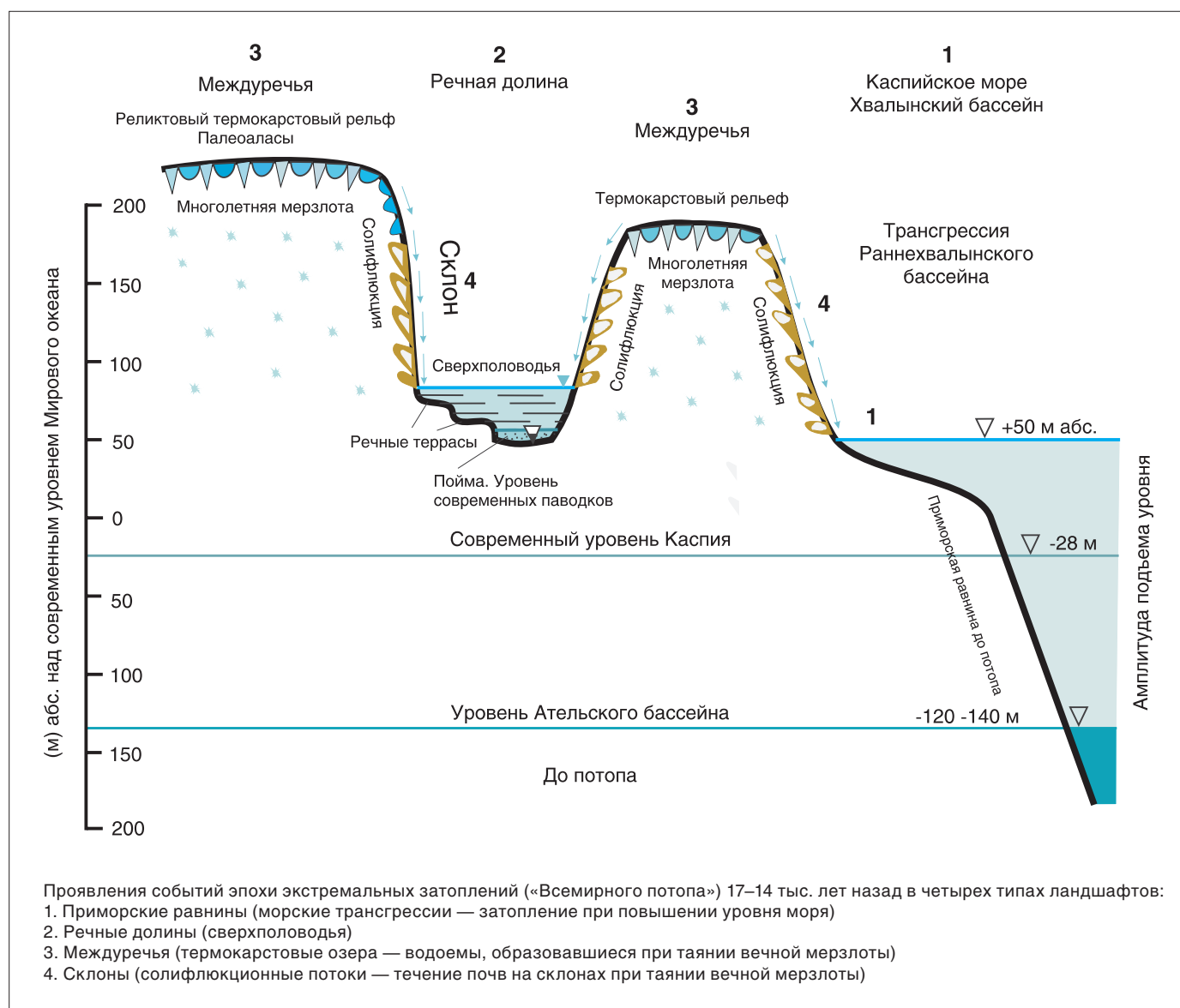
То было настоящее нашествие моря на сушу: уровень воды поднимался со скоростью до 1–2 м/год, береговая линия перемещалась до 10–20 км/год или 30–60 м/день.

Уровень Новоэвксинского моря, предшественника Черного, был ниже современного на 100 метров. Однако, как считает А.Л. Чепалыга, вследствие появления каскада и

Мирового океана) на 27 м. В целом в результате затоплений, перепад уровня воды между внутренними бассейнами верха каскада Евразийских бассейнов и Мировым океаном достигал 200 м.

Причины и последствия

Немаловажная составляющая концепции — выявление источников



Палеонтологические следы эпохи экстремальных затоплений — это прежде всего найденные в толщах пород солонатоводные моллюски, виды которых близки к современным северо-каспийским.

(18–20 тыс. лет назад) наступило резкое потепление, возможно, обусловленное астрономическими факторами. Это вызвало сверхполоводья в долинах рек, когда в условиях вечной мерзлоты в несколько раз увеличился речной сток, в том числе таких крупных рек, как Волга и Урал. Дополнительным источником поступления воды было увеличение водосбора за счет рек Средней Азии

(Амударья, Сырдарья и др.), достигавших в тот период Хвалынского бассейна. В то же время испарение уменьшалось, когда в зимнее время поверхность воды (большая часть акватории древнего Каспийского моря) покрывалась льдом. То было время климатических контрастов, которое сложно сравнить с современными природными условиями.

Затопления происходили не только в долинах рек (сверхполоводья), но и на склонах (грязевые потоки) и междуречьях (термокарстовые озера-палеоаласы) (см. рис. наверху). То есть зона экстремальных затоплений не исчерпывалась Понто-Каспийским бассейном, она охватывала площадь свыше 10 млн. км² и простиралась от Атлантики до Енисея, на севере ограничиваясь зоной материкового оледенения, а на юге — горным поясом.

Возможно, что 16–17 тыс. лет назад с севера начали надвигаться воды Океанского потопы (общая площадь затоплений шельфов северо-западной Евразии составила до 2,5–3,5 млн. км², уровень воды

поднимался на 14 мм/год). Данный процесс проходил гораздо медленнее, чем хвалынские события, тем не менее, он мог существенно повлиять на образ жизни древнего человека, в частности, на ведение хозяйства, стратегию добычи пищи, перемещения и т.д. Именно такие изменения и наблюдались 10 тыс. лет назад. Как считает А.Л. Чепалыга, население вынуждено было мигрировать, спасаясь от наступающих со всех сторон вод — от Океанского потопа с севера, от Понто-Каспийского — с юга, а также от опасности затопления речными сверхполоводьями, угрозы разлива озерных вод в междуречьях и грязевых потоков на склонах.

Возможно, именно этот разгул стихий древние арии называли «Море Ворукаша». Постоянная угроза наводнения заставила человека приспособиваться к беспокойному соседству воды и придумывать новые средства быстрого передвижения: люди одомашнили лошадь, развивали судоходство. На берегу Каспия (Гобустан) обнаружены древнейшие наскальные изображения морских судов, сделанные 9–8 тыс. лет назад (см. стр. 67).

По следам затоплений

Доказательством концепции эпохи экстремальных затоплений служат результаты анализа донных и прибрежных отложений древних водных бассейнов.

Раннехвалынский максимум затоплений в донных отложениях представлен так называемыми «шоколадными» глинами своеобразного красновато-коричневого цвета. Их мощность с осадочными прослойками обычно не превышает 3–5 м, но иногда достигает 20–25 м и более. Характерно, что такие по-



Обнажения хвалынских отложений эпохи экстремальных затоплений (шоколадных глин) на берегу озера Маныч-Гудило.

роды распространены почти на всей Прикаспийской низменности, вплоть до окружающих ее возвышенностей (Ставропольская, Приволжская, Ергени, Общий Сырт, Устюрт). Хвалынские отложения занимают площадь до 1 млн. км², значительная часть их выходит на дневную поверхность, поэтому они хорошо исследованы. В Манычской

впадине, расположенной между Каспием и Черным морем, аналогом «шоколадных» глин считаются глинисто-алевритовые, так называемые абескунские слои, они расположены на поверхности гряд или валов и содержат фауну моллюсков каспийского типа. Валы Манычского пролива соответствуют раннехвалынским отложениям Каспия и периоду затоплений 14–16 тыс. лет назад (см. стр. 65).

«Шоколадные» породы найдены и в Черноморском бассейне, они расположены на континентальном склоне и в глубоководной впадине ▶

На берегу Каспия (Гобустан) обнаружены древнейшие рисунки морских судов (9–8 тыс. лет назад).



Билл Райан — автор идеи Черноморского потопы (слева), А.Л. Чепалыга — автор концепции Понто-Каспийского потопы (справа). Исследование образцов керна глубоководного бурения на дне Черного моря в Ламонтской лаборатории Колумбийского университета, Нью-Йорк. Обнаружены аналоги шоколадных глин в глубоководной впадине севернее пролива Босфор (глубина 2100м).

и представляют собой илы мощностью 0,5 — 1,0 м, «вмонтированные» в так называемые новоэвксинские отложения (см. фото внизу). Цвет ила напоминает аналогичные глины Каспийского бассейна, а его возраст составляет около 15 тыс. лет.

Эпоха экстремальных затоплений оставила и палеонтологические следы. В толщах пород были найдены останки солоноватоводных моллюсков, близких к современным северо-каспийским видам, в частности, речь идет о дидакнах (*Didacna praetrigonoides*) или каспийских

эндемиках из семейства *Limnocypridae*: род *Didacna* Eichwald, сейчас они обитают только в Каспийском море, но их останки представлены в плейстоценовых отложениях Азово-Черноморского бассейна. Обнаружены также *Monodacna caspia*, *M. laeviscula*, *Adacna vitrea*, *Hipanis plicata*. Вне Каспия наиболее распространены такие элементы раннехвалынской фауны, как дрейссены подрода *Pontodreissena* (*Dr. rostriformis*), в опресненных участках — *Dr. polymorpha*. Выяснилось, что новоэвксинские отложения Черного

Образцы керна с глубины 2100 метров новоэвксинских отложений, прослой аналогов шоколадных глин возрастом 15 тыс. лет.



моря содержат останки моллюсков каспийского типа, главным образом дрейссены *Dreissena rostriformis*, реже встречаются *Dr. polymorpha*, лимнокардииды *Monodacna caspia*, *M. colorata*, *Adacna*, *Hipanis* и гастроподы *Caspia*, *Micromelania*. Однако в Черном море не удалось обнаружить дидакна рода *Didacna*, следы которых находят в долине Маныча вплоть до низовой реки Зап. Маныч (село Маныч — Балабинка). Ученые полагают, что, возможно, это свидетельствует о более низкой солености (до 5–6%) Новоэвксинского бассейна. В донных отложениях Босфора и Мраморного моря также обнаружена фауна, близкая к каспийской (преобладают *Dreissena rostriformis*). Раннехвалынское море оставило микрофауну: остракоды, фораминиферы, диатомовые водоросли.

Затопление: прошлое, настоящее, будущее

В своих исследованиях ученые использовали геоморфологические данные, позволяющие судить о формировании морских террас, изменениях береговой линии в процессе затопления. Для обоснования концепции необходимы были также данные эрозионно-аккумулятивной формы каналов сброса вод (Маныч-Керченского пролива, Босфора и Дарданелл).

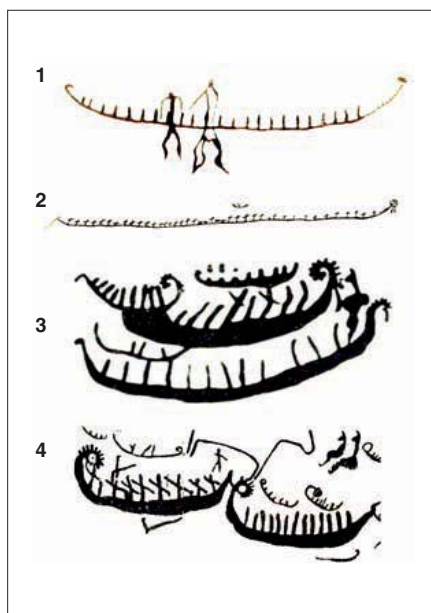
Так, Маныч-Керченский пролив представляет собой огромную эрозионную ложбину стока, соединявшую эпицентр затоплений — Хвалынское море — с входящим в каскад Новоэвксинским бассейном (будущим Черноморским). Длина пролива изменялась в зависимости от уровня моря и составляла приблизительно 950–1000 км. Его глубина была около 30–50 м, максимальная ширина — 50–55 км, а минимальная — 10 км. Перепад уровня воды между морями достигал 150 м.

В период существования Раннехвалынского бассейна его береговая линия ограничивалась воз-

вышенностями, окаймляющими Каспийскую впадину. Побережье прихотливо извивалось, образуя многочисленные глубокие заливы, лиманы, напоминающие скандинавские фьорды. В качестве примера Чепалыга приводит древний залив, соответствующий ныне долине реки Яшкуль. Он на 50 км врзается вглубь возвышенности Ергеней и заполнен толщей шоколадных глин с морской хвалынской фауной.

При исследовании тектонически стабильных районов (Республика Дагестан) удалось обнаружить около 10 морских террас, появившихся вследствие значительных колебаний уровня воды и «наделенных» соответствующими отложениями. Как отмечается в исследованиях Г.И. Рычагова (2001 г.) и А.А. Свितоча (2000 г.), выявлены уровни +48 м, +35 м, +22 м, +16 м, -5 м, 0 м, -6 м, -12 м. Выявлены и значительные регрессии — понижение уровня моря, например, Эльтонская (до -50 м), Енотаевская (до -100 м). Возникновение подобных террас связано с фазой спада Хвалынского моря. Максимальный же уровень моря был таков, что его волны плескались в районе нынешнего района Жигулей и устья Камы.

Возможно ли сегодня повторение подобной водной напасти? К чему приведет поднятие уровня Каспийского моря, который с 70-х гг. по 90-е годы XX в. вырос на 2,5 м? Сейчас прирост воды в Каспии составляет около 10 см в год, а в период раннехвалынского затопления уровень моря за 100 лет повышался на 200 м, то есть вода поднималась в 20 раз быстрее. Говорит ли это о том, что масштаб катастрофы был существеннее? Отвечая на данный вопрос, следует учитывать, что наши предки не обладали ни богатым скарбом, ни сложной инфраструктурой, им легче было сняться с места и уйти, хотя уже тогда массовое переселение потребовало приручения лошади, совершенствования кораблестроения и т.д. Безусловно,



Свидетельства древнейшего судоходства на Каспии. Наскальные рисунки лодок на побережье Каспия в районе Гобустана: 1,2 — плоскодонные лодки, возраст 8–9 тыс. лет и 3,4 — морские суда 7–8 тыс. лет назад.

наступление новой эпохи затоплений может стать трагедией для современников. В утешение можно сказать, что сейчас не наблюдается столь интенсивного таяния льдов и вечной мерзлоты, как 16–10 тыс. лет назад. Однако для того, чтобы сделать выводы относительно возможного наступления новой эпохи экстремальных затоплений, необходимо произвести подробное исследование Каспия, состояния бассейна водосбора и изменения дна моря. Кроме того, следует учитывать значительно возросшее в XX–XXI вв. влияние человека на окружающую среду и его способность спровоцировать или сдержать новый «Всемирный потоп». ■

Редакция благодарит: академика РАН, директора института географии РАН Владимира Михайловича Котлякова и ведущего научного сотрудника Института географии РАН, доктора географических наук, академика РАЕН Андрея Леонидовича Чепалыгу за помощь в подготовке материала.

Интерес ученых вызвала проблема «Ноева потоп» в Черноморском бассейне. Различные гипотезы предлагались американцами Б. Райаном (Ryan) и В. Питманом (Pitman), болгарскими учеными П. и В. Дмитриевыми, проблеме активно обсуждали на конференции «Черноморский потоп: археологические и геологические исследования» (Нью-Йорк, Колумбийский университет, 2003 г.), на встрече по геологии Восточного Средиземноморья (Салоники, 2004 г.), и на специальной конференции, прошедшей в Турции осенью 2005 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Ryan William, Pitman Walter. Noah's Flood. The new scientific discoveries about the event, that changed history. Simon and Shuster Publ. New York, 1999.
- Гросвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики. М.: Научный мир, 1999.
- Гросвальд М.Г., Котляков В.М. Великая приледниковая система стока Северной Евразии и ее значение для межрегиональных корреляций (Четвертичный период). Палеогеография и литология. Кишинев: Штиинца, 1989.
- Котляков В.М. Мир снега и льда. М.: Наука, 1994.
- Попов Г.И. Плейстоцен Черноморско-Каспийских проливов. М.: Наука, 1983.
- Чепалыга А.Л. Особенности развития внутренних морей в плейстоцене и голоцене. В кн. Атлас-монография: Динамика ландшафтных компонентов бассейнов Северной Европы за последние 130 000 лет. Часть II «Морские бассейны». М.: ГЕОС, 2002.
- Чепалыга А.Л. Позднеледниковое обводнение в Понто-Каспийском бассейне как прототип Всемирного потоп. В книге: Экология антропогена и современности: природа и человек. СПб.: Гуманистика, 2004.



Елизавета Богадист

БЕСЕДЫ **с фараонами**

Россияне,
великие любители
всевозможных
«хождений
за три моря»
проторили дорожку
в земли фараонов
еще в IX в.

Как ни парадоксально звучит подобная мысль, но история не есть нечто застывшее в веках, раз и навсегда определенная данность. Она продолжает жить, преподносит сюрпризы, загадывать загадки и пусть неохотно, но открывать свои секреты. Исторические штудии можно сравнить с путешествием в своеобразной машине времени, позволяющим не только осмыслить прошлое, но и прийти к более глубокому пониманию особенностей цивилизационного развития и современных проблем. Одним из самых удивительных периодов истории человечества был, безусловно, Древний Египет, тайны которого до сих пор будоражат воображение ученых. Эта поразительная цивилизация просуществовала ни много ни мало более 3 тысячелетий, ее слава закатилась примерно за тысячу лет до Рождества Христова, однако «дела давно минувших дней» оставили неизгладимый след в истории многих земель, в том числе Европы и России. Каковы традиции русских исследований в Египте? Как жили города, находящиеся на пересечении торговых путей и культур — Мемфис, Фивы, Александрия, а позднее Каир, Багдад, Константинополь? Каковы были взаимоотношения между древними столицами страны фараонов? Почему там охотно селились чужеземцы, и как им удавалось уживаться вместе? Ответы на эти и ряд других вопросов узнали телезрители из беседы ведущего программы «Очевидное — невероятное» профессора Сергея Петровича Капицы с профессором, специалистом по внешней политике Древнего Египта, директором Центра египтологических исследований РАН Галиной Александровной Беловой.

Русские в стране пирамид

«Близ медлительного Нила», там, где ныне живет и шумит, подобно колоритному восточному базару, Арабская Республика Египет, в древности

возникла одна из самых могущественных и загадочных цивилизаций. В те времена, когда по лесам и равнинам Европы и Америки еще бродили дикие племена охотников, на далеком Африканском континенте, на берегу величайшей реки строились ирригационные сооружения, возводились великие пирамиды и грандиозные храмы, развивались письменность и математика. Время сокрушило величие Египта, но слава его не померкла. На протяжении многих веков тайны Черной и Красной Земли манили миллионы паломников, путешественников и исследователей, известные ученые и писатели, такие как математик Евклид, географ Страбон, Гюстав Флобер, Агата Кристи и многие другие, оставили увлекательные описания этой почти мифической страны.

Россияне, великие любители всевозможных «хождений за три моря», проторили дорожку в земли фараонов еще в IX в., когда монахи потянулись на паломничество к святым местам. Однако серьезными исследованиями Египта наши ученые занялись гораздо позже. Одним из первых русских египтологов стал В.С. Голенищев (1856–1947), который совершил 64 путешествия в страну пирамид и начал там археологические раскопки. Ему удалось собрать свыше 8 тыс. артефактов. Уезжая в эмиграцию, Голенищев, однако, решил оставить свое собрание древностей на родине, хотя и Германия, и Франция предлагали ему выкупить коллекцию. Правительство России в 1909 г. выразило готовность выплатить Голенищеву 24 тыс. рублей, но, как часто бывает, о деньгах забыли, и ученый умер в нищете в Ницце, где и был похоронен. А его уникальной коллекцией до сих пор могут любоваться посетители Эрмитажа и Музея изобразительных искусств им. Пушкина.

Сегодня в Египте работает экспедиция Центра египтологических исследований (ЦЕИ) РАН. Отечественные ученые, в частности, ►



Дейр эль-Банат (Фаюмский оазис). Развалины коптского монастыря

осуществляют раскопки древнего Мемфиса, первой столицы объединенного Египта, они также изучают средневековый христианский монастырь и греко-римский некрополь в Фаюме, поселении в восточной части дельты Нила. Большой интерес представляет ушедшая под воды Средиземного моря часть побережья Александрии. Вместе с германскими коллегами наши египтологи исследовали «царский тайник» TT 320 в Фивах (Луксор). Совместно с Всероссийским художественным научно-реставрационным центром им. акад. И.Э. Грабаря ведется ре-

ставрация коптских церквей старого Каира. Однако работы для ученых в Египте — непочатый край. Исследователям предстоит также сделать обобщающие выводы и дать сравнительную характеристику государственного устройства и экономического потенциала Египта и сопредельных государств, выявить их взаимоотношения.

Любопытно, что ученым в их работе помогает их древнеегипетский коллега, историк и астролог конца IV – начала III вв. до н.э. Манефон: именно он предложил распределить многочисленных фараонов по

династиям. Ученые до сих пор используют его схему при датировке археологических находок и соотносят с ней имена неизвестных правителей, обнаруженные во вновь найденных письменных источниках или памятниках материальной культуры.

На перекрестке культур

Арабская Республика Египет, одно из крупнейших государств региона, охватывает часть северо-восточной Африки и юго-западной Азии. На юге страна граничит с Суданом, на западе — с Ливией, на северо-востоке — с Израилем. Древний Египет занимал выгодное географическое положение. На востоке его омывало Красное море, а на севере Средиземное, что позволяло поддерживать отношения с Передней Азией, Кипром, островами Эгейского моря и материковой Грецией. Нил — важная судоходная артерия — связывал Верхний и Нижний Египет с Суданом, Эфиопией и другими странами Африки.

Географическую карту Египта определяют несколько видов ландшафта: долина Нила, его дельта, образуемая разветвлениями основного русла (именно там располагались самые плодородные земли), Аравийская (Восточная) пустыня, которую 15 тыс. лет назад покрывала саванна, Ливийская (Западная) пустыня.

В те времена климат в регионе был гораздо мягче, чем сейчас, в Аравии цвели сады, а владения царицы Савской утопали в зелени. Теперь же здесь властвует пустыня.

Согласно результатам исследований, проведенных на берегах Нила, в период расцвета древнеегипетского государства долина великой реки была намного шире, сама она — более полноводной (с тех пор уровень воды упал на 8 м). Гигантские пирамиды, которые сейчас стоят среди песков, раньше отражались в водах нильских каналов, а таинственный Великий Сфинкс, ►

МАНЕФОН

На рубеже IV–III вв. до н.э. жил в Египте Манефон, жрец, историк и астролог. Судя по остаткам глиняных табличек, чудом сохранившихся после гибели Александрийской библиотеки, он занимал должность «обозревателя звезд», ему было поручено составить календарь и вести летопись. Именно ему принадлежит первая попытка записать историю Египта. Написанная на греческом языке, его книга охватывала период от мифической древности до 30-й династии (343 г. до н.э.). Увы, впоследствии этот труд был утрачен, однако он, очевидно, был хорошо известен античным историкам — его цитировали и Иосиф Флавий, и Евсевий, и Георгий Синкелл.

Ему же принадлежит идея разделить фараонов на династии. Поначалу такой подход казался надуманным, но на практике он оказался полезным, и им до сих пор пользуются египтологи.

ИСТОРИЯ ДРЕВНЕГО ЕГИПТА	
VI тыс. лет до н.э.	В плодородной долине Нила развивается земледелие, появляются первые поселения.
IV тыс. лет до н.э.	Образуются крупные враждующие государственные объединения: Верхний Египет (Южное царство) и Нижний Египет (Северное царство).
Раннее царство (I-II династии); около 2950–2650 гг. до н.э.	В третьем тысячелетии до н.э. формируется единое государство со столицей в Мемфисе. Его царем становится владыка Верхнего Египта Менес (Нармер или Аха), родоначальник первой династии фараонов. Появляется иероглифическое письмо.
Древнее царство (III–VIII династии) (2650–2135 гг. до н.э.)	Укрепление древнеегипетского государства. Начинается возведение первых пирамид для захоронения фараонов. Создается одно из семи чудес света — великие пирамиды в Гизе. В конце Древнего царства в результате ослабления власти фараонов Египет распадается на провинции.
Первый переходный период (IX–X династии) (2135–2040 гг. до н.э.)	Период смуты. Между Фивами и Гераклеополем шло соперничество за контроль над Египтом. Затем правители Фив восстановили централизованное управление.
Среднее царство (XI–XII династии); 1975–1755 гг. до н.э.	Родоначальником XI династии становится фараон Ментухетеп I, а культурно-политическим центром страны — Фивы. Власть наместников в провинциях ослабевает. Войска египтян совершают множество военных походов, захватывают Нубию, защищают границы государства от кочевников. Правление фараонов Аменемхетов и Сенусертов, укрепивших власть и ослабивших позиции номархов (греч. <i>nomarches</i> , правитель нома — царский наместник в Древнем Египте, который возглавлял административный аппарат, суд и войско нома, ведал ирригацией, контролировал сбор налогов).
Второй переходный период (XIII–XVII династии); 1755–1540 гг. до н.э.	Постепенное ослабление центральной власти в Египте, период смуты, сопровождавшийся гражданскими войнами, голодом и вторжениями. Гиксосы (кочевые племена) устанавливают контроль над территорией Египта. Первый «царь-пастух» Салитис основывает новую столицу Нижнего Египта — Аварис. Затем фараон Верхнего Египта Камос (Камес) побеждает гиксосов. Столицей Египта становятся Фивы.
Новое царство (XVIII–XX династии); 1539–1075 гг. до н.э.	Расцвет египетского государства. Создаются знаменитые храмы в Карнаке, Луксоре, Абидосе и Абу-Симбеле, гробницы в Долине царей (в Фивах).
1473–1458 гг. до н.э.	Правление царицы Хатшепсут, отмеченное расцветом искусств и архитектуры. По велению Хатшепсут построен мощный торговый и военный флот, поощряются коммерческие связи с иноземными торговцами.
1479–1425 гг. до н.э.	Правление Тутмоса III, одного из величайших завоевателей.
1292–1190 гг. до н.э.	К власти приходит XIX династия, основанная военачальником Рамзесом I.
1190–1075 гг. до н.э.	Правление XX династии. Египет подвергается нападению со стороны ливийцев и народов моря (племена, жившие на островах Эгейского моря).
Третий переходный период (XXI–XXV династии); 1075–715 гг. до н.э.	Период упадка и распада египетского государства, отмеченный постепенным ослаблением власти фараонов и постоянными нашествиями ливийцев и нубийцев.
Поздний период (XXVI–XXXI династии); 715–332 гг. до н.э.	Страна попадает под власть персов (XXVII династия).
332 г. до н.э.	Египет завоевывает Александр Македонский. В дельте Нила основывается новая столица — Александрия.
Эллинистический период; 304–30 г. до н.э.	После смерти Александра Македонского власть получает один из его полководцев — Птолемей. Египет становится одним из крупнейших центров эллинистической культуры. Последней из династии Птолемеев царице Клеопатре при помощи Цезаря и Марка Антония удается расширить египетские территории. Однако Октавиан в конце концов захватывает Египет.
Римский период; 30 г. до н.э. – 395 г. н.э.	В 30 г. до н.э. Египет становится римской провинцией. В первых столетиях нашей эры здесь активно распространяется христианство.
Исламский период; с 641 г.	В 641 г. Египет завоевывает арабский военачальник Амр ибн эль-Ас. Столицей государства становится Фустат (на территории современного Каира). Начинается исламизация населения, христиане подвергаются гонениям. 969 г. — основан Каир. 1517 г. — Султан Селим I присоединяет Египет к Османской империи.



Мемфис. Общий вид раскопа

страж пустыни, во времена своей молодости не раз подвергался такому натиску стихии разлива, что лишь его голова вздымалась над мутными волнами.

Развитое сельское хозяйство Египта было невозможно без искусственной системы орошения. Уже в IV тысячелетии до н.э., в период бурного развития государства, в долине Нила сооружались сложные ирри-

гационные сооружения. Во времена же Среднего царства, в эпоху правления Аменемхета III, укрепившего власть центра и создавшего эффективную администрацию, было осуществлено строительство гигантского водохранилища в районе Фаюмского оазиса. Расположенная там огромная естественная котловина с помощью системы дамб, плотин, каналов и шлюзов была

превращена в искусственный резервуар, позволяющий накапливать воду в период разливов Нила и тем самым регулировать его уровень и орошать плодородные земли в округе, благодаря чему этот регион стал житницей Египта, долгое время снабжавшей хлебом весь греко-римский мир. Ирригационные системы просуществовали не одно тысячелетие, и следы их сохранились до наших дней.

Египет был стержнем целого ряда царств и народов, расположившихся на гигантской реке, которая определяла их жизнь и пути развития, а также в близлежащих пустынях. В каком-то смысле судьба великого государства представляет собой модель развития всемирной истории и позволяет сделать определенные выводы и о цивилизационных путях тех или иных государств.

Иероглифы судьбы

В попытках найти взаимопонимание с соплеменниками человек от языка жестов постепенно перешел к разговорной речи. Возникло рисунчатое письмо, превратившееся со временем в иероглифы, обозначающие не отдельные слова, а понятия, что отражало новый уровень сознания человека. Далее наметились два пути развития письменности. С одной стороны, возникло алфавитное письмо, дискретные знаки в линейной последовательности, заимствованные современной математикой и алгеброй (в алфавитных системах один знак (буква) обычно передает один звук), с другой — продолжали развиваться иероглифические культуры, такие как китайская и египетская.

В Египте долгое время параллельно существовало три вида письменности. Священным иероглифическим письмом делались в основном надписи религиозного или государственного значения, которыми покрывались стены храмов и гробниц и т.д. Первым исследователем, которому удалось расшифровать

МЕМФИС

Мемфис (греческая транскрипция древнеегипетского «Мен-нефер», что значит «прекрасная стена») был основан первым фараоном Менесом, объединившим около 3000 г. до н.э. Верхний и Нижний Египет. Город носил и другие названия — Хет-ка-Птах в честь бога Птаха, который почитался в здешних местах. Творец всего сущего занял место в общеегипетском пантеоне как покровитель искусств и ремесел, а еще позднее был соотнесен с Сокаром и Осирисом. Кстати, слово «Египет» тоже является производной от имени Птаха. Расцвет города пришелся на период Древнего царства, который поэтому часто называют Мемфисским.

Перестав быть столицей, Мемфис, однако, оставался одним из важнейших политических центров страны. А когда были разрушены языческие храмы, город перестал быть и религиозным центром.

После арабского завоевания была основана новая столица — Каир, строители которого использовали постройки древнего Мемфиса в качестве каменоломен. Однако еще в конце XII в., по свидетельствам путешественников, его величественные развалины тянулись от Дахшура до Гизы. Сегодня же здесь остались лишь холмы и бедные деревни Бадрашейн и Мит Рахина.

древнеегипетские иероглифы, стал французский ученый Жан-Франсуа Шампольон (1790–1832), опиравшийся на сравнения с греческой версией Розеттского камня.

Знаменитый Розеттский камень содержал надписи как на египетском, так и на греческом языках, что позволило ученому сопоставить иероглифы и их греческие эквиваленты, создав тем самым основу для перевода всех египетских иероглифических текстов. За книгу «Египет при фараонах» он в 1807 г. был единогласно избран членом Гренобльской академии, а в 1809 г. назначен профессором истории

Египет был центром многих царств и народов, тяготевших к гигантской реке.

Гренобльского университета. Спустя 13 лет Жан-Франсуа Шампольон выступил перед членами Французской академии с докладом, который вошел в историю науки под названием «Письмо к господину Дасье» и стал поворотным моментом в изучении Древнего Египта.

В обыденной жизни египтяне чаще пользовались иератикой, т.е. скорописью. Для нанесения знаков на папирусы они применяли тупые тростниковые палочки и краски. Написанные таким образом тексты использовались для практических нужд. Другой формой письма была демотика, т.е. «народное» письмо с упрощенным начертанием иероглифов, некоторые из которых использовались для фонетического письма. Однако важные документы долгое время продолжали писать иероглифами. Таким образом, за тысячелетия египетское письмо прошло длинный путь развития.

Начать с нуля

Египтяне не только раньше всех изобрели письменность, но и были первыми математиками. Самое поразительное то, что древнеегипетская математика была основана

на двоичной системе, которая используется в современных компьютерах. Кстати, шестидесятеричная система, которая до сих пор применяется для отсчета градусов и времени, заимствована из Двуречья.

Древнеегипетские теоремы не знали единой системы доказательств, существовали специальные инструкции или примеры того, как решать ту или иную задачу на основе определенных правил вычисления. Эти особенности объясняются тем, что в те времена математика носила прикладной характер: с помощью арифметики писцы учитывали урожай, рассчитывали количество

скота и т.д., а геометрия позволяла вычислять площади или объемы при измерении земельных участков или строительстве. Греки, в том числе и Пифагор, неоднократно посещавшие страну фараонов, переняли и развили математические знания древних египтян.

Мемфис, затерянный в веках

Археологическая экспедиция Центра египтологических исследований РАН ведет интереснейшие раскопки на месте расположения знаменитого Мемфиса — города с удивительной историей.

Изначально Египет не был единым, долгие годы Верхний и Нижний Египет соперничали между собой, пока примерно 3 тыс. лет до н. э. не объединились под началом царя Южных земель Менеса. Был ли он реальной исторической фигурой? Ряд исследователей отвечают на данный вопрос положительно и считают, что он носил имя Нармера или Аха. Столицей объединенного государства стал Мемфис, который упоминается практически во всех письменных источниках того времени. Город был крупным политическим и административным

центром, в период Древнего царства (который, кстати, иногда называют Мемфисским периодом) в столице и окрестностях проживало до 50 тыс. человек. На протяжении веков Мемфис пережил взлеты и падения, но никогда не утрачивал свой статус. После основания в 332 г. до н. э. новой столицы, Александрии, Мемфис отошел на второй план, постепенно пришел в упадок и затерялся среди песков. К VII в. н.э. никто уже не мог сказать, где цвела и шумела древняя столица Египта.

Однако слава города не давала покоя любителям истории. В 1799 г. Наполеон организовал специальную комиссию, которая признала деревню Мит-Рахина тем самым местом, где некогда располагался древний Мемфис. Сейчас в этом районе работают английские и французские археологи, однако пока им не удалось найти никаких следов города времени Древнего царства.

Российские ученые выдвинули свою версию местонахождения древней столицы в районе Ком-Туман. Перед началом раскопок наши геофизики провели здесь ряд исследований, способных подтвердить правильность догадки. Известно, что за прошедшие тысячелетия Нил неоднократно менял русло, порой смывая с лица земли целые поселения. Однако отечественные ученые обнаружили, что воды реки ни разу не изменили местоположения древнего города, поскольку в эпоху Древнего царства там существовала дамба. Электроразведка показала, что внутри телля (искусственного холма) расположен 12-метровый культурный слой, под которым, возможно, погребены тайны Древнего царства. Однако пока российская экспедиция проводит раскопки верхних слоев, которые тоже дали интересные результаты. В частности, были обнаружены мощные стены. Очевидно, здесь существовали оборонительные сооружения: внутри стен были найдены персидские наконечники стрел. Можно ▶



Дейр эль-Банат

предположить, что данный строительный горизонт относится ко времени завоевания Мемфиса персами (525–404 гг. до н.э.).

Находки позволяют судить об образе жизни города. В частности, сохранились разнообразные сосуды с надписями и оттисками печатей, свидетельствующие о том, что жители торговали вином, зерном, различными изделиями ремесленников. Раскопки свидетельствуют о том, что город был велик, многолюден и интернационален. Исследование артефактов методом углеродного анализа позволит осуществить их более точную датировку и затем сравнить полученные данные с известными письменными источниками. На протяжении столетий Мемфис процветал. Здесь сходились самые оживленные торговые пути, его улицы оглашал многоголосый говор разноязыкой и разноплеменной толпы. Пожалуй, не будет преувеличением назвать его величайшим перекрестком культур древнего мира. Как же уживался вместе весь этот пестрый люд?

Большой заслугой египетских фараонов была их веротерпимость.

После завершения завоевательных войн боги покоренных народов включались в египетский пантеон, а вожди вводились в государственную администрацию. Таким образом удавалось избежать религиозной вражды и междоусобной борьбы. Властитель завоеванной территории мог сохранить свой трон и передавать его сыну, если он проявлял лояльность по отношению к центральной власти.

Сегодня, когда миграционные процессы приобретают глобальные масштабы и людей мучает вопрос об интеграции пришельцев, опыт древних цивилизаций оказывается очень ценным и полезным.

При разумной политике коренное население может благополучно и плодотворно уживаться с любыми мигрантами и этническими группами. «Пришлый люд» способен не только «вливать свежую кровь» и способствовать решению многих демографических проблем, но и поделиться новыми ценностями, представлениями, верованиями, обогащая культуру и цементируя общими интересами цивилизацию. Таков мудрый урок, извлеченный из глубины веков.

Битва солярных богов

В результате раскопок, проводившихся российскими исследователями в Египте, были обнаружены интереснейшие памятники материальной культуры, доселе погребенные под слоем земли и песка. Вскрывался один пласт за другим, и из небытия возникали очертания жилищ и храмов, предметы домашнего обихода, культовые принадлежности, саркофаги, искусные ювелирные украшения и другие удивительные находки. Удалось также обнаружить фрагменты папирусов, в основном религиозного содержания, и других документов, высеченных в камне и написанных на глиняных сосудах, проливающие свет на различные этапы исторического развития древней цивилизации и на повседневный быт людей того времени.

Письменные источники помогают лучше понять как политическое устройство страны, так и уклад жизни, раскрыть роль той или иной исторической личности. Например, архив Эхнатона (фараона XVIII династии Аменхотепа IV, вступившего на трон в 1353 г. до н.э.), религиозного преобразователя, чье влияние вышло за пределы его собственной страны, обнаруженный в его столице Ахетатоне, позволил многое узнать о периоде его правления. Оказалось, например, что Эхнатон был одним из первых, кто вел регулярную переписку с правителями хеттского государства, расположенного в Малой Азии, при нем было заключено несколько мирных договоров. В те времена Египет поддерживал дипломатические отношения со многими государствами Древнего Востока.

На период Нового царства пришелся новый расцвет Египта, хотя организация администрации претерпела некоторые изменения. В отличие от Древнего царства, опорой трона фараонов стали выходцы из среды воинов, чиновников и землевладельцев. Позиции жречества

заметно усилились, укрепилось их политическое влияние, возросла их экономическая состоятельность, поскольку многочисленные богатства и рабы, захваченные в ходе военных кампаний, стекались в храмы, прежде всего в столичное святилище Амона. Чтобы ограничить власть жречества, Аменхотеп IV провел религиозную реформу и вместо целого сонма божеств повелел поклоняться единому богу Атону, воплощенному в образе солнечного диска. Это была удивительная, опередившая свое время попытка ввести единобожие. В угоду своему излюбленному божееству фараон-солнцопоклонник свое прежнее имя Аменхотеп, что означало «Амон доволен», заменил новым — Эхнатон, «Угодный Атону». В трехстах километрах к северу от Фив была основана новая столица, Ахетатон («Горизонт Атона»). Реформа имела колоссальное значение для укрепления власти фараона в Египте и борьбы с экономическим могуществом жрецов. В царствова-



Находки из Дейр эль-Баната: фигурка Гарпократа и маска саркофага

столицу в Фивы. Впрочем, это были единственные заметные деяния Тутанхамона — он умер совсем молодым, и не оставил особого следа в истории. Он приобрел широкую известность лишь после того, как

нем и Атона, и поклонявшегося ему фараона. В результате «битвы богов» погибли многие памятники великой культуры.

Религиозная реформа Эхнатона была едва ли не первой и единственной попыткой установления культа единого бога, предпринятой задолго до зарождения первых великих мировых религий: иудаизма и христианства. После смерти фараона-вероотступника древняя вера вспыхнула с новой силой, получили развитие культы синкретических богов, имеющих множество функций, имен и ипостасей и являющихся квинтэссенцией различных верований. С одной стороны, подобное слияние нескольких культов можно расценивать как своеобразное стремление к единобожию. С другой стороны, оно отражает цивилизационные процессы, напоминающие те, что сегодня протекают в современной науке, стремящейся обобщить результаты исследований в различных областях и выработать некий междисциплинарный подход к глобальным проблемам, способный привести к общему методологическому и интеллектуальному знаменателю. Таков второй урок древних египтян. ▶

Царский тайник хранил останки целых поколений фараонов и жрецов, служивших им.

ние Эхнатона культ Атона стал официальным государственным культом. Однако насаждаемый сверху жесткий религиозный диктат редко находит понимание в народе, приверженном верованиям своих предков. Кроме того, новым веяниям резко противилось жречество. В результате уже через несколько лет после смерти Эхнатона все древние египетские боги были «восстановлены в своих правах», а во главе их снова встал Амон. Все вернулось на круги своя.

Вскоре после смерти фараона-солнцопоклонника на престол взошел Тутанхамон. Собственно, сначала он звался Тутанхатон, т.е. «Живой образ Атона». Но, придя к власти, он принял новое имя, восстановил культ Амона и перенес

была открыта его гробница — единственное из обнаруженных до сих пор захоронений древнеегипетских фараонов, которое осталось неразграбленным и в первозданном виде донесло до нас все свое погребальное величие. Открытие гробницы Тутанхамона стало одной из крупнейших археологических сенсаций XX в. и увековечило имя безвременно ушедшего юного фараона.

Низвержение одних богов и возвеличивание других в обоих случаях сопровождалось варварскими деяниями. Так, Эхнатон повелел повсеместно уничтожить само имя Амона, который, вернувшись, «отомстил» руками своих приверженцев — со стен храмов и стел в свою очередь сбивались картуши с име-



Царский тайник ТТ 320

Царский тайник

Сейчас российско-германская научная экспедиция работает также в Луксоре, в так называемом царском тайнике (ТТ 320), который до сих пор остается одной из самых значительных археологических находок в Египте. Вход в него находится в одном из природных амфитеатров, образованном скалами Дейр

эль-Бахри, к северо-западу от храма Хатшепсут. Здесь много веков назад были погребены и надежно скрыты от чужих глаз мумии могущественных фараонов — Тутмоса III, Рамзеса I, Сети I, Рамзеса II и других властителей. Скалы свято хранили доверенную им тайну умерших, веками никто не тревожил их покой. Захоронение случайно обнаружили

около 1874 г. местные жители, и в последующие годы на черном рынке Луксора стали появляться уникальные произведения древнеегипетского искусства и папирусы. Местные власти заинтересовались источником поступлений. К этому времени Египет уже осознал всю ценность своих неразгаданных тайн, была создана Египетская служба древностей, охранявшая сокровища от разграбления. Во главе организации стоял Г. Масперо, который принял экстраординарные меры, чтобы пресечь разрушительную деятельность местного населения. Подозрение пало на Абд эль-Рассула, известного расхитителя гробниц. Говорят, что он за определенную мзду рассказал, где находятся захоронения. Согласно другой, менее приятной версии, его били палками по пяткам до тех пор, пока он не сознался. Однако подлинные обстоятельства открытия, как, впрочем, и история извлечения сокровищ из тайника, до сих пор остаются невыясненными.

В 1881 г. Масперо уехал во Францию в отпуск, а вместо него на посту главы Египетской службы древностей остался Эмиль Бругш, американский фотограф. В отсутствие своего начальника он спустился в тайник и обнаружил множество саркофагов с останками царей и цариц, богатую погребальную утварь. По непонятным причинам он за три дня в спешке извлек бесценные памятники, не сделав при этом ни фотографий, ни зарисовок, ни описания находок и их расположения, не составив даже плана гробницы. Значительную часть богатств — 40 саркофагов с мумиями фараонов и вельмож, около 6 тыс. предметов — удалось спасти, однако многое было утрачено. Некоторые артефакты из «царского тайника» таинственным образом оказались в Лувре, Британском музее и других собраниях. Но, тем не менее, и в Каирском музее сохранилась внушительная коллекция уникальных находок.

ЭКСПЕДИЦИЯ В ПРОШЛОЕ

В 1998 г. Центром египтологических исследований РАН, Институтом египтологии и коптологии Мюнстерского университета и международным научным фондом «Гносарч» была организована экспедиция с целью расчистки «царского тайника» и копирования надписей при входе в него. Результаты исследований позволяют уточнить историю гробницы.

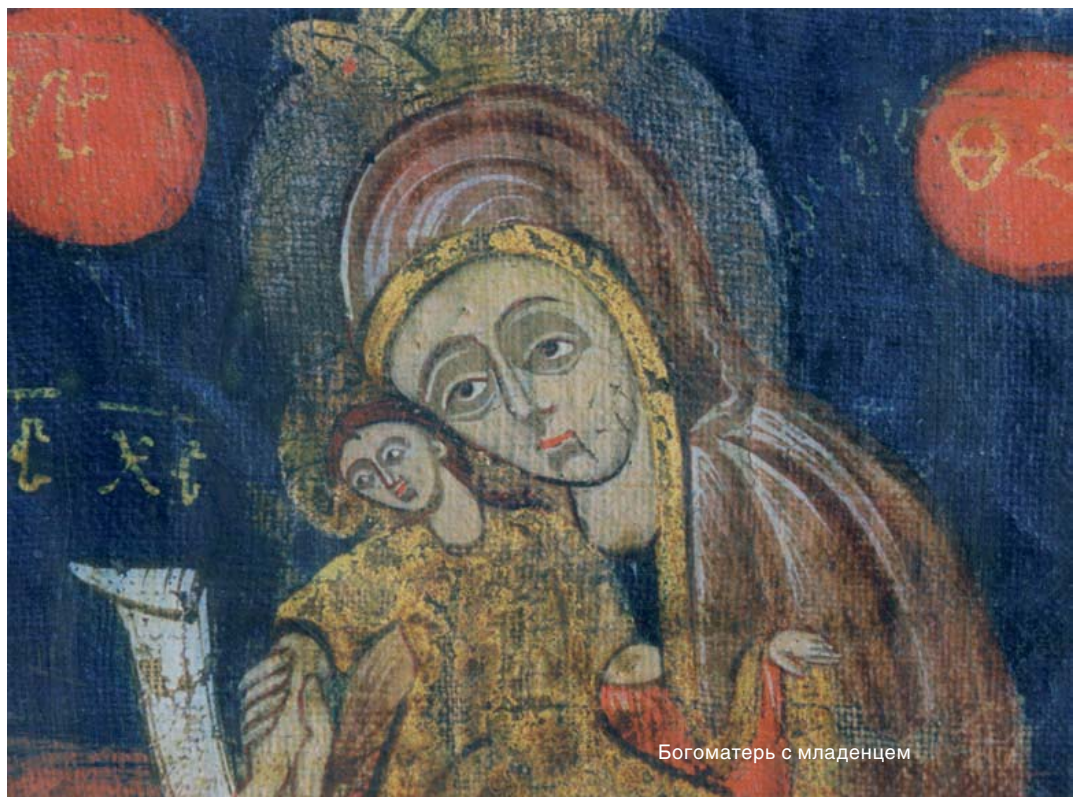
Архитектором Н. Решетниковой был составлен точный план гробницы. Однако установить первоначальный порядок расположения мумий и саркофагов не удалось: сведения, сохранившиеся в записях разных лет (составленные по отчету Эмиля Бругша, записанного по памяти Г. Масперо и М.Э. Вильсоном), часто расходятся. Также остается загадкой, переставлял ли саркофаги Абд эль-Рассул, первым обнаруживший захоронение. В ходе археологических исследований впервые был составлен план гробницы, чертежи внесли коррективы в выводы ученых относительно времени и методов постройки гробницы, а найденные фрагменты саркофагов (в том числе Рамзеса I) и погребальной утвари позволят воссоединить многие объекты, находящиеся в различных египетских коллекциях. Российские египтологи надеются, что им удастся организовать в Каире, а потом и в Москве, выставку находок, обнаруженных за четыре полевых сезона.

Многие исследователи пытались восстановить историю «царского тайника», опираясь на сохранившиеся надписи и порядок расположения мумий. Однако насколько достоверными были полученные данные, судить трудно, поскольку саркофаги были основательно разграблены, и их не раз перемещали с места на место. Кроме того, в тайнике хранилось огромное число мумий, при извлечении которых археологический контекст не фиксировался. Таким образом, установить, кому первоначально принадлежала гробница, трудно. Известно, однако, что там был погребен верховный жрец Пайноджем II, который отвечал за сохранность мумий и их «имущества».

Еще Мосперо обратил внимание, что в гробнице находились две группы мумий: первую составляли фараоны и их придворные, первоначально похороненные в собственных гробницах в Долине царей, а ко второй относились останки жрецов и членов их семей, которые были хранителями могил царей и своих предшественников. Так возникло предположение, что гробница изначально была семейным склепом Пайноджема II. В пользу данной версии свидетельствуют относительно целые и неразграбленные саркофаги членов его семьи, найденные в погребальной камере, в то время как внесенные позже стояли по ее сторонам и в проходах. Кроме того, обнаружены надписи, оставленные при входе древнеегипетскими чиновниками, хоронившими служителей культа и их родных, а на пеленах мумии Рамзеса IX сохранились личные клейма членов жреческой семьи.

Перевоплощения Анубиса

Цивилизация Древнего Египта не только была уникальна сама по себе, но и оказала колоссальное влияние на всю дальнейшую историю человечества. Отголоски этой древней культуры встречаются в самых

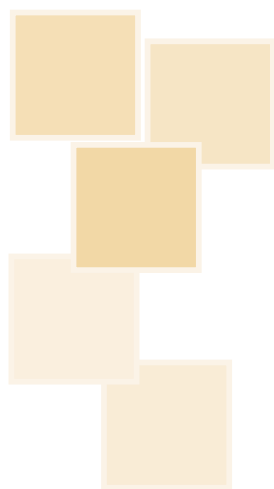


Богоматерь с младенцем

неожиданных местах и эпохах. Сюжеты, заимствованные из древнеегипетского искусства, вдохновляли живописцев и даже, как ни странно, иконописцев. В этом убедились российские специалисты, реставрировавшие настенную живопись в церкви Богородицы в Старом Каире, воздвигнутой около тысячи лет назад и называемой «эль-Муаллака», или «Висячая церковь».

Совершенно удивительным представляется образ христианского святого Христофора Кинокефала (Псеглавца) — он как две капли воды похож на египетского бога подземного мира Анубиса, который в своем царстве следил за взвешиванием сердец умерших. По легенде, Христофор происходил из племени кинокефалов (псеглавцев, от греческих слов «собака» и «голова») — об этих удивительных существах (равно как и о многих других чудесных созданиях) охотно повествовали средневековые бестиарии, их якобы видел знаменитый купец-путешественник Марко Поло. Как в католической, так и в православной традиции остался странный образ

мученика, пострадавшего за веру в Ликии около 250 г. Его почитали в Испании, Франции (в соборе Сен-Дени хранятся его мощи) и даже на Руси как защитника от эпидемий. Иконы, изображающие псеглавного святого, имеются в Софии, Санкт-Петербурге и в Афинах, в его честь освящались и московские храмы. Особый интерес вызывает лик мученика Христофора на иконе второй половины XVII в., которая служила одной из дверей иконостаса, ведшей в дьяконник церкви Святого благоверного князя Александра Невского в деревне Ивачево Кирилловского района. Но диковинный облик святого, видимо, очень смущал церковных иерархов, и Большой московский собор 1667 г. запретил писать его образ, дабы не прельщать души прихожан. С тех пор на большинстве изображений мученик принял человеческий облик. Однако в глубинке, подальше от сурового взгляда верховного духовенства, иконописцы продолжали писать странный образ человека-пса. ■



ФЕРМЕНТЫ для молекулярной биологии и генетической инженерии

Значительные достижения последних лет в области молекулярной биологии и генной инженерии во многом связаны с успешным использованием ферментов нуклеотидного обмена.

К числу таких ферментов относятся ДНК- и РНК-полимеразы, обратные транскриптазы, обеспечивающие воспроизведение молекул нуклеиновых кислот в клетке; ДНК-метилтрансферазы, ответственные за присоединение к ДНК метильных групп; эндонуклеазы рестрикции, способные узнавать специфические последовательности нуклеотидов в ДНК и разрезать ДНК в определенных местах; ферменты репарации; исправляющие ошибки (мутации) в ДНК, ДНК-лигазы, сшивающие нити ДНК и т.д.

Из большого арсенала методов анализа ДНК полимеразная цепная реакция (ПЦР), основанная на циклической репликации матрицы (реакцию проводят, циклически поднимая и понижая температуру, обычно в пределах от 40–55 до 95°C), наиболее широко применяется в генно-инженерной практике и клинической диагностике. В основе современной методологии ПЦР лежит использование термостабильной ДНК-полимеразы из термофильной бактерии *Thermus aquaticus* (Taq-ДНК-полимеразы). Температурный оптимум ферментативной активности Taq-ДНК-полимеразы составляет 70–72°C, фермент сохраняет активность и при 95°C. Taq-ДНК-полимераза состоит из двух глобулярных пространственно разделенных доменов: полимеризационного, осуществляющего встраивание нуклеотидов в растущую цепь ДНК, и домена, обладающего 5'–3'-экзонуклеазной активностью. Благодаря 5'–3'-экзонуклеазной активности Taq-ДНК-полимеразы расщепляет небольшие фрагменты ДНК, присоединенные к цепи ДНК, которая используется в качестве матрицы при полиме-

ризации. Такое свойство фермента нашло применение в количественных методиках ПЦР для разрушения флуоресцентных зондов.

Однако с точки зрения современных требований, предъявляемых к полимеразам, Taq-ДНК-полимераза обладает рядом недостатков. Фермент допускает ошибки при полимеризации ДНК, не способен к синтезу достаточно протяженных фрагментов НК, не обладает корректирующей (3'–5'-экзонуклеазной) активностью, недостаточно термостабилен, имеет невысокую скорость полимеризации и процессивность. 5'–3'-экзонуклеазная активность Taq-ДНК-полимеразы не удовлетворяет требованиям современных методов анализа ДНК. Нативный фермент не может использовать РНК в качестве матрицы.

Ряд отмеченных проблем можно снять, применяя в ПЦР ДНК-полимеразы из гипертермофильных архейных микроорганизмов, способных существовать при температурах, близких к температуре кипения. Например, фермент из микроорганизма *Pyrooccus furiosus* обладает более высокой термостабильностью и точностью при синтезе ДНК, способен обеспечивать синтез протяженных фрагментов НК. Такие свойства фермента являются следствием наличия у него 3'–5'-корректирующей нуклеазной активности. Среди недостатков Pfu-ДНК-полимеразы следует отметить относительно низкую эффективность полимеризации, более низкую по сравнению с Taq-ДНК-полимеразой скорость полимеризации, отсутствие способности к синтезу ДНК на матрице РНК.

Таким образом, фермент со свойствами, оптимальными для ПЦР, в природе пока не обнаружен. Создание эффективной ДНК/РНК полимеразы — актуальная задача сегодняшнего дня.



Создание эффективной ДНК/РНК полимеразы

Ученые из лаборатории генетической регуляции биохимических процессов НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи РАМН под руководством кандидата биологических наук Владимира Лунина имеют существенный опыт в области создания продуцентов ферментов для молекулярной биологии и генетической инженерии. Группой исследователей проклонированы гены и созданы эффективные продуценты следующих ферментов нуклеотидного обмена: *Thermus aquaticus* ДНК полимеразы, *Thermus thermophilus* ДНК полимеразы/ревертазы, Klenow фрагмента ДНК полимеразы I *E. coli*, M-MLV ревертазы (Moloney), *Thermus thermophilus* неорганической пирофосфатазы (PPi), *Thermus thermophilus* ДНК лигазы, *E. coli* ДНК-лигазы, T4 ДНК-лигазы, *Thermus thermophilus* РНКазы H, *E. coli* РНКазы H,

T4-полинуклеотид киназы, урацил-ДНК-гликозилазы *E. coli* (UDG), *Thermus aquaticus* структуроспецифической эндонуклеазы (5'-3'-экзонуклеазы).

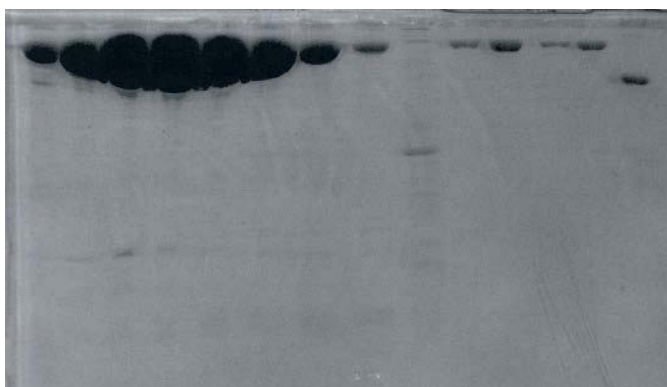
С помощью методов генной и белковой инженерии ученые получили модифицированные производные и разработали технологии получения полимераз второго поколения: *Thermus aquaticus* ДНК-полимеразы без ДНК *E. coli*, *Thermus aquaticus* ДНК-полимеразы без ДНК *E. coli* и *Homo sapiens*, химически модифицированной *Taq*-ДНК-полимеразы (*Thermostar* ДНК полимеразы) со встроенным «горячим стартом», *Taq*-ДНК-полимеразы в комплексе с моноклональными антителами, также обеспечивающими «горячий старт», генетически модифицированной *Taq*-ДНК-полимеразы для секвенирования ДНК.

Препараты ферментов имеют низкую себестоимость и ориентированы на массовое применение. По своим качественным характеристикам они соответствуют ▶



мировому уровню и широко используются в генно-инженерной и молекулярно-биологической практике в России.

Из оригинальных ферментов и реагентов для генетической инженерии учеными лаборатории проклонированы гены и созданы следующие препараты: ДНК-полимераза из *Archaeoglobus fulgidus* — гипертермофильного архейного микроорганизма (данный фермент лишь на 37% гомологичен *Pfu*-ДНК-полимеразе); АТФ-зависимая ДНК-лигаза из *Archaeoglobus fulgidus*; активатор *Taq*-ДНК-полимеразы — неспецифический ДНК-связывающийся белок, повышающий точность и эффективность работы *Taq*-ДНК-полимеразы; *NC*-белок вируса лейкемии кошек — неспецифически ДНК/РНК-связывающий белок, повышающий эффективность работы *M-MLV* ревертазы; фрагмент тяжелой цепи моноклонального антитела к *Taq*-ДНК-полимеразе; *Hot Start Compound (HS)* — химически синтезированный олигонуклеотид, образующий комплекс с *Taq*-ДНК-полимеразой и ингибирующий ее активность при низкой температуре.



Получение ферментов нуклеотидного обмена с улучшенными характеристиками

В настоящее время в лаборатории планируется создать новые ферменты с улучшенными свойствами для целей амплификации и модификации нуклеиновых кислот и провести масштабирование процессов их выделения и очистки.

Стандартным подходом для улучшения свойств полимераз стало получение химерных белков, в которых к полимеразному домену присоединен неспецифический ДНК-связывающийся домен. Химерные полимеразы будут иметь улучшенные характеристики в точности и скорости синтеза, процессивности, продуктивности, способности к синтезу протяженных фрагментов и устойчивости к высоким концентрациям солей. В соответствии с этой идеологией исследователи из лаборатории генетической регуляции биохимических процессов НИИЭМ им. Н.Ф. Гамалеи РАМН работают над созданием химерных полимераз (традиционных из *Thermus aquaticus*, *Pyrococcus furiosus* и оригинальных из *Thermotoga neapolitana*, *Archaeoglobus fulgidus*) с описанным в литературе ДНК-связывающим доменом *Sso7d* и проклонированным авторами из *Thermus aquaticus* термостабильным неспецифическим ДНК-связывающим доменом. Разрабатывается химерная *M-MLV* ревертаза с неспецифически ДНК/РНК-связывающим *NC* белком вируса лейкемии кошек; химерные 5'-3'-экзонуклеазы (структуроспецифические эндонуклеазы) (традиционные из *Thermus aquaticus*, *Pyrococcus furiosus* и оригинальные из *Thermotoga neapolitana* и *Archaeoglobus fulgidus*) с термостабильными неспецифическими доменами, связывающими двухцепочечную ДНК.

Создание улучшенных вариантов ДНК полимераз с «горячим стартом»

Исследователи под руководством Владимира Лунина проклонировали фрагмент моноклонального однодоменного антитела к *Taq*-ДНК-полимеразе, получили его эффективный бактериальный продуцент и в настоящий момент изучают ингибирующие свойства однодоменного антитела. На основе полученных данных будет создан препарат *Taq*-ДНК-полимеразы с однодоменным антителом, образующим комплекс с ферментом и, таким образом, обеспечивающим «горячий старт» ПЦР.

Системы, предотвращающие контаминацию, с использованием урацил-ДНК-гликозилаз

Высокая чувствительность метода ПЦР обуславливает и основную проблему применения самого метода — контаминацию (загрязнение лабораторного помещения продуктами ПЦР). В основе ПЦР-контаминации лежит попадание из внешней среды в реакционную смесь специфических и неспецифических молекул ДНК, способных служить мишенями в реакции амплификации

и давать ложноположительные результаты. Одним из основных способов борьбы с контаминацией является использование в реакционной смеси вместо одного из нуклеозидтрифосфатов — дезокситимидинтрифосфата (*dTTP*), неканонического, характерного для РНК, дезоксиуридинтрифосфата (*dUTP*). В результате получаемые фрагменты ДНК оказываются «мечеными» дезоксиурацилом. Специальный термолабильный фермент — урацил-ДНК-гликозилаза (*UDG*) используется для предобработки реакционной смеси перед проведением ПЦР. *UDG* выщепляет дезоксиурацил из ДНК и делает непригодными для полимеразной реакции случайно попавшие в пробирку контаминирующие фрагменты. В то же время природная матрица не содержит дезоксиурацила и с нее начинается нарабатываться специфический продукт (в свою очередь, меченый дезоксиурацилом). Специфический продукт во время реакции остается интактным и не расщепляется *UDG*, поскольку присутствующий в пробирке термолабильный фермент инактивируется в первые же минуты при нагревании реакционной смеси до 95°C. Данная технология реализована в нескольких полученных учеными универсальных ПЦР-наборах с урацил-ДНК-гликозилазой, дезоксиурацил-трифосфатом и разными вариантами ДНК-полимераз со встроенным «горячим стартом».

Свойства созданных ферментов и характеристики исследовательских наборов будут испытаны в различных методиках, применяемых в молекулярно-биологической и гено-инженерной практике в институте молекулярной генетики РАН, НИИ эпидемиологии и микробиоло-



гии им Н.Ф. Гамалея РАМН. Разработанные на основе новых ферментов ПЦР-наборы пройдут проверку при тестировании патогенных и генетически модифицированных микроорганизмов в НИИЭМ им Н.Ф. Гамалея РАМН и при выявлении генетически модифицированных растений в Институте питания РАМН. ■

ОБ АВТОРАХ:

Владимир Лунин — кандидат биологических наук, руководитель лаборатории генетической регуляции биохимических процессов ГУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи РАМН.

Елена Демыгина — корреспондент журнала «В мире науки».

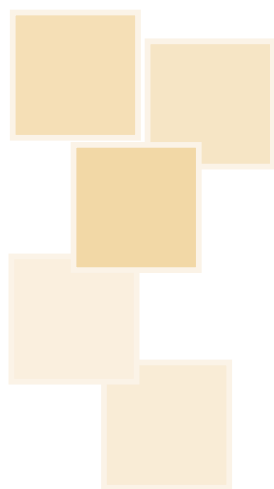
О ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 годы».

Из интервью генерального директора открытого акционерного общества «Институт прикладной биохимии и машиностроения» Андрея Мошкина Национальному информационному центру по науке и инновациям ScienceRF.ru

«Безусловно, это шаг в правильном направлении. Общество в лице экспертов, ученых, промышленников обсуждает, что нужно стране. Затем деньги общества в виде налогов концентрируются на выбранных направлениях развития. Вопрос только в том, кто эти эксперты, как определяются эти программы, и какова форма отбора договоров на финансирование в выбранных направлениях. Здесь у нас, конечно, российский опыт и российские реалии. Но сама по себе идея, безусловно, положительная.

Масштаб влияния на науку определяется теми ресурсами, которые выделены под эту программу. Суммы в 10-20-30 млн. рублей никакого влияния не окажут. Если это миллиарды рублей, о которых говорят, и такие деньги у правительства есть, то тогда, конечно, масштаб значителен. Приведет ли это к положительным результатам, и подвигнет ли инновации и экономику страны к развитию, определяется многими факторами, в том числе, правильностью отбора этих проектов. Если они отобраны правильно, то тогда, конечно, вся страна сделает следующий шаг, если сделаны ошибки в данном процессе, тогда эти деньги будут потрачены впустую».



ВОДОРОД — наше будущее

Интерес к исследованиям проблем водородной безопасности в последнее время значительно вырос. Не последнюю роль в этом сыграли намерения ряда стран Европейского союза, США, Японии и Канады — развивать водородную энергетику ускоренными темпами. Перспектива перевода общественного транспорта и энергетических производств на новый вид топлива, позволяющий в значительной мере снизить уровень загрязнения окружающей среды, выглядит очень заманчиво.

С развитием водородной энергетики особую значимость приобретают вопросы безопасности, решение которых — задача многоплановая. Наряду с необходимостью дальнейшего изучения режимов горения водородно-воздушных смесей возникла потребность в создании новых приборов, подавителей реакций — ингибиторов, а также в разработке соответствующих нормативных документов.

Экспериментальные исследования

Исследования нестационарного горения водородно-воздушных смесей играют значительную роль в решении проблем безопасности, так как при нем могут возникать высокие давления, намного превышающие давление во фронте стационарной детонации. Нестационарное горение газовых смесей представляет собой вторичные очаги горения и взрывов, образовавшихся в результате сжатия смеси ударными волнами, порожденными первичным фронтом пламени и усилившимися при многократном прохождении через него и реакционную среду.

Такие режимы изучены крайне мало, особенно в условиях больших объемов, где нестационарное горение может развиваться от сравнительно слабого источника

энергии, значительно меньшего, чем требуется для возбуждения детонации.

Разрабатываемые учеными приборы — датчики давления, дожигатели, клапан сброса давления — обладают существенными элементами новизны, значительно расширяющими их эксплуатационные характеристики. Комплекс исследований ведется в рамках федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 гг.» группой институтов во главе с Институтом теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН (ИТЭС ОИВТ РАН).

При разгерметизации сосудов с водородом, находящихся под давлением 150–200 ата и выше, иногда возникает возгорание. Созданная в рамках проекта физико-математическая модель импульсного истечения водорода показала, что самовоспламенение возможно в результате возникновения перед холодным расширяющимся потоком газа стартовой ударной волны, на которой температура повышается, переходя параметр торможения, что приводит к воспламенению образующейся на контактной поверхности смеси горючего газа с воздухом.

В ходе выполнения проекта разрабатывается выпускное сопло, специальная форма которого позволяет снизить температуру стартовой ударной волны, выводя ее за показатели воспламенения. Эта работа ведется под руководством заведующего отделом ИТЭС ОИВТ РАН Виктора Голуба.

Создаваемые ингибиторы нового поколения в своей основе имеют идеи заведующего лабораторией Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН), члена-корреспондента

РАН Вилена Азатяна. Заслуга ученого состоит в том, что он отошел от ранее принятого утверждения, согласно которому цепной механизм горения имеет существенное значение только при низких давлениях порядка нескольких торр. В. Азатян предположил, что цепной механизм играет существенную роль и при атмосферном, и при более высоком давлении. В результате им была разработана теория цепно-теплового взрыва.

Для прогнозирования развития аварийных ситуаций и их последствий трудно переоценить важность расчетных работ. Польза от них будет лишь в том случае, если полученные результаты адекватно отражают реальные процессы. Для этого расчетные программы должны проходить процессы валидации и верификации на надежных экспериментальных результатах. В научной литературе по отдельным вопросам, связанным с горением водорода, в экспериментальных данных имеется значительный разброс, поэтому проект включает отбор надежной информации для верификации и валидации расчетных программ по горению, детонации и взрыву газа. Эта работа ведется под руководством старшего научного сотрудника Института водородной энергетики и плазменных технологий РНЦ «Курчатовский институт» (ИВЭПТ) Игоря Кириллова.

Разработка национального стандарта

Работы по проекту «Разработка методов и средств обеспечения безопасности, создание кодов и стандартов безопасности для водородной энергетики» условно можно разделить на три части:

- исследование малоизученных режимов, имеющих большое значение для безопасной работы с водородом;
- создание отдельных устройств, которые необходимы для обеспечения безопасности водородной энергетики: датчиков водорода, водородных рекомбинаторов (каталитических дожигателей) и др;
- обобщение имеющегося опыта для создания нормативных документов, регламентирующих безопасную работу с водородом.

Существенную часть проекта составляет разработка нормативных документов по безопасному использованию водорода.

Ранее общегосударственных документов, регламентирующих работу с водородом, в нашей стране не было. Использовались документы по пожаробезопасности, работе с горючими газами и сосудами под давлением. В то же время, в отдельных отраслях промышленности, в первую очередь, в космической и химической, был накоплен огромный опыт, который лег в основу создания отраслевых стандартов. Однако, они были недоступны широкой общественности, так как имели гриф «для служебного пользования».

Три года назад в России был принят закон о техническом регулировании, в соответствии с которым должны



Сферическая камера 13ЯЗ объемом 900 м³

существовать общие и специальные регламенты, имеющие статус государственного закона, а также национальные стандарты и стандарты предприятий.

Усилия исполнителей проекта направлены на разработку национального стандарта по безопасности водородной энергетики, в котором предлагается учесть опыт, накопленный в промышленности при разработке соответствующих документов с широким привлечением достижений науки.

Руководит комплексом работ заведующий лабораторией ИТЭС ОИВТ РАН, кандидат технических наук Вячеслав Петухов. Соисполнителями выступает коллектив ученых, представляющих конгломерат институтов. Так, работами в ИВЭПТ руководит заместитель директора Сергей Коробцев. Директор отделения Александр Ефанов и начальник лаборатории Сергей Калякин курируют научно-исследовательский процесс в ГНЦ РФ Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского (ФЭИ). В ИСМАН исследования возглавляет член-корреспондент РАН Вилена Азатян.

Работы по водородной безопасности

Исследования в данном направлении учеными ИТЭС ОИВТ РАН ведутся давно. Процессы горения водородно-воздушных и водородно-кислородных смесей изучались на ударных трубах разного калибра, на детонационных установках. Прорабатывались вопросы нестационарного горения водородно-воздушных смесей в кумулирующих элементах и больших объемах, в том числе на сферической камере 13ЯЗ объемом 900 м³. Специалисты ИСМАН активно ведут работы по созданию ингибиторов ▶



Крышка нижнего люка весит 600 кг, для ее отвода используется специальная тележка.

нового поколения, регулирующих скорость горения химическим способом, и их использованию для повышения безопасности различных объектов.

Учеными накоплен большой опыт по созданию датчиков водорода и каталитических дожигателей. ФЭИ разработал макет газоанализатора водорода ГВ-01 для измерения парциального давления в парогазовой среде помещений защитной оболочки АЭС при концентрации от 0 до 100% (об.).

В ИВЭПТ созданы быстродействующие датчики на основе тонкопленочной керамики с применением TAF-технологии. Разработанная ими физико-химическая модель протекания газа через элементы высокопористого ячеистого материала позволяет оптимизировать процессы сжигания. Создаваемый в ФЭИ водородный рекомбинатор успешно работает в диапазоне концентраций от 0,1 до 25% (об.).

Весь этот багаж знаний должен помочь в исследованиях различных аспектов водородной безопасности.

Горение в больших объемах

Горение водородно-воздушных смесей в больших объемах стало интенсивно исследоваться после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Существует мнение, что в трагедии Чернобыля и аварии в США на станции Три-Майл-Айленд взрыв водорода сыграл свою роль.

Результаты, полученные в трубах диаметром до 100 мм и длиной порядка 100 калибров, в сферических и цилиндрических бомбах небольших объемов порядка нескольких десятков литров, не всегда правильно экстраполируются на большие реальные объемы.

В то же время, вопросы горения водородно-воздушных смесей в больших объемах имеют существенное экономическое значение. Например, при создании безопасной атомной станции значимым является вопрос, на какое давление рассчитывать защитную оболочку-контеймент, чтобы она в случае тяжелой аварии с расплавлением активной зоны и выделением большого

количества водорода могла выдержать нагрузку при его возгорании. Современные контейменты способны выдержать 5–7 ата, то есть они могут выдержать давление, которое возникает при медленном дефлаграционном сгорании газа. Возникновение детонации в больших объемах требует значительных усилий и естественным путем маловероятно, поэтому широко распространено мнение, что существующей прочности оболочки вполне достаточно. Следует помнить, что давление во фронте детонации для стехиометрической смеси при нормальных условиях — около 14,5 ата, при отражении от стенки оно достигает 30 ата.

Тем не менее, в Германии до прихода в правительство «зеленых» собирались создавать контеймент, способный выдержать давление 30 ата. Понятно, насколько это удорожило бы создаваемую АЭС, учитывая, что диаметр оболочки превышает 40 м. Однако проведенные в ИТЭС эксперименты показали, что в случае водородного взрыва и такие размеры не защитят от разрушения.

Исследования нестационарного горения проводились в сферической взрывной камере 13ЯЗ диаметром 12 м. Внутри камеры для направления газовых потоков были возведены специальные конструкции. При инициировании стехиометрической водородно-воздушной смеси искрой энергией 6 Дж с начальным давлением 1,4 ата на внутренней поверхности камеры было зарегистрировано давление 190 ата.

Поэтому ученые решили идти другим путем, а именно — создать условия, исключаяющие возможность возникновения таких режимов. Но прежде эти режимы надо изучить.

Экспериментальное оборудование

Сферическая взрывная камера 13ЯЗ, в которой проводятся эксперименты в больших объемах, принадлежит ИТЭС ОИВТ РАН.

В нашей стране их всего две, созданы они были в городе Северодвинске во второй половине 1980-х гг. прошлого века. Одна первоначально принадлежала Всероссийскому научно-исследовательскому институту экспериментальной физики, расположенному в г. Сарове. С началом перестройки, оказавшись на территории Казахстана, установка стала собственностью этой страны, с тех пор на ней эксперименты не проводятся.

Вторая была доставлена по воде в Москву и далее по суше в ИТЭС ОИВТ РАН. История ее транспортировки могла бы стать сюжетом отдельного повествования. Как вспоминали очевидцы, это было грандиозное мероприятие. Достаточно сказать, что вес одной только камеры достигает 470 т, подставки 330 т. Это самый тяжелый груз, перевезенный по территории СССР; был построен специальный сухой док, где камера

с подставкой была установлена на тележку, которую везли тягачи. Для переезда через железную дорогу была сделана специальная насыпь. На какое-то время задержали электрички, так как были сняты провода и отключено электричество. Обесточили троллейбусную линию по пути следования камеры, порой она не вписывалась в свободное пространство и в результате снесла 37 столбов с троллейбусными проводами. По Дмитровскому шоссе камера попала в Институт, и сразу же, встав на фундамент, стала действующей экспериментальной площадкой.

Уникальность камеры объясняется ее характеристиками. Конструкция изготовлена из броневой стали по той же технологии, что и подводные лодки. Внутренний диаметр достигает 12 м, причем отклонение от сферической формы не превышает 6 мм, что позволяет говорить о ней как о практически идеальной сфере. Объем — 900 м³, толщина стенки — 100 мм. Крышка нижнего люка весит 600 кг, для ее отвода используется специальная тележка.

Одним из достижений конструкции разработчики считают ее возможность свободно расширяться при взрыве при максимальных расчетных нагрузках (взрыв до 1000 кг ТНТ) примерно на 4 см. Камера установлена на независимом фундаменте и практически не касается элементов здания; по центральному диаметру сделаны втулки и лепестковые опоры, которые позволяют ей изменять объем.

Эксперименты проводятся также в камере — ВБК-2. Она меньше по размерам: ее объем 110 м³, и рассчитана на взрыв до 20 кг ТНТ. В ней исследуется нестационарное горение в кумулирующих устройствах, в которых развиваются наиболее высокие давления, величина их в вершине конического элемента достигает 1000 атм и более. При добавлении в реакторный объем 1,5% (об.) газообразного ингибитора, разработан-



В камере ВБК-2 исследуется нестационарное горение в кумулирующих устройствах. Объем 110 м³, рассчитана на взрыв 20 кг ТНТ.



Здание для проведения исследований, где находится сферическая камера 13ЯЗ.

ного в ИСМАН, давление в вершине конуса снижается в 30 раз.

Эти исследования представляют значительный интерес для вопросов безопасности, так как моделируют процессы, происходящие в загроможденных объемах и в застойных зонах.

В настоящее время работы ведутся полным ходом. Хотя исследования шли и раньше, выигранный конкурс, по мнению ученых, сыграл ощутимую роль в повышении эффективности работ. По словам заведующего лабораторией ИТЭС ОИВТ РАН Вячеслава Петухова, победа коллектива исследователей стала спусковым крючком для работы по созданию стандартов: «В современной ситуации очень интенсивно развивается водородная энергетика, создаются стандарты в Америке, в Европе, в Японии и Канаде, и чтобы не пришлось в будущем работать по чужим стандартам, мы приняли участие в конкурсе и, выиграв лот, стали заниматься этой проблемой».

В последнее время сводки новостей, рассказывающие о всевозможных катаклизмах, перестали быть редкостью. Здесь и там происходят взрывы, пожары. Если в результате применения исследований ученых, требований и рекомендаций, разработанных ими, число аварий уменьшится хотя бы на толику, тогда они будут считать свою задачу выполненной. ■

ОБ АВТОРАХ:

Вячеслав Петухов — заведующий лабораторией Института теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Татьяна Бархатова — корреспондент Центра «Открытая экономика».

прогресс и индивидуальность

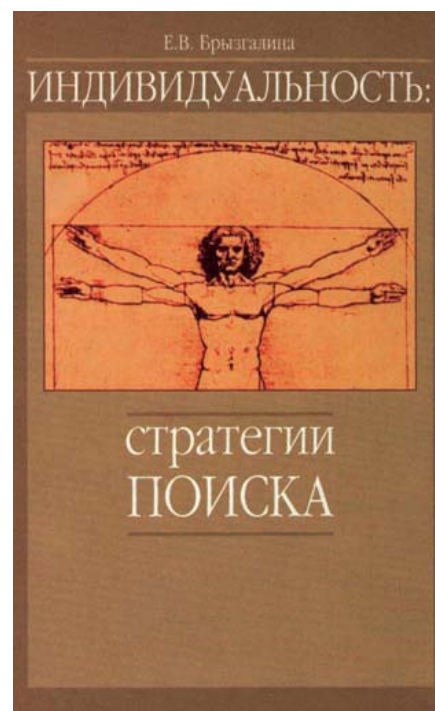
Монография Е.В. Брызгалиной посвящена рассмотрению темы индивидуальности. Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения индивидуальности человека в условиях ускорения научно-технического прогресса, несоответствия темпов развития естественных и социогуманитарных дисциплин, появления новых социокультурных способов институционализации индивидуальности.

Целью работы стало выделение основных стратегий обращения к феномену индивидуальности на базе историко-философского и современного естественнонаучного материала. Существование разнообразных альтернативных стратегий исследования индивидуальности (аддитивный, комплексный, субъектно-деятельностный, интегральный, специально-целостный, структурно-функциональный, эво-

люционно-системный, факторный подходы) говорит о том, что формой существования человеческой индивидуальности стала полиморфность ее проявления.

Помимо оригинального рассмотрения таких актуальных проблем, как соотношение биологического и социального в антропосоциогенезе, внутривидовая вариативность, методология генно-средовой парадигмы, автор описывает и интерпретирует влияние, оказываемое теоретическими парадигмами на решение конкретных вопросов становления индивидуальности в филогенезе вида *Homo sapiens* и онтогенезе человека.

В работе определена специфика современных биоэтических проблем, выводящих человека на грань его бытийных качеств, для разрешения которых понятие «индивидуальность» выступает концептуальной методологической основой.



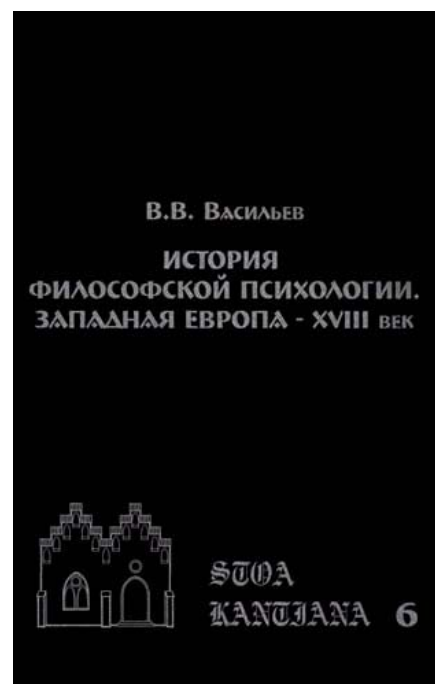
Е.В. Брызгалина. Индивидуальность: стратегии поиска. М.: ООО «Когито-Центр», 2003

философия сознания

XVIII в. был временем открытий философских систем. Европейские мыслители эпохи Просвещения посвящали свои основные труды изучению человеческой природы и сознания. Полученные ими результаты сохраняют свою актуальность и в наши дни. В монографии доктора философских наук В.В. Васильева подробно рассматриваются учения основных представителей философской психологии XVIII в. На материале анализа сотен оригинальных источников, большая часть которых практически не обсуждалась

в отечественной литературе, автор прослеживает основные тенденции эволюции «философии сознания» эпохи Просвещения и раскрывает ее современное значение.

В.В. Васильев. История философской психологии. Западная Европа — XVIII век. Калининград, 2003



искусство и эстетика

Книга посвящена одной из важнейших тем эстетики: проблеме диалога эстетики и искусства. И то, и другое изучают прекрасное, но по-разному. Рациональный подход эстетики как философской дисциплины и искусства как такового дополняют друг друга.

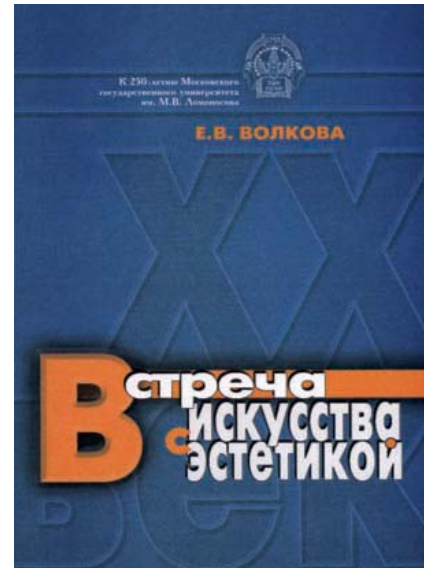
Книга состоит из двух основных частей и приложения. В первой части эстетико-философский анализ художественных произведений В. Шаламова, К. Воробьева, А. Солженицына произведен с опорой как на оригинальные идеи М.М. Бахтина и Ю.М. Лотмана, так и на собственные теоретические искания автора по проблемам трагического в искусстве и катарсиса, анализа художественных текстов и их восприятия. Это первая встреча

искусства с эстетикой, которую исследует автор.

Во второй части наследие Бахтина и Лотмана рассматривается как органическое сращение-встреча философско-эстетических идей (антрополого-герменевтической направленности у Бахтина и семиотической — у Лотмана) с практикой искусства: встреча, во многом до сих пор остающаяся образцовой, с точки зрения автора книги.

В приложении — третья встреча искусства с философской рефлексией на материале эстетики Гегеля.

Книга рассчитана на преподавателей гуманитарных дисциплин, аспирантов и студентов, а также на широкий круг читателей, интересующихся взаимосвязями теории и живого движения искусства.



Е.В. Волкова. Встреча искусства с эстетикой.

М.: Современные тетради, 2005



www.MVK.ru

(495) 982-50-65

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА КОМПЛЕКСНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ОСНАЩЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

www.med-expo.ru

13–16 июня 2006
Москва, КВЦ «Сокольники»



MEDprojectexpo '06

Международный конгресс «Современная клиника MEDclinic-2006»

В рамках выставки состоится:

Симпозиум «1000-кочная больница»
Школа-семинар «Стандарты медицинской помощи»
Школа-семинар «Экономика здравоохранения»
Мастер-классы, демонстрационный показ оборудования, функционирующих моделей кабинетов, операционных, информационных систем

Генеральный партнер:

Некоммерческое партнерство содействия развитию здравоохранения и медицины «РУСМЕДИКАЛ ГРУПП»



Организатор:

Выставочный холдинг MVK

При поддержке:

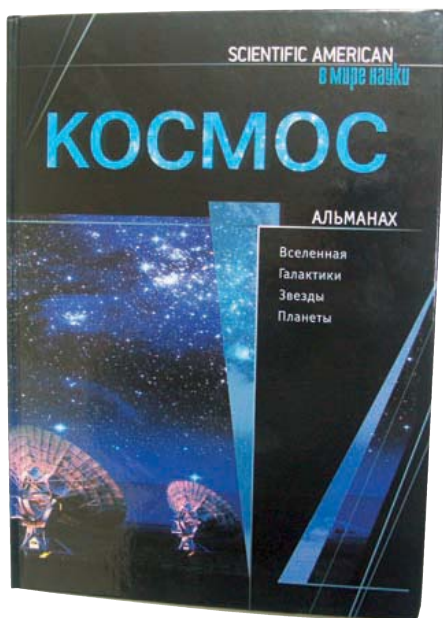
Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации

великое десятилетие астрономии

Вышел в свет альманах «Космос» — первый из серии тематических сборников, посвященных достижениям мировой науки и техники.

Редакция журнала «В мире науки» приступила к выпуску книг, в которые войдут научно-популярные статьи ведущих ученых мира, посвященные космологии, биотехнологиям, демографии, психологии, археологии, медицине, энергетике, информационным и нанотехнологиям, опубликованные за последние три года.

Великим десятилетием в астрономии называют 1995–2005 гг., когда был совершен ряд фундаментальных открытий, проливающих свет на тайны рождения, формирования и эволюции Вселенной. Поэтому закономерно, что серию изданий возглавляет альманах «Космос».



«Космос» — коллективный труд астрономов и физиков, посвященный нынешнему прорыву в исследовании Вселенной.

Книга «Космос» состоит из четырех разделов.

Первый раздел, «Вселенная», открывает статья о крупнейших космических структурах — сверхскоплениях галактик, обнаруженных астрономами в последние годы. В материалах сборника рассматривается новый подход в представлении о ее рождении, которое в рамках теории струн является лишь продолжением ее истории. В разделе также включены исследования эволюции Вселенной, в том числе открытие неоднородности реликтового излучения и ускоренного разбегания галактик. Ученые высказывают свое мнение о загадках гравитации. Но самые невероятные идеи представлены в статье Макса Тегмарка о параллельных вселенных, которая станет, возможно, украшением книги.

Во втором разделе, «Галактики», приводятся новые данные об эволюции нашей звездной системы, об исследованиях спиральной структуры галактик и поисках скрытой массы рассказывают российские и американские ученые, в том числе А. М. Фридман и Д. Клайн.

Загадки рождения звездных скоплений и последствия столкновения звезд обсуждаются в статьях профессора физики и астрономии Университета штата Мичиган С. Зепфа, сотрудника физического факультета Миссурийского университета К. Ашмана и главы отдела астрофизики Американского музея естественной истории в Нью-Йорке

М. Шары. А об активности галактик и рождении в них черных дыр пишет Эми Баджер.

В третьем разделе, «Звезды», рассказывается об открытии новых свойств нейтрино, которые, с одной стороны, существенно изменили наши представления о физике элементарных частиц, а с другой — подтвердили теорию звездной эволюции. Новейшие данные о процессах, сопровождающих рождение и смерть звезд, о ранее неизвестном классе нейтронных звезд (магнитарах), которые своим сверхсильным магнитным полем способны изменять квантовые свойства вакуума, — вот далеко не полный перечень проблем, представленных в этой части сборника «Космос».

В четвертом разделе, «Планеты», российские и американские ученые (Л.В. Ксанфомалити, А. Олби и Дж. Массер) повествуют об исследованиях Марса, позволивших обнаружить на планете следы воды. Статьи содержат информацию о планетных системах иных звезд, о тайнах Луны и Сатурна. Поистине детективное расследование позволит найти ответ на вопрос: «Кто открыл Нептун?».

Современный человек существует в едином информационном пространстве, СМИ и Интернет способствуют мгновенному распространению практически любых сведений, однако интеллектуалы не всегда могут найти полноценную, квалифицированную, дифференцированную и достоверную научную

информацию, доступную пониманию не только узких специалистов, но и широкого круга читателей. Поэтому редакторы сборника уделили особое внимание тому, чтобы самые сложные проблемы излагались доступным языком, что позволило бы студентам, преподавателям, ученым различных направлений и просто тем, кто интересуется астрономией, познакомиться с трудами современных исследователей.

Сегодня, когда наука порой развивается в совершенно неожиданных направлениях и междисциплинарные исследования становятся наиболее востребованными, такой подход представляется наиболее актуальным.

Альманах «Космос» не охватывает всех открытий в современной астрономии, но поможет читателю в увлекательном путешествии к тем рубежам, где знание соприкасается с фантазией.

Открытия 1992–1995 гг. позволили пересмотреть границы Солнечной системы. Открыты многочисленные малые планеты на периферии Солнечной системы, в области, получившей название Пояс Койпера (или Эджворта-Койпера).

С 1930 г. за орбитой Нептуна была обнаружена всего одна маленькая планета — Плутон, и лишь в 1978 г. был открыт спутник Харон. Казалось, что граница нашей планетной системы определена, но с 1992 г. в окрестностях орбиты Плутона исследователи стали наблюдать новые объекты. К 1995 г. стало ясно, что Пояс Койпера «населен» множеством тел размером в сотни и тысячи километров, причём некоторые из них имеют собственные спутники.

1993–1995 гг. Благодаря радиоастрономическим методам была обнаружена планетная система у нейтрон-

ной звезды-радиопульсара (1993 г.). Методами оптической спектроскопии выявлено присутствие планет-гигантов рядом с обычными звездами (1995 г.). К началу 2006 г. в окрестностях Галактики уже найдено около 150 планетных систем, в которые входят более 170 планет.

1996–1997 гг. Открыт новый класс небесных объектов (коричневые карлики), занимающих промежуточное положение между звездами и планетами. Их массы (от 0,0013 до 0,08 массы Солнца) крайне малы, и поэтому температура в недрах слишком низка для термоядерных реакций с участием основного, легкого, изотопа водорода, хотя и достаточна для сгорания редкого изотопа — дейтерия. Единственным долговременным источником энергии коричневых карликов служит их гравитационное сжатие.



Автор и ведущий С. П. Капица

Метаморфозы русского модерна
Гость: В.Л. Махнач, историк искусства

Архитектура - своеобразное зеркало времени. На примере русского модерна начала XX века анализируются исторические, социально и культурные события российской жизни этого периода. Какие особенности российского менталитета влияют на развитие архитектуры?

Язык костюма

Гость: Р.М. Кирсанова, доктор искусствоведения
Существует ли язык костюма? Что можно прочесть на этом языке о каждом человеке и об эпохе? С какого времени возникло само понятие костюма? Как складывались взаимоотношения исконно русских и заимствованных элементов в нашей одежде?

Колокола

Гость: Ю.В. Пухначев, искусствовед, кандидат физико-математических наук Президент Ассоциации колокольного искусства

Говорят что колокольный звон полезен для человеческого здоровья. Так ли это? Каковы особенности развития колокольного искусства в России, и почему со временем увеличились размеры колоколов?

О каких парадоксах и сенсациях может нам повествовать campanология - наука о колоколах?

Человек в экстремальных условиях

Гость: Ф.Ф. Конохов, путешественник

Зачем в наше время, когда белых мест на карте уже не осталось, люди продолжают совершать кругосветные путешествия, тем более, в одиночку? Быть может, страсть к перемене мест заложена в самой природе человеческой?

Что важнее: испытать себя или познать себя?



Очевидное телекомпания НЕВЕРОЯТНОЕ

партнёры программы

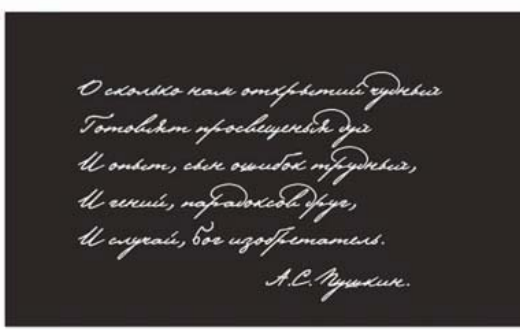


© ЗАО «Телекомпания «Очевидное-невероятное»
Юр. адрес: 125427, Россия, Москва,
г. Андреевская ул. д. 13
Тел.: (495) 784-01-00 факс: (495) 784-48-02
E-mail: Ochevidnoe@yandex.ru
© ООО «ТВ В мире науки» 2006 г.
Редактор: А.В. Степанов
Создатель: С.В. Пелевин
Для любой дополнительной информации:
Подписочный отдел: тел. 21300200 или 07.02.05.
По вопросам приобретения продукции:
тел.: (495) 129-52-99
WWW.SERVIS.RU
Выпуск: 1 (2006), Москва, ул. 30
Издательство: ООО «ТВ В мире науки»
125427, Москва, Андреевская ул. д. 13, к. 1.
Лицензия ИД № 04-00107-01

ВЫПУСК 1



очевидное - невероятное



очевидное телепрограмма невероятное

ВЫПУСК 1

- Тема: Метаморфозы русского модерна
- Тема: Язык костюма
- Тема: Колокола
- Тема: Человек в экстремальных условиях

ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ ОЧЕРЕДНОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «НАУКА И ЖИЗНЬ»

Тематика статей номера, как всегда, широка и разнообразна.

Государственной Третьяковской галерее исполнилось 150 лет. Ее основатель, Павел Михайлович Третьяков, стремился «с самых юных лет наживать для того, чтобы нажитое от общества вернулось бы также обществу (народу) в каких-либо полезных учреждениях». Таким «полезным учреждением» стала подаренная им городу картинная галерея — ныне крупнейшее собрание русской живописи.

Ст. «Собрать русскую школу, как она есть...».

Информацию об окружающем грызуны получают, ощупывая предметы усами, а приматы — пальцами, движения которых управляются напрямую корой больших полушарий мозга. Тактильные анализаторы и у тех и у других совершенствуются по мере тренировки. Современные методы геномной инженерии позволили выявить структуру «системы управления» осязанием у грызунов.

Ст. «Усы и пальцы».

Современная космология утверждает: мы живем в расширяющемся мире, которым управляют неизвестные формы материи и энергии.

Ст. «Актуальные проблемы космологии».

Территории некоторых московских парков сохранили следы юрского периода. Трудно представить себе, что здесь когда-то бродили динозавры, однако в размытых ручьями черных юрских глинах в больших количествах встречаются окаменелые остатки их современников.

Ст. «Московские парки «юрского периода».

Глобализация выявляет необходимость существования не только мировой валюты, но и языка для международного делового и культурного общения.

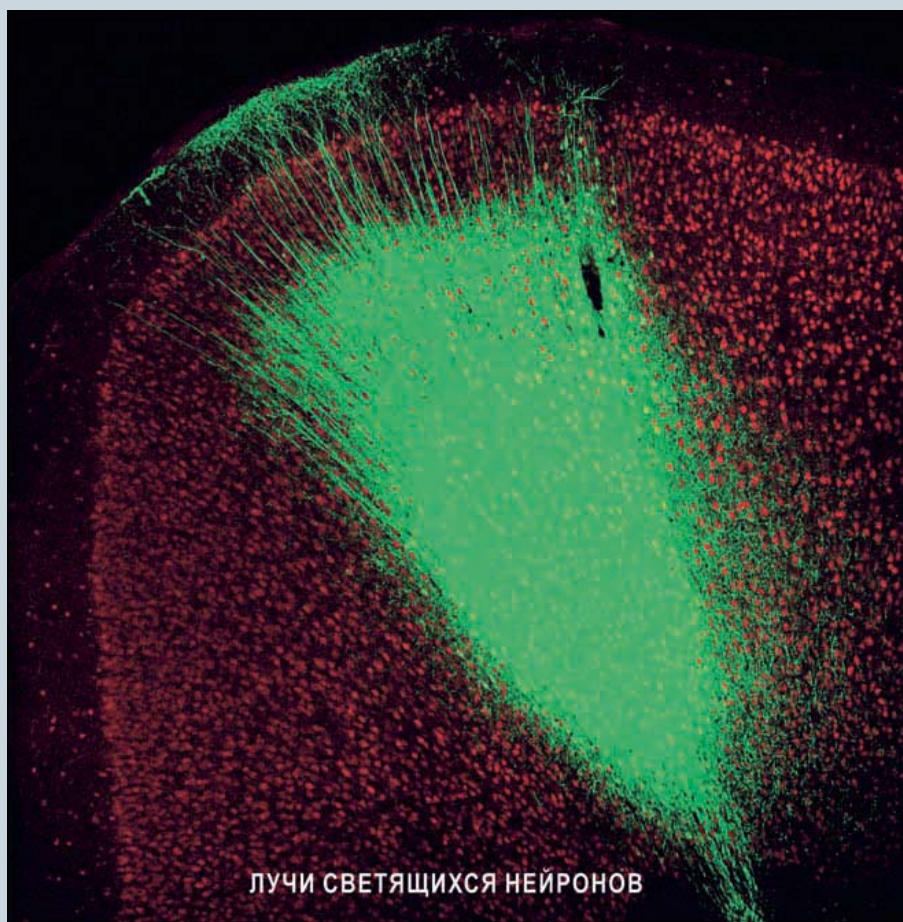
Ст. «Непрерывное развитие языков...».

Лингвисты вносят ясность в давний спор о подлинности знаменитого памятника древнерусской литературы «Слово о полку Игореве».

Ст. «Слово о полку Игореве»: точка в споре?».

Найден универсальный консервант для строительных бревен: им не страшны ни термиты, ни грибки, ни влага, ни огонь.

Ст. «Бревна в стекле».



ЛУЧИ СВЕЯЩИХСЯ НЕЙРОНОВ

ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

5
2006



● Идея Павла Михайловича Третьякова «иметь полное понятие о всех русских художниках» воплотилась в собрании Третьяковской галереи — гордости нашего Отечества
● Математически доказано: в молекуле воды заложено золотое сечение
● Репортаж из мира увлечений: фрагменты фотоколлекции птичьих гнезд.



В текстах Ветхого и Нового Заветов упоминается более 120 названий растений, в которых при переводах и многочисленных переписываниях произошла неимоверная путаница.

Ст. «Что есть что в мире библейских растений».

Поэты откликаются на все явления жизни стихами и поэмами какой угодно формы и длины.

Ст. «Занимательное стихосложение Н. Н. Шульговского».

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

Адрес редакции: 101990, Москва, Центр, ул. Мясницкая, д.24. Тел.: (495) 624-18-35, факс (495) 625-05-90.

Служба распространения и связей с общественностью: Ю.А. Сигорская: (495) 621-92-55. Рекламная служба: (495)628-59-65.
<http://www.nkj.ru> и www.nauka-i-zizn.ru, e-mail: mail@nauka.relis.ru.

Продолжается подписка на журнал «Наука и жизнь». Подписные индексы: 70601, 79179, 72334, 34174, 99349.

ГЛОБАЛЬНЫЙ ТЕРМОЯД



19 апреля в Москве были объявлены новые лауреаты премии «Глобальная энергия». Премия присуждается уже четвертый год подряд, и в этом году ее призовой фонд составил более 30 млн. рублей.

Лауреатами «Глобальной энергии» за эти годы стали специалисты из разных областей энергетики (более 40% — из России), но, пожалуй, впервые премию присудили за достижение, которое реализовалось именно в течение прошедшего года. Лауреатами-2006 стали президент РНЦ «Курчатовский институт» академик Евгений Велихов, президент Японского института по атомной энергии (JAERI) Масаджи Йошикава и генеральный директор ЦЕРНа Роберт Аймар — «за разработку научно-технических основ для создания международного термоядерного реактора». Все трое в течение многих лет занимались проблемами управляемого термоядерного синтеза и в данный момент занимают ключевые посты в проекте ИТЭР, решение о строительстве которого на юге Франции было принято около года назад. В проекте участвуют Европейский Союз, США, Япония, Южная Корея, Китай и Россия. Экспериментальный реактор будет выделять около



500 МВт мощности, реакция должна продолжаться не менее 400 сек., в этом случае реактор сможет выполнить свою задачу. Выход на эту мощность произойдет примерно через пять лет после ввода ИТЭРа в строй к 2020 г. Затем начнется строительство демонстрационного реактора, который будет уже реально вырабатывать электричество.

«Как раз на днях в Индии пройдет крупная встреча по ИТЭРу, где будет обсуждаться структура управления реактором, а через восемь лет рассчитываем получить первую плазму», — сообщил Евгений Велихов по телефону ученым и журналистам, собравшимся в зале «РИА-Новости» сразу после объявления имен новых лауреатов премии.

Сейчас «Глобальную энергию» финансируют крупнейшие энергетические компании «Газпром», РАО «ЕЭС России» и «Сургутнефтегаз». При этом председатель правления «Газпрома» Алексей Миллер заявил, что удовлетворен решением экспертного совета несмотря на то, что премия присуждена за работы в другой области.

Елена Славина

www.inconex.ru

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

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

10 - 12 октября 2006
ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ,
РОССИЯ, МОСКВА

ОРГАНИЗАТОР: **INCONEX**
International Conferences & Exhibitions
ООО Инконэкс
Тел.: +7 (495) 739 5509, Факс: +7 (495) 641 22 38
E-mail: electronica@list.ru, www.inconex.ru

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

РОСАТОМ
Федеральное агентство по атомной энергии

ФГУП концерн "Росэнергоатом"

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В конце марта в Институте Проблем управления имени В.А. Трапезникова прошла восьмая международная конференция и выставка «Цифровая обработка сигналов и ее применение», организованная РНТОРЭС им. А.С. Попова при поддержке РФФИ и компании *AUTEX Ltd.* (АО АВТЭКС).

Как отметил академик РАН Ю.В. Гуляев, «цель этих мероприятий — консолидация и поддержка отечественных ученых и специалистов, работающих в области передовых информационных технологий реального времени, расширение международных научных связей, содействие внедрению высоких наукоемких технологий». На конференции выступили более двухсот отечественных и зарубежных ученых и инженеров по широкому ряду вопросов современной теории и практики цифровой обработки сигналов. Одновременно с конференцией прошла выставка «Новые информационные технологии реального времени и инструментальные средства ЦОС», на которой были показаны

новые компоненты различных производителей для цифровой обработки сигналов (ЦОС); отечественные и зарубежные изделия на базе *DSP*; современные технические и алгоритмические решения в области ЦОС; новые области применения *DSP*. Свои новинки показали *ADC Center*, *AUTEX Ltd.*, *AVD Systems*, *L-CARD*, «Альтоника», ЗЭТ, «Инструментальные системы», ИПУ РАН, «Компэл», НИИ Приборостроения, «Растр», «Роста», СКАН Инжиниринг Телеком и др. На презентациях были показаны средства разработки и отладки устройств ЦОС и рассказано об их применении в системах связи, оборудовании для гидроакустики и радиолокации.

По мнению большинства участников, одновременное проведение конференции и выставки, а также тематических презентаций оказалось эффективным для продуктивного общения представителей науки и производства, заказчиков и разработчиков, потребителей и поставщиков.



НАРОДНОЕ РАДИО

ЛЮДИ СЛУШАЮТ

www.narodinfo.ru
трансляция online

в Москве	612кГц
в Самаре	1107кГц
в Мурманске	68,21МГц
в Краснодаре	68,72МГц
в Горно-Алтайске	68,00МГц

АНАЛИЗ — ОСНОВА **СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ**



Развитие науки и внедрение новых технологий создают острую потребность в хорошей материальной научно-исследовательской базе. Получение качественных материалов и проведение уникальных исследований во многом зависят от наличия оборудованных по последнему слову техники лабораторий.

С 14 по 17 марта 2006 г. в Культурно-выставочном центре «Сокольники» прошла 4-я Международная специализированная выставка аналитического оборудования, контрольно-измерительных приборов, лабораторной мебели и химических реактивов *AnalyticaExpo-2006* — один из самых успешных выставочных проектов холдинга *MVK*.

Прошедшая выставка, как отмечали многие ее участники, признана необходимым мероприятием, способствующим развитию промышленности. Помимо этого она создает информационное поле, способствующее объединению науки, производителей и переработчиков сырья, потребителей конечной продукции, а также взаимодействию с государственными и общественными институтами. Регулярные показы новинок содействуют внедрению комплексных систем управления качеством и координации деятельности разнородных организаций и предприятий, занимающихся оснащением лабораторий. Участники выставки получают возможность оценить ситуацию на рынке и обсудить проблемы отрасли.

Экспозиция размещена в двух выставочных павильонах КВЦ «Сокольники» на площади более 10 тыс. м². Свою продукцию представили более 300 участников из 12 стран мира. Среди них такие компании, как «Лабтех», «Экрос», «Лига», «МеталлДизайн», *Intertech Corporation*, *Fritsch*, «Люмэкс». Экспонаты отражают практически все стороны и этапы жизни лабораторий — от проектирования и строительства лабораторных помещений

до методического и информационного сопровождения аналитического исследования. Кроме химических реактивов и особо чистых веществ, аналитических и контрольно-измерительных приборов и лабораторной мебели, вниманию участников и посетителей выставки предложены программы обучения персонала, специальная одежда и средства индивидуальной защиты, а также полевые и передвижные лаборатории химико-аналитического контроля.

На выставке созданы самые благоприятные условия для делового общения с коллегами и потенциальными партнерами. Широкая научная программа включает семинары по новым технологиям и организации аналитических работ в различных отраслях, презентации новейших измерительных комплексов и аппаратуры для дистанционных и неразрушающих измерений, программного обеспечения и систем передачи данных.

Отдельный семинар, проведенный ассоциацией «Росхимреактив», был посвящен особо чистым веществам и химическим реактивам. Значительное внимание на выставке уделено проблемам стандартизации и унификации методов исследований, оборудования и приборов, приведению их в соответствие с международными стандартами. Отметим также семинар по применению аналитических методов в медицине, проведенный проф. Б. Дзантиевым, председателем научного совета РАН по аналитической химии, и представление средств контроля пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище, проведенное учеными из Института питания РАМН.

Одновременно с выставкой проходил ставший уже традиционным конкурс «На лучшую продукцию, представленную на Международной специализированной выставке *AnalyticaExpo-2006*».



ПОДДЕРЖКА науки

Сегодня ни у кого не вызывает сомнения, что наука в России переживает не лучшие времена. Все попытки ученых нашей страны привлечь внимание правительства к ее насущным проблемам дают незначительную и кратковременную отдачу. Но не все так плохо. Представители крупного бизнеса предпринимают все более значительные шаги, оказывая российской науке помощь в виде грантов и стипендий для наиболее выдающихся ученых и талантливой молодежи, что не только отрадно, но и вселяет некоторый оптимизм. Пример тому — Фонд содействия отечественной науке, который уже пятый год проводит масштабную благотворительную деятельность, материально и морально поддерживая российских ученых и научную молодежь РАН.

В рамках основных программ Фонд оказал помощь ряду российских исследователей. Среди них аспиранты, кандидаты и доктора наук из институтов РАН (1115 человек), академики и члены-корреспонденты РАН. Суммарные средства, потраченные на благотворительную деятельность в 2001–2005 гг., превысили 228 млн. рублей (Учредители Фонда — представители крупного российского бизнеса Р.А. Абрамович, О.В. Дерипаска и А.Л. Мамут).

В течение шестого года работы руководство Фонда расширяет свою благотворительную деятельность. В рамках программ: «Лучшие аспиранты РАН» и «Выдающиеся ученые. Кандидаты и доктора наук РАН» лауреатами Фонда стали около 100 аспирантов, 362 кандидата наук, 70 докторов наук и 3 выдающихся ученых РАН. При этом по итогам своей научной деятельности гранты фонда на второй год сохранились для 38 кандидатов наук, 30 докторов наук и около 100 аспирантов. Также Фонд выделил средства для поддержки 46 лучших экономистов РАН и на продолжение программы «Выдающиеся ученые РАН» для 11 академиков, лауреатов прошлого года.

Среди новых лауреатов Фонда — академики А.А. Боровиков (математические науки), В.В. Железняков (физика и астрономия), Н.Г. Хрущов (биология), талантливая молодежь из Владивостока, Новосибирска, Томска, Улан-Удэ, Иркутска, Иванова, Барнаула, Махачкалы, Уфы, Апатитов, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Нижнего Новгорода и других городов России.

В ходе процедуры награждения, которая состоялась 5 апреля 2006 г. в Академии наук, докладчики не раз отмечали, что работа Фонда, направленная на поддержку российских ученых, в первую очередь, талантливой научной молодежи, будет способствовать тому, что государство будет уделять больше внимания нуждам российской науки. Тем более это важно сегодня, когда наша страна берет курс на высокотехнологичный путь развития.



Общероссийская общественная
организация «Российское общество
инженеров нефти и газа»

8-9 июня 2006 года
г. Самара

Приглашаем принять участие
в X международной
научно-практической
конференции

“ПОВЫШЕНИЕ НЕФТЕГАЗОТДАЧИ ПЛАСТОВ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА”

Конференция проводится при поддержке:
Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации,
Департамента ТЭК Министерства промышленности и энергетики,
Департамента государственной политики и регулирования
в области природопользования
Министерства природных ресурсов,
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации,
Высшего инженерного совета, Союза нефтегазопромышленников России,
Российской академии естественных наук.

Тел.: (495) 134-00-39
Факс: (495) 134-00-11
<http://www.rosing.ru>



Всероссийская выставка
научно-технического
творчества молодежи НТМ-2006

20 - 24 июня 2006 г.
Москва, ВВЦ, павильон № 57

Организаторы: Министерство образования
и науки РФ, Правительство Москвы,
Всероссийский выставочный центр,
Совет ректоров вузов Москвы
и Московской области

НТМ - 2006 - это:

- демонстрация уникальных возможностей молодых специалистов в построении общества, основанного на знаниях;
- результаты поиска перспективных решений, воплощения новых идей в области науки, техники и технологий;
- итоги смотров и выставок научно-технического творчества и научно-исследовательской деятельности студентов, школьников, учащихся центров дополнительного образования.

Участники выставки - представители интеллектуальной молодежи из регионов России и стран СНГ в возрасте от 12 до 27 лет.

<http://www.vvcentre.ru>



ФОТОНИКА

3-6 июля 2006

Генеральный
информационный
спонсор:

ЭКСПЕРТ

ОБОРУДОВАНИЕ

РЫНОК, ПРЕДЛОЖЕНИЕ, ЦЕНЫ

Международная специализированная выставка
оптической, лазерной и оптоэлектронной аппаратуры,
комплектующих изделий и компонентов

Россия, Москва, Выставочный комплекс
ЗАО «Экспоцентр» на Красной Пресне

Организаторы:



ЗАО «Экспоцентр»



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



**Оптическое общество
им. Д.С. Рождественского**

www.photonics-expo.ru

see more. learn more. know more.

управляй знаниями



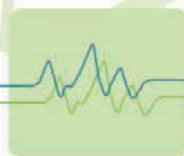
e→learnexpo

[www.elearnexpo.ru]

e→learnexpo Moscow 2006 → это

- ✓ Крупнейшая выставка и конференция в Европе, посвященная электронному обучению
- ✓ Международные семинары и тренинги по самым актуальным вопросам электронного обучения с участием ведущих международных специалистов, экспертов и аналитиков со всего мира
- ✓ Возможность встретиться с представителями ведущих компаний, успешно внедривших электронное обучение в крупных международных корпорациях, быстро растущих компаниях, в правительственных учреждениях и школах

Официальный сайт выставки и конференции: www.elearnexpo.ru



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

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые Вы хотите получить, а также Ваш полный почтовый адрес.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
 - по адресу 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22, редакция журнала «В мире науки»;
 - по электронной почте distr@sciam.ru;
 - по факсу 105-03-72.

Подписку можно оформить со следующего номера.

БЛАНК ЗАКАЗА ПРЕДЫДУЩИХ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

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

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

Ф.И.О. _____
 Индекс _____
 Область _____
 Город _____
 Улица _____
 Дом _____ Корп. _____ Кв. _____
 Телефон _____
 E-mail: _____

Цена за один номер журнала **65 руб. 00 коп.**

БЛАНК ПОДПИСКИ

- Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу **540 руб. 00 коп.**
- Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу **1080 руб. 00 коп.**

Цена за один номер журнала по подписке в 2006 г. **90 руб. 00 коп.**

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

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

 Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

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

 Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО:

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

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

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

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

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

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



НАШЕ ОБРАЗОВАНИЕ - ПУТЬ К УСПЕШНОЙ КАРЬЕРЕ



Факультеты:

финансово-экономический

юридический

второго высшего образования

социально-культурного сервиса и туризма

информационных систем
и компьютерных технологий

психологии и педагогики

иностранных языков
и межкультурной коммуникации

Отсрочка от призыва на военную службу

www.rosnou.ru

для лиц, обучающихся по очной
форме в университете и колледже

Адрес приемной комиссии:

ул. Радио, дом 22
поезд: метро «Бауманская», тм. №37, 45, 50,
остановки «Лефортовская набережная»
метро «Курская», тм. №24,

Тел.: (095) 105-0388, 244-8080

SIPNET

формула новой связи

1) Что такое SIPNET?

Это новый уровень коммуникаций, доступный в любой точке мира.

2) Для кого?

Для любого пользователя, имеющего доступ в Интернет.

3) Как подключиться?

Зарегистрируйтесь на www.sipnet.ru и получите доступ ко всем сервисам сети.

Присоединяйтесь к SIPNET

SIPNET — это сеть IP-телефонии нового поколения, в которой реализованы последние достижения в области инфокоммуникаций, обеспечивающие эффективный обмен мультимедийной информацией между абонентами, предоставление пользователям неограниченного набора персонализированных услуг и гибкого управления ими.

Став абонентом SIPNET, можно существенно сократить расходы на междугороднюю и международную связь, создать свою собственную телефонную сеть и звонить бесплатно любому пользователю SIPNET.

Каждый абонент SIPNET становится владельцем персонального сетевого телефонного номера — SIP ID, который не зависит от городских телефонных сетей, междугородних и международных линий связи и будет работать в любом месте, где есть доступ к широкополосному Интернету. SIP ID также является персональным e-mail-адресом абонента, с функцией голосовой почты.

Пользователи SIPNET получают полномочия, которые ранее были доступны только операторам связи: например, самостоятельно управлять маршрутизацией своих звонков по критериям цена-качество. При этом VoIP-технология передачи голоса гарантирует конфиденциальность переговоров.



www.sipnet.ru

Телефон: (095) 974-19-26