

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

№12 2009



**НАХОДКИ
В ЗАТЕРЯННОМ
МИРЕ**

Древние
города-сады
Амазонии

**ЧЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ
СУЩЕСТВУЮТ?**

Отгадка
не за горизонтом
событий



ТАБЛЕТКИ ДЛЯ УМА

Эффективны? Безопасны? Нужны?

ISSN 0208-0621



09012



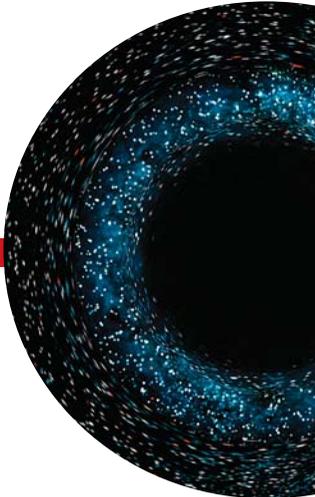
9 770208 062001 >

www.sciam.ru

содержание

ДЕКАБРЬ 2009

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 
- 18 АСТРОФИЗИКА**
ЧЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ, А НЕ ДЫРЫ
Карлос Барцело, Мэт Виссер, Стефано Либерати и Себастьяно Сонего
Квантовые эффекты могут воспрепятствовать формированию настоящих черных дыр и вместо них породить плотные объекты, названные черными звездами
- 26 НЕЙРОНАУКИ**
ТУРБОРАЗГОН МОЗГА
Гэри Стикс
Можно ли за завтраком принять таблетку, которая повысит концентрацию внимания и улучшит память? И не принесет ли она вреда здоровью?
- 36** **НУЖНЫ ЛИ НАМ ТАБЛЕТКИ ДЛЯ УМА?**
Олег Сеньков
Безопасность и эффективность ноотропных препаратов различного рода — вопрос открытый и весьма спорный. Возможны ли другие способы «апгрейда мозга»?
- 44 МЕДИЦИНА**
ВАКЦИНЫ ВО ВСЕЙ ИХ МОЩИ
Натали Гарсон и Мишель Гольдман
Успехи, достигнутые за последние десятилетия в иммунологии, возродили интерес к адъювантам
- 52 ЭНЕРГЕТИКА**
ДО ПОСЛЕДНЕЙ КАПЛИ НЕФТИ
Леонардо Мaudжери
На фоне тревожных высказываний о том, что близится пик добычи нефти, передовые технологии предлагают пути максимального извлечения «черного золота» из земных недр
- 60 ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА**
БИОТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
Общественные организации могут выступать за органическое земледелие, но будущее сельскохозяйственного производства — за биотехнологиями
- 66 АРХЕОЛОГИЯ**
ЗАТЕРЯННЫЕ ГОРОДА АМАЗОНИИ
Майкл Хекенбергер
Тропический лес бассейна Амазонки лишь только кажется первозданно диким

| | |
|---|--|
| Учредитель и издатель: | ЗАО «В мире науки» |
| Главный редактор: | С.П. Капица |
| Заместители главного редактора: | А.Ю. Мостинская О.И. Стрельцова |
| Зав. отделом естественных наук: | В.Д. Ардаматская |
| Зав. отделом российских исследований: | Ю.Г. Юшкявичюте |
| Зав. отделом фундаментальных исследований: | Е.В. Кокурина |
| Выпускающий редактор: | М.А. Янушкевич |
| Корреспондент: | Д.А. Мисюров |
| Над номером работали: | А.Н. Божко, А.В. Ващенко, А.А. Гендин, О.В. Закутняя, Т.Н. Лапшина, Д.А. Мисюров, Т.А. Митина, Т.В. Потапова, И.П. Прошкина, И.Е. Сацевич, О.В. Сеньков, В.И. Сидорова, А.А. Сорокин, В.Г. Сурдин, А.Н. Устинов, П.Ю. Худолей, Н.Н. Шафрановская |
| Научные консультанты: | Заместитель директора ИПЭЭ РАН, доктор биологических наук В.В. Рожнов, доктор физико-математических наук, профессор ГАИШ МГУ М.В. Сажин |
| Арт-директор: | Л.П. Рочева |
| Корректурщик: | Я.Т. Лебедева |
| Секретарь: | И.И. Сорина |
| Генеральный директор ЗАО «В мире науки»: | О.А. Василенко |
| PR-менеджер: | П.П. Мостинский |
| Главный бухгалтер: | Н.М. Воронина |
| Бухгалтер: | Ю.Е. Полякова |
| Отдел распространения, подписка: | Л.Р. Исмагилова Л.В. Леонтьева |
| Веб-сайт: | А.П. Цыганков |

Адрес редакции и издателя:

105005, Москва, ул. Радио, д. 22, к. 409

Телефон: (495) 727-35-30, тел./факс: (495) 925-03-72**e-mail:** info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.

В верстке использованы шрифты Helios и BookmanC

Отпечатано:

ООО ИД «Медиа-Пресса», 127147, Москва, ул. Правды, д. 24.

Заказ № 91888

© В МИРЕ НАУКИ

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.

Свидетельство ПИ №Ф077-19285 от 30.12.2004

ЗАО «В мире науки» входит в состав Гильдии издателей периодической печати

Тираж: 20 000 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

Acting editor in chief: Mariette DiChristina**Editors:** Davide Castelvecchi,

Graham P. Collins, Mark Fichetti, Steve Mirsky,

Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong

Chief news editor: Philip M. Yam**Contributing editors:** Mark Alpert, Marguerite Holloway,

Michelle Press, Michael Shermer, Sarah Simpson, W. Wayt Gibbs

Chairman: Brian Napack**President:** Steven Inchcoombe**Vice president and managing director,****international:** Kevin Hause**Vice president:** Frances Newburg**Chairman emeritus:** John J. Hanley**Art director:** Edward Bell**Vice president and publisher:** Bruce Brandfon

© 2007 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:**ОТ РЕДАКЦИИ****3 ДЛЯ СРЕДНИХ УМОВ****4 50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД****6 СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

- Ночные охотники
- Противоречия охраны природы
- Термоядерный импульс
- Животные и цифры
- Тридцатый рейс
- Мировые энергоресурсы
- Слишком мало, слишком поздно
- Восприятие света на вкус

ПРОФИЛЬ**14 НА ВУЛКАНЕ КАК НА ВУЛКАНЕ***Основные направления исследований Генриха**Штейнберга — механизм вулканического процесса, контроль состояния вулканов и прогноз извержений***ИНТЕРВЬЮ****74 РАКОВЫЕ КЛЕТКИ: УНИЧТОЖИТЬ В ЗАРОДЫШЕ***О тенденциях современной онкологии рассказывает нашему корреспонденту профессор Андрей Гудков***80 ДИКИЕ ЖИВОТНЫЕ — САМИ О СЕБЕ***Заместитель директора ИПЭЭ РАН**Вячеслав Рожнов — о первых итогах и перспективах экспедиции по изучению фауны России***ЛАБОРАТОРИЯ ВКУСА****90 ШНАПС — НЕ ВОДКА. ЕГО СМАКОВАТЬ МОЖНО****Анатолий Гендин***В отличие от нашей классической водки, которая не имеет цвета, вкуса и запаха, шнапс как раз ценится своими вкусом и ароматом***ОБЗОРЫ:****84 НАУКА И ОБЩЕСТВО****86 ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ****94 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ**

ДЛЯ СРЕДНИХ УМОВ

«Год 2081-й. Все стали, наконец, равны. Равны не только перед Богом и законом. Равны во всем. Нет самых умных. Нет самых красивых. Нет ни самых сильных, ни самых быстрых».

В своем рассказе «Гаррисон Бержерон», написанном в 1961 г., романист Курт Воннегут изобразил будущее, в котором люди, в силу врожденных способностей превосходившие «средних» людей, не могли использовать свои возможности, чтобы не иметь «несправедливого» преимущества. Сильные таскали на себе грузы, красивые носили отвратительные маски, а умным не разрешали думать дольше двадцати секунд или около того: «миниатюрный уравнилительный радиоприемник», который они носили в ухе, передавал резкий звук, такой как гудок, гром оружейного салюта или удар молотка по бутылке молока; в результате «мысли в панике разбежались, как грабители, испуганные сигналом тревоги»

Милитаристское правительство воплотило в жизнь узаконенное царство посредственности. Когда не блестящая умом, но действующая из лучших побуждений Хейзел предложила своему мужу Джорджу удалить несколько свинцовых шаров из его «уравнилительного мешка», он напомнил ей о штрафах и том, почему он не должен нарушать правила: «Если я попытаюсь облегчить себе жизнь, — сказал Джордж, — другие сделают то же самое, и скоро вернется то темное время, когда каждый стремился превзойти каждого. Тебе бы это понравилось?» Нет, ей не понравилось.

Стандарты реального 2081 г., хотелось бы надеяться, будут отличаться от описанных в грустном рассказе Воннегута, но само желание их иметь может быть неприятно сходным. Наше общество, кажется, одержимо целью достижения такого среднего уровня, который выше среднего. Мы вааем наши тела при помощи пластической хирургии, чтобы соответствовать идеалу привлекательности. Атлеты пользуются медицин-

скими препаратами, чтобы накачать мускулы и увеличить скорость. Может ли тогда вызывать удивление газетная шумиха вокруг пиллюль, которые способны улучшить умственные способности?

В заглавной статье номера «Виагра для мозга» описано, как пожилые работники вынуждены соперничать с проворными молодыми умами, как перегруженные заданиями студенты учатся по ночам, чтобы получить зачет и все успеть. Пиллюли предлагают дразнящее легкое решение. Но будут ли препараты, эффективно улучшающие работоспособность мозга, столь же относительно безопасны при длительном применении, как лишняя чашка кофе? В статье представлены результаты последних исследований и выявленные ими проблемы.

В материале «Нужны ли нам таблетки для ума?» наш соотечественник, живущий и работающий в Германии, О.В. Сеньков рассуждает на эту же тему, но в несколько ином аспекте: стоит ли вообще пытаться разработать подобные средства, если есть другие — естественные и безопасные — способы «апгрейда мозга»?

В то время как одни нетерпеливо ожидают мозговых стимуляторов, другие опасаются медицинских усовершенствований — более мощных вакцин, которые принесли бы пользу здравоохранению.

В статье «Вакцины во всей их мощи» Натали Гарсон и Мишель Гольдман пишут об адьювантах — компонентах, которые помогают стимулировать иммунную систему человека. Но сомнения среди общественности и политических лидеров замедлили их внедрение в США. Наши предпочтения в вопросе о том, что важнее улучшить, говорят многое о выборе, который мы делаем. ■

■ ЗАГАДОЧНАЯ ЛУНА ■ ЛАМПОЧКА-ОБМАНЩИЦА ■ КИТЫ И МАШИНЫ ■

ДЕКАБРЬ 1959

С ТОЙ СТОРОНЫ. Первый, пока нечеткий и приблизительный, взгляд человека на другую сторону Луны заставляет предположить, что текущие представления о происхождении и истории нашего естественного спутника, возможно, придется пересмотреть. Советский космический корабль, запущенный 3 октября, пересек лунную орбиту три дня спустя; вскоре после этого, в ответ на радиосигналы с Земли, он нацелил две установленные на нем фотокамеры на Луну и сделал снимки, которые были переданы по радиосвязи на Землю. Один из них был опубликован в Москве 27 октября. На фотографии видны большие кратеры, а также горная цепь необычной топографии (в СССР ее называли тогда Советскими горами).

(Впоследствии выяснилось, что на самом деле эти «горы» — скопления вещества, выброшенного из кратера; они оказались достаточно плоскими.)

ЖИР В ТЕЛЕ. «Многие считают, что избыточный вес связан исключительно с перееданием, и не делается никаких попыток объяснить вовлеченные в это заболевание процессы. А если мы хотим понять, что такое ожирение, эти процессы должны быть распознаны. Недавние исследования показали, что жировая ткань представляет собой нечто большее, нежели хранилище избыточной пищи. Она живет и активно участвует в метаболизме тела. Она превращает существенную часть потребляемых сахара и крахмала в жир, даже если вес человека стабилен. Она контролирует обеспечение тела энергией, регулируя выработку жирных кислот для нужд клеток. Она реагирует на воздействие гормонов, которые координируют ее деятельность с работой всего организма. Если ожирение влияет на все процессы, происходящие в жировой ткани, то считать его причиной лишь переедание в корне неверно. — Винсент Доул (Vincent P. Dole).

ДЕКАБРЬ 1909

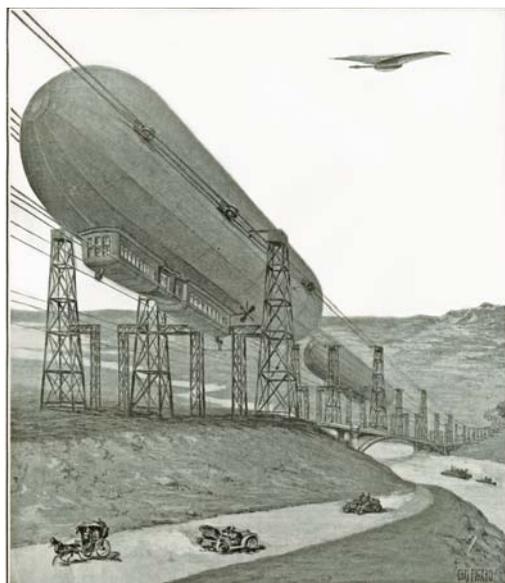
ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА В НЕБЕ. Немецкий инженер придумал оригинальный, но совершенно невоплотимый практически вид транспорта, некий гибрид летательного аппарата и электрической железной дороги: аэроат,

несущий вагоны, которые передвигаются по тросам, натянутым над землей, и приводятся в движение при помощи электричества. По конструкции дирижабль — жесткий цеппелин с электрическими моторами, способный развивать скорость до 200 км/ч.

СВЕТОВЫЕ МАХИНАЦИИ. Английские технические журналы предупреждают своих читателей о мошенничестве, жертвами которого они могут стать, покупая электрические лампы накаливания: им могут предложить лампы, в которых якобы установлена металлическая нить накала, но впоследствии выясняется, что это очень недолговечная угольная нить. Когда такие лампы только что включены, они дают очень яркий свет и кажутся весьма экономичными — по показаниям амперметра агента. Однако вскоре колба темнеет, яркость света уменьшается, и через короткое время лампочка перегорает. Подобные фальшивки делают с матовым стеклом, чтобы покупатель не мог разглядеть, какая внутри установлена нить.

ДЕКАБРЬ 1859

КИТОВЫЙ ЖИР. В 1820 г. в Англии и Шотландии в китобойном промысле было задействовано 156 судов, а общий объем добываемой ежегодно ворвани составлял 18 725 т. Затем, вследствие того, что китов становилось все труднее ловить, а также из-за быстрого распространения газового освещения улиц и помещений, китобойный промысел пошел на спад и вскоре почти совсем угас. Суда, ранее предназначенные для него, приспособили под перевозку угля, огромное количество имущества китобойных компаний было распродано по бросовым ценам. Однако в последние несколько лет промысел, похоже, начинает возрождаться, несмотря на то что в мире производятся и продаются большие объемы продуктов переработки угля. Дело в том, что китовый жир, а особенно спермацет, до сих пор считается лучшей смазкой для машин и механизмов, и поскольку для одних только железнодорожных нужд требуется значительное его количество, то спрос есть, а значит должно быть и предложение. ■



ЛЕТУЧИЙ ПОЕЗД: соединение принципов воздухоплавания и железнодорожных перевозок, 1909 г.



Проводится в рамках Московского международного конгресса
**«БИОТЕХНОЛОГИЯ: СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

Проводится
Правительством Москвы

Москва, Новый Арбат, 36/9 (Здание Правительства Москвы)

www.mosbiotechworld.ru

Основные тематические направления конференции

**Секция 1. ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ.
БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ**
Руководитель: член-корр. РАН С.А. Шоба, декан факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

Секция 2. ЭКОЛОГИЯ ВОДЫ МЕГАПОЛИСОВ
Руководитель: С.В. Храменков, генеральный директор МГУП «Мосводоканал», президент Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения

Секция 3. ВОЗДУШНАЯ СРЕДА МЕГАПОЛИСА
Руководитель: профессор В.О. Попов, директор Института биохимии им. А.Н. Баха РАН

Секция 4. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВОГРУНТОВ МЕГАПОЛИСА
Подсекция 4.1. БИОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И ГРУНТОВ
Руководители: член-корреспондент РАН С.А. Шоба, декан факультета почвоведения, заведующий кафедрой Географии почв МГУ имени М.В. Ломоносова; профессор, д.б.н. Н.Б. Градова, кафедра биотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева

Подсекция 4.2. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ПРЕПАРАТЫ И УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ
Руководитель: академик РАСХН И.А. Тихонович, директор ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии Россельхозакадемии, С-Петербург

Секция 5. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
Руководители: профессор Д.А. Баранов, ректор МГУ инженерной экологии; академик РАСХН И.А. Рогов, президент МГУ прикладной биотехнологии; член-корр. РАН В.Г. Систер, зав. кафедрой «Инженерная экология городского хозяйства», директор НИИ «Технологические процессы и оборудование альтернативной энергетики» МГУИЭ; председатель Совета Директоров РОАО «Росагробпропром», к.т.н. С.В. Крюков

Подсекция 5.1. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕГАПОЛИСОВ
Руководитель: член-корр. РАН В.Г. Систер, зав. кафедрой «Инженерная экология городского хозяйства», директор НИИ «Технологические процессы и оборудование альтернативной энергетики» МГУИЭ
Подсекция 5.2. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ
Руководители: академик РАСХН И.А. Рогов, президент МГУ прикладной биотехнологии; к.т.н. С.В. Крюков, председатель Совета Директоров РОАО «Росагробпропром»

Секция 6. БИОТОПЛИВО

Руководители: член-корр. РАН С.Д. Варфоломеев, директор Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН; Е.Б. Балашов, заместитель руководителя Департамента науки и промышленной политики г. Москвы

Секция 7. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ И БИОПОВРЕЖДЕНИЯ
Руководители: профессор А.А. Попов, зам директора Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН; профессор М.И. Штильман, РХТУ им. Д.И. Менделеева

Секция 8. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ
Руководители: член-корр. РАН Г.А. Ягодин, РХТУ им. Д.И. Менделеева; академик РАСХН Е.И. Титов, ректор МГУ прикладной биотехнологии; профессор Т.В. Овчинникова, руководитель Научно-учебного центра Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН; представитель Департамента образования Москвы (на согласовании)

Секция 9. ПРОБЛЕМЫ АЛЛЕРГИИ В МЕГАПОЛИСЕ
Руководители: академик РАН и РАНН Р.М. Хаитов, директор ГНЦ РФ Институт иммунологии ФМБА; А.И. Мартынов, зам. директора ГНЦ РФ Институт иммунологии ФМБА

Секция 10. МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ПОТОКОВ, АТМОСФЕРЫ, ПОЧВ
Руководители: профессор И.Н. Курочкин, МГУ имени М.В. Ломоносова; профессор В.К. Донченко, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН

Круглый стол. СВЯЗЬ ЭКОЛОГИИ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ
Руководитель: академик РАНН А.М. Егоров, зав. лабораторией инженерной энзимологии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Круглый стол. БИОТЕХНОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ МЕГАПОЛИСА. КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ
Руководители: к.э.н. Л.А. Бочин, министр Правительства Москвы, руководитель Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы; зав. кафедрой Экологии мегаполисов РХТУ им. Д.И. Менделеева; член-корр. РАН Н.П. Тарасова, директор Института химии и проблем устойчивого развития РХТУ им. Д.И. Менделеева

Круглый стол. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И РЕГЛАМЕНТЫ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ
Председатель: депутат Госдумы РФ или Мосгордумы (в стадии согласования)
Сопредседатель: И.А. Ширяева, Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы

Прием тезисов до 15 января 2010 г. Правила оформления на сайте: <http://www.mosbiotechworld.ru/rus/konkurs.php>

Тематика VIII специализированной выставки «МИР БИОТЕХНОЛОГИИ - 2010»:

Процессы и аппараты для биотехнологических производств и лабораторных исследований. Лабораторно-аналитическое оборудование и биоаналитические комплексы. Весь спектр биопродуктов для фармацевтической и пищевой промышленности, АПК, ветеринарии, геологии, промышленных производств, а также биоагенты для охраны и восстановления окружающей среды. Биологически-активные добавки. Тест-системы для ИФА, определения алкоголя и наркотических веществ. Биокатализ и биокаталитические технологии. Питательные среды. Биопрепараты для медицины и косметологии, а также готовые продукты на их основе. Альтернативные источники энергии, в т.ч. солнечные, ветровые, геотермальные, нано-молекулярные преобразователи энергии. Промышленная и лабораторная безопасность.

Традиционно проводится международный конкурс: "Лучшая продукция специализированной выставки "Мир биотехнологии 2010"



НОЧНЫЕ ОХОТНИКИ

Существование рукокрылых оказалось под угрозой из-за смертельно опасного для них заболевания под названием синдром белого носа



Угроза из темноты: впавшие (с целью экономии энергии) в зимнюю спячку летучие мыши, как на этом фото из заброшенной шахты в штате Нью-Йорк, при заражении синдромом белого носа могут выйти из оцепенения раньше времени и погибнуть от голода

Летним вечером три года назад мы с женой с интересом наблюдали, как маленькие коричневые зверьки выползали в сумерках из чердачных окошек нашего дома, расположенного за пределами Нью-Йорка, и вылетали в ночь на охоту за насекомыми. В тот раз мы насчитали 75 летучих мышей. Год спустя их число выросло до 150, а мошка и комары стали докучать нам меньше, чем когда-либо. Но затем ситуация кардинально изменилась: в последний год количество мохнатых лету-

нов резко упало, и этим летом мы сумели насчитать только 6 особей.

Такое развитие событий не было сюрпризом для биологов, занимающихся охраной дикой природы на северо-востоке США. Наш дом оказался всего в часе езды от эпицентра сильнейшей из зарегистрированных эпидемий, поразившей популяцию рукокрылых. Впервые зафиксированная в начале 2006 г. в пещерах возле Олбани, штат Нью-Йорк, эта болезнь распространилась на север до Нью-Гэмпшира

и Вермонта, а на юге дошла до Виргинии. В настоящее время как минимум миллион рукокрылых (представители шести видов) уже погибли, а уровень смертности животных в инфицированных местах зимних спячек достиг отметки в 90–100%.

Этой зимой многие наблюдатели ожидают новой волны смертей, которая затронет те виды летучих мышей, которые и без того серьезно пострадали из-за инфекции прошлых годов (сейчас болезнь угрожает уже не только самим рукокрылым, но и благополучию всей экосистемы в целом, а вследствие этого и людям). К сожалению, несмотря на широкую огласку и беспокойство общественности, а также внимание прессы, ученые все еще не выяснили, что именно убивает зверьков. В настоящее время они лихорадочно ищут способы остановить мор. Рукокрылые — неотъемлемая часть системы, регулирующей численность ночных летающих насекомых; гибель этих маленьких хищников может разрушить баланс естественной среды, подрывая здоровье лесов, и даже повлиять на урожайность сельскохозяйственных культур в этом регионе.

Синдром белого носа (СБН) получил свое название из-за белых разводов на морде, крыльях и ушах зараженных летучих мышей, вызванных развитием болезнетворного грибка. Ранее неизвестный науке, этот грибок был классифицирован и назван *Geomyces destructans*. Пока не ясно, истинный ли он убийца или просто побочная инфекция, развившаяся на фоне общего ослабления иммунитета, однако многие биологи считают первопричиной именно его. С одной стороны, этот патоген предпочитает нетипично низкие для грибка температуры (от 2 до 22° С), которые круглый год царят в большинстве пещер США. С другой стороны, он до сих пор найден только у летучих мышей, которые летом питаются насекомыми, а зимой, когда добычи нет, вынуждены впадать в зимнюю спячку в этих пещерах.

По мнению Марвина Мориарти (Marvin Moriarty), специалиста из Службы по охране рыбы и дикой природы США, на грибок как на источник всех бед указывают рубцы и отеки, появляющиеся на крыльях зараженных им животных. Ведь известно, что перепонки крыльев у летучих мышей осуществляют важнейшую физиологическую функцию регуляции температуры тела и кровяного давления. Для впадающего в спячку зверька всегда существует риск исчерпать свои запасы жира до того, как наступят благоприятные условия и он выйдет из состояния оцепенения. И если СБН заметно влияет на функционирование организма, то он может нарушить естественное протекание зимней спячки, а вышедшие из сна животные будут тратить энергии больше, чем смогут себе позволить. Другими словами, они начнут страдать от голода. Эту теорию подтверждает тот факт, что многие жертвы СБН сильно истощены, а обитатели инфицированных пещер зимой проявляли необычную активность, возможно, в тщетной попытке найти пищу.

Для того чтобы остановить эпидемию, биологи должны выяснить все возможное о *Geomyces destructans* — его происхождение, распространение, пути передачи и тому подобное, а также доподлинно установить степень его влияния на организм рукокрылых. Подобные данные могут способствовать, например, разработке вакцины против этого заболевания.

Однако все это требует финансовых затрат, а средств, выделяемых на борьбу с СБН, недостаточно. Правительственные субсидии вкуче со всеми перечислениями от различных частных фондов составили лишь \$1,1 млн, при том что эти деньги должны расходоваться не только на проведение научных изысканий, но и на практические мероприятия по борьбе с заболеванием с того момента, как оно появилось. Из официального заявления для комиссии Белого дома, сделанного 4 июня биологом Томасом

Вскоре люди смогут ощутить эффект от гибели маленьких летунов, вызванной СБН. Быстрее всего это скажется на изменении численности кровососущих насекомых, которые выведутся из личинки этим летом. Грег Тернер (Greg Turner) из Пенсильванской комиссии по диким животным считает, что летучие мыши ежедневно съедают такое количество насекомых, включая комаров, которое равно их собственному весу. Знаток этих маленьких хищников Мерлин Таттл (Merlin Tuttle), основавший Международный союз охраны рукокрылых, отмечает, что эти зверьки — основные хищники, истребляющие сельскохозяйственных вредителей, на борьбу с которыми ежегодно тратятся миллиарды долларов. Если эпидемия распространится на юг и запад Америки, это приведет к громадным потерям, т.к. не дадут урожая все культуры, опыляемые рукокрылыми. Как отметил Тернер, летучие мыши — основные опылители бананов и авокадо, а также единственные опылители агавы (любители текилы должны быть им благодарны)

Курцем (Thomas Kurz) из Бостонского университета, следует, что для реального решения этой проблемы необходимы как минимум \$17 млн. В марте этого года сенаторы и члены Палаты представителей подписали совместное письмо секретарю внутренних дел США Кену Салазару (Ken Salazar) с просьбой о срочном выделении необходимых средств для проведения экспертизы, способной выявить причину и дать информацию для разработки плана выхода из этого кризиса.

Тем не менее до сих пор единственной заметной реакцией на эпидемию стало временное прекращение доступа посетителей в пещеры и заброшенные шахты. Целесообразность этих мер весьма сомнительна, т.к. до сих пор не доказано, что люди могут служить переносчиками этой инфекции. Со слов Роберта Циммермана (Robert Zimmermann), спелеолога, подробно описавшего эпидемию, первые случаи СБН были отмечены в Пенсильвании и Западной Виргинии, где посещение пещер — популярный способ проведения досуга. Однако в других районах, где посещение пещер столь же распространено, например в Индиане, Теннесси, Алабаме и Джорджии, данное заболевание пока зарегистрировано не было. Дэвид Блехерт (David Blehert) из Национального центра охраны дикой природы в Мадисоне, штат Висконсин, и его коллеги работа-



Вокруг носа этой маленькой коричневой летучей мыши, пребывающей в зимней спячке в пещере в Западной Виргинии, виден белый налет грибка

ют над получением культуры грибов, взятых со стен и пола пещеры, чтобы определить, могут ли одежда и снаряжение стать источником заражения.

Если же инфекция распространяется непосредственно от животного к животному, как скорее всего и окажется в нашем случае, то изоляция не даст заметного результата. И если ученые срочно не найдут иного пути решения проблемы, единственным достаточно быстрым средством останется драконовская мера по уничтожению всех летучих мышей в зараженных пещерах.

Питер Браун

противоречия ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

Спасение земли может обернуться нарушением прав коренного населения

Современная цивилизация приносит в самые отдаленные уголки нашей планеты неминуемые перемены: истощаются запасы нефти, вырубается леса, сокращаются рыбные ресурсы. Поборники сохранения окружающей среды стремятся смягчить разрушающее воздействие человека на биосферу. Тем не менее некоторые планы по предотвращению изменения климата, уменьшению загрязнений и сохранению биосферы подвергаются критике за то, что из-за них коренное население может потерять свои земли и, соответственно, всякие средства к существованию.

В конце XX в. при организации природных заказников, где запрещалось проживать людям, миллионы жителей Африки, Южной Америки и Азии были вытеснены со своих территорий. В результа-

те, как рассказывает антрополог Майкл Сернье (Michael Sernea) из Университета Джорджа Вашингтона, многие из них погибли и продолжают гибнуть от недоедания и болезней. Аборигены обычно поддерживают равновесие экосистем, не допуская, например, распространения огня или сорных растений. Поэтому защитники окружающей среды считают, что интересы местного населения необходимо учитывать. Во Всемирном фонде дикой природы (WWF) убеждены, что коренные жители во многом — их непосредственные помощники и союзники, а Комитет по охране природы берет на себя обязательство найти согласованное решение при реализации проектов, влияющих на территории местных жителей.

Однако недавние события удивили некоторых наблюдателей.



УГРОЗА ПЛЕМЕНАМ: обитатели джунглей Индонезии могут потерять свои охотничьи угодья из-за плана по уменьшению углеродной эмиссии и спасению леса

«Пока ведутся разговоры, дело стоит» — считает Джим Уикенс (Jim Wickens) из группы сторонников *Forest People Program* (программа защиты населения, проживающего в лесных районах), базирующейся в Мортон-ин-Марш, Англия. Уикенс приводит аргументы, уже высказанные участниками массового протеста (71 группа) при попытке Всемирного фонда дикой природы ввести сертификаты на разведение креветок. Креветочные фермы часто устраивались на побережье тропических морей, при этом вырубались мангровые заросли, что приносило вред рыбным промыслам и сельскохозяйственным угодьям. *The Mangroves Action Project*, группа, созданная в Порт-Анджелесе, штат Вашингтон, в защиту мангровых лесов, считает, что креветочные хозяйства нарушают устойчивость экосистем.

Всемирный фонд дикой природы полагает, что в настоящее время менее трети таких производств соответствуют необходимым стандартам. Джейсон Клей (Jason Clay), вице-президент фонда, считает, что сертификация должна способствовать упорядочению производства креветок. Однако географ Питер Вандергест (Peter Vandergest) из Йоркского университета в Торонто обеспокоен, что эти усилия окажутся бессмысленными, если в обсуждении установления и соблюдения норм не будут участвовать все заинтересованные стороны. Он поясняет, что, принимая во внимание удаленность многих креветочных ферм, проверить их будут редко, а это позволит легко фальсифицировать показатели.

Защитники прав коренных народов обеспокоены так называемыми планами возмещения углерода, разработанными для охраны лесов. Несколько крупных природоохранительных организаций признают, что за углерод, сэкономленный в результа-

те сокращения вырубок леса, должны следовать компенсационные выплаты, которые сформируют фонды охраны природы для живущих в лесах людей. План по Сокращению эмиссии за счет предотвращения обезлесивания и деградации (СВОДЛ, REDD) может быть включен в декабре в Конвенцию ООН по изменению климата и частично финансироваться компенсационными выплатами. Комитет по охране природы полагает, что такого рода аккредитив за 3 млрд т углерода на сумму \$45 млрд может быть оформлен к 2020 г.

Маркус Колчестер (Marcus Colchester) из *Forest People Program* комментирует: «Перспектива получения больших денег за биоразнообразие весьма рискованна, поскольку коренное население может оказаться на обочине цивилизации». А Том Голдтус (Tom B.K. Goldtooth) из *Indigenous Environmental Network* в Бемиджи, штат Миннесота, заявляет, что повышение денежной стоимости лесных ресурсов может привести, в частности, к «величайшему захвату земель всех времен». Интерпол предупреждает, что недобросовестные лица могут предпринять попытку получить доход от исполнения СВОДЛ, поскольку присвоение правового статуса может привести к изгнанию коренных жителей из их лесов. Комитет по охране

природы, поддерживающий местное население в завоевании законных прав на свои территории, наоборот считает, что повышение стоимости лесов при проведении в жизнь СВОДЛ принесет их постоянным обитателям только выгоду.

Особенно остро проблема перемещения стоит в Индонезии, где ведется наступление на деревни, представляющие организации на их землях лесозаготовок, целлюлозно-бумажного производства и плантаций масличных пальм. Здесь действуют уже около 20 компенсационных проектов. Колчестер предупреждает, что правительственное регулирование СВОДЛ недостаточно защищает местных жителей. Например, на полуострове Кампар, Суматра, лесничество предложило очистить часть заболоченного леса под посадки акации, сохранить, таким образом, лесной массив и получить кредит СВОДЛ. Поскольку выполнение проекта может ограничить доступ местных жителей к их исконным рыболовным и охотничьим угодьям, они не допустили руководство лесничества на свою территорию. Аналогичный страх перед выселением сопутствует и попыткам сохранить коралловые рифы. В мае шесть стран Юго-Восточной Азии при технической поддержке Комитета по охране природы, Всемирного фонда дикой природы

и Международного фонда охраны природы приступили к выполнению проекта *Coral Triangle Initiative*, согласно которому под охрану попадут 75 тыс. кв. км побережья, коралловых рифов и океана. Риза Даманик (Riza Damanik) из Правового союза рыболовов Индонезии KIARA выражает обеспокоенность, что самые богатые рыбой места отойдут заказникам.

Психолог, специалист по охране окружающей среды Лиа Скерл (Lea Scherl) из Университета Джеймса Кука в Австралии, исследовав охраняемые территории в этом морском регионе, считает, что такое беспокойство действительно имеет определенные основания. Она поясняет, что в крупнейших организациях по охране природы ученые создают проекты на макроуровне и сосредоточены только на природных особенностях, не учитывая при этом ни культурный фактор, ни мнение простых людей.

Владеть истинным пониманием сути охраны окружающей среды может только тот, кто досконально знает местность и наделен опытом предшествующих поколений. «Вы теряете это понимание, когда отбрасываете человеческий фактор», — заключает Скерл.

Мадхусри Мукерджи

ТЕРМОЯДЕРНЫЙ ИМПУЛЬС

В Национальной лаборатории им. Лоуренса в Ливерморе с мая 2009 г. функционирует самая большая в мире лазерная система *National Ignition Facility*. Она направляет со всех сторон лазерные пучки на помещенную в специальную трубку таблетку твердого водородного размера с ластик на конце карандаша, нагревая ее до миллионов градусов и вызывая термоядерную реакцию. На пути до этой крошечной мишени лазерные пучки проходят некоторое расстояние в уси-

лителях для накопления энергии. Установка предназначена для обеспечения надежности ядерных боеголовок без проведения полевых испытаний, но может стать и инструментом исследования недр звезд, а также термоядерной реакции в качестве источника энергии.

Число лазерных пучков, направляемых на мишень: 192

Число «постов управления» для усиления и направления пучков: 60 000

Расстояние, проходимое пучками: 1 км

Время облучения мишени пучками в триллионных долях (10^{-12}) секунды: 30

Энергия, передаваемая мишени: 1,8 млн Дж

Первоначальная оценка стоимости: \$1,1 млрд

Фактические затраты: \$3,5 млрд

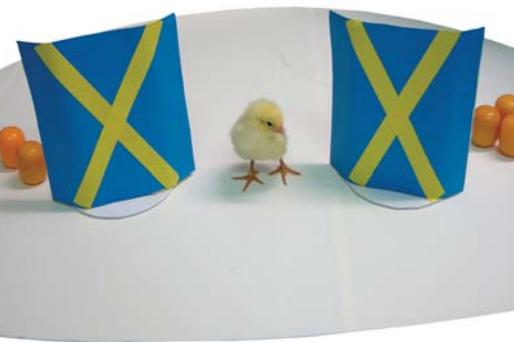
Первоначальная оценка времени строительства: 6 лет

Фактическое время строительства: 12 лет

Источник: Национальная лаборатория им. Лоуренса в Ливерморе

ЖИВОТНЫЕ И ЦИФРЫ

Счет может оказаться способностью, свойственной многим видам



ГДЕ ЖЕ МАМА? В опытах с цыплятами, выросшими «в компании» игрушечных объектов, которые они воспринимали как своих родителей, птицы показали рудиментарное владение счетом

Ученые скептически относятся к заявлениям о математических способностях животных с тех пор, как 100 лет назад столкнулись с Умным Гансом. Лошадь, которая решала арифметические и другие интеллектуальные задачи на глазах у восхищенной публики в Европе, на самом деле ориентировалась на подсказки своего владельца. Современные исследования, например эксперименты с Алексом, африканским серым попугаем жако, который может считать до шести и умеет складывать и вычитать, некоторые рассматривают как исключение или результат дрессировки.

Однако новые исследования выявляют все больше случаев проявления способности к счету у животных совершенно разных видов, заставляя сделать вывод, что математические способности могут ока-

заться более распространенными среди биологических видов, нежели предполагалось ранее. В некоторых случаях обезьяны решают задачи лучше, чем студенты колледжа.

В исследовании, опубликованном прошлым летом в *Proceedings of the Royal Society B*, Кевин Барнс (Kevin Burns) из Университета Виктории в Веллингтоне, Новая Зеландия, и его коллеги описали проведенные на территории заповедника Карори эксперименты. Исследователи высверливали в упавших деревьях отверстия, которые затем использовали как кормушки, и на глазах у диких новозеландских дроздов помещали туда различное число личинок мучного червя. В первую очередь птицы проверяли те углубления, в которые люди положили больше всего личинок. Более того, когда Барнс пытался их обмануть и забирал обратно часть личинок в тот момент, когда птицы не могли этого видеть, дрозды проводили в два раза больше времени перед дуплами, выискивая недостающих червей. «Возможно, они обладают какой-то врожденной способностью различать небольшие множества, например, такие как три и четыре, — говорит Барнс, — но они также используют свою способность к распознаванию чисел в повседневной жизни, в результате чего обучаются различать множества, содержащие до 12 элементов»

По еще более свежим данным, опубликованным в апрельском выпуске тех же *Proceedings of the Royal Society B*, Роза Ругани (Rosa Rugani) из Университета Тренто, Италия, со своей командой обнаружила арифметические способности у недавно вылупившихся цыплят. Ученые вырощивали цыплят в присутствии пяти одинаковых предметов, и птенцы считали их своими родителями.

Когда ученые разделяли предметы на группы по два или три объекта и прятали их за непрозрачными ширмами, цыплята предпочитали находиться рядом с большим количеством предметов, ощущая, что «мама» больше похожа на три, а не на два объекта. Ругани также меняла размер предметов, чтобы исключить возможность выбора цыплятами группы, большей по площади, а не по числу объектов.

За прошедшие пять лет Джессика Кэнтлон (Jessica Cantlon) из Рочестерского университета провела целую серию экспериментов с макаками-резусами, в которых определила, что способность обезьян к распознаванию малого числа объектов сопоставима с таковой у людей. Макаки, как она выяснила, могут выбирать меньшую из двух предъявленных групп предметов одинакового размера, цвета и формы. Затем она предъявила наборы, в которых все эти параметры варьировали, и резусы не проявили различий в выполнении, сохранив тот же уровень правильных ответов и ту же скорость реакции. Одно животное, подкрепляемое сладким фруктовым порошком, показало результат, который был лишь на 10–20% ниже результатов, продемонстрированных студентами колледжа, зато обезьяна значительно опережала людей в скорости реакции. «Животные не боятся время от времени ошибаться, — отмечает Кэнтлон. — Они предпочитают сделать ошибку и наверстать упущенное в следующем задании, за счет чего можно получить большее количество лакомства, тогда как студенты боятся ошибиться и не могут избавиться от этого беспokoйства».

Элизабет Брэннон (Elizabeth Brannon) из Университета Дьюка проводила похожие исследования, в которых макаки-резусы должны были соотнести количество звуков, услышанных ими, с числом увиденных объектов, что доказывало их способность к кроссмодальному переносу. Она тестировала также способность обезьян к вычитанию, пряча группу объектов и удаляя

из нее часть предметов. Все результаты выбирали на уровне достоверно выше случайного. Хотя они вряд ли владеют понятием «ноль», они прекрасно понимают, что это меньше, чем один или два, как заключила Брэннон с коллегами в своей статье, вышедшей в майском номере *Journal of Experimental Psychology: General*.

Брэннон уверена, что животные не владеют вербальным понятием числа (они не пересчитывают в уме «один, два, три»), но при этом способны на примитивные арифметические действия без использования чисел, например могут складывать количества при определении чис-

ленности группы объектов. Брэннон считает, что эта способность врожденная и могла возникнуть из-за потребности территориальных животных иметь представление о численности конкурирующих групп, а кормящихся животных — определять, выгодно ли оставаться на этой территории с данным количеством пищи при таких затратах времени.

Ирен Пепперберг (Irene Pepperberg) из Массачусетского технологического института, прославившаяся благодаря своей тридцатилетней работе с попугаем Алексом, говорит, что даже пчелы способны научиться различать небольшие множества.

«Так что некоторым элементам счета способны научиться даже беспозвоночные, а подобное обучение невозможно без соответствующих структур в мозге, на использовании которых оно основано», — замечает она.

Понимание биологических основ арифметических способностей у животных может оказаться важным и для людей. Например, исследования Брэннон могут найти применение в сфере дошкольного обучения: сейчас детей учат считать начиная с четырех-пяти лет, но, вероятно, обучение счету можно ставить в учебный план и раньше.

Майкл Теннесен

ТРИДЦАТЫЙ рейс

1 ноября текущего года из Санкт-Петербургского морского порта в свой тридцатый рейс отправилось научно-экспедиционное судно «Академик Федоров» Арктического и Антарктического НИИ Росгидромета. Во время экспедиции запланировано более 30 научных программ, которые будут выполняться силами научно-исследовательских организаций и университетов, представляющих в том числе Росгидромет, Рособразование, Роскосмос и Рос-

сийскую академию наук. Работами руководит начальник экспедиции заслуженный метеоролог России Л.С. Алексеев. Среди наиболее важных программ стоит отметить работы по определению роли и места Антарктики в глобальных климатических изменениях, комплексные геолого-геофизические исследования выходов горных пород внутриконтинентальных районов и морские исследования континентальной окраины Антарктиды. Будут продолжены ис-

следования подледного озера Восток: планируются буровые работы в скважине, глубина которой достигнет 3680 м. Проникновение в водный слой озера будет возможно в следующем антарктическом сезоне. На российских круглогодично действующих станциях зимовочный состав экспедиции будет проводить необходимые природоохранные мероприятия в соответствии с Протоколом по охране окружающей среды и Договором об Антарктиде.

Ирина Прошкина
(По материалам Росгидромета)

МИРОВЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

По данным, опубликованным в отчете Института всемирного наблюдения в январе 2009 г., современные технологии позволяют получать электроэнергию из возобновляемых источников в размерах, превышающих мировые потребности в несколько раз (см.: Уолд М.: *Сила в возобновлении* // *ВМН*, № 6, 2009). В отчет также включены данные Четвертого оценочного доклада Межгосударственной группы экспертов по из-

менению климата и мероприятия, необходимые для выживания в условиях глобального потепления.

Ежегодно в мире потребляется электроэнергия: **132,5 трлн кВт•ч**
Столько лет эта энергия могла бы снабжать дом среднего американца: **13 млрд**

Электричество, которая может быть извлечена из разных источников на современном уровне технического развития (трлн кВт•ч):

солнечная: **444**
ветровая: **167**
геотермальная: **139**
растительная биомасса: **69**
Потребление энергии:
обслуживание жилых и нежилых сооружений: **40%**
на генерацию электричества: **41%**
Электричество, получаемая в мире из возобновляемых источников, включая гидроэлектростанции: **20%**
Доля тепловых потерь при выработке электроэнергии: **2/3**.

Источник:
State of the World, 2009 г.

ВОСПРИЯТИЕ СВЕТА **На вкус**

Новый прибор дает возможность слепым «видеть» языком

Невролог Пол Бак-и-Рита (Paul Bach-y-Rita) предположил в 1960-х гг., что мы видим мозгом, а не глазами. Сегодня на основе этого предположения создан атравматичный прибор *BrainPort* для частичного восстановления зрительного восприятия у слепых, использующий нервные окончания на поверхности языка для того, чтобы посылать в мозг сигналы о свете.

Этот прибор, впервые продемонстрированный неврологами компании *Wicab* (одним из основателей которой был Бак-и-Рита) в 2003 г., может быть готов к поступлению в продажу в конце 2009 г. Его назначение — частичное замещение функций двух миллионов глазных нервов, которые передают сигналы от сетчатки в первичную зрительную кору мозга. На центральной дужке темных очков пользователя крепится миниатюрная цифровая видеокамера, собирающая «зрительную» информацию и направляющая ее в базовый блок, который человек может держать в руке. Этот блок обеспечивает регулировку масштаба изображения и чувствительности и содержит процессор, который превращает цифровые сигналы в электрические импульсы.

От процессора сигналы передаются на язык пользователя через «леденец» — систему электродов площадью около 9 кв. см, лежащую непосредственно на языке, который представляет собой идеальный орган для восприятия электрических сигналов (слюна — хороший проводник). Более того, нервные волокна в языке расположены плотно и ближе к поверхности, чем в других осязательных органах. Например, поверхность пальцев покрыта слоем мертвых

клеток — так называемым роговым слоем.

Каждый электрод «леденца» соответствует группе пикселей (элементов изображения). Белые пиксели создают сильные электрические импульсы, а черные не передают никакого сигнала. Нервные окончания на поверхности языка воспринимают поступающие электрические сигналы, от чего возникает ощущение, как от пузырьков шампанского.

Уильям Сейпл (William Seiple), директор по исследованиям в некоммерческой офтальмологической организации *Lighthouse International*, говорит, что пользователи прибора *BrainPort*, как правило, уже через 15 минут начинают воспринимать пространственную информацию. Электроды пространственно коррелируют с пикселями, поэтому, если видеокамера обнаруживает светильники в середине темного коридора, электрическое раздражение возникает в центральной части языка. «Это превращается в задачу обучения, не отличающуюся от приобретения навыка езды на велосипеде», — говорит невролог *Wicab* Эйми Арнолдуссен (Aimee Arnoldussen), добавляя, что процесс подобен тому, как учится видеть ребенок: сначала вещи могут казаться странными, но со временем становятся привычными.

Сейпл работает с четырьмя пациентами, которые берут уроки пользования прибором *BrainPort* раз в неделю. Он говорит, что его пациенты научились быстро находить двери и кнопки лифтов, читать буквы и цифры и брать чашки и вилки со стола, не нащупывая их. «Вначале я был поражен возможностями прибора, — говорит Сейпл. — Один парень даже запла-

кал, когда впервые увидел букву». Однако ученым еще предстоит выяснить, куда передается электрическая информация — в зрительную кору мозга, куда обычно поступает световая информация, или в соматосенсорную, в которой интерпретируются осязательные данные с языка.

Для разработки критериев успешных искусственного зрения оптометрист Эми Нау (Amy Nau) из Глазного центра в Медицинском центре Питтсбургского университета намерена продолжать испытания прибора *BrainPort* наряду с другими устройствами, включая вживляемые ретинальные и кортикальные микросхемы. «Мы не можем просто набросать карту глаза. Нам нужно отступить на шаг и описать ощущения, которые испытывают эти люди», — говорит она. *BrainPort* вызывает у Нау особый интерес, так как он, в отличие от имплантатов, атравматичен.

«Многие люди, потерявшие зрение, отчаялись вернуть его», — указывает Нау. По данным Национальных институтов здравоохранения, не меньше миллиона американцев в возрасте старше 40 лет официально считаются слепыми, имея остроту зрения не выше 0,1 или угол зрения меньше 20°. Потеря зрения взрослыми обходится стране примерно в \$51,4 млрд в год.

Хотя технология сенсорного замещения не может полностью восстановить зрение, она позволяет получить информацию, достаточную для того, чтобы ориентироваться в пространстве.

Президент и главный управляющий компании *Wicab* Роберт Бекман (Robert Beckman) сказал, что его компания представила прибор *BrainPort* в Управление по контролю над пищевыми продуктами и лекарственными средствами и надеется, что он будет вскоре одобрен к выпуску на рынок при цене около \$10 тыс.

Мэнди Кендрик

СЛИШКОМ МАЛО, СЛИШКОМ ПОЗДНО

Нерешенные вопросы ответственности оставляют США неподготовленными к пандемии

В преддверии сезона гриппа работники здравоохранения США столкнулись с парадоксом: с одной стороны, у них будет слишком мало доз вакцины против нового гриппа А (H1N1), чтобы защитить все население, с другой — некоторые люди будут сопротивляться прививкам. К сожалению, коренятся обе эти проблемы, пусть и частично, во времени первого появления вируса «свиного гриппа». После национальной кампании вакцинации 1976 г., когда пандемия так и не разразилась, общественность начала подозревать, не стали ли сами прививки причиной ухудшения здоровья некоторых вакцинированных. Эти сомнения стали основанием для судебных процессов, которые стоили федеральному правительству почти \$100 млн.

Начиная с этого момента взаимное недоверие общественности и производителей вакцин только росло, препятствуя способности государства дать отпор текущей — на сей раз очень реальный — пандемии. Согласно прогнозам Центров по контролю и профилактике заболеваний, заболеет не менее одной трети населения страны. Но у США не будет достаточно доз вакцины, чтобы обеспечить даже треть населения, поскольку за 50 лет методы ее производства практически не изменились. Сотрудники Министерства здравоохранения в начале лета решили придерживаться традиционных методов производства с использованием куриных яиц, избегая добавок, снижающих дозировку, которые, возможно, устроили бы выход вакцины.

В статье «Вакцины во всей их мощи» в этом номере Натали Гарсон и Мишель Гольдман описывают новое поколение адъювантов — иммуностимулирующих компонентов вакцин, действие которых основано на недавно открытых механизмах ра-

боты иммунных клеток. Несколько лет назад в ходе клинических испытаний экспериментальной вакцины против птичьего гриппа, содержащей один из новых адъювантов, было показано, что для обеспечения защиты достаточно введения дозы, содержащей меньше одной трети обычного количества вирусного антигена, с минимальными побочными эффектами. Больше десяти лет назад в Европе другой новый адъювант был одобрен к применению в вакцинах против сезонного гриппа.

В США использование новых адъювантов в вакцинах запрещено, за исключением чрезвычайных ситуаций, объявленных Управлением по контролю над пищевыми продуктами и лекарственными средствами (которое едва ли пользуется доверием общественности). Даже для проведения кампании по всеобщей вакцинации с использованием традиционных методов потребовалось, чтобы правительство предоставило юридическую неприкосновенность производителям вакцины и взяло ответственность на себя, как сделало в 1976 г. Без такой защиты производители вакцины не хотят выходить на рынок. Страх перед судебным разбирательством уже заставил большинство из них выйти из дела.

В 1970-х гг. 25 компаний производили вакцины всех видов. К 2004 г. осталась только вакцина против гриппа.

В 2002 г. закон о безопасности предоставил неприкосновенность потенциальным производителям антибиотеррористических вакцин и лекарств. Но неприкосновенность в чрезвычайной ситуации — едва ли долгосрочное решение проблемы кризиса создания вакцин. В действующем законодательстве, однако, существует модель механизма, который позволил бы в разумных преде-

лах компенсировать ущерб пострадавшим от непредвиденных рисков при вакцинации, ограждая при этом изготовителей от юридической ответственности за непредсказуемые риски.

В 1986 г., признавая возможность того, что основные детские вакцины могут стать недоступными, если никто не захочет их изготавливать, Конгресс принял Национальный закон о компенсации пострадавшим от прививок. Этот закон установил процессуальный порядок обращения с исками о возмещении вреда с ограничением суммы ущерба. Компенсации финансируются средствами из налога на каждую дозу вакцины.

Подобная система могла быть распространена на все вакцины. В 1985 г. Институт медицины в докладе «Производство вакцин и инновации» выдвинул несколько других вариантов того, как защитить исследовательские работы в области вакцинации, обеспечив таким образом безопасность производителей и бесперебойность поставки вакцин. С тех пор было предложено немного жизнеспособных альтернатив.

Сейчас невозможно предположить, какие технологии производства вакцин были бы эффективны в борьбе с пандемией гриппа 2009 г. — а все из-за того, что науку так долго тормозили проблемы ответственности. Но непреложность факта нехватки вакцины в США заставляет задаться вопросом, почему старая проблема так поздно попала в фокус внимания.

Поскольку властные структуры в ближайшее время будут заниматься реформой здравоохранения, мы обращаемся к ним с просьбой урегулировать проблему ответственности за вакцинацию, а также восстановить общественное доверие к этому критическому медицинскому вмешательству в здоровье человека и гарантировать, что перед следующей пандемией будут доступны лучшие и самые безопасные вакцины.

НА ВУЛКАНЕ КАК НА ВУЛКАНЕ

14 августа текущего года «Новая газета» напечатала подборку материалов под названием «Луноход катался по вулкану». Публикация была приурочена к сорокалетнему юбилею ходовых испытаний в СССР первого лунохода. В свое время для этих испытаний нужно было найти на Земле место, максимально похожее на поверхность нашего космического спутника. Выбрать площадку для исследования качеств лунохода поручили молодому вулканологу **Генриху Семеновичу Штейнбергу**

Луной до середины XX в. занимались исключительно астрономы, полагавшие, что все лунные кратеры образовались в результате «метеоритной бомбардировки». Штейнберг подошел к этой проблеме как вулканолог. Изучая снимки Луны и сравнивая их с данными аэрофотосъемок и аэроспектральных съемок вулканов, он пришел к выводу, что многие особенности лунной поверхности обусловлены вулканизмом.

Космическая программа вулканолога

Для осуществления посадки на поверхность Луны важно было решить, к чему готовить космический аппарат: к встрече с многометровым слоем пыли — «подушкой», в которую легко провалиться, или со шлаковой поверхностью, сходной с той, что образуется в результате извержения вулканов. Данные вулканологов по физико-механическим свойствам вулканических пород были учтены при разработке системы мягкой посадки космического аппарата с луноходом. Затем в 1968 г. Г.С. Штейнберг выбрал на Камчатке площадки для ходовых ис-

пытаний лунохода, а в 1969–1970 гг. руководил экспедицией по испытанию первой модели лунохода на вулкане Шивелуч (в 50 км от поселка Ключи). На Шивелуче пятью годами раньше произошло сильное извержение, и площадка, покрытая пористыми пемзовидными потоками, идеально подходила для «обучения» лунохода движению по Луне. Правда, в этих испытаниях на луноходе не было аппаратуры: на нем закрепили мачту с грузом так, чтобы вес машины и положение центра тяжести точно соответствовали аппаратной нагрузке. При этом двигатель лунохода питался не от солнечных батарей, а от аккумулятора, который подзаряжался движком от бензопилы «Дружба». Ходовые качества оказались на высоте, даже на крутых склонах луноход двигался уверенно. Испытания прошли успешно, и запуск состоялся в октябре 1969 г.

В августе 1970 г. испытания провели в районе вулкана Толбачик: эта площадка по физико-механическим свойствам и условиям проходимости оказалась практически идентична лунной поверхности. 10 ноября 1971 г. первый в мире автоматический самоходный аппарат был достав-

лен на Луну в район Моря Дождей. Луноход проработал на поверхности спутника 318 суток, прошел более 10 км, передал на Землю 210 панорам и свыше 20 тыс. снимков.

В ходе работы 1968 г. по исследованию физико-механических свойств вулканических пород И.И. Черкасов (зав. кафедрой оснований и фундаментов МИИТ), сказал Г.С. Штейнбергу: «Сейчас идет набор научного состава на космическую станцию "Салют", подайте заявление». — «Кому?» — «Келдышу. А впрочем, вас Виноградов знает, он вице-президент, можно и ему». Исследователь оформил нужные бумаги и через месяц-другой был вызван на первую медицинскую комиссию. В 1968–1970 гг. он прошел все необходимые испытания как космонавт-исследователь, однако в космос не попал: после катастрофы в июне 1971 г. «Союза-11» третье кресло с «Союза» было снято, и запуски с космонавтами-исследователями прекращены на десять лет — до создания корабля «Союз-ТМ».

Это оказалось для Штейнберга не единственным «космическим» огорчением. С 1971 г., после успешной работы лунохода в Море Дождей,

толбачинская экспериментальная площадка получила статус полигона, а дирекция Института вулканологии, ранее дистанцировавшаяся от испытаний, забрала эту тему у ее разработчика. Более того, используя ситуацию после аварии вертолета на первых испытаниях в 1969 г., когда Г.С. Штейнбергу, бывшему начальником экспедиции, чтобы уложиться в сроки, пришлось приобрести для вертолета горячее за наличные деньги, в 1972 г. на него завели уголовное дело. А когда в 1974 г., дело было закрыто за отсутствием состава преступления, его уволили по сокращению штатов. Четыре года ученый проработал в котельной электриком, опубликовав за это время ряд статей в ведущих отечественных и зарубежных журналах. С 1978 г. он продолжил научную деятельность в лаборатории вулканологии Института морской геологии и геофизики ДВО РАН в Южно-Сахалинске.

Прогнозы извержений

Основное направление исследований Г.С. Штейнберга — механизм вулканического процесса, контроль состояния вулканов и прогноз извержений. Он работал более чем на 20 извержениях на следующих вулканах: Карымская сопка (1961–1962), Шивелуч (1964, 1980), Ключевской (1966, 1980), Алайд (1972), Тятя (1973), Толбачик (1975–1976), Сарычева (1976), Грозный (1989), Серро-Негро (1992), Кудрявый (1999), Стромболи (1991, 2003), Этна (2000) и др. На извержении вулкана Карымская сопка в 1962 г. получил тяжелую травму, однако и после этого продолжал работать на действующих вулканах. Штейнберг первым из советских вулканологов спустился в кратер действующего вулкана (1961), получив данные о его состоянии.

С 1991 г. он стал директором Института вулканологии и геодинамики (ИВиГ) РАН (г. Южно-Сахалинск). Институт ежемесячно составляет прогнозы вулканической активности, ожидаемой в следующем месяце или квартале на наиболее населен-



СПРАВКА

Генрих Семенович Штейнберг — академик РАН, доктор геолого-минералогических наук, вице-президент Международного общества по геологии Луны. Родился 13 февраля 1935 г. в Ленинграде. В 1959 г. окончил Ленинградский горный институт, учился на двух факультетах по специальностям инженер-геофизик и инженер-геолог. Окончил курсы летчиков-наблюдателей и получил штурманское свидетельство. До 1974 г. работал в Институте вулканологии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский). В 1974–1978 гг. — электриком в котельной. С 1978 г. — в Институте морской геологии и геофизики ДВО РАН. С 1991 г. — директор Института вулканологии и геодинамики РАН (г. Южно-Сахалинск). С 1969 г. по 2002 г. — редактор международного журнала *Modern Geology* (Нью-Йорк — Лондон — Париж — Токио — Монреаль).

ных островах Южных Курил — Итуруп и Кунашире. Основания для прогнозов — данные сети сейсмических станций, спутниковый мониторинг и регулярные наблюдения, проводимые в кратерах действующих вулканов. В 1999 г. за три дня до начала извержения вулкана Кудрявый (на о. Итуруп) ученый радиогаммой предупредил об этом губернатора Сахалинской области, мэра Курильского района, а также МЧС. Точный прогноз позволил провести все необходимые мероприятия, предусмотренные для подобных случаев.

В 1992 г. Г.С. Штейнберг руководил российской группой вулканологов, направленной в Центральную Америку по решению правительства России в ответ на просьбу правительства Никарагуа, а также в связи с поручением комиссии ООН. Прогноз, подготовленный нашими специалистами, позволил руководству Никарагуа принять решение о прекращении эвакуации населения и отменить чрезвычайное положение. Работа группы получила высокую оценку сразу нескольких государств. В Панаме по просьбе президента республики вулканологи провели необходимые работы и определили генезис кратеров у подножия вулкана Бару.

Как становятся вулканологами?

Друзья считают, что Г.С. Штейнберг родился с вулканом внутри.

В 2006 г. к фестивалю «Окно в Европу» режиссер В.Ф. Безенков снял об исследователе и его питерских друзьях фильм «Мы еще вернемся!». О дружбе, зародившейся благодаря волейболу во дворе, вспоминает С.Ю. Юрский, о студенческих годах — А.М. Городницкий. Теплыми воспоминаниями делятся П.Н. Фоменко, А.Н. Чилингаров, М.М. Козаков и Е.Б. Рейн. Свои стихи, посвященные Штейнбергу, читают А.М. Городницкий, А.С. Кушнер и Н.В. Королева. Напоминание о дружбе с И.А. Бродским — стихотворное посвящение на одном из сборников поэта: «Пока ты занимался лавой, я путался с одной шалавой: дарю тебе, герой Камчатки, той путаницы отпечатки!». А.Г. Битов написал книгу «Путешествие к другу детства», несколько глав которой озаглавлены «Подвиги Генриха». Про один из таких подвигов Битов в фильме «Мы еще вернемся» очень убедительно говорит: «Поднять настоящий лом 1001 раз десятилетний ребенок не может, а Генрих — смог!»

Молодой ученый серьезно занимался спортом. Имел первый разряд по баскетболу и по боксу. В детстве он играл в футбольном клубе «Локомотив», в 1952 г. был вратарем юношеской сборной Ленинграда, в 1954–1955 гг. выступал в клубах класса «А» «Трудовые резервы» и «Зенит». Однако когда возникла дилемма: институт или футбол, он выбрал институт.



Что еще рассказывают друзья о его детстве? За строптивость в отношениях с начальством его однажды исключили из школы. Забавный эпизод вспоминает младший брат Александр, мирно закончивший ту же школу с медалью и ставший ученым-физиком. На одном из вечеров встречи с выпускниками директор школы спросил: «Ну а как твой старший брат?» — «Он на Камчатке». — «Я так и знал, что он плохо кончит».

Что же дальше?

По мнению Г.С. Штейнберга, в наши дни проблема безопасности извержений уже скорее не научная, а инженерно-экономическая: вложите средства, и у вас будет система, обеспечивающая надежный прогноз. На вулканах, где задействованы системы мониторинга, неожиданных извержений не происходит. В Японии, США, Италии знают, когда и где начнется извержение. Там борьба идет за то, чтобы прогнозировать не просто дату извержения, а знать время его начала с точностью до шести часов. В этих странах за последние 10–15 лет никто от извержения случайно не погиб. Погибают те, кто, зная об ожидаемом или начавшемся извержении, находится в зоне риска: исследователи или экстремалы — любители острых ощущений. Штейнберг говорит, что никакие стихийные явления — землетрясения, цунами, ураганы — не сравнимы с извержением вулкана по эмоциональному воздействию на

человека: «Извержение — это почти фантастическое зрелище, поражающее своей красотой. А еще впечатляет гигантская мощь, несопоставимая с нынешними возможностями человека!»

Братья Штейнберги разработали теорию гейзерного процесса, проверенную на оригинальных лабораторных моделях и в экспериментах на природных гейзерах. Для изучения строения гейзеров, их функционирования и параметров были разработаны, запатентованы и использованы экологически чистые методы (гидрозондирование, химическое зондирование), позволившие по результатам опытов на природных гейзерах изучить их строение, определить тепловые, массовые, расходные параметры и пограничные условия, при которых реализуется гейзерный процесс. Исследования показали, что он осуществляется в очень узком диапазоне соотношений тепловых, массовых и расходных параметров. Гейзеры потому и редкое явление, что очень чувствительны к изменению этих соотношений и при их нарушении переходят в режимы кипящего, пульсирующего или горячего источника.

Рениевая проблема

В 1994 г. обложку одного из самых знаменитых научных журналов, лондонского *Nature*, украсило фото вулкана Кудрявый. В издании была опубликована статья об открытии

нового минерала — сульфида рения (ReS_2), образующего настоящее промышленное месторождение. Вместе с Г.С. Штейнбергом в экспедиции работали кандидаты геолого-минералогических наук В.С. Знаменский (ИГЕМ РАН), М.А. Коржинский и С.И. Ткаченко (ИЭМ РАН).

В любом открытии почти всегда есть элемент случайности. Для мониторинга расхода и состава газов в кратере вулкана в 1992 г. начали устанавливать керамические трубы. Они располагались на глубине около полуметра в фиксированных точках с интенсивным выходом газов. Ввиду высокой температуры (~500° С) даже в резиновых сапогах или валенках на резине работать можно было не более двух-трех минут. В одну из таких кратких смен С.И. Ткаченко выбросил лопатой обломок породы с серебристым блеском. Г.С. Штейнберг не встречал на вулканах ничего подобного и на месте решил, что это молибденит (минерал из класса сульфидов, химический состав MoS_2 , содержит 60% Mo и 40% S , из примесей в небольшом количестве — до 0,33% — обнаруживается Re). Образец увезли на анализ в Институт экспериментальной минералогии РАН в Черноголовке, и к концу 1992 г. в двух ведущих академических институтах определили, что это не молибденит, а сульфид рения, одного из самых редких металлов в мире. Позже установили, что рений, содержащийся в вулканическом газе, в определенных условиях соединяется с серой, образуя новый минерал, сульфид рения, рениит (ReS_2), содержащий до 73% рения.

Д.И. Менделеев еще в 1870 г. предсказал, что будет обнаружен 75-й элемент с атомным весом ~180. В 1925 г. немецким ученым Вальтеру и Иде Ноддак (Walter Noddack, Ida Noddack) удалось открыть этот самый редкий из устойчивых металлов в мире. В честь реки Рейн его называли рением. Он очень активно используется в промышленности, без него невозможно создание двигателей современных самолетов и ракет, в частности производство лопаток

авиадвигателей и многих деталей для высокотемпературных режимов. Еще две сферы применения — создание высокоточной техники типа гироскопов и синтез высокооктановых марок бензина. В США и Германии запатентованы ренийевые катализаторы-фильтры для очистки выхлопных автомобильных газов. А в последние годы с помощью нанотехнологий на ренийевой основе в США создали диборид рения (ReB_2) — материал, равный по твердости алмазу.

Использовать рений начали после Второй мировой войны. Добывали его технологически довольно сложным путем из медных и молибденовых руд. При отжиге концентрата этих руд соединения рения переходят в газовую фазу, из которой и получают соли рения. Чтобы получить килограмм рения, надо добыть и обработать от 1 до 2 тыс. т руды. Неудивительно, что мировое производство рения составляет около 45 т в год. При этом спрос на рений в мире постоянно растет.

В 2000–2005 гг. под руководством Г.С. Штейнберга были выполнены разведочные работы с подсчетом и утверждением запасов рения на месторождении «Вулкан Кудрявый». Одновременно вместе с кандидатом технических наук Ф.И. Шадерманом (ИМГРЭ МПР), доктором технических наук В.А. Синегрибовым и кандидатом технических наук В.Ю. Кольцовым (ВНИИ химической технологии Минатома РФ) были разработаны, экспериментально проверены и запатентованы методы получения концентрата рения и редких металлов из вулканического газа.

Утвержденные государственной комиссией динамические запасы рения, выносимого вулканическими газами на месторождении «Вулкан Кудрявый», составляют 36,7 т в год. Цифра, сравнимая со всей мировой добычей этого металла. Эти запасы непрерывно пополняются, пока вулкан действует, живет.

А живут вулканы долго, тысяча лет для них — то же самое, что полгода для человека. Вулкану Кудря-

В кандидатской диссертации Г.С. Штейнберга «Глубинное строение Авачинской группы вулканов» впервые в мировой практике были установлены глубина залегания и размеры корового магматического очага под Авачинским вулканом. За диссертацию на тему «Вулканические взрывы и гейзеры: физический механизм процессов и их соотношение» исследователю была присвоена степень доктора геолого-минералогических наук (1988). Около 200 научных работ Штейнберга большей частью посвящены вулканам и гейзерам. Статья «О неприменимости соотношения Болдуина для определения причин возникновения лунных кратеров» (*Доклады АН СССР, 1965, т. 165, № 1, раздел «Астрономия»*) — единственная его статья, представленная для публикации в ДАН главным конструктором, академиком С.П. Королевым.

вый гарантировано еще как минимум 15 тыс. лет.

Планируя на вулкане промышленное производство, нужно иметь в виду, что действующий вулкан может извергаться. Связано это с непрерывным конвективным движением магмы, ее подъемом к поверхности и периодическими выбросами. С Кудрявым это случается примерно раз в 100–110 лет (за последние 250 лет — в 1778, 1883 и 1999 гг.). При этом заметим, что прогноз извержения в 1999 г. был очень точен, а рений стране необходим. Вулкан Кудрявый — первое в мире месторождение, где газ представляет собой сырье для получения металла.

Ученые проделали огромную работу, но промышленное освоение месторождения пока не начато. Сегодня это головная боль вулканолога Штейнберга.

Вместо заключения

Г.С. Штейнберг любит родной город и о себе говорит: «Я человек питерский: родился, учился, вырос в Ленинграде, который для меня всегда был Петербургом. Мой отец был архитектором и хотел, чтобы я продолжил его дело. Да и у меня в детстве такое желание было, поэтому я очень хорошо знал архитектуру Ленинграда, а она, можно считать, на самом деле вся петербургская. Потом был Горный институт. Больше 20 лет я работал на Камчатке, а жил в Петропавловске — опять Питер...». Теперь в Петербурге живет старшая дочь Генриха — Гали-

на, юрист, и внучка Ира. Старший сын Александр — физик, научный редактор журнала «Вокруг света», живет в Петербурге, Москве, Праге. Средний сын Михаил — геофизик, пошел по стопам отца. Окончил МГУ, практику проходил на Кудрявом, защитил диплом, а потом окончил Хьюстонский университет в Техасе. Младшая дочь Аня в этом году окончила Институт электроники и вычислительной техники (дизайн и компьютерная графика) и поступила в магистратуру Иерусалимского университета. Младший сын Игнат пока только в третьем классе.

Общение с этим замечательным человеком наполняет душу теплом и покоем. Кажется, что видишь перед собой Маленького принца, который десантировался к нам, в наше время, и несет здесь и сейчас добросовестно и серьезно свою важную и нужную службу — заботу о вулканах. ■

Татьяна Потапова

СОКРАЩЕНИЯ

ИВиГ РАЕН — Институт вулканологии и геодинамики РАЕН
ИГЕМ — Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН
ИЭМ — Институт экспериментальной минералогии РАН
МИИТ — Московский институт инженеров транспорта
ИМГРЭ — Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов МПР РФ, РАН

Карлос Барцело, Мэт Виссер, Стефано Либерати и Себастьяно Сонего

ЧЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ, А НЕ ДЫРЫ

Квантовые эффекты могут воспрепятствовать формированию настоящих черных дыр и вместо них породить плотные объекты, названные черными звездами

Черные дыры стали частью массовой культуры уже десятки лет назад, а недавно даже оказались в центре событий фантастического сериала «Звездный путь» (*Star Trek*). Неудивительно. Эти темные остатки сжавшихся звезд как будто специально созданы, чтобы внушать нам первобытный страх: черная дыра несет в себе необъяснимую тайну, скрытую за завесой, называемой ее горизонтом событий. Оказавшись под этим горизонтом, никто и ничто не сможет вырваться наружу и неминуемо там разрушится.

Для физиков-теоретиков черные дыры — класс решений уравнений поля Эйнштейна, на которых основана его общая теория относительности (ОТО). Эта теория описывает то, как вещество и энергия искривляют пространство-время, как если бы оно было эластичным, а также то, как возникшее искривление пространства-времени управляет движением вещества и энергии, создавая силу, которую мы называем гравитацией. Эти уравнения однозначно указывают, что могут существовать области пространства-времени, из которых никакой сигнал не способен достичь удаленного наблюдателя. Эти области — черные дыры — состоят из точки, где плотность материи достигает бесконечности (сингулярность), окруженной пустой зоной, из которой ничто, даже свет, не может вырваться. Невидимая граница — горизонт событий — отделяет эту зону мощной гравитации от остального пространства-времени. В простейшем случае горизонт событий — это сфера всего лишь 6 км в диаметре у черной дыры с массой Солнца.

Ну и хватит о теории и фантастике. Как насчет реальности? Многочисленные астрофизические наблюдения показывают, что во Вселенной действительно есть невероятно компактные тела, не испускающие ни света, ни других видов излучения. Хотя массы этих темных тел лежат в диапазоне от нескольких единиц до многих миллионов масс Солнца, их диаметры, как определили весьма

квалифицированные астрофизики, составляют от нескольких километров до миллионов километров — в точном соответствии с предсказанием ОТО для черных дыр такой массы.

Однако представляют ли собой эти компактные и темные тела, обнаруженные астрономами, именно черные дыры, предсказанные ОТО? Полученные до сих пор наблюдения хорошо согласуются с теорией, однако сами теоретики не вполне удовлетворены имеющимся описанием черных дыр. В частности, прогноз ОТО о существовании сингулярности внутри каждой черной дыры означает провал самой теории в этой точке, как это всегда бывает, когда теория предсказывает, что некая величина становится бесконечной. Возможно, проблема ОТО в том, что в ней не принимаются во внимание квантовые эффекты, влияющие на поведение вещества и энергии в микроскопическом масштабе. Поиск улучшенной теории, включающей в себя квантовую механику (поэтому ее называют квантовой гравитацией), служит стимулом для развития теоретической физики.

Перед создателями квантовой теории гравитации встают интереснейшие вопросы. На что станут похожи черные дыры при учете квантовых поправок? Будут ли они радикально отличаться от классических черных дыр, или их классическое описание останется хорошим приближением? Как мы четвером показали, некоторые квантовые эффекты могут вообще помешать формированию черных дыр. Вместо этого могут рождаться объекты, которые мы назвали черными звездами. Черная звезда может избежать финального сжатия к бесконечной плотности

и окончательного «нырка» внутрь горизонта событий. Удержать черную звезду от этого может нечто такое, что обычно не считается прочной опорой, — само пространство.

Сколько весит квантовое ничто

Этот вывод мы получили на основе проверенного метода, известного как полуклассическая гравитация, не используя при этом всех тех предположений о коллапсирующем веществе, которые делались в более ранних исследованиях: нам хотелось проверить, сможем ли мы избежать парадоксальных выводов, полученных в тех работах. Не имея законченной теории квантовой гравитации, теоретики уже более 30 лет обращаются к полуклассической гравитации для анализа того, как квантовая механика меняет представление о черных дырах. Этот метод частично вносит понятия квантовой физики, в частности квантовой теории поля, в классическую теорию гравитации Эйнштейна.

Квантовая теория поля описывает каждый тип фундаментальных частиц — электрон, фотон, кварки — как заполняющее все пространство поле наподобие электромагнитного. Уравнения квантовой теории поля обычно записывают в плоском пространстве-времени, т.е. в отсутствие гравитации. В полуклассической гравитации используется квантовая теория поля, сформулированная в искривленном пространстве-времени.

В самом общем виде стратегия полуклассической гравитации такова: согласно классической общей теории относительности, наличие материи вызывает определенное искривление пространства-времени.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

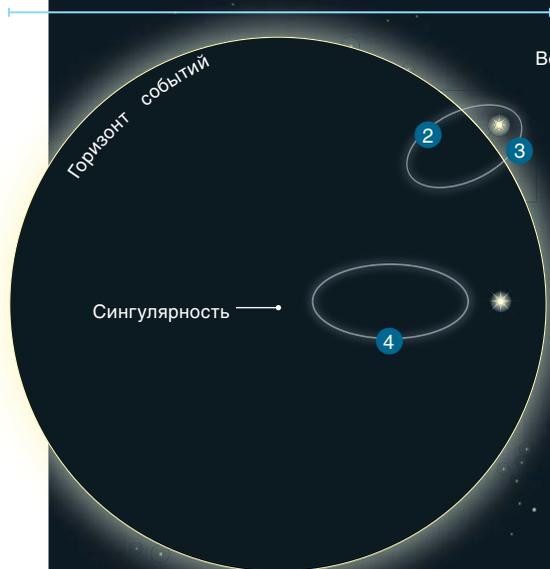
- Черные дыры — это структуры в пространстве-времени, предсказанные общей теорией относительности. Ничто не может вырваться из гравитационного поля черной дыры, попав внутрь ее горизонта событий.
- Приблизительные квантовые расчеты предсказывают, хоть это и выглядит парадоксально, что черные дыры медленно испаряются. Физики до сих пор пытаются создать полную, последовательную квантовую теорию гравитации для описания черных дыр.
- Наперекор традиционному мнению физиков, квантовый эффект, названный поляризацией вакуума, может оказаться настолько сильным, что остановит формирование дыры и вместо нее породит черную звезду.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Черная дыра — это область искривленного пространства-времени с такой сильной гравитацией, что никакой объект не может ее покинуть. От окружающего мира ее отделяет горизонт событий — граница области, из которой невозможно вырваться. Черная дыра почти пуста: вся ее масса глубоко под горизонтом сжата в точку бесконечной плотности (сингулярность)

Черная дыра с массой втрое больше, чем у Солнца должна иметь диаметр 18 км, близкий к длине Манхэттена

18 км



Вдали от массивного тела вспышка света расходится симметрично во всех направлениях 1

Волна света через 1 с

Вспышка

Вблизи горизонта событий черной дыры гравитация захватывает большую часть вспышки 2

Лишь некоторые лучи вырываются 3

Если вспышка происходит внутри горизонта событий, весь свет втягивается в сингулярность черной дыры 4

► На практике черные дыры выявляют по веществу, обращающемуся вокруг и падающему на них. На фото справа, полученном космическим телескопом «Хаббл» в 1998 г., виден мощный газово-пылевой диск, в центре которого, вероятно, сверхмассивная черная дыра. Но, строго говоря, такие наблюдения указывают ученым лишь на наличие очень компактного массивного объекта, который почти или совсем не излучает света. Это еще нельзя считать доказательством того, что объект — черная дыра



(«нулевой точки») квантовых полей — т.е. энергии вакуума, в котором отсутствуют частицы всех типов, — приводит к бесконечности. На самом деле, эта проблема возникла уже в обычной квантовой теории поля (т.е. в плоском пространстве, без гравитации). К счастью для теоретиков, желающих предсказать явления в физике частиц без учета гравитации, поведение этих частиц зависит только от разности энергий их состояний, поэтому значение энергии квантового вакуума не играет роли. Методы аккуратного вычитания, известные как перенормировка, позволяют избегать бесконечностей и вычислять разность энергий с невероятно высокой точностью.

Но для гравитации энергия вакуума имеет значение. Бесконечная плотность энергии должна создавать экстремально большую кривизну пространства-времени: в «пустом» пространстве должна быть мощная сила тяготения, а это совершенно не согласуется со свойствами нашей Вселенной. Наблюдения последних десятилетий показывают, что вклад нулевой точки в полную плотность энергии Вселенной чрезвычайно мал. Используя метод полуклассической гравитации, теоретики не пытаются решить эту проблему. Вместо этого обычно полагают, что, каким бы ни было решение, в нем точно нейтрализуется вклад нулевой точки в плотность энергии для плоского пространства-времени. Этим предположением вводится понятие о непротиворечивом полуклассическом вакууме: плотность энергии равна нулю везде, где ОТО предсказывает плоское пространство-время.

Если материя присутствует, то пространство-время искривлено; это меняет плотность энергии нулевой точки квантовых полей, а значит, уже нельзя игнорировать энергию нулевой точки. Говорят, что дополнительная энергия вызвана поляризацией вакуума — по аналогии с поляризацией сплошной среды, вызванной электрическим зарядом (врезка на стр. 22).

Описывая полуклассическую гравитацию, мы говорили о массе

Но искривление пространства-времени изменяет энергию квантовых полей. Эта трансформированная энергия, согласно ОТО, меняет кривизну пространства-времени. И так далее — итерация за итерацией.

Задача в том, чтобы получить самосогласованное решение — искривленное пространство-время, содержащее такую конфигурацию квантовых полей, энергия которых вызывает именно такую кривизну. Самосогласованное решение этого типа должно стать хорошим приближением к тому, что происходит

на самом деле во многих ситуациях, включающих квантовые эффекты и гравитацию, хотя сама гравитация и не описывается квантовой теорией. Таким образом, полуклассическая гравитация учитывает квантовые поправки к ОТО в «минимальной» степени, принимая во внимание квантовое поведение материи, но по-прежнему рассматривая гравитацию (т.е. кривизну пространства-времени) с классической позиции.

Однако такой подход сразу же приводит к проблеме: прямое вычисление энергии наинизших состояний

ПРОБЛЕМА С КВАНТОВЫМИ ЧЕРНЫМИ ДЫРАМИ

Классические (т.е. неквантовые) уравнения общей теории относительности запрещают чему-либо выходить из-под горизонта событий черной дыры. Однако в 1970-е гг. Стивен Хокинг проделал квантовые вычисления,

показавшие, что черные дыры должны очень редко и беспорядочно испускать частицы (левая панель). Эта беспорядочность приводит к парадоксу (правая панель), названному проблемой информации

ХОКИНГОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ИСПУЩЕНО

Даже в пустом пространстве квантовые процессы постоянно рождают пары так называемых виртуальных частиц и античастиц, которые тут же аннигилируют друг с другом.

Вблизи горизонта событий черной дыры одна из виртуальных частиц может быть захвачена дырой, а вторая отброшена. Эта отброшенная частица уносит положительную массу, а захваченная вносит отрицательную массу в черную дыру, уменьшая этим массу дыры.



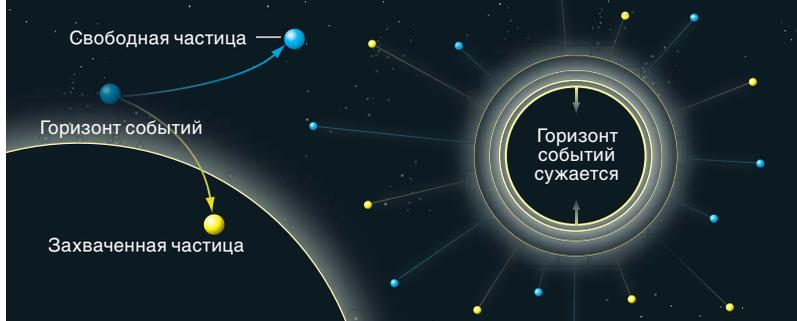
Поэтому, если ничто не падает в черную дыру, ее масса и горизонт событий постоянно уменьшаются. Этот процесс испарения ускоряется по мере уменьшения дыры

ИНФОРМАЦИЯ ПОТЕРЯНА

Материя, падающая в черную дыру, несет с собой огромный объем информации.



Работа Хокинга показывает, что черная дыра может испариться вплоть до нулевой массы, но хаотически испускаемые ею частицы почти не несут информации. Очевидная потеря информации нарушает фундаментальный принцип квантовой механики, известный как унитарность. Это противоречие требуется разрешить



и плотности энергии. Но в ОТО искривление пространства-времени вызывают не только эти величины, а еще плотность импульса, давление и напряжение гравитирующего вещества. Все эти величины, вызывающие искривление, описываются одним физико-математическим объектом — тензором энергии-импульса (ТЭИ). В полуклассической гравитации предполагается, что вклад нулевой точки квантовых полей в полное значение ТЭИ равен нулю в плоском пространстве-времени. Полученный из ТЭИ путем такого вычитания физико-математический объект называют перенормированным тензором энергии-импульса (ПТЭИ).

Использованный в искривленном пространстве-времени, этот метод вычитания до сих пор позволял обнулять расходящуюся часть ТЭИ, но при этом он оставляет конечным, ненулевым значение ПТЭИ. Итоговый результат получают путем итераций: классическая материя искривляет пространство-вре-

мя в соответствии с уравнениями Эйнштейна в степени, определенной классическим ТЭИ материи. Эта кривизна сообщает квантовому вакууму конечное ненулевое значение ПТЭИ. Этот вакуумный ПТЭИ становится дополнительным источником гравитации и изменяет кривизну. Новая кривизна в свою очередь меняет вакуумный ПТЭИ, и т.д.

Черные дыры с квантовыми поправками

Если используется описанная выше полуклассическая гравитация, то возникает вопрос, как эти квантовые поправки меняют представление о черных дырах, и, в особенности, как эти поправки влияют на процесс формирования черной дыры?

Простейшая черная дыра некоторой массы (скажем, M в единицах массы Солнца) не вращается и не имеет электрического заряда. Радиус такой дыры R составляет $3M$ километров. Этот радиус R называют гравитационным радиусом или

шварцшильдовским радиусом для этой массы. Если по какой-то причине некоторая материя сожмется настолько, что займет область меньше своего гравитационного радиуса, она превратится в черную дыру и исчезнет внутри собственного горизонта событий.

Например, радиус Солнца — 700 тыс. км, что значительно больше его гравитационного радиуса (3 км). Уравнения полуклассической гравитации показывают, что ПТЭИ квантового вакуума в этом случае ничтожен. Значит, согласно классическим уравнениям, Солнце весьма далеко от того, чтобы образовать черную дыру, и квантовые поправки не меняют эту картину. Поэтому астрофизики могут спокойно игнорировать эффекты квантовой гравитации при исследовании Солнца и большинства других астрономических объектов.

Однако квантовые поправки могут стать существенными, если звезда ненамного больше своего гравитационного радиуса. В 1976 г.

ЧТО МОЖЕТ ПУСТОТА

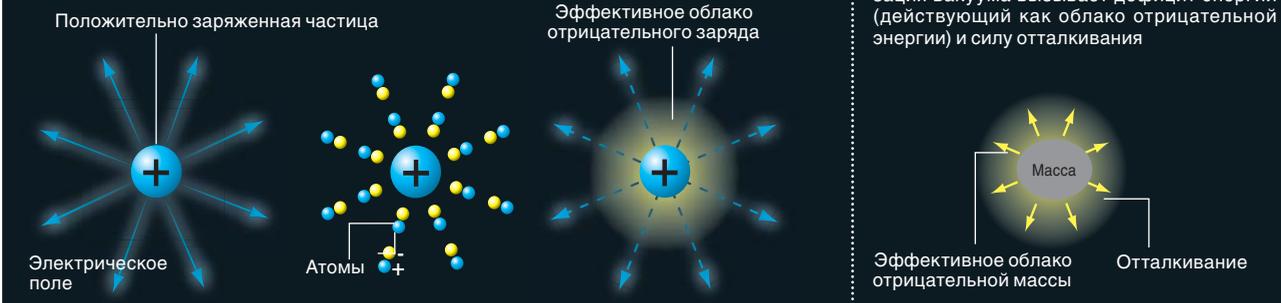
В классической общей теории относительности пространство-время динамично, его кривизна создает гравитацию. Квантовый эффект, названный поляризацией вакуума, дает пустому пространству еще одну возможность играть активную роль во Вселенной

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ

В веществе электрическое поле заряженного объекта (слева) поляризует ближайшие атомы (в центре), уменьшая этим суммарное электрическое поле (справа). Квантовая теория поля указывает, что даже вакуум можно поляризовать, поскольку электрическое поле поляризует виртуальные пары частиц/античастиц

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ВАКУУМА

В общей теории относительности роль электрического заряда играют масса и энергия, а роль электрического поля — кривизна пространства-времени, т.е. гравитация. Поляризация вакуума вызывает дефицит энергии (действующий как облако отрицательной энергии) и силу отталкивания



Дэвид Булвер (David G. Boulware) из Вашингтонского университета проанализировал свойства такой компактной звезды, если она стационарна (т.е. не сжимается). Он показал, что чем ближе звезда к своему гравитационному радиусу, тем больше становится вакуумный ПТЭИ вблизи ее поверхности, так что плотность энергии стремится к бесконечности. Это означает, что уравнения полуклассической теории гравитации не имеют решения в виде стационарной черной дыры (размер горизонта событий которой остается постоянным).

Однако результат Булвера не говорит нам, чего ожидать в том случае, если звезда испытывает неудержимое сжатие — коллапс, который, согласно ОТО, приводит к рождению черной дыры. Годом ранее, используя несколько иную технику, Стивен Хокинг (Stephen W. Hawking) уже

рассмотрел эту ситуацию и показал, что классическая черная дыра, образовавшаяся при коллапсе, излучает различные частицы. Энергии этих частиц распределены как у теплового излучения, т.е. черная дыра имеет температуру. Он предположил, что с учетом квантовых поправок черная дыра будет почти как классическая, но станет медленно испаряться в результате этого излучения. Температура черной дыры с массой в одну солнечную составит 60 нанокельвинов. Соответствующая скорость испарения так мала, что поглощение фонового излучения должно существенно превосходить испарение, поэтому размер дыры должен расти. Испаряющаяся черная дыра такой массы будет неотличима от классической черной дыры, поскольку испарение будет неизмеримо малым.

В течение десятка лет после работы Хокинга все усилия теоретиков,

включая приблизительный расчет ПТЭИ в коллапсирующей конфигурации, укрепляли уверенность в справедливости этой картины. Сейчас большинство физиков считают, что черные дыры формируются так, как описывает классическая ОТО, а затем подвергаются медленному квантовому испарению под действием излучения Хокинга.

Проблема информации

Открытое Хокингом испарение черных дыр, а также предшествовавшие этому результаты Якоба Бекенштейна (Jacob D. Bekenstein) из Еврейского университета в Иерусалиме продемонстрировали глубокую и до конца еще не понятую взаимосвязь между гравитацией, квантовой физикой и термодинамикой. К тому же обнаружили новые проблемы, важнейшая из которых — по видимому, проблема информации, тесно связанная с вопросом об окончательном состоянии испаряющейся черной дыры.

Рассмотрим для примера массивную звезду, испытывающую гравитационный коллапс. В этой звезде заключен гигантский объем информации в виде положений, скоростей и других свойств ее более чем 10^{55} частиц. Предположим, что звезда превратилась в черную дыру, а затем, испуская хокинговское излучение,

ОБ АВТОРАХ

Карлос Барцело (Carlos Barcelo), **Мэт Виссер** (Matt Visser), **Стефано Либерати** (Stefano Liberati) и **Себастьяно Сонего** (Sebastiano Sonego) с начала века сотрудничают в разных сочетаниях и перестановках. Барцело — профессор теоретической физики и заместитель директора Института астрофизики в Андалусии (Испания), Виссер — профессор математики в Университете Виктории (Веллингтон, Новая Зеландия), Либерати — доцент астрофизики в Международной школе передовых исследований в Триесте (Италия), Сонего — профессор математической физики в университете Удине (Италия).

начала медленно испаряться. Температура черной дыры обратно пропорциональна ее массе, поэтому испаряющаяся черная дыра становится горячее и испаряется быстрее, по мере того как ее масса и радиус уменьшаются. Мощный взрыв разбрасывает остаток массы черной дыры. Но что после этого остается? Исчезает ли дыра полностью, или какой-то малый остаток сохраняется? И в любом случае — что происходит с информацией, содержащейся в звезде? Согласно вычислениям Хокинга, испущенные дырой частицы практически не несли информации о начальном состоянии звезды. Даже если от черной дыры сохранился какой-то остаток, как в таком маленьком объекте может содержаться вся информация, которая была в исходной звезде?

Исчезновение информации — серьезная проблема, поскольку один из наиболее фундаментальных принципов квантовой теории утверждает, что эволюция квантового состояния подчиняется принципу унитарности, одно из следствий которого — неуничтожимость информации. Она может стать недоступной на практике, как в случае если сгорела книга, но в принципе информация и в такой ситуации сохраняется в струях дыма и пепле.

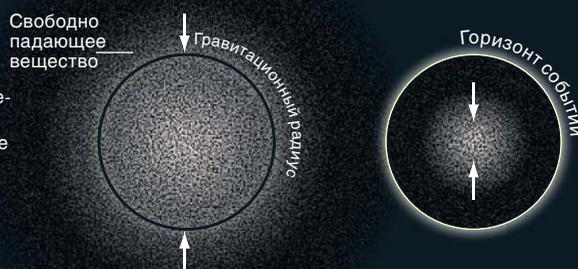
Поскольку вычисления, предсказывающие излучение Хокинга, опираются на полуклассическую гравитацию, физики не могут с уверенностью сказать, становится ли потеря информации результатом принятого приближения, или этот вывод сохранится и после того, как мы научимся точно решать задачу. Если процесс испарения действительно разрушает информацию, то правильные уравнения полностью квантовой гравитации должны нарушать унитарную природу современной квантовой механики. И наоборот, если информация сохраняется, и полная теория квантовой гравитации покажет, в каком виде она содержится в излучении, то, вероятно, либо ОТО, либо квантовая механика нуждаются в уточнении.

РОЖДЕНИЕ ЧЕРНОЙ ЗВЕЗДЫ

Черная дыра образуется, когда некоторое вещество сжимается под собственным весом, и нет силы, способной остановить это. Большинство физиков считают, что квантовые эффекты недостаточно сильны, чтобы остановить коллапс. Но авторы данной статьи не согласны

БЫСТРЫЙ КОЛЛАПС НЕ ОСТАНОВИТЬ

Для свободно падающего вещества поляризация вакуума мала, даже когда это вещество достаточно плотное, чтобы сформировать горизонт событий и стать черной дырой



МЕДЛЕННЫЙ КОЛЛАПС МОЖЕТ ДЛИТЬСЯ ВЕЧНО

Если вещество падает медленно, поляризация вакуума может возрасти, порождая отталкивание.

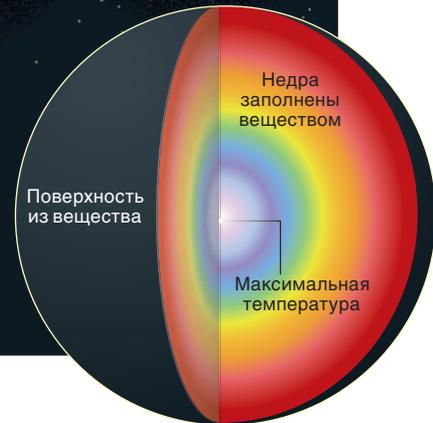
Это отталкивание еще сильнее замедляет коллапс, увеличивая этим интенсивность поляризации.

Коллапс задерживается настолько, что горизонт событий не возникает никогда



ЧЕРНАЯ ЗВЕЗДА

В результате образуется черная звезда. Гравитационное поле вокруг нее такое же, как вокруг черной дыры, но внутри звезда заполнена веществом и не имеет горизонта событий. Черная звезда может испускать излучение типа хокинговского, но это излучение уносит информацию, которая вошла в черную звезду, сохраняя этим унитарность. Если с черной звезды, как с луковицы, снимать слой за слоем, каждый раз оставшееся ядро должно быть меньшей черной звездой, также испускающей излучение: Маленькие черные дыры излучают сильнее и имеют более высокую температуру, чем большие; и черные звезды тоже становятся горячее с приближением к их центру



Совершенно иная возможность

Проблема информации и связанная с ней загадка заставили нас (и других) вновь проанализировать ту цепь рассуждений, которая в 1970-е гг. привела физиков к выводу об испарении почти классических черных дыр. Мы обнаружили, что старый полуклассический вывод о том, что при гравитационном коллапсе черные дыры формируются даже при учете квантовых эффектов, зависит от некоторых технических и обычно неявных предположений.

В частности, старые расчеты делались в рамках предположения, что коллапс протекает очень быстро, примерно за то время, какое требуется веществу, чтобы свободно упасть от поверхности звезды до ее центра. Но мы обнаружили, что при медленном коллапсе квантовые эффекты могут привести к рождению очень компактного объекта нового типа, не имеющего горизонта событий и, следовательно, свободного от многих проблем.

ДРУГИЕ ВАРИАНТЫ ВМЕСТО ДЫРЫ

Многие исследователи предлагали более или менее экзотические объекты, которые могли бы стать альтернативой традиционной (но явно парадоксальной) идее об испаряющейся черной дыре и при этом соответствовать темным компактным телам, наблюдаемым астрономами. Общая черта этих предложений (в том числе и нашей гипотезы черных звезд) состоит в том, что у новых объектов может отсутствовать горизонт событий

ГРАВАЗВЕЗДЫ (GRAVASTARS)

Геометрия пространства-времени вокруг гравитационно-вакуумной звезды (гравазвезды) может быть неотличима от геометрии черной дыры вплоть до расстояния 10^{-35} м от сферической области, где должен был бы располагаться горизонт классической черной дыры. Вместо горизонта может быть оболочка из материи и энергии толщиной всего 10^{-35} м (это длина Планка — характерный масштаб, на котором эффекты квантовой гравитации должны становиться сильными). Внутри гравазвезды должно быть пустое пространство с сильной поляризацией вакуума, создающей отталкивание, которое препятствует дальнейшему коллапсу материальной оболочки. В одном из вариантов идеи гравазвезды классическое представление о геометрии кардинально меняется на границе внешней и внутренней области

ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТЬ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

В обычной квантовой механике принцип дополненности утверждает, что при наблюдении объекта можно выявить его свойства либо как частицы, либо как волны, но не одновременно. Аналогично квантовая механика черных дыр может содержать новый тип дополненности. У наблюдателя, находящегося вне черной дыры, может быть одно описание наблюдаемой геометрии (например, представление о горизонте событий как о некоей мембране с определенными физическими свойствами), тогда как наблюдатель, падающий в дыру, может использовать другое описание

«ГРИБЫ-ДОЖДЕВИКИ» (FUZZBALLS)

Сторонники идеи «грибов-дождевиков» (пушистых шариков) заявляют, что горизонт может быть переходной областью между внешней классической геометрией и квантовой внутренней, где невозможно установить определенные свойства пространства-времени. Внутренняя область может описываться теорией струн и не содержать сингулярность (справа). Каждая внешняя геометрия (скажем, геометрия черной дыры с массой ровно 10^{30} кг) может иметь в качестве внутренней геометрии любое из экспоненциально большого числа квантовых состояний струны. Полуклассическое представление черной дыры — с горизонтом событий, огромной энтропией, температурой и испусканием хокинговского излучения — равносильно среднестатистическому от всех этих возможных внутренних состояний, аналогично описанию объема газа, при котором игнорируются точные положения и скорости отдельных частиц



Как мы уже отмечали, ПТЭИ квантового вакуума в пространстве-времени, искривленном обычной звездой, везде очень мал. Когда начинается коллапс звезды, ПТЭИ может измениться. Тем не менее старый вывод о том, что ПТЭИ остается крайне малым, сохраняет свою силу, если коллапс происходит быстро — в режиме свободного падения.

Однако если коллапс происходит значительно медленнее свободного

падения, ПТЭИ может приобрести произвольно большое отрицательное значение в области близ радиуса Шварцшильда, где должен был бы сформироваться классический горизонт событий. Отрицательный ПТЭИ вызывает отталкивание, которое тормозит коллапс еще сильнее. Коллапс может полностью прекратиться перед самым формированием горизон-

та, или же он может продолжаться вечно, постоянно замедляясь и приближаясь к рождению горизонта, но так никогда и не создав его.

Но это не исключает возможности рождения черных дыр. Полностью однородное сферическое облако с массой, скажем, 100 млн масс Солнца, свободно сжимаясь под действием собственного веса, наверняка сможет создать горизонт событий. Когда это огромное облако станет достаточно компактным для появления горизонта, его плотность будет сравнима всего лишь с плотностью воды. При такой низкой плотности ПТЭИ не может стать достаточно большим, чтобы предотвратить рождение горизонта. Но мы знаем, что в действительности во Вселенной такого не бывает. Гигантские почти однородные облака материи, возникавшие на ранних этапах после Большого взрыва, не коллапсировали и не рождали черных дыр. Вместо этого возникла последовательность структур.

Сначала рождались звезды, и тепло от их ядерных реакций надолго приостанавливало коллапс. Когда запас ядерного топлива в звезде иссякал, она могла превратиться в белый карлик или, при достаточной массе, взорваться как сверхновая, оставив после себя нейтронную звезду (шар из нейтронов, который лишь немногим больше гравитационного радиуса звезды). В любом случае, чисто квантовый эффект — принцип запрета Паули — предотвращает дальнейший коллапс. В нейтронной звезде нейтроны не могут находиться в одинаковом квантовом состоянии, и возникающее от этого давление препятствует гравитационному коллапсу. Тот же эффект в отношении ионов и электронов объясняет стабильность белого карлика.

Если нейтронная звезда захватывает дополнительную массу, то гравитация постепенно преодолевает сопротивление нейтронов, и происходит дальнейший коллапс. Мы точно не знаем, что случается потом (хотя обычно считают, что рождается черная дыра). Ученые рассматри-

вают возможность формирования различных объектов — так называемых кварковых звезд, странных звезд, бозонных звезд и Ω -шаров, которые могли бы оставаться стабильными при давлениях больших, чем выдерживает нейтронная звезда. Физикам необходимо точнее знать, как ведет себя вещество при плотностях много больших, чем у нейтрона, чтобы решить, какой из вариантов мог бы реализоваться.

Итак, опыт подсказывает нам, что вещество, подчиняющееся законам квантовой механики, похоже, всегда найдет новые способы задержать гравитационный коллапс. Хотя любое из этих препятствий можно преодолеть (обычно устойчивую конфигурацию всегда можно сделать неустойчивой, добавив достаточно вещества), каждый процесс, задерживающий коллапс, дает дополнительное время для того, чтобы отрицательный ПТЭИ возрос и стал существенным. Этот ПТЭИ может успешно противостоять гравитационному притяжению, и поскольку его отталкивание может возрасти безгранично, это способно навсегда остановить коллапс вещества в черную дыру.

Черные звезды

Получившиеся тела могут быть объектами нового типа; мы назвали их черными звездами. Из-за предельно малого размера и высокой плотности они по своим наблюдаемым свойствам должны напоминать черные дыры, но по существу будут совершенно иными. Это должны быть материальные тела с материальной поверхностью и недрами, заполненными плотным веществом. Они должны быть чрезвычайно тусклыми, поскольку испущенный с их поверхности свет испытывает огромное красное смещение (световая волна очень растянется), выходя из сильно искривленного пространства вблизи черной звезды к удаленному наблюдателю. В принципе, астрономы смогут проводить полное астрофизическое исследование черных звезд, поскольку отсутствие горизонтов событий не препятствует этому.

В семействе объектов типа черных звезд некоторые могут напоминать испаряющиеся черные дыры, испускающие излучение, похожее на хокинговское. В особом случае, когда коллапс приближается к образованию горизонта, но при этом никогда не останавливается, мы показали, что черная звезда должна испускать частицы с так называемым планковским энергетическим спектром (который очень похож на тепловой спектр) с температурой чуть меньшей температуры Хокинга. Не имея горизонта, черная звезда не может задерживать информацию. Напротив, испущенные частицы и любое оставшееся в черной звезде вещество сохраняют информацию. Весь процесс формирования и испарения должен описываться стандартной квантовой физикой. Однако черные звезды не решают полностью проблему информации, пока сохраняется возможность для формирования горизонтов событий где-либо во Вселенной.

Эти испаряющиеся объекты можно было бы назвать квазичерными дырами, поскольку для постороннего наблюдателя они должны иметь примерно те же термодинамические свойства, что и испаряющиеся черные дыры. Однако в их недрах должна быть «радуга» температур, возрастающих вплоть до максимума вблизи центра. Если вы представите себе тело наподобие луковицы с концентрическими слоями, то каждый слой должен медленно сжиматься, никогда не достигая той компактности, при которой его собственная масса и масса находящегося внутри него вещества сформируют горизонт. Каждый слой должен удерживаться от коллапса вакуумным ПТЭИ, который, как мы считаем, будет развиваться там, где условия для возникновения горизонта складываются достаточно медленно. Чем глубже слой, тем выше должна быть его температура, как у черных дыр все меньшей массы. Мы пока не знаем, распространены ли эти очаровательные объекты или исключительно редки.

За горизонтом

Изучение черных дыр всегда вызывало у исследователей самые разные реакции. С одной стороны, будоражит мысль о том, что в них скрыта дверь к новым непредвиденным возможностям в физике — хотя бы для тех, кто отважится туда войти. С другой стороны, введение в научный обиход этого объекта давно нервировало некоторых физиков. Поиск альтернатив черным дырам, часто мотивированный неприязнью к тому или иному их свойству, столь же стар, как сама идея черных дыр.

Наше предположение о черных звездах и идеи других исследователей, альтернативные черным дырам, сходятся в том, что пространство вокруг этих объектов практически такое же, как вокруг классической черной дыры, вплоть до того самого места, где должен был бы возникнуть горизонт. И хотя заветная дверь, ведущая к пониманию того, как квантовая физика объединяется с гравитацией, еще не распахнулась перед нами, возможно, она не скрыта от нас за непроницаемой стеной горизонта событий. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Fate of Gravitational Collapse in Semiclassical Gravity. Carlos Barcelo, Stefano Liberati, Sebastiano Sonego and Matt Visser in Physical Review D, Vol. 77, № 4; February 19, 2008.
- Small, Dark, and Heavy: But Is It a Black Hole? Matt Visser, Carlos Barcelo, Stefano Liberati and Sebastiano Sonego in Proceedings of Black Holes in General Relativity and String Theory; August 2008. <http://arxiv.org/abs/0902.0346>
- The Black Hole War: My Battle with Stephen Hawking to Make the World Safe for Quantum Mechanics. Leonard Susskind. Little Brown, 2008.
- Черепашук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь и черные дыры. Фрязино: Век-2, 2004.
- Шапиро С., Тьюколски С. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. М.: Мир, 1985.



ТУРБОРАЗГОН МОЗГА

Гэри Стикс

Можно ли за завтраком принять таблетку, которая повысит концентрацию внимания и улучшит память? И не принесет ли она вреда здоровью?

Некоторые футуристы для обозначения улучшенной версии человека используют символ *H+*. «Человечество-плюс» для преодоления основных психических и физических ограничений тела будет использовать определенный набор продвинутых технологий, таких как стволовые клетки, робототехника, лекарства для улучшения когнитивных функций.

Сегодня возможность усовершенствовать интеллектуальные функции при помощи таблетки уже не кажется фантастикой. 1990-е гг., объявленные предыдущим президентом США Джорджем Бушем де-



кадой мозга, можно также назвать декадой улучшенного мозга.

Одержимость усилением когнитивных функций вылилась в огромное количество статей, посвященных разработке «лекарств для ума», стимуляторов мозга, ноотропов и даже «виагры для мозга». Можно считать, что эра расширения возможностей центральной нервной системы уже наступила. Студенты колледжей, чтобы учиться всю ночь, частенько прибегают к помощи риталина (активное вещество — метилфенидат). Программисты, попадая в цейтнот, глотают модафинил — препарат нового поколения для поддержания уровня бодрствования. Сторонники описанного подхода вместо того, чтобы разобраться в тонкостях биохимии, безответственно утверждают, что

подобные стимуляторы всего лишь помогают взбодриться, как кофе с карамелью.

Идея «улучшения мозга» активно поддерживается учеными и производителями лекарств, которые на основании новейших данных о молекулярных механизмах процесса познания разрабатывают препараты, позволяющие улучшить когнитивные функции. В основном такие средства создаются для больших

деменцией. Однако часто врачи назначают препараты, разработанные для лечения болезни Альцгеймера или Паркинсона, пожилым людям с гораздо более мягкими нарушениями. Развернувшиеся вокруг этой проблемы дебаты наводят на мысль, что скоро наступит день, когда таблетки, делающие людей умнее, будут доступны всем.

Академические и популярные издания все чаще задаются вопроса-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

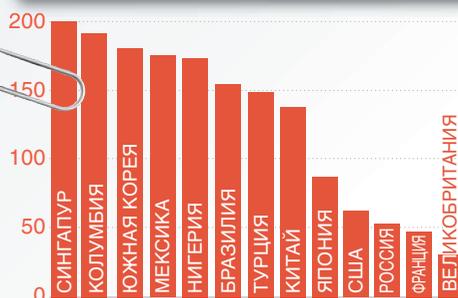
- Студенты и аспиранты принимают стимуляторы, чтобы повысить свой интеллектуальный потенциал, несмотря на то что входящие в них вещества никогда не испытывались исследователями в подобных целях.
- Некоторые ученые и специалисты по биоэтике рассматривают перспективу расширения применения подобных препаратов здоровыми людьми, не страдающими деменцией.
- Могут ли вещества, влияющие на ключевые механизмы функционирования мозга, оставаться столь же безопасными и эффективным, как кофе и чай?



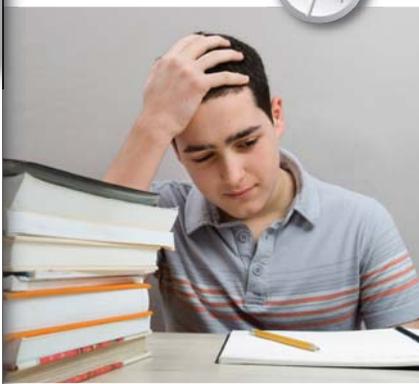
ЗАЧЕМ УЛУЧШАТЬ?

Популярность улучшающих препаратов, повышающих когнитивные функции, определяется постепенным старением популяции, распространением интернет-аптек, а также психологическим напряжением и ускорением темпа работы и учебы

Предположительный рост продолжительности жизни (1994–2000)
Увеличение процента пожилого населения (65 лет и старше)



Источник: British Medical Journal



ми, не дадут ли стимуляторы незаконного преимущества студентам при поступлении в колледж, или имеют ли право работодатели заставлять подчиненных принимать подобные препараты, чтобы они успевали сдать работу в срок.

Но несмотря на популярность темы, остаются сомнения относительно того, действительно ли существуют лекарства, способные увеличить «мощность» мозга. Позволяют ли современные препараты, разработанные для людей

с проблемами концентрации внимания или чрезмерной сонливостью, лучше сдавать экзамены или безупречно отвечать на вопросы клиентов и руководства? Безопасны ли они настолько, что их можно поставить на одну полку со свободно отпускаемыми обезболивающими и антацидами? Все эти вопросы вызывают жаркие споры среди нейробиологов, врачей и специалистов по биоэтике.

Этический диссонанс

До тех пор пока препараты, улучшающие когнитивные функции, назначаются пациентам с такими заболеваниями, как СДВГ (синдром дефицита внимания с гиперак-

тивностью), возникает вопрос о безопасности и необходимости применения этих лекарств здоровыми людьми. По данным, полученным в 2007 г. правительством США, более 1,6 млн американцев за последние 12 месяцев принимали отпускаемые по рецептам стимуляторы в немедицинских целях. К таким легальным препаратам относятся метилфенидат (риталин), амфетамин (аддералл) и модафинил (провигил). В некоторых кампусах до 25% студентов признали, что использовали данные средства. В онлайн-опросе читателей *Nature* в 2008 г. более 20% из 1,5 тыс. респондентов в 60 странах мира указали, что они принимали метилфенидат, модафинил или бета-адреноблокаторы (последние — в случаях боязни публичных выступлений). В качестве наиболее частого повода для приема препаратов указывалась необходимость повышения концентрации внимания.

Видимо, с увеличением среднего возраста населения и глобализацией экономики использование стимуляторов будет расти. «Если тебе 65 лет, ты живешь в Бостоне, твоя пенсия значительно сократилась, тебе необходимо продержаться на трудовом рынке как можно дольше, конкурируя с 23-летним парнем из Мумбаи, — ты задумываешься о приеме стимуляторов», — говорит Зак Линч (Zack Lynch), исполнительный директор Организации нейротехнологической промышленности.

Столь оживленные этические дебаты возникли не на пустом месте: указанные препараты действительно эффективнее плацебо и улучшают определенные аспекты когнитивных функций, в том числе внимания, памяти и так называемой исполнительной функции (планирование и абстрактное мышление). Учитывая данное обстоятельство, многие исследователи утверждают, что специалистам в области биоэтики необходимо рассмотреть проблему все большего распространения стимуляторов работы мозга как можно подробнее.

Подобная логика привела к созданию в 2002 г. новой научной дисциплины — нейроэтики, которая рассматривает морально-этические и социальные проблемы, связанные с препаратами и устройствами (импланты и пр.), стимулирующими когнитивную активность.

В 2008 г. в журнале *Nature* группа нейробиологов заявила, что развитие науки в последние годы открыло перспективу использования психостимуляторов не только в качестве лечебного средства. Статья предлагает рассмотреть возможность открытия широкого доступа к данным препаратам, которые сегодня прописывают лишь людям, страдающим от психологических недугов. Их исследование раскрывает преимущества использования стимуляторов для улучшения памяти и других познавательных процессов. Авторы приравнивают препараты к «хорошему образованию, полезным привычкам и информационным технологиям — более традиционным способам, которыми человечество пытается улучшить свои способности».

Полгода спустя один из авторов статьи, Джон Харрис (John Harris), специалист по биоэтике из Манчестерского университета в Англии, редактор *Journal of Medical Ethics* и автор книги «Ускоренная эволюция» (*Enhancing Evolution*), развил свою идею в *British Medical Journal*. Харрис утверждает, что если метилфенидат считается достаточно безопасным лекарством для детей, то его можно рассматривать как безвредное средство для взрослых, желающих подстегнуть возможности своего мозга. В своем интервью Харрис сказал, что предвидит постепенное ослабление запретов, и считает, что если не будет выявлено опасных последствий применения, то психостимуляторы, входящие в список веществ, оборот которых контролируется правительством США, можно будет продавать без рецепта, как аспирин.

Заявления Харриса вызвали возражения среди нейробиологов и специалистов по биоэтике. «Люди гово-

АКТИВАТОРЫ МОЗГА. СЕРЬЕЗНО?

Названия приведенных ниже препаратов, якобы улучшающих мыслительные процессы у здоровых людей, часто можно встретить в научной литературе и даже популярной прессе. Однако разработаны они для лечения неврологических заболеваний. Даже если препарат обладает «когнитивным эффектом», риск его применения превосходит потенциальное улучшение, и его нельзя назначать здоровым людям

| ПРЕПАРАТ | МЕДИЦИНСКИЕ ПОКАЗАНИЯ | ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ | ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РИСКИ |
|---|---|--|--|
| <p>Метилфенидат (<i>Ritalin, Concerta</i> и др.) и амфетамины (<i>Adderall</i> и др.)</p> | Стимуляторы, применяемые для лечения синдрома дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) и нарколепсии | В случае усталости повышает результаты выполнения определенных когнитивных задач; способность планировать и один из типов рабочей памяти; помогает справиться с монотонными, повторяющимися задачами | У некоторых людей вызывает ухудшение когнитивных функций, у большинства — снижение способности решения сложных задач; отрицательно влияет на работу сердечно-сосудистой системы, вызывает галлюцинации и зависимость |
| <p>Модафинил (<i>Provigil</i>)</p> | Стимулятор нового поколения, разработанный для лечения нарколепсии и чрезмерной сонливости в результате посменной работы или obstructive апноэ во сне | По-видимому, облегчает концентрацию внимания и позволяет достигать более высоких результатов в ограниченном наборе когнитивных тестов — таких как воспроизведение длинных последовательностей чисел | Возможна выработка зависимости, а также появление кожной сыпи |
| <p>Донепезил (<i>Aricept</i>)</p> | Лечение снижения когнитивных функций при болезни Альцгеймера. Повышает содержание нейромедиатора ацетилхолина, что приводит к улучшению когнитивных функций | Может помочь при обучении, улучшая память, однако для достижения эффекта скорее всего потребуются несколько недель. Используется не по назначению не так часто, как другие препараты | Может вызвать незначительное ухудшение когнитивных функций у здоровых людей |

рят, что стимулировать мышление — то же самое, что пользоваться очками, — рассуждает Джеймс Суонсон (James Swanson), исследователь из Калифорнийского университета в Ирвайне, участвовавший в клинических испытаниях модафинила и аддералла применительно к СДВГ. — Мне кажется, что люди до конца не представляют себе риска широкого приема психостимуляторов. У многих могут выработаться зависимость, снизиться когнитивные функции. Поэтому я выступаю против». Министерство внутренних дел Великобритании планирует заслушать доклад научных консультантов, посвященный потенциальному вреду немедицинского

использования новых психостимуляторов.

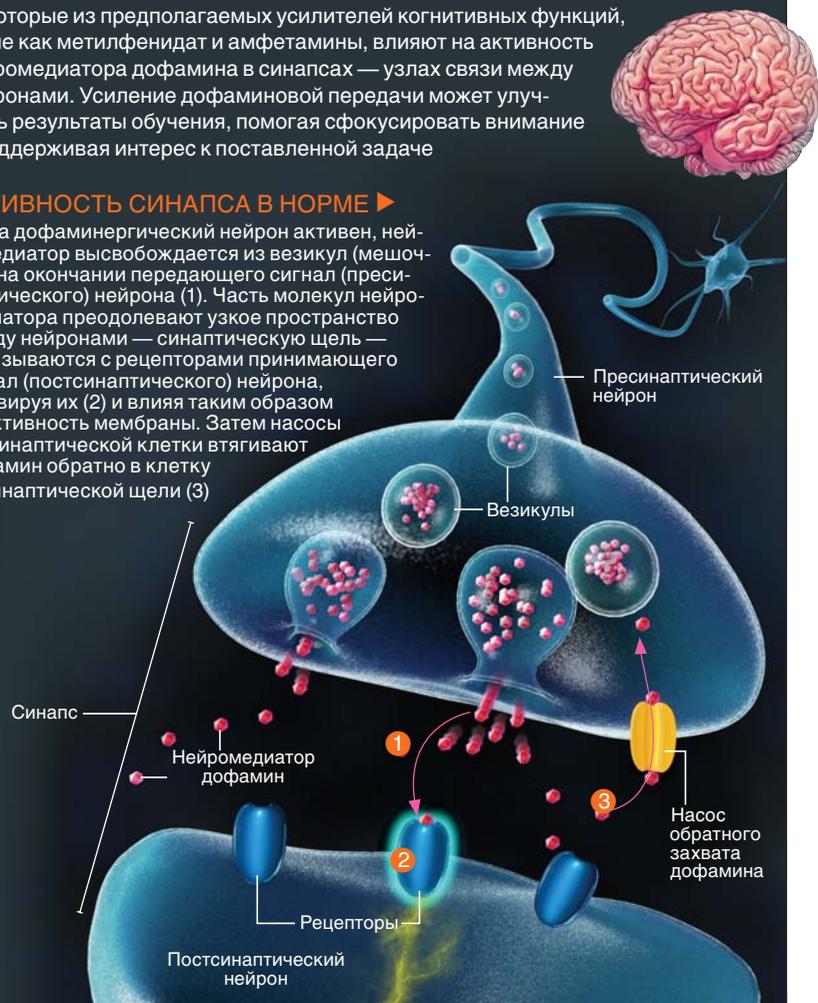
Другие специалисты полагают, что единственный способ улучшить свои познавательные способности — утомительная зубрежка и монотонные расчеты. Многие из разработчиков препаратов для восстановления памяти, утерянной в результате деменции, сомневаются, что современные средства, доступные на рынке, улучшают здоровье. Русико Бурчуладзе (Rusiko Bourtchouladze), автор популярной книги об изучении памяти, участвовавшая в работе известного американского нейробиолога Эрика Кандела (Eric R. Kandel), удостоенной в 2000 г. Нобелевской премии, говорит: «Я бы не

ДВА ПУТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Некоторые из предполагаемых усилителей когнитивных функций, такие как метилфенидат и амфетамины, влияют на активность нейромедиатора дофамина в синапсах — узлах связи между нейронами. Усиление дофаминовой передачи может улучшить результаты обучения, помогая сфокусировать внимание и поддерживая интерес к поставленной задаче

АКТИВНОСТЬ СИНАПСА В НОРМЕ ►

Когда дофаминергический нейрон активен, нейромедиатор высвобождается из везикул (мешочков) на окончании передающего сигнал (пресинаптического) нейрона (1). Часть молекул нейромедиатора преодолевают узкое пространство между нейронами — синаптическую щель — и связываются с рецепторами принимающего сигнал (постсинаптического) нейрона, активируя их (2) и влияя таким образом на активность мембраны. Затем насосы пресинаптической клетки втягивают дофамин обратно в клетку из синаптической щели (3)



▼ АКТИВНОСТЬ СИНАПСА, УЛУЧШЕННАЯ ПРЕПАРАТОМ

Метилфенидат (например, риталин) блокирует обратный захват дофамина. Поэтому связаться с рецепторами постсинаптического нейрона способно больше молекул дофамина, что усиливает сигнал, передаваемый от пресинаптического нейрона.

Аддералл и другие амфетамины, используя механизм насоса, входят в пресинаптическую клетку и заменяют дофамин в синаптической щели, увеличивая количество готового подействовать на постсинаптическую клетку нейромедиатора



стала беспокоиться о применении усилителей когнитивных функций здоровыми людьми, поскольку пока еще нет таких усилителей, о которых стоило бы беспокоиться. Мы не дождемся их появления до конца своей жизни. Вокруг этой темы слишком много шума».

Сложное сочетание химических сигналов, ферментов и белков, которые участвуют в формировании следа памяти, поддерживает саморегулирующееся равновесие. Снижение эффективности мышления и потеря ориентации, сопровождающие деменцию, могут быть результатом утраты ключевых веществ в организме, вызванной побочным действием медикаментозного вмешательства. Нарушение столь хрупкого равновесия у взрослого человека способно привести к нежелательным последствиям: так, любое улучшение долговременной памяти может сопровождаться уменьшением объема рабочей памяти («блокнот» нашего мозга, куда, например, временно «записываются» телефонные номера во время их набора).

Критики этических дебатов, развернувшихся вокруг усилителей когнитивных функций, относят их к области «спекулятивной этики». Подобные тенденции наблюдаются в отношении нанотехнологий и других научных направлений, о социальном применении которых рассуждают ученые и политики, в то время как сами открытия еще не сделаны. «Большая часть дебатов о совершенствовании человека опирается на преувеличенные ожидания и раздутую вокруг определенных технологий шумиху», — утверждает в журнале *Neuroethics* Маартье Шермер (Maartje Schermer).

История, полная противоречий

Предположение о том, что существующие ныне препараты могут улучшить мозговую активность здоровых взрослых людей, возникло уже в начале прошлого века и привело к неоднозначным результатам. В 1929 г. химик Гордон Аллес (Gordon Alles) предложил ис-

пользовать в медицинских целях амфетамин, синтетическое вещество, сходное по свойствам с эфедрин. Вскоре амфетамин в ингаляторах появился в аптеках в качестве средства от отеков, а также стимулятора центральной нервной системы. Различные формы амфетамина использовались во время Второй мировой войны обеими сторонами для поддержания бодрости солдат, состояния боевой готовности, а также придания им смелости. Немцы и японцы вводили солдатам метамфетамин, в то время как англичане и американцы использовали бензедрин, препарат аналогичный аддераллу.

Вскоре ученые решили проверить, происходило ли улучшение когнитивных функций у солдат на самом деле. Психологические исследования британских и американских специалистов, проходившие в 1940-х гг., показали, что испытуемые оценивали собственные результаты тестирования скорости чтения, умножения и других показателей крайне высоко, в то время как в реальности они в большинстве случаев не отличались от тех, что были вызваны инъекциями кофеина. Кроме того, результаты могут варьироваться в зависимости от сложности задач. «Благодаря своему поднимающему настроению эффекту амфетамины заставляют нас оценивать свои результаты высоко, в то время как на самом деле они не таковы, — утверждает Николас Расмуссен (Nicolas Rasmussen), историк науки из Университета Нового Северного Уэльса в Сиднее. — В упрощенных лабораторных экспериментах амфетамины улучшают решение монотонных задач, повышая старательность, но сдача вступительных экзаменов или боевой вылет — совершенно другое дело».

Метилфенидат, химически близкий родственник амфетаминов, был разработан в 1956 г. как относительно более мягкий вид стимуляторов (на самом же деле, с учетом дозы, их химический и психологический эффекты схожи). Счастливые времена для амфетаминов на-

МАЛЕНЬКИЙ ПОМОЩНИК СОЛДАТА

Люди поверили в то, что таблетки могут улучшить психическое и физическое состояние здорового человека во время Второй мировой войны. Обе конфликтующие стороны использовали горы амфетаминов. На снимке военный доктор выдает бодрящие таблетки экипажу бомбардировщика ВВС Великобритании



ступили примерно 40 лет назад. В конце 1960-х гг. их потребление в США достигло 10 млрд таблеток, — пока Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств (FDA) не остановило процесс и не включило амфетамины в список контролируемых веществ, требующих предписания врача. Нейробиолог Майкл Газзанига (Michael S. Gazzaniga) из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, один из авторов упоминавшейся выше статьи в *Nature*, вспоминает, как в начале 1960-х гг. его отец прислал ему в колледж бензедрин, чтобы повысить успеваемость сына.

В середине 1990-х гг. участвовавшее применение метилфенидата для лечения СДВГ подсказало ученым идею использовать новейшие методики визуализации мозга и сложные нейропсихологические тесты для испытания действия лекарства на здоровых людях и сравнения с эффектами у пациентов с СДВГ и другими неврологическими и психиатрическими расстройствами.

В 1997 г. Барбара Саакян (Barbara Sahakian), Тревор Роббинс (Trevor Robbins) и их коллеги из Кембриджского университета опубликовали в журнале *Psychopharmacology* результаты исследования. Они показали, что метилфенидат улучшает работу когнитивных функций, включая внимание и беглость речи, по ряду показателей, но только у здоровых молодых мужчин в самом начале тестов. По мере их продолжения испытуемые допускают в ответах все больше ошибок, возможно, из-за усиливаемой препаратом импульсивности. Той же группой ученых было выяснено, что у пожилых людей улучшений не происходит. В 2005 г. коллектив исследователей из Медицинской школы Флориды в Гейнсвилле вообще не смог добиться никакого улучшения когнитивных функций у 20 студентов, лишенных сна. Другой существенный недостаток метилфенидата заключается в том, что даже в сравнении с другими средствами, содержащими кофеин, он способен вызвать серьезную сердечную аритмию. При нормальной дозировке ме-

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Фармацевты собираются победить различные формы деменции — от болезни Альцгеймера до естественных возрастных нарушений памяти. Предлагаемые вещества, часть из которых приведена ниже и уже вышла на завершающую стадию клинических исследований, вероятно, смогут использовать здоровые люди для улучшения когнитивных функций. Однако вопрос о том, насколько эффективны и безопасны будут эти препараты для людей без серьезных когнитивных нарушений, остается открытым

| КЛАСС ПРЕПАРАТОВ | КАК ОНИ РАБОТАЮТ | РАЗРАБОТЧИК |
|--|--|--|
| Активаторы никотиновых холино-рецепторов | Повышают уровень нейромедиатора ацетилхолина в синапсе, либо вещество само заменяет ацетилхолин в синапсе и активирует никотиновые холино-рецепторы, улучшая концентрацию внимания, запоминание и другие когнитивные функции | <i>Abbott, CoMentis, EnVivo, Targacept/AstraZeneca и Xytis</i> |
| Ампакины | Действуют на AMPA-рецепторы, усиливая реакцию на нейромедиатор глутамат, участвующий в образовании долговременной памяти (врезка на стр. 34) | <i>Cortex Pharmaceuticals; Eli Lilly, GlaxoSmithKline/Neurosearch, Organon, Pfizer и Servier</i> |
| Ингибиторы фосфодиэстеразы (ФДЭ) | Один из типов блокаторов ФДЭ. Включает сигнальные молекулы циклической АМФ для поддержания активности нейронов мозга в течение более длительного времени. Таким образом повышается активность белка CREB, который важен при образовании долговременной памяти (врезка на стр. 34) | <i>Helicon Therapeutics, Hoffmann-La Roche и Merck</i> |
| Антигистамины | Блокируют рецепторы H3 к гистамину, поддерживая уровень бодрствования, усиливая внимание и когнитивные функции. Один из препаратов, действующих на H1-рецепторы, разработанный в России для лечения сенной лихорадки, уже проходит последнюю стадию клинических испытаний в качестве усилителя когнитивных функций | <i>GlaxoSmithKline, Johnson & Johnson и Medivation/Pfizer</i> |

тилфенидат редко вызывает зависимость. Однако в 1970-х гг. люди, регулярно его принимавшие, становились зависимыми после вдыхания или инъекции этого средства, которое они называли «Западный Берег» (West Coast).

Постоянно на колесах

Противоречивое наследие амфетаминов подготовило модафинилу радостный прием среди нейробиологов и медиков — в качестве вещества, поддерживающего бодрость, но со сравнительно более легкими побочными эффектами и низкой вероятностью злоупотребления, чем у предшественников. Дейс-

твие модафинила (открытое в США в 1998 г.), позволяющее работать длительное время без перерыва, сделало его частью стиля жизни людей, переживающих асинхронию (существование в различных часовых поясах).

Жамэ Касцио (Jamais Cascio) из Института будущего в Пало-Алто в Калифорнии потребовал у своего врача рецепт на модафинил. О препарате ему рассказал друг, которому приходилось много путешествовать. Он заметил, что при перелетах через океан модафинил делает человека не только бодрее, но и внимательнее. «Ощущение повышенной концентрации и ясности оказалось

очень приятным сюрпризом, — говорит Касцио. — Я не почувствовал, что у меня вдруг возник супермозг. Но мне было легче поймать когнитивный поток, состояние, в котором можно работать, не отвлекаясь».

Исследования подтвердили некоторые из наблюдений Касцио. В 2003 г. Саакян и Роббинс показали, что 60 отдохнувших здоровых мужчин после приема модафинила демонстрируют лучшие результаты некоторых нейропсихологических тестов (например, воспроизведение последовательности чисел). Но вот у других испытуемых результаты не менялись. Их данные также подтверждают, что препарат не может превратить тупицу в гения. При этом ни в одном из исследований не оценивались долговременные изменения когнитивных функций.

Скорее всего, повсеместное применение модафинила или метилфенидата маловероятно, поскольку данные препараты по-разному действуют на людей. У индивидов с более низким IQ наблюдаются заметные улучшения при приеме модафинила, в то время как те, у кого исходные показатели лучше, демонстрируют незначительные улучшения или их отсутствие. Обладатели маленького объема рабочей памяти после приема метилфенидата демонстрировали его увеличение, а те, у кого рабочая память исходно была более развитой, — гораздо более скромные изменения.

Как и в случае с амфетаминами, разработка модафинила не опиралась на понимание биологических основ работы мозга. Настоящие исследования показывают, что, по-видимому, препарат влияет на многие нейромедиаторы — химические вещества, запускающие активность определенных групп нейронов. Механизмы его действия нуждаются в дополнительном изучении. Недавно Нора Волкоу (Nora D. Volkow), директор Национального института проблем наркомании, и ее коллеги показали, что один из таких нейромедиаторов — дофамин. Это вещество, чье действие стимулируют амфетамины. С ним также связано

действие других наркотиков, вызывающих сильную зависимость. «Судя по всему, действие метилфенидата и модафинила на дофаминергическую систему очень сходно», — говорит Волкоу. Она добавляет, что поскольку курить или колоть модафинил в качестве стимулятора бесполезно, то вероятность злоупотребления им меньше. Другое препятствие на пути более широкого применения указанных препара-

т demonstrated лучшие результаты как в усвоении информации, так и в хранении ее в долговременной памяти по сравнению со своими обычными собратьями. «Впервые в истории нейронауки мы столь близко подошли к основам молекулярной и клеточной биологии памяти, — утверждает Алкино Силва (Alcino J. Silva), нейробиолог Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. — Это означает, что мы

аии и безнадежном поиске спонсоров. В прошлом году компания *Hoffmann-La Roche* приобрела по грошовой цене (меньше \$1) *Memory*, одним из основателей которой был нобелевский лауреат Эрик Кандел. *Helicon* выжила лишь благодаря солидной поддержке миллиардера Кеннета Дарта (Kenneth Dart), которого привлекла идея создания «лекарства для памяти». Компания разрабатывала препарат, действующий на глутамат — нейромедиатор, запускающий сложную нейронную сеть, связанную с образованием долговременной памяти (врезка на стр. 34). Теперь развитием новых потенциальных усилителей когнитивных функций, делегируя проведение клинических испытаний *Helicon*, занимается родственная ей компания *Dart NeuroScience*. Однако *Helicon*, получив более \$100 млн, до сих пор так и не приступила к завершающей стадии испытаний ни одного из веществ-кандидатов. «Когда я основал *Helicon*, то говорил, что собираюсь разработать усилитель когнитивных функций для моих родителей прежде, чем мои волосы начнут седеть, — заявил Тим Тулли (Tim Tully), директор по науке, который финансировал компанию, работая в знаменитой Лаборатории Колд-Спринг-Харбор. — Родители уже умерли, волосы полностью поседали, а я полностью осознаю, что теперь участвую в гонке уже для себя».

Тулли в свои 55 лет не надеется, что его творение когда-нибудь станет новой виагрой или прозаком:

Специалисты по биоэтике предлагают поставить риталин на одну аптечную полку с безрецептурными средствами



тов возникло в 2006 г., когда *FDA* запретило лечение детей с СДВГ модафинилом из-за появления у них тяжелой кожной сыпи.

Преподнесение старых стимуляторов внимания как усилителей когнитивных функций для студентов, рабочих и программистов обеспечивает лишь финансовую выгоду по сравнению с потреблением двойного эспрессо. Группа исследователей Американского нейрофармакологического колледжа поставила ключевой вопрос: что именно нужно понимать под усилением когнитивных функций? Они обсуждают стандарты, которым должен соответствовать препарат, чтобы его можно было отнести к подобным усилителям. В конце концов, средства, стимулирующие когнитивные функции, могут быть разработаны в совершенно иных сферах. Так, например, понимание того, как мы переводим образы или имена в долговременную память, привело к разработке новых лекарств по улучшению функционирования мозга у людей с болезнью Альцгеймера и другими формами деменции.

Оптимизм относительно новых медикаментов частично возникает благодаря значительному прорыву в фундаментальных исследованиях биохимических процессов, обеспечивающих запоминание. Было, например, выведено более 30 типов генетических линий мышей, которые

впервые можем использовать эти знания для изменения возможностей обучения и запоминания».

Однако нам еще далеко до разработки по-настоящему эффективных препаратов для развития памяти. Большинство из 200 мутаций у мышей вызывали дефицит функций. Силва вспоминает одного из своих питомцев, продемонстрировавшего, какую цену приходится платить за улучшение когнитивных способностей. «Если эту мышку учили чему-то простому, она училась быстрее. Но стоило усложнить задачу, и животное совершенно с нею не справлялось», — рассказывает Силва. Он полагает, что пройдут десятки лет, прежде чем эти разработки можно будет использовать повсеместно.

Существует также ряд материально-технических сложностей, с которыми столкнулись некоторые компании. В 2004 г. журнал *Science* ука-

Новые усилители когнитивных функций могут быть разработаны на основе данных о биохимических процессах, обеспечивающих запоминание



зал в качестве примера четыре из них: *Sention*, *Cortex Pharmaceuticals*, *Memory Pharmaceuticals* и *Helicon Therapeutics*. *Sention* отошла от дел. *Cortex* находится в тяжелой ситу-

«Реальность такова, что если вы страдаете от недуга, ослабляющего память, подобный препарат может вам помочь, но для остальных он будет слишком опасен».

ТАБЛЕТКА, ЧТОБЫ ПОМНИТЬ



Почти 20 лет ученые работали над препаратом, улучшающим когнитивные функции благодаря его действию на молекулы, вовлеченные в процесс образования долговременной памяти

Нейробиологи утверждают, что долговременная память предполагает связывание нейромедиатора глутамата с двумя видами рецепторов постсинаптического нейрона. Связывание с *AMPA*-рецептором (1) приводит к тому, что рецептор другого типа — *NMDA* — открывает канал, который пропускает кальций внутрь клетки (2). Кальций запускает в клетке цепочку последовательных реакций, передающих сигнал. Они активируют циклический АМФ (3), который в свою очередь активирует молекулы, перемещающиеся к ядру клетки, чтобы активировать там особый белок *CREB* (4). *CREB* влияет на ДНК и таким образом запускает синтез белков, которые направляются к синапсу и усиливают передачу сигнала между пре- и постсинаптическими нейронами (5). Препараты, которые могут сделать этот процесс более эффективным — либо усиливая передачу через *AMPA*-рецепторы, либо заставляя цАМФ действовать дольше, — уже проходят клинические испытания

Но позже выяснилось, что оно помогает и против деменции. Такой обширный рынок столь привлекателен, что заставляет фармацевтические компании действовать нетрадиционным путем.

Поступление на рынок новых лекарств происходит и вследствие роста числа людей, которым доступны уже разработанные препараты, влияющие на когнитивные функции. Компания *Cephalon*, производитель модафинила, добилась от *FDA* разрешения на назначение своего препарата посменным рабочим. Их число явно превышает число пациентов с нарколепсией (неконтролируемые приступы сна), для которых изначально и был разработан модафинил. *Cephalon* также заплатил около \$450 млн двум штатам и федеральному правительству, чтобы получить разрешение на продвижение трех препаратов, включая модафинил.

Сегодня ситуация такова, что желание улучшить когнитивные функции человека затмевает возможные риски использования «таблеток для ума». ■

Перевод: Т.Н. Лапшина



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Memories Are Made of This: How Memory Works in Humans and Animals. Rusiko Bourthouladze. Columbia University Press, 2002.
- Towards Responsible Use of Cognitive-Enhancing Drugs by the Healthy. Henry Greely et al. in *Nature*, Vol. 456, pages 702-705; December 11, 2008.
- The Molecular and Cellular Biology of Enhanced Cognition. Yong Seok Lee and Alcino J. Silva in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 10, pages 126-140; February 2009.
- The Future of Psychopharmacological Enhancements: Expectations and Policies. Maartje Schermer et al. in *Neuroethics*, Vol. 2, pages 75-87; July 2009.

Несмотря на все предостережения, производители лекарств по-прежнему продолжают разрабатывать усилители когнитивных функций для пациентов с болезнью Альцгеймера и другими формами деменции (таблица на стр. 32). Среди рассматриваемых компонентов — вещества, которые влияют на рецепторы, включаемые никотином, однако не приводят к зависимости. Одна из причин того, почему люди курят, заключается в том, что никотин помогает поддерживать концентрацию внимания.

Уроки, полученные при разработке лекарств для пациентов с деменцией, помогут создать препараты, которые снимут менее серьезные когнитивные проблемы, связанные с нормальным процессом старения,

если только они не будут вызывать неприемлемых побочных эффектов. Если это произойдет, то полученный усилитель когнитивных функций, возможно, станет самым продаваемым лекарством в истории.

Ситуация на рынке

Первые кандидаты на роль лекарств от деменции и других когнитивных расстройств не обязательно будут разработаны в результате нейробиологических исследований. Они могут быть открыты случайно, как побочный результат препаратов, созданных для иных целей. Например, одно из лекарств, вступивших сейчас в завершающую стадию клинических испытаний, было разработано в России как антигистаминное средство от сенной лихорадки.



Олег Сеньков

НУЖНЫ ЛИ НАМ ТАБЛЕТКИ для ума?

Безопасность и эффективность ноотропных препаратов различного рода — вопрос открытый и весьма спорный. Возможны ли другие способы «апгрейда мозга»?

Жизнь ни секунды не стоит на месте. Реалии современного технократического мира предъявляют все больше и больше требований к человеку биологическому. Как подсчитала аналитическая IT-компания EMC², в 2007 г. человечеством был пересечен рубеж в 281 эксабайт (281 млрд гигабайт) цифровой информации. Это в 4 млн раз больше информации, чем во всех книгах, написанных за всю исто-

рию нашей цивилизации. Если годовой объем информации, созданный человечеством, перевести в формат книг, и сложить их в стопки, то получится 12 стопок, высотой равных расстоянию от Земли до Солнца (150 млн км). Каждые два года количество данных удваивается. В 2011 г планета будет оперировать уже 1,8 зеттабайт (1,8 трлн гигабайт) информации, а число файлов будет составлять 20 квадриллионов.

Как выдержит *Homo informaticus* эту гонку на выживание? Способен ли наш мозг справиться с таким потоком информации, при этом не утратив гуманизма? Не захлебнемся ли мы в информационном хаосе из-за собственной беспомощности? Бельгийский ученый Корнелиу Джурджиа (Corneliu Giurgea), предложивший в 1972 г. термин «ноотропы» (греч. — «изменяющие разум»), задавался вопросом: «...неужели человек собирается пас-

сивно ждать миллионы лет, пока эволюция предложит ему лучший мозг?»

В то время как антропологи разбираются, эволюционирует ли наш мозг, или он застрял на уровне бронзового века, биотехнологи уже создали целый арсенал «умных таблеток», которые могут усиливать работу мозга, влиять на память и внимание, повышать работоспособность, замедлять потерю памяти или способствовать ее восстановлению при болезнях Альцгеймера, Паркинсона, шизофрении, возрастной деменции или после инсульта. Вопрос, насколько оправдано, безопасно, а также этично их применение в качестве когнитивных усилителей здоровыми людьми, остается пока открытым (см. в этом номере: *Стикс Г. Турбо-разгон мозга*). Америку эпидемия «умных таблеток» уже захлестнула, к Европе и России она только подбирается. Многие эксперты в этой области бьют тревогу, заявляя, что долговременное и неконтролируемое применение таких ноотропных стимуляторов может привести не только к полной или частичной зависимости от них, но и к серьезным психологическим и умственным проблемам в будущем. «Они еще плохо изучены! — говорят ученые — «Пять-десять и даже 20 лет — это не возраст для таблетки, влияющей на разум». У всех этих препаратов есть масса побочных эффектов, которые проявляются либо сразу, либо через какое-то время их использования, а возможно, и вовсе не затронут вас, но на ваших детях отразятся точно. Первые сигналы о когнитивных проблемах, вызванных «умными таблетками», уже появились в научных публикациях и прессе. Даже с самыми новыми представителями этого семейства, такими как модафинил или риталин, далеко не все так просто. Я предлагаю вам другой вариант «апгрейда мозга». Какой? Читайте ниже! А пока, чтобы разобраться, на какой же уровень интеллекта нам можно совершить скачок, давайте выясним, каковы его современные границы.

Что может наш мозг?

Мозг человека — самый загадочный и непостижимый объект из всего, что мы знаем во Вселенной, и в то же время самый изученный. Он состоит всего из каких-то 100 млрд клеток — это в два-три раза меньше, чем количество звезд в нашей Галактике. Каждый нейрон мозга соединяется с 5 тыс. других через синаптические окончания, которых в мозге около триллиона. Каждую секунду мозг может образовывать до миллиона новых синапсов, столько же и разрушать. Мозг может хранить информацию от нескольких секунд до столетия, а то и больше, если человек доживает до этого возраста. Размер нашего мозга — большая эволюционная удача для появления интеллекта. По значимости ее можно сравнить только с космологической удачей зарождения жизни: расположением нашей планеты по отношению к Солнцу, ее размером и составом химических элементов. Будь наш мозг на 20–30% больше, расстояния между разными его частями увеличились бы настолько, что не позволили эффективно и быстро производить сложные вычисления, а уменьшение размера отразилось бы на общем количестве вычислительных элементов — нейронов. Но что может наш мозг? Есть ли границы возможностей интеллекта? А если есть, то где они, и можно ли их раздвинуть?

Сегодня никого не удивит знанием трех-четырех иностранных языков, да и семь-восемь вполне по плечу человеку со средними способностями. За это мы можем быть

благодарны Интернету, электронной почте и открытым границам. YouTube полон роликами «народных» полиглотов и советами, как преуспеть в лингвистике. 55-летний Зиад Фазах (Ziad Fazah) из Бразилии, как он сам утверждает, знает 59 языков, десять из них — свободно. Он учил английский и французский в школе, но в возрасте 14 лет решил выучить все языки. За три с лишним года он выучил более 50 языков, несколько одновременно. На каждый язык уходило около трех месяцев. Как утверждает Фазах, каждый может выучить иностранный язык: все, что нужно — каждый день слушать в течение получаса речь носителей языка плюс дополнительные полчаса на грамматику и еще 15 минут на практику. Папа Римский Иоанн Павел II знал свободно десять языков, Лев Толстой — 15, Джон Толкиен — 13, наш современник, молекулярный биолог Вилли Мельников, научный сотрудник московского НИИ вирусологии РАМН — аж 103, англичанин Джон Боуринг (John Bowring), четвертый мэр Гонконга, мог говорить на 100 языках, а знал около 200. Где предел, и есть ли он вообще? Быть может, у тех, кто так талантлив в языках, другие мозги? Скорее всего нет. Больших отличий вы не найдете. Пример тому — мозг одного из самых выдающихся умов XX в. Альберта Эйнштейна.

Мозг Эйнштейна был тайно разделен на 240 частей и помещен в десятипроцентный формалин в 1955 г. всего через семь часов после смерти ученого патологоанатомом из Принстонской больницы Томасом Харви

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Принято считать, что с возрастом (после 50–60 лет) когнитивная функция мозга постепенно ослабевает. Из-за улучшения качества жизни происходит неуклонное и быстрое старение населения Земли, появляется все больше людей, доживающих до глубокой старости (более 90 лет), а также долгожителей (более 100 лет), что увеличивает выборку для геронтологических исследований. Последние научные работы в этой области отмечают устойчивую тенденцию замедления возрастных изменений когнитивных функций человека в результате более активного образа жизни, здорового питания и улучшения качества медицинского обслуживания.
- Мозг человека — самый пластичный орган организма. Главный принцип его работы — адаптация через обучение, формирование динамичных связей внутренних и внешних переменных. Возможности памяти и разума практически безграничны, а когнитивные способности индивида — функция времени, затраченного на обучение, силы мотивации и генетической либо эпигенетической предрасположенности к определенному типу мышления.



(Thomas Harvey). Это выяснилось только в 1980-х гг. Больше 20 лет Харви хранил мозг гения у себя дома в стеклянных банках. Позже был написан доклад, в котором говорилось, что этот мозг был самым обычным, даже немного меньше по размерам, чем средний (мозг среднего человека весит 1400–1500 г, Эйнштейна — 1230 г). В начале 1980-х гг. профессор Калифорнийского университета в Беркли, невролог Мариан Даймонд (Marian Diamond) проанализировала кусочки мозга, взятые из девятой префронтальной и 39-й парietальной областей ассоциативной коры ученого — участков, ответственных за интеллект. Как оказалось, мозг Эйнштейна имел соотношение глиальных клеток к нейронам больше, чем обычный средний мозг. Раньше считалось, что глиальные клетки ответственны только за питание нейронов, сейчас специалисты полагают, что за передачу нервного сигнала также. Другое исследование, которое провел в 1996 г. Бритт Андерсон (Britt Anderson) из Алабамского университета в Бирмингеме, показало, что правый префронтальный кортекс гения, ответственный за рабочую память, планирование и регуляцию интеллекта, был на полмиллиметра тоньше, чем у среднего человека (2,1 мм против 2,6 мм). Это могло повлиять на плотность упаковки нейронов мозга у Эйнштейна, а отсюда, как полагает автор работы, выше скорость нейрональной коммуникации.

В 1998 г. Сандра Вительсон (Sandra Witelson) из Университета Онтарио в Гамильтоне, Канада, установила, что мозг ученого был на 15% шире, чем обычный, и более круглый в парietальной части лобных долей. Вительсон обнаружила также, что две главные извилины этой части мозга были соединены в одну большую. Исследовательницу больше всего поразила симметричность лобных долей (лобные доли обычно мозга асимметричны). Таким образом, ученые не смогли найти какой-то улучшенной организации строения мозга создателя теории относительности, напротив, он был меньше среднего размера и с явными возрастными изменениями. Так в чем же тайна разума? И на что еще способен мозг? Жить долго и не стареть! Неужели?

Это было доказано совсем недавно. Научная статья с названием «Отсутствие болезней в мозге 115-летней женщины» была напечатана в 2008 г. в журнале *Neurobiology of Aging* и стала в своем роде «первой ласточкой». Самая старая женщина в мире на тот период, 115-летняя Хендрике ван Андель-Шиппер (Hendrikje van Anandel-Schipper) умерла 30 августа 2005 г. в Нидерландах от рака желудка. В 2004 г. средняя продолжительность жизни в Голландии для мужчины составляла 76,9 года, для женщины — 81,4 года. Аутопсия не обнаружила практически никаких повреждений сосудов мозга, не было скоплений бета-амилоидных бля-

шек, ведущих к болезни Альцгеймера, сосуды были в норме, ее мозг был как у 60-летней женщины. Ее интеллектуальные и психофизические способности, как показали многочисленные тесты при жизни (когда ей было 112–113 лет), были выше, чем у среднего здорового человека в возрасте 60–75 лет, не было проблем с памятью и вниманием. «Срок работоспособности человеческого сознания и ментальных возможностей может быть значительно дольше продолжительности жизни (80 лет) большей части человечества», — заключил исследователь Вильфред ден Дуннен (Wilfred den Dunnen) из Университетского медицинского центра Гронингена, Нидерланды. Как отмечают ученые, Хендрике ван Андель-Шиппер была активной женщиной, интересующийся тем, что происходит в мире, включая политику и спорт. Она жила без посторонней помощи до возраста 105 лет, потом переехала в дом престарелых, и то только из-за слабого зрения. Интересно, что она родилась очень маленькой, никто не ожидал, что она вообще выживет. Хендрике умерла не от инсульта, как это часто бывает в таком возрасте, а от рака желудка. В возрасте 100 лет она перенесла онкологическую операцию груди и прожила еще 15 лет.

Наш мозг — самый пластичный орган в организме. Адаптация — один из главных принципов его работы. Очень часто он способен просто на чудеса. Люди практически полностью восстанавливаются после тяжелейших инсультов, черепно-мозговых травм или операций на мозге. Конечно, это требует огромного труда, правильной восстановительной терапии и многолетних тренировок, которые фактически перестраивают мозг делать что-то заново. Но это возможно! Стоит привести несколько примеров, вошедших в анналы современной клинической медицины. 13 сентября 1848 г. 25-летний строитель по имени Финеас Гейдж (Phineas Gage) получил сильнейшую открытую черепно-мозговую травму, особенно пострадали его лобные доли, но каким

то чудом остался жив. Работая на строительстве железной дороги, он минировал скалу и утрамбовывал металлическим ломом в отверстии порох, когда взрывчатка сдетонировала; метровый прут толщиной в 3,5 см выстрелил как из пушки; пройдя насквозь через левую щеку и глаз, пробив череп с другой стороны, он вышел наружу у темени, полностью разрушив левую часть префронтальной коры мозга. Удар был настолько сильным, что шестикилограммовый прут нашли за 25 м от пострадавшего. Этот случай стал самым известным и загадочным в истории медицины и физиологии XIX в. Интересно, что получив такую травму, Финеас не только все время пребывал в сознании, но мог самостоятельно передвигаться и даже разговаривать. Его врач Эдвард Уильямс (Edward Williams), первым прибывший на место происшествия, вспоминает: «...я не верил своим глазам, когда увидел эту ужасную рану, а в ней пульсирующий мозг. Мистер Гейдж не переставал твердить, что с ним случилось, а когда он наклонился, его стошнило, а из черепа выдавилась наружу и упала на пол бесформенная масса размером с половину чайной чашки...» Науке известны и другие более современные случаи повреждений префронтальной коры. Так в 1937 г. 21-летний испанец с клиническим псевдонимом *EVR* выпал из окна и упал на металлическую ограду дома: острое копьё толщиной в 4 см насквозь пронзило его голову в височных областях, повредив лобные доли мозга, вся префронтальная часть мозга была впоследствии удалена хирургами. Однако *EVR* остался жив, более того, через несколько лет реабилитации он даже женился и обзавелся двумя детьми; его когнитивные способности и память на события во многом не были затронуты травмой. В 2003 г. в немецком научно-популярном журнале *Spiegel* была напечатана статья о студенте Филиппе Дорре (Philipp Dorr), которому в 12 лет была сделана опаснейшая операция: чтобы спасти жизнь мальчика, страдавшего сильными

эпилептическими припадками, ему удалили половину мозга. Да, это не опечатка — все правое полушарие! Несмотря на это, Филипп смог выучиться, читал много книг, сдавал экзамены, увлекался творчеством Гете и Гофмана, играл в шахматы, имел *IQ* выше среднего и с оптимизмом смотрел в будущее.

На что еще способен наш мозг? Кореец Ким Унг-Йонг (Kim Ung-Young), родившийся в 1962 г. стал рекордсменом китайской Книги рекордов Гиннеса как обладатель самого высокого *IQ* — 210 (у среднего человека — 110–120). В возрасте трех лет он мог читать на японском, корейском, немецком и английском. С трех до шести лет он изучал физику в Университете Ханьян в Сеуле, в семь лет был приглашен работать в NASA, получил ученую степень по физике в Колорадском университете в возрасте 16 лет. Авиценна, великий иранский врач и философ, знал наизусть весь Коран в десять лет, начал изучать медицину в 13. Пациентка *AJ* в 40 лет могла вспомнить каждый день своей сознательной жизни до мельчайших подробностей. Ким Пик (Kim Peek), прототип главного героя фильма «Человек дождя», запомнил наизусть как минимум 7,6 тыс. книг и почти все почтовые индексы и телефонные коды всех стран. Бен Придмор (Ben Pridmore), английский бухгалтер из Дерби, побил мировой рекорд по запоминанию 930 бинарных цифр за пять минут, 819 цифр — за 15 минут и 364 игральные карты за десять минут. 17 июня 2009 г. новый мировой рекорд по запоминанию числа пи установил украинский нейрохирург А.Т. Слюсарчук по прозвищу

Доктор Пи, запомнив 30 млн знаков этого числа. Он побил свой же рекорд трехлетней давности, когда он смог воспроизвести по памяти миллион знаков. Поскольку перечисление такого огромного массива чисел заняло бы целый год, то рекордсмен проверялся по 20 томам таблиц числа пи: комиссия произвольно выбирала места в таблице, и украинец каждый раз правильно называл порядок цифр. Предыдущий мировой рекорд по запоминанию знаков пи принадлежал японцу Акире Харагучи (Akira Haraguchi), который сумел запомнить число с точностью до стотысячного знака после запятой. Чтобы назвать все число пи, ему понадобилось 16 часов, а на запоминание ушло десять лет. Ренди Гарднер (Randy Gardner), 17-летний студент из Калифорнии, установил другой рекорд: в 1964 г. он смог обходиться без сна 264 часа (11 дней), не используя какие-либо стимуляторы. После столь длинного эксперимента юноша спал всего 14 часов 40 минут. Многие пытались превзойти это достижение, и некоторым удалось. Как сообщает *BBC*, Тони Райт (Tony Wright) в 2007 г. побил рекорд Гарднера, бодрствуя 18 дней, 21 час и 40 минут.

То, что мозг очень пластичен и изменчив, особенно в детском возрасте, показало и другое исследование. Американский исследователь Филип Шоу (Philip Shaw) из Национального института психического здоровья в Балтиморе попробовал связать толщину коры мозга детей с тестом на интеллект *IQ*. Он исследовал более 300 детей в возрасте от семи до 18 лет, которых он разделил на три группы по количеству

ОБ АВТОРЕ

Олег Сеньков (Oleg Senkov) — нейрофизиолог, получил бакалаврскую и магистерскую научные степени в Санкт-Петербургском государственном университете, защитил докторскую диссертацию в Гамбургском университете, научный сотрудник Института клинической нейробиологии Хайдельбергского университета (Германия). Сфера научных интересов — исследование мозга, в частности основы работы памяти и обучения на молекулярно-генетическом, клеточном и системном уровнях, синаптическая пластичность, нейрональные осцилляции, *NMDA*-, *AMPA*- и *GABA*-рецепторы. Домашняя страница: www.olegsenkov.com.

набранных баллов: средние (*IQ* около 108), высокие (*IQ* — 120) и рекордсмены (более 120). Как выяснилось, толщина коры мозга не отличалась у 18-летних участников всех трех групп, однако дети в средней группе достигли максимума толщины коры к восьми годам, после чего она с возрастом постепенно уменьшалась, тогда как у детей с рекордно высоким *IQ* толщина коры постоянно увеличивалась до 12 лет, а к 18 годам уравнивалась с показателями остальных детей. Это показывает, насколько динамична морфология мозга в зависимости от уровня интеллектуальной нагрузки.

Тренируем сердце — тренируем мозг

Каждый знает: если не тренировать мышцы, они становятся слабыми. Но совсем недавно ученые выяснили, что утренняя пробежка, вечерний пилатес или бассейн по выходным укрепляют не только наше тело, но и наш мозг. Более того, чем активнее физически человек в молодости, тем меньше снижение умственных способностей в старости. Морщины на лице вовсе не подразумевают одряхления мозга, сведения интеллектуальных способностей только к просмотру сериалов, поливке цветов и варке щей. Мозг пожилого человека более пластичен, чем полагали раньше ученые. Просто пожилому мозгу, чтобы не терять *IQ*, в отличие от молодого нужна постоянная тренировка, и не только с помощью кроссвордов, шахмат и пазлов, как считалось прежде, но и с подключением физической активности.

Несмотря на общеизвестность факта о важности упражнений для здоровья, 74% взрослого населения США не следуют рекомендации уделять физической активности средней интенсивности как минимум полчаса четыре дня в неделю. В России эти нормы также не выполняются большинством. Из-за этого дети начинают болеть болезнями взрослых — диабетом II типа и ожирением. Как полагают многие эксперты, возможно, первый раз в истории США мо-

лодое поколение будет жить меньше, чем их родители. Только слабая физическая активность населения стоила налогоплательщикам США в 2000 г. более \$76 млрд.

Уже давно известно, что экспериментальные животные (мыши и крысы), выращенные не в пустых клетках, как это делается обычно, а в так называемой обогащенной среде обитания, когда в клетке находятся различные предметы, игрушки, картонные лабиринты, беговые дорожки, вырастают гораздо умнее своих сверстников. Совсем недавно было научно доказано, что похоже ведет себя и мозг человека. В нескольких метаанализах, проведенных с 1997 по 2009 г. группой ученых по руководством Дженнифер Этниер (Jennifer Etner) из Университета Северной Каролины, удалось убедительно доказать связь между физической активностью человека и его когнитивными способностями, причем как в пожилом возрасте, что в принципе было известно до этого, так и во всех других возрастных категориях.

«Если физическая активность влияет на мозг, то это должно быть видно при регистрации активности мозга современными методами», — рассуждают специалисты. И это действительно так. Роберт Дагмен (Robert Dustman) и его коллеги из Медицинского центра исследования ветеранов в Солт-Лейк-Сити с помощью метода электроэнцефалографии (ЭЭГ) показали в ряде работ в середине 1990-х гг., что физические упражнения вызывают активацию определенных ритмов в мозге человека, таких как тета-ритм (4–8 Гц), альфа-ритм (8–13 Гц) и бета-ритм (13–20 Гц), что должно усиливать скорость когнитивных операций, производимых мозгом. На это же указывает и другой компонент активности мозга — так называемые вызванные потенциалы, представляющие собой реакции мозга на внешнее или внутреннее раздражение (звук, свет, тактильный стимул и т.д.). Эти потенциалы благодаря фитнесу становятся больше по амплитуде, особенно так

называемый компонент *P3*, и их легче и быстрее вызвать. Все это свидетельствует об увеличении скорости переработки и кодирования сенсорной информации в мозге, а также об обновлении ячеек памяти.

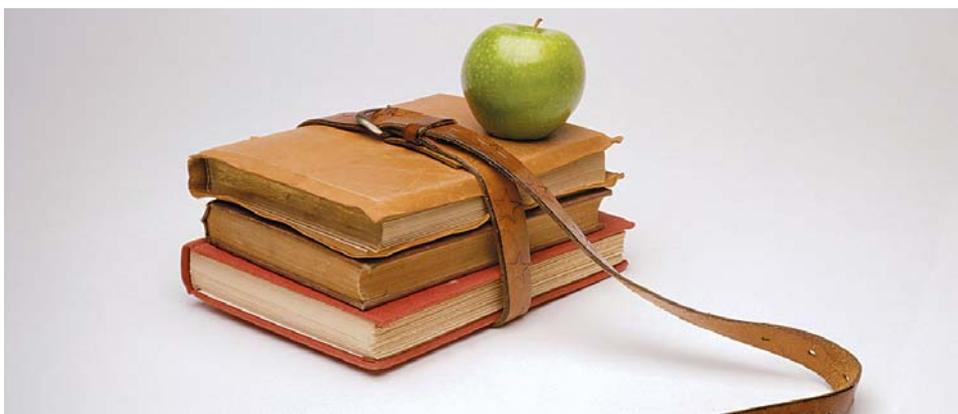
Не существует одной структуры или нейрональной сети в мозге, отвечающей за память и обучение. Не существует также и одного-единственного нейромедиатора памяти. Вот почему так сложно придумать универсальную таблетку для ленивых, улучшающую память. Формирование памяти проходит в несколько фаз и требует активации сотен сигнальных молекул в нейронах и глиальных клетках. Собственно память формируется с фазы обучения или возникновения временных ассоциаций разных стимулов или информационных категорий; это создает кратковременную протеиннезависимую память в гиппокампе, которая может длиться от нескольких минут до нескольких часов. Чем больше повторений ассоциаций стимулов произошло в фазе обучения, тем прочнее образуется память. Недаром говорят: «Повторение — мать учения». Вторая фаза — консолидации памяти — обычно протекает дольше (от дня и более до целого месяца) и требует синтеза новых протеинов и активации генома, результатом чего становится сложная реорганизация нейрональных сетей и синаптических окончаний. Как только память консолидирована, она обычно перестает быть гиппокампазависимой и переводится в разные части кортекса для долговременного (иногда на всю жизнь) хранения. Пока следы памяти находятся в гиппокампе, на нее можно влиять, она податлива как пластилин, по крайней мере в экспериментах на животных, ее можно усиливать или наоборот ослаблять фармакологически, а также полностью стирать или перекодировать. Как только память попадает в кортекс, она становится жестко фиксированной и интолерантной к любым воздействиям, и чтобы ее изменить, нужно вернуть ее для «перучивания» в гиппокамп, где она опять

приобретет пластические свойства и готовность быть перекодированной и реконсолидированной снова.

Другое исследование группы ученых из Иллинойского университета под руководством Стэнли Колкомба (Stanley Colcombe) и Артура Крамера (Arthur Kramer) в 2004–2006 гг. с использованием компьютерной магнитной томографии показало, что фитнес увеличивает объем коры головного мозга во фронтальном и париетальном кортексах — областях, ответственных за рабочую память, внимание, переключение между разными заданиями, игнорирование нерелевантной информации. В эксперименте участвовали 59 здоровых пожилых волонтеров (в возрасте 60–79 лет), занимавшихся три часа в неделю.

До относительно недавнего времени специалисты полагали, что способность человеческого мозга менять структуру в зависимости от новых задач внешней среды ограничена ранним периодом развития, что любые последовательные структурные адаптации мозга ограничены только изменениями синаптических окончаний. Как оказалось, это не так: функциональная и структурная реорганизация мозга возможна не только в период формирования человека.

Предыдущие исследования на животных показали, что продолжительная физическая нагрузка приводит к росту новых капилляров в мозге, увеличению числа синапсов, росту дендритов, даже к интенсификации образования новых нейронов и глиальных клеток из стволовых клеток гиппокампа. Эти эффекты скорее всего обусловлены многочисленными ростовыми факторами в мозге, которые начинают синтезироваться в ответ на физическую активность — как, например, нейротрофический фактор головного мозга (*BDNF*), синтез которого уменьшается с возрастом, при депрессиях и болезни Альцгеймера, а физические упражнения, уменьшение потребления калорий, а также умственная работа его увеличивают.



Пища для мозга

Как говорил известный немецкий философ Людвиг Фейербах, человек есть то, что он ест. Это относится и к мозгу. Чтобы иметь хорошую память и быстро соображать, нужно еще и правильно питаться. Важным здесь может быть все: и витамины, и жиры (мозг на 60% состоит из жира), и аминокислотный состав белков (помните про протеинзависимую фазу памяти, а также важные нейромедиаторы мозга — серотонин и катехоламины, которые синтезируются из аминокислот), и уровень антиоксидантной активности ингредиентов пищи для борьбы с возрастными изменениями мозга. Но, пожалуй, самый важный нутриент для умственной деятельности человека — самая обычная глюкоза, входящая в состав сахара, который мы кладем в чай. Мозг работает только на этом топливе и не имеет практически никаких запасов энергии кроме небольшого количества гликогена. Скорость потребления глюкозы мозгом колоссальна — 100 мг в минуту или 6 г в час. Без нее мозг не может обходиться ни минуты. Хотя мозг составляет всего 2% от массы тела, он потребляет 20% всей энергии, поступающей с пищей, и 20% всего кислорода, вдыхаемого легкими. У детей энергопотребление мозга еще больше, чем у взрослых, у новорожденных оно может достигать пика в 60%. Мозг ребенка потребляет в два раза больше глюкозы на массу тела, чем мозг взрослого человека. Это объясняет сниженную успеваемость в школе

у детей, которые совсем не завтракают или делают это некачественно: временная утренняя гипогликемия из-за недостатка сахара в крови становится причиной недостаточной умственной активности. Интересно, что мозг интенсивно потребляет глюкозу и ночью во время сна; во время кошмаров ее потребление может увеличиваться на 16%, а в коре лобных долей мозга — и на все 30%. Не все части мозга одинаково зависимы от глюкозы: филогенетически самые старые и анатомически самые глубокие части — наиболее стойкие к ее нехватке. С другой стороны, кора головного мозга, особенно ее фронтальная часть, максимально уязвима для гипогликемии. В ряде работ английских ученых Дэвида Бентона (David Benton) и Рэйчел Донохью (Rachael Donohoe) из Университета Уэльса было показано, что умственные способности, в том числе память, зависят от уровня сахара в крови человека. Эксперименты группы Пола Голда (Paul Gold) из Университета Виргинии показали, что у животных во время выполнения сложной пространственной задачи уровень свободной глюкозы в мозге, а именно в гиппокампе, структуре, ответственной за эпизодическую память и обучение, падает на 30%. Это можно было полностью предотвратить, если перед выполнением задачи ввести животным раствор глюкозы, более того, дополнительное топливо помогало улучшить их результаты.

Позитивное воздействие глюкозы на память доказано во многих тес-

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

| Пищевой продукт | Масса | Единицы ORAC | Пищевой продукт | Масса | Единицы ORAC |
|-------------------------------------|-------|--------------|------------------------------------|-------|--------------|
| Гвоздика (пряность) | 100 г | 314 446 | Голубика/черника культивированная | 100 г | 6552 |
| Корица (пряность) | 100 г | 267 536 | Чернослив | 100 г | 6552 |
| Душица (пряность) | 100 г | 200 129 | Персики | 100 г | 6257 |
| Куркума (пряность) | 100 г | 159 277 | Соя | 100 г | 5764 |
| Ягоды пальмы асаи | 100 г | 102 700 | Лук (порошок, приправа) | 100 г | 5735 |
| Какао | 100 г | 80 933 | Ежевика | 100 г | 5347 |
| Тмин (пряность) | 100 г | 76 800 | Чеснок (свежий) | 100 г | 5346 |
| Петрушка (сухая приправа) | 100 г | 74 349 | Вино столовое Cabernet Sauvignon | 100 г | 5034 |
| Бasilik душистый (сухая приправа) | 100 г | 67 553 | Малина | 100 г | 4882 |
| Шоколад черный | 100 г | 49 926 | Миндаль (орехи) | 100 г | 4454 |
| Карри (приправа) | 100 г | 48 504 | Укроп (свежий) | 100 г | 4392 |
| Шалфей (свежий) | 100 г | 32 004 | Яблоки красные сорта Red Delicious | 100 г | 4275 |
| Горчица (пряность) | 100 г | 29 257 | Изюм белый (сухой) | 100 г | 4188 |
| Имбирь (приправа) | 100 г | 28 811 | Яблоки зеленые сорта Granny Smith | 100 г | 3898 |
| Перец черный (приправа) | 100 г | 27 618 | Финики | 100 г | 3895 |
| Тимьян (свежий) | 100 г | 27 426 | Клубника | 100 г | 3577 |
| Майоран (свежий) | 100 г | 27 297 | Смородина красная | 100 г | 3387 |
| Дереза (волчья ягода) | 100 г | 25 300 | Черешня | 100 г | 3365 |
| Отруби рисовые | 100 г | 24 287 | Крыжовник (свежий) | 100 г | 3277 |
| Перец чили (приправа) | 100 г | 23 636 | Орехи земляные | 100 г | 3166 |
| Орехи пекан | 100 г | 17 940 | Груши (свежие) | 100 г | 2941 |
| Паприка (приправа) | 100 г | 17 919 | Яблоки сорта Gala | 100 г | 2828 |
| Арония (рябина) черноплодная | 100 г | 16 062 | Сок винограда сорта Concord | 100 г | 2377 |
| Польнь эстрагонная, тархун (свежий) | 100 г | 15 542 | Сок гранатовый | 100 г | 2341 |
| Имбирь (корень) | 100 г | 14 840 | Авокадо | 100 г | 1933 |
| Бузина | 100 г | 14 697 | Апельсины сорта Navel | 100 г | 1819 |
| Мята перечная | 100 г | 13 978 | Сок красного винограда | 100 г | 1788 |
| Душица (свежая) | 100 г | 13 970 | Картофель сорта Russet Burbank | 100 г | 1680 |
| Орех грецкий | 100 г | 13 541 | Грейпфрут | 100 г | 1548 |
| Голубика/черника дикая | 100 г | 13 427 | Лук красный (свежий) | 100 г | 1521 |
| Орехи лещины | 100 г | 9645 | Чай зеленый | 100 г | 1253 |
| Клюква | 100 г | 9584 | Киви | 100 г | 1210 |
| Артишок (вареный) | 100 г | 9416 | Картофель белый | 100 г | 1058 |
| Фасоль красная | 100 г | 8459 | Лук (свежий) | 100 г | 1034 |
| Фасоль розовая | 100 г | 8320 | Вино столовое розовое | 100 г | 1005 |
| Фасоль черная | 100 г | 8040 | Перец болгарский | 100 г | 984 |
| Фисташки (свежие) | 100 г | 7983 | Ананас | 100 г | 884 |
| Смородина черная | 100 г | 7960 | Масло оливковое | 100 г | 766 |
| Фасоль пятнистая (пинто) | 100 г | 7779 | Сок апельсиновый | 100 г | 726 |
| Слива черная | 100 г | 7581 | Сок томатный | 100 г | 486 |
| Шоколад молочный | 100 г | 7528 | Сок яблочный | 100 г | 408 |
| Чечевица пищевая | 100 г | 7282 | Вино столовое белое | 100 г | 392 |
| Яблоки (сухие) | 100 г | 6681 | Огурцы | 100 г | 214 |
| Чеснок (порошок, приправа) | 100 г | 6665 | | | |

тах — от ориентации в пространстве до запоминания слов или картинок. Было выяснено, что у молодых людей плохая регуляция уровня сахара в крови приводит к слабости памяти и худшей успеваемости в учебных заведениях. Особенно это касается больных сахарным диабетом. Наиболее четко подобную взаимосвязь можно проследить в тех задачах, которые требуют максимального внимания в течение большого промежутка времени. Например, было показано, что глюкоза улучшала качество вождения машины, но только на расстояниях более 70 км.

Теперь поговорим о антиоксидантной активности продуктов питания. Существует индекс антиоксидантной активности пищевых продуктов *ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity*, емкость абсорбции свободных радикалов), чем он выше, тем больше свободных радикалов тот или иной продукт или его компонент может нейтрализовать (подробнее см.: www.oracvalues.com). Метод его определения был разработан в Национальном институте старения в Балтиморе и позже взят на вооружение Министерством сельского хозяйства как стандартный способ

определения антиоксидантной активности продуктов питания.

В 1998 г. группа ученых во главе Джеймсом Джозефом (James Joseph) из Центра изучения влияния питания человека на старение в Бостоне опубликовала в авторитетном *Journal of Neuroscience* первую статью, показавшую предохраняющее влияние антиоксидантов на мозг млекопитающих. Ученые кормили взрослых крыс в течение восьми месяцев одним из антиоксидантов — витамином E, экстрактом клубники или шпинатом. Все ингредиенты имели сходные значения *ORAC*.

У животных, получавших с пищей дополнительные антиоксиданты, не происходило возрастных изменений когнитивных способностей в отличие от контрольной группы, которая питалась обычным кормом. Пространственная память и обучение проверялись в водном лабиринте Морриса. В последующих экспериментах ученые протестировали экстракты шпината (9,1%), клубники (14,8%) и черники (18,6%) на более старых, чем в первом опыте, крысах, возраст которых равен примерно 63 человеческим годам, и с более коротким периодом воздействия — всего восемь недель (десять человеческих лет). Такая диета, как оказалось, также замедляла старение и возрастное ухудшение памяти; более того, черника вдобавок значительно улучшала митокоординацию животных, что было выяснено, когда крыс помещали на крутящийся с разной скоростью вал, на котором им нужно было как можно дольше удержаться. Такие же результаты улучшения памяти и митокоординации были получены учеными в 2006 г. и в отношении другого пищевого продукта с высокой антиоксидантной активностью — 10%-ного и 50%-ного сока из винограда сорта *Concord*. В нем содержатся в высокой концентрации два полифенола, проантоцианидин и антоцианин, обладающие выраженной противораковой, противовоспалительной и антигипертензивной активностью. Позже, в 2008 г., результаты на животных были полностью подтверждены экспериментами на человеке. Виноградный сок давали каждый день пожилым, но здоровым волонтерам, которых потом сравнивали с контрольной группой, получавшей плацебо — искусственный напиток с таким же количеством калорий, который выглядел и был на вкус как виноградный сок, но таковым не являлся. Подобная диета в течение трех месяцев значительно улучшала вербальную память: испытуемые лучше схватывали новые слова и запоминали больше слов, чем контрольная группа.

Более 40 лет наука изучает воздействие диеты на биохимию и когнитивные функции мозга. За это время стало ясно, что питание имеет колоссальное влияние на мозг, и не только в процессе развития человека. Примеров множество: дефицит фолиевой кислоты (витамин B9) в рационе будущей матери ведет к дефектам при закладке нервной трубки во время ранней стадии эмбрионального развития плода (первый триместр), нехватка основных полиненасыщенных жирных кислот негативно сказывается на зрительной системе детей, дефицит таких аминокислот, как триптофан или тирозин, может привести к нехватке в мозге нейротрансмиттеров серотонина и дофамина как деривативов этих аминокислот. Ученые уже давно показали, что определенные нутриенты выступают как ключевые для функционирования мозга человека. Серьезные расстройства работы мозга может вызывать нехватка, например, витамина B₁₂ или железа.

Вот лишь один пример важности витамина B₉ для нервной системы. Это исследование проводилось в 1991 г. Медицинским исследовательским советом (MRC). Сравнивались две группы беременных женщин: одна группа принимала ежедневно повышенную дозу витамина B₉ (4 мг в день, норма — 0,4 мг в день), другая нет. Среди 593 новорожденных первой группы было всего шесть с дефектами развития нервной трубки, во второй же группе 21 ребенок из 602 имел серьезные дефекты. Авторы эксперимента заключили, что фолиевая кислота снижает риск аномального развития нервной системы на 72%.

Уже многие годы ученые спорят, влияет ли кормление ребенка грудью на его когнитивный потенциал в будущем. В прошлом году была опубликована довольно убедительная статья Майкла Крамера (Michael Kramer) и соавторов из Университета Макгилла (Монреаль, Канада), доказавшая прямую связь кормления грудью ребенка и его интеллектуальных способностей. Было проанализировано более 17 тыс. детей

с момента рождения и до примерно шестилетнего возраста и установлено, что чем продолжительней было кормление грудью без перерывов на искусственное кормление, тем лучше интеллектуально развивался ребенок и тем более высокий IQ показывал в тестах.

В заключение хотелось бы дать несколько советов, как обойтись без таблеток до самой глубокой старости и при этом иметь острый ум и здоровую психику. Ежедневно употребляйте комплекс витаминов группы B — B₁, B₂, B₆, B₉, B₁₂. Причем работникам умственного труда, а также пожилым людям лучше принимать повышенные дозы витаминов, 200–300% от рекомендованных минимальных суточных норм. Обязательно включение в вашу ежедневную диету полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 — ALA, EPA и DHA (300–1000 мг/день). Их много в рыбе (особенно лососевой), криле, семенах льна, киви, орехах. Кроме того, чтобы снизить возрастные изменения мозга и повреждения, вызванные окислительным стрессом из-за интенсивной умственной работы, рекомендуется ежедневно набирать как минимум 3–6 тыс. единиц значений антиоксидантной активности ORAC, что нетрудно сделать, — это всего примерно 80–100 г свежей черники, ежевики, малины, клубники либо 50 г клюквы или черной смородины. Не забывайте не менее четырех часов в неделю тренировать вашу сердечно-сосудистую систему (бег, ходьба, плавание, подвижные игры, тренажеры), это усилит обмен веществ в мозге, будет держать его в тонусе и утром, и вечером. Будьте социально активны, посвящайте еженедельно несколько часов своему хобби, ведите дневник, играйте в игры, чаще меняйте обстановку, больше путешествуйте — все это стимулирует нейрогенез в гиппокампе и развивает пространственную и эпизодическую память, тормозит процессы старения в мозге. Не злоупотребляйте алкоголем и откажитесь от табакокурения. И вы добьетесь многого! ■



Натали Гарсон и Мишель Гольдман

ВАКЦИНЫ ВО ВСЕЙ ИХ МОЩИ

Успехи, достигнутые за последние десятилетия в иммунологии, возродили интерес к адьювантам — веществам, которые усиливают действенность старых вакцин и помогают в создании новых

Врожденные дефекты у младенцев, чьи матери во время беременности перенесли краснуху, изуродованные полиомиелитом дети в боксовых респираторах, изнуряющий кашель больных коклюшем — такие воспоминания до сих пор наводят ужас на всех, кому пришлось столкнуться с этими и другими заболеваниями. И всех их можно было избежать, сделав обычную прививку. К счастью, большинству представителей нынешних поколений подобные страхи незнакомы — они с детства знают, что такое вакцинация.

За время своего более чем двухсотлетнего применения вакцины доказали, что представляют собой одно из самых успешных, эффективных и экономичных средств предотвращения инфекционных болезней, уступающее только стерилизации питьевой воды. Они спасли от гибели миллионы людей, позволили искоренить оспу. Медицинские эксперты надеются в скором времени избавить человечество от полиомиелита, кори и даже малярии, хотя создание противомаларийных вакцин потребует новых подходов к иммунизации.

По существу, вакцинация заключается во введении в организм инфекционного агента в той или иной форме в небольших дозах. Процедура направлена на то, чтобы «научить» иммунную систему человека распознавать агента при реальной инфекции и быть готовой к его уничтожению. Однако традиционные вакцины срабатывают не всегда и не при всех недугах. Например, у пожилых людей иммунитет слишком слаб, чтобы вакцинация могла повысить его в достаточной степени. А некоторые болезнетворные агенты научились преодолевать барьеры, создаваемые на их пути иммунной системой. Малярия, туберкулез и СПИД — лишь часть тех заболеваний, против которых вакцины не созданы. Принципы вакцинации можно использовать

и при других патологиях — онкологических заболеваниях, аллергиях, болезни Альцгеймера, однако в этих случаях нужно заставить иммунную систему замечать то, что в обычных условиях проходило мимо ее внимания.

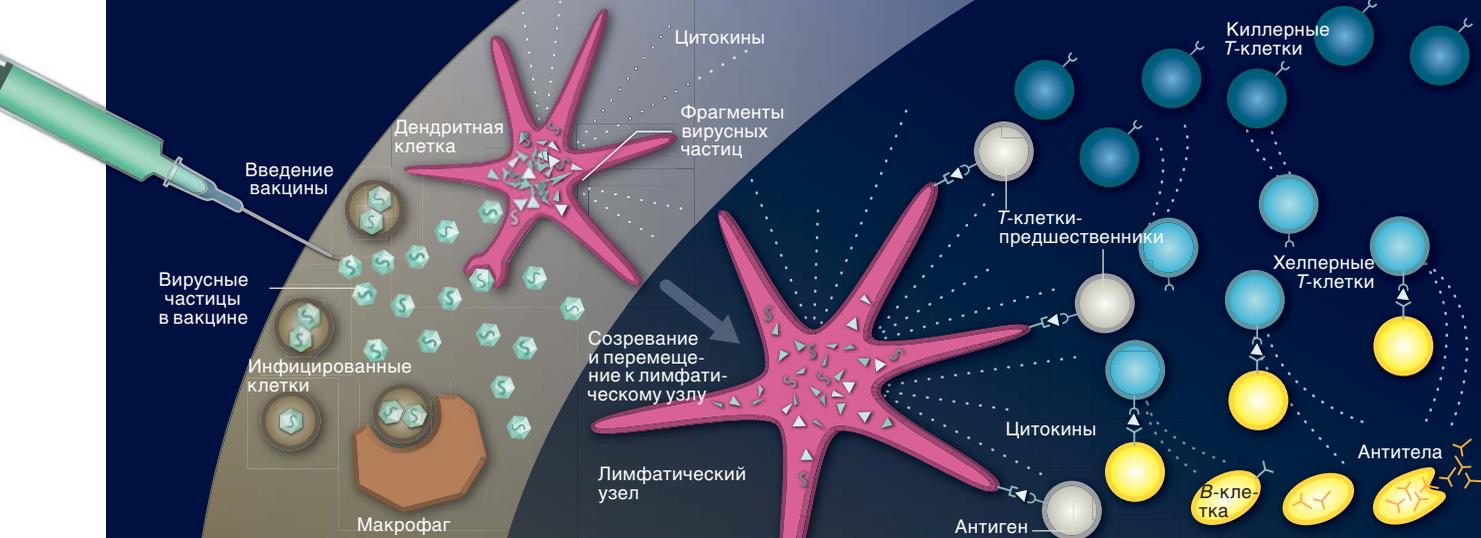
Необходимо использовать иммунные модуляторы, повышающие способность организма реагировать на вакцины. Подобные вещества называют адьювантами, что в переводе с латинского означает «помощник». Некоторые из них известны иммунологам уже более ста лет и использовались для повышения действенности вакцин и лечения онкологических больных. Однако механизм их действия на компоненты иммунной системы до последнего времени оставался плохо изученным. Выдающиеся успехи в иммунологии позволили по-новому взглянуть на то, как работают адьюванты, и открыли возможности создания вакцин строго направленного действия — как в отношении клеток самого организма, так и в отношении патогенов. Вакцины, о которых раньше не приходилось и мечтать, сегодня находятся на стадии разработки, а традиционные вакцины становятся все более эффективными.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Вакцины — чрезвычайно активное средство предотвращения заболеваний, но они могут работать еще лучше, охватывая более широкий круг людей и болезней.
- Успехи, достигнутые в иммунологии, помогают разработчикам вакцин усиливать их действенность с помощью адьювантов — веществ, которые усиливают ответ иммунной системы на вакцины, а также создавать вакцины строго направленного действия.
- Новые адьюванты способны повышать эффективность уже существующих вакцин и создавать новые.

ИМИТИРОВАТЬ, ЧТОБЫ ПРЕДОТВРАТИТЬ

При вакцинации в организм вводятся убитые или ослабленные патогены либо их фрагменты. Они побуждают иммунную систему к выработке «клеток памяти», которые без промедления распознают такие же патогены при настоящей инфекции и запускают иммунный ответ. Заболевание либо не развивается, либо протекает в более легкой форме



НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ДЕЙСТВИЯ ВАКЦИНЫ

Большинство традиционных вакцин содержат живые, но ослабленные вирусные или бактериальные частицы. При подкожном введении вирусы инфицируют некоторые клетки организма и медленно реплицируются. Элементы системы врожденного иммунитета (макрофаги, дендритные клетки) поглощают чужеродный материал и инфицированные клетки и расщепляют их. Кроме того, дендритные клетки высвобождают сигнальные вещества — цитокины, которые оповещают организм об опасности

МИГРАЦИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕНДРИТНЫХ КЛЕТОК

Нагруженные антигенами дендритные клетки созревают и мигрируют к лимфатическим узлам. Здесь они взаимодействуют с T- и B-клетками, компонентами системы адаптивного иммунитета, размещают на своей поверхности антигены и высвобождают цитокины. Под их воздействием происходит превращение T-клеток-предшественников в киллерные и хелперные клетки. Первые провоцируют атаку на инфицированные клетки, а вторые подталкивают B-клетки к выработке антител, специфичных в отношении данного патогена

НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ТИПЫ ВАКЦИН

■ **АТТЕНУИРОВАННЫЕ:** живые, но ослабленные вирусы или бактерии, медленная репликация которых обеспечивает длительное присутствие антител без развития инфекционного процесса



■ **ИНАКТИВИРОВАННЫЕ:** «убитые» вирусы или бактерии, неспособные к репликации



■ **СУБЪЕДИНИЧНЫЕ:** компоненты патогенов, например генетический материал и белки оболочки, распознаваемые иммунной системой



Имитация инфекции

Многие инфекционные заболевания обладают очень ценной для нас особенностью: переболев ими один раз, мы получаем пожизненный иммунитет к соответствующему патогену. В идеале таким свойством должны обладать и вакцины. Было бы хорошо, чтобы для выработки устойчивости оказывалось достаточно одной дозы, а кроме того возник иммунитет и к сходным патогенам, например ко всем штаммам вируса гриппа. Для этого нужно, чтобы вакцина вовлекала в процесс разные компоненты иммунной системы, и они работали во время реальной инфекции.

Когда патоген дикого типа впервые попадает в организм, он оказывается под прицелом элементов системы врожденного иммунитета, непрерывно циркулирующих по всему организму в поисках «чужаков». В числе таких элементов — макрофаги и дендритные клетки, которые

поглощают и разрушают сам патоген и инфицированные им клетки. Они расщепляют компоненты патогена и размещают их фрагменты — антигены — на своей поверхности, чтобы их могли заметить члены адаптивной иммунной системы, T- и B-клетки. Параллельно такие антигенпредставляющие клетки высвобождают сигнальные вещества — цитокины, вызывающие воспалительную реакцию в организме и оповещающие T- и B-клетки об опасности.

Как только популяции T- и B-клеток получают сигнал, первые (киллерные T-клетки) разыскивают и разрушают клетки, уже подвергшиеся «оккупации», а вторые высвобождают в среду молекулы антител. От момента презентации антигенов до появления в достаточном количестве специализированных T- и B-клеток проходит несколько дней, при этом некоторое их количество остается в организме в виде

КЛЕТКИ ПАМЯТИ

Некоторые *T*- и *B*-клетки после иммунизации приобретают долговременную память о контакте с антигенами и при инфицировании немедленно реагируют на соответствующий патоген

Контролируемая инфекция

Инфицированные клетки

T- и *B*-клетки памяти

«клеток памяти» на долгое время, иногда на десятилетия. Они готовы мгновенно отреагировать на повторное заражение таким же агентом. Вакцины воспроизводят этот эффект; они содержат сам патоген или его фрагменты. Не все вакцины вызывают развернутый иммунный ответ, но для нейтрализации некоторых патогенов достаточно одних только антител, никакие *T*-киллеры не нужны.

Выбор типа антигена для включения его в состав вакцины зависит от природы антигена и механизма его действия. Антигенами могут служить жизнеспособный, но ослабленный (аттенуированный) патоген как таковой, убитый или инактивированный вирус или бактерия, очищенные вирусные или бактериальные белки. У каждого варианта есть свои достоинства и недостатки.

Живые ослабленные микроорганизмы хотя и очень медленно, но все-таки размножаются в организме, зато антигены всегда имеются в наличии и могут вызвать мощный долгосрочный иммунный ответ. Однако они непригодны, если речь идет об индивидах с ослабленным иммунитетом. Существует также опасность мутации и превращения вируса или бактерии в вирулентную форму, что совершенно недопустимо для таких патогенов, как ВИЧ.

Более распространены вакцины на основе целых вирусных частиц,

инактивированных, например, тепловой обработкой. Реплицироваться вирус не может, но его белки остаются интактными и легко распознаются иммунной системой.

Так называемые субъединичные вакцины содержат только антигены, никаких вирусных или бактериальных частиц в них нет. Антигены выделяют из самих патогенов или получают с использованием методов геной инженерии. Недостаток таких вакцин — то, что они не всегда вызывают адекватную иммунную реакцию.

В последние годы стало окончательно ясно, что ключевую роль в активации иммунной системы играют антигенпредставляющие клетки, в особенности дендритные. Поглотив антигены в месте возникновения инфекции или введения вакцины, они созревают и мигрируют к ближайшему лимфатическому узлу, где вступают во взаимодействия, запускающие систему сигнализации, на которую реагируют защитные *T*- и *B*-клетки. В отсутствие антигена, уникального для данного микроорганизма, созревание и миграция дендритных клеток протекают ненадлежащим образом, и тогда приходится прибегать к адъювантам, подталкивающим эти компоненты иммунной системы к правильным действиям.

Большинство вакцин, используемых в США, уже содержат адъюванты. Один из самых старых — адъювант алюм (сокращенное название представителей семейства солей алюминия). Он используется в иммунологии с 1930-х гг. и доказал свою действенность в отношении многих современных вакцин, однако его помощи недостаточно, когда речь идет о заболеваниях, для за-

щиты от которых мало только эффективной работы системы защиты с помощью антител.

Такие патогены, как ВИЧ, вирус гепатита *C*, *Mycobacterium tuberculosis* и возбудитель малярии *Plasmodium*, вызывающие смертельно опасные заболевания, способны ускользать от антител. Для того чтобы вакцина в подобных случаях была действенной, она должна инициировать мощный *T*-клеточный ответ. Попытки создания вакцин против упомянутых заболеваний возродили интерес к адъювантам. Это помогло лучше понять принципы работы иммунной системы, что, в свою очередь, способствовало созданию более эффективных адъювантов.

Живительные адъюванты

Когда французский микробиолог Луи Пастер пытался создать вакцину против бешенства, один хирург из Нью-Йорка, сам того не подозревая, нашел метод усиления иммунного ответа на чужеродные агенты. То, что он сделал, было по своей сути первым случаем применения адъювантов. Внимание Уильяма Коли (William B. Coley) из Нью-Йоркской онкологической больницы привлекло сообщение о том, что у больных раком, инфицированных одним из штаммов бактерии *Streptococcus*, *S. pyogenes*, опухоль уменьшается или даже полностью исчезает. Предположив, что иммунная реакция больных на бактерии повышает их способность бороться с опухолями, Коли в 1881 г. начал проводить эксперименты по введению живых, а затем убитых бактерий онкологическим больным. Такие манипуляции действительно давали результат, но по какой при-

ОБ АВТОРАХ

Натали Гарсон (Nathalie Garcon) руководит Центром по созданию адъювантов для вакцин в компании *GlaxoSmithKline Biologicals (GSKB)*, которая является пионером в области разработки новых адъювантов вот уже 20 лет. Иммунолог по образованию, Гарсон работает в *GSKB* с 1990 г. **Мишель Гольдман** (Michel Goldman) — профессор иммунологии в Бельгийском свободном университете в Брюсселе. Занимается исследованием факторов, контролирующих работу дендритных клеток и *Toll*-подобных рецепторов. С сентября 2009 г. возглавляет Институт медицинской иммунологии, основанный *GSKB*.

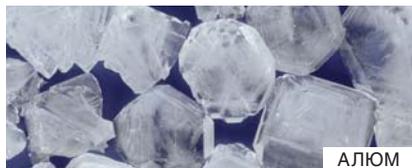
чине — ни сам врач, ни многие после него не понимали.

В начале XX в. попытки, принятые Коли, были возобновлены. Французский ветеринар Гастон Рамон (Gaston Ramon) и английский иммунолог Александр Гленни (Alexander T. Glenney) стали использовать в качестве усилителей вакцин против дифтерии и столбняка у животных различные средства — от тапиоки (крупы из крахмала) до гидроксида алюминия. В 1930-х гг. другие исследователи обнаружили, что эффективность вакцин повышается при включении в них антигенов в составе эмульсии масла в воде. Они проверили также липополисахариды на наличие у них таких свойств. Положительный эффект дали многие из добавок, однако слишком часто возникали разнообразные побочные реакции, например чрезмерное воспаление.

СТАРЫЕ И НОВЫЕ АДЬЮВАНТЫ

АДЬЮВАНТЫ, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ УЖЕ РАЗРАБОТАННЫХ ВАКЦИН

- Соли алюминия (алюм)
- Водно-масляные и масляно-водные эмульсии
- Липосомы
- Виросомы (липиды + вирусные белки)
- Монофосфорил-липид (MPL), производное бактериального липополисахарида



АЛЮМ

АДЬЮВАНТЫ, НАХОДЯЩИЕСЯ В СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

- CpG, дипептид бактериальной ДНК, не несущий метильной группы (в отличие от CpG в составе ДНК человека)
- Сапонины (растительные экстракты):
 - QS21;
 - QuilA;
 - иммуностимулирующий комплекс сапонин + липид
- Вирусы — носители антигенов:
 - вирус оспы кур;
 - вирус коровьей оспы;
 - вирус оспы канарейки
- Вирусоподобные частицы — вирусные оболочки без генетического материала, образовавшиеся путем самосборки
- Интерлейкины и другие сигнальные молекулы

Интерес к адьювантам упал. Правда, с появлением в 1980-х гг. нового смертельно опасного патогена — вируса иммунодефицита человека — к опытам с ними пришлось вернуться. Перед лицом столь страшной угрозы годились все возможные средства. Однако создание вакцин против СПИДа наталкивалось на серьезные препятствия: вирус избирательно атаковал T-клетки, обезоруживая систему адаптивного иммунитета, и непрерывно претерпевал морфологические изменения, так что антителам никак не удавалось его обнаружить. Тем, кто занимался разработкой вакцин против СПИДа на основе рекомбинантных вирусных белков, пришлось переключиться на поиски путей повышения способности иммунной системы распознавать антигены, что привело их к мысли о тестировании различных уже известных адьювантов, а также к поискам новых.

Прорыв в исследовании адьювантов произошел лишь в 1997 г. Тогда были открыты специализированные рецепторы на поверхности и внутри дендритных клеток, которые распознают жизненно важные компоненты патогенов, например белок флагеллин, входящий в состав жгутиков многих бактерий. Эти рецепторы инициировали сигнал тревоги, подталкивающий дендритные клетки к действию, а также информировали организм о характере угрозы. Наиболее действенными среди них были так называемые Toll-подобные рецепторы (TLR; см.: О'Нилл Л. *Врожденный иммунитет: система раннего оповещения* // ВМН, № 4, 2005).

С тех пор было обнаружено десять функционально активных Toll-подобных рецепторов, каждый из которых распознавал свою молекулярную композицию вируса или бактерии. Так, для TLR-4 это были липополисахариды, для TLR-7 — одноцепочечная РНК, генетический материал некоторых вирусов. Стало очевидно, что микробные компоненты действительно могут выполнять функции адьювантов, поскольку они инициируют сигнал

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ АДЬЮВАНТОВ

Адьюванты усиливают иммунный ответ на антигены, присутствующие в вакцине, несколькими способами, но, по-видимому, прежде всего — путем активации антигенраспознающих рецепторов на поверхности дендритных клеток. В зависимости от природы патогена, который они распознали, дендритные клетки отдают разные команды другим компонентам иммунной системы. Такую их способность можно взять на вооружение при выборе адьювантов, которые усилят конкретный иммунный ответ

тревоги, передаваемый дендритным клеткам через TLR. Открытие наводило на мысль, что разработчики вакцин могут использовать один или несколько адьювантов, специфичных в отношении конкретных TLR.

Новое поколение вакцин

Исследования, проводимые в 1980–1990-х гг., были направлены на идентификацию всех возможных адьювантов — природных, синтетических, модифицированных, — которые усиливали бы иммунную реакцию на специфические патогены. Их комбинации включали как давно известные вещества, например алюм, так и водно-масляные эмульсии, содержащие антигены, например MF59 и AS03, используемые в странах Европы как компоненты некоторых вакцин против гриппа. Вообще, адьювантами могут быть любые вещества, влияющие на дендритные клетки или компоненты иммунной системы таким образом, что эффективность ее работы повышается.

Успехи, достигнутые в иммунологии, позволили устранить токсичность материалов, используемых в качестве первых адьювантов, а также создать такие комбинации новых адьювантов, которые вызвали бы мощный строго специфический иммунный ответ. Один из последних адьювантов, монофос-

РАСПОЗНАВАНИЕ ПАТОГЕНА

На поверхности дендритных клеток находятся *Toll*-подобные рецепторы, каждый из которых распознает молекулы, типичные для многих патогенов, — бактериальные белки или какой-либо характерный элемент вирусного генома (текст вверху справа). Адьюванты, активирующие один или сразу несколько *TLR*, могут имитировать действие различных природных патогенов



TLR ПРИРОДНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

- 1 2 6 Бактериальные липопептиды
- 3 Двухцепочечная РНК
- 4 Липополисахариды (*LPS*), белки теплового шока, респираторный синцитиальный вирус
- 5 Бактериальный флагеллин (белок)
- 7 8 Одноцепочечная РНК
- 9 Дипептид *CpG* бактериальной ДНК
- 10 Неизвестен
- 11 Бактериальный профелин (белок)

ДЕНДРИТНЫЕ КЛЕТКИ-ИНСТРУКТОРЫ

Дендритные клетки вырабатывают сигналы, которые содержат инструкции о созревании и пролиферации конкретных *T*- и *B*-клеток. Например, цитокин интерлейкин-12 инициирует созревание киллерных и одного из типов хелперных *T*-клеток, необходимых для уничтожения патогенов, уже проникших в клетки организма, а *IL-6* способствует созреванию хелперных *T*-клеток, которые побуждают *B*-клетки к выработке антител. Кроме того, *IL-6* совместно с *IL-23* воздействуют на другие хелперные *T*-клетки, участвующие в воспалительной реакции. Интерлейкины сами по себе тоже могут служить адьювантами

форил-липид А (*MPL*), получен в результате детоксикации и тщательной очистки липополисахаридов. Он активирует *TLR*-рецепторы и не дает нежелательных побочных эффектов. Этот компонент включили в состав нескольких вакцин, уже имевшихся на рынке или находившихся на поздних стадиях клинических испытаний. Полученные результаты обнадеживают.

К числу таких вакцин относится экспериментальная вакцина против малярии. В ее разработке принимал участие один из авторов данной статьи (Натали Гарсон). Малярия — очень серьезное заболевание, уносящее ежегодно более полумиллиона жизней, в первую очередь детей в возрасте до пяти лет. Ее возбудители — паразиты рода *Plasmodium* — проникают в клетки жертвы и таким образом ускользают от иммунной «системы слежения». Кроме того, их жизненный цикл включает несколько стадий, на которых они претерпевают серьезные морфологические трансформации, так что на каждом этапе развития инфекции паразит располагает своими антигенами. Задача

иммунологов состоит в том, чтобы найти средства для усиления систем антителозависимого и *T*-опосредованного иммунитета, которые предотвращали бы проникновение паразита в клетки организма, и разрушения уже инфицированных клеток. Для этого нужны адьюванты, по своей мощи далеко превосходящие алюмин.

С учетом всего сказанного наша группа разработала вакцину на основе антигена, который мы назвали *RTS,S*. В ее состав входят, во-первых, сегмент белковой молекулы, находящейся на поверхности малярийного плазмодия до его проникновения в клетки крови человека и остающейся там на ранних стадиях инфекции, а во-вторых — связанный с этой молекулой поверхностный антиген вируса гепатита *B*, предназначенный для дальнейшего повышения способности иммунной системы к распознаванию чужеродных агентов. Помимо этой составной молекулы адьювант включает эмульсию масла в воде, *MPL* и *QS21*, вещество растительного происхождения, которое используется в ветеринарии с 1930-х гг.

Оптимизировав состав вакцины, мы вместе с коллегами из Армейского научно-исследовательского института им. Уолтера Рида провели ее испытания на добровольцах, которые получили по крайней мере по пять укусов малярийных комаров, опустив руку в ящик с насекомыми. Шестеро из семерых вакцинированных новым способом благополучно избежали заражения, в отличие от тех, кто получил вакцину с алюминием.

Еще более убедительными были результаты испытаний, проведенных в «полевых условиях» в Гамбии: 71% вакцинированных взрослых местных жителей приобрели иммунитет на девять недель. В Мозамбике 30% детей, которым было введено три дозы вакцины, избежали заражения, а среди больных малярией в тяжелой форме почти у 60% намечилось улучшение. Сейчас завершаются клинические испытания усовершенствованной вакцины, содержащей липосому. Если они окажутся успешными, это станет еще одним шагом на пути к искоренению малярии.

Теперь у иммунологов появилась надежда, что с помощью новых адъ-



В ПРЕДДВЕРИИ ПАНДЕМИИ ГРИППА необходимо вакцинировать многочисленные популяции людей по всему земному шару. Используя адъюванты, можно уменьшить содержание антигенов в препарате и, возможно, получить защиту от штаммов, немного отличающихся от исходного

ювантов можно будет не только создавать эффективные вакцины, но и совершенствовать старые. Многие из них не работают как раз в тех популяциях, где вакцинация совершенно необходима. В качестве примера можно привести ежегодные сезонные вспышки гриппа: для детей и пожилых людей особенно высока вероятность заболевания гриппом в тяжелой форме, поскольку в обоих случаях иммунная система работает недостаточно эффективно (хотя и по разным причинам). Отметим, что сегодня среди людей старше 65 лет только у половины возникает достаточно стойкий иммунитет против гриппа после стандартной вакцинации. Если же вакцина содержит адъювант AS03 на основе эмульсии масла в воде, эта величина достигает 90,5%. Поскольку адъюванты повышают способность клеток иммунной системы распознавать антигены, можно умень-

Результаты тестирования экспериментальных противораковых вакцин в сочетании с разными адъювантами обнадёживают

шить их содержание в вакцине, что особенно важно во время пандемий, когда необходима массовая вакцинация. Показано, что еще одна экспериментальная AS03-вакцина, на этот раз против птичьего гриппа H5N1, может содержать втрое меньшее количество антигенов без изменения эффективности, чем обычная вакцина против гриппа.

Итак, успехи, достигнутые в 1980–1990-х гг. в изучении адъювантов, приносят свои плоды. За это время стало очевидно, что ключевой момент во взаимодействии систем врожденного и адаптивного иммунитета — способность дендритных клеток распознавать специфические антигены — очень важен и для разработки новых типов адъювантов. Исследования только начинаются, но уже появились предпосылки к созданию целого арсенала потенциальных адъювантов, с помощью которых можно будет получать целевые вакцины.

Новые поколения адъювантов

За период, о котором мы говорили выше, революционные изменения произошли не только в иммунологии и молекулярной биологии, но и в области создания новых материалов, которые можно использовать для доставки различных веществ в нужный орган. В данных целях уже давно используют липосомы — в них заключают лекарственные препараты, что позволяет им не только преодолевать различные физиологические барьеры, но и избегать разрушения. С этой же целью можно применять липосомы и для защиты вакцин. Кроме того, компоненты вакцин — в том числе и антигены — высвобождаются из липосомной оболочки не одновременно, а в течение длительного времени. Защитную оболочку можно создавать не только из природных материалов, но и из их комбинаций с искусственными веществами, например из полисахаридов клеточной стенки бактерий и синтетических полиэфилов.

По мере расшифровки сигналов, с помощью которых компоненты

иммунной системы общаются друг с другом, становится очевидно, что система «раннего оповещения», ядром которой — дендритные клетки, определяет также характер иммунного ответа, зависящий от типа угрозы. Учитывая данный факт, разработчики вакцин могут в принципе подбирать такую комбинацию адъювантов, чтобы вызывать иммунную реакцию, направленную предпочтительно на выработку антител либо на активацию определенного набора T-клеток. Сами сигнальные молекулы тоже входят в группу веществ, которые могут обладать адъювантной способностью. Так, один из типов цитокинов, известных под названием интерлейкины (IL), уже давно используют для повышения иммунитета при лечении больных раком и СПИДом. Интерлейкины продуцируются дендритными клетками, и разные их комбинации определяют, какие иммунные клетки получают сигнал к действию. Например, IL-4, IL-5 и IL-6 стимулируют выработку киллерных T-клеток, а IL-2 и IL-12 — предпочтительно антител.

Сходные результаты можно получить, используя разные комбинации активаторов Toll-подобных рецепторов. Разные TLR распознают разные микробные компоненты, а один из них, TLR-4, реагирует также на вещества, образуемые организмом при стрессе — так называемые белки теплового шока. Некоторые сочетания активаторов TLR и адъювантов не на основе TLR (например, масляных эмульсий) обладают особенно сильным активирующим действием и могут оказаться полезными в некоторых наиболее серьезных случаях.

Первый среди них — рак, отличающийся от всех других заболеваний тем, что раковые клетки — это не чужеродные агенты, а претерпевшие трансформацию клетки самого организма. Иммунная система так к ним и относится, но все же встречаются редкие случаи ее адекватной реакции. Попытки создания вакцин, предназначенных для целевой стимуляции иммунной

ВАКЦИНЫ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Перечисленные здесь вакцины содержат новые адъюванты. Они уже применяются в некоторых странах или проходят последние стадии клинических испытаний

| ЗАБОЛЕВАНИЕ | ВАКЦИНА | АДЪЮВАНТЫ | СТАТУС | КОМПАНИЯ |
|-------------------------------------|---------------------------------|---|---|------------------------------|
| Гепатит А | <i>Epxal</i> | Виросомы | Разрешена к применению в Европе | <i>Crucell</i> |
| | <i>Fendrix</i> | AS04 (алюм, MPL) | Разрешена к применению в Европе | <i>GlaxoSmithKline (GSK)</i> |
| Гепатит В | <i>Supervax</i> | Синтетический MPL RC-529 | Разрешена к применению в Аргентине | <i>Dynavax Technologies</i> |
| | <i>Hepelisav</i> | СрG | Фаза 3 | <i>Dynavax Technologies</i> |
| Папилломавирус человека | <i>Cervarix</i> | AS04 | Разрешена к применению в 96 странах | GSK |
| | <i>Fluad, Focetria</i> | MF59 | Разрешена к применению в Европе | <i>Novartis</i> |
| Грипп (сезонные вспышки и пандемии) | <i>Inflexal V</i> | Virosomes | Разрешена к применению в Европе | <i>Crucell</i> |
| | <i>Prepandrix, Pandemrix</i> | AS03 | Разрешена к применению в Европе | GSK |
| | <i>Seasonal elderly vaccine</i> | AS03 | Фаза 3 | GSK |
| Малярия | <i>Mosquirix</i> | AS01 (липосомы, MPL, QS21) | Фаза 3 | GSK |
| | <i>Mage 3 vaccine</i> | AS15 (липосомы, MPL, QS21) | Фаза 3 | GSK |
| Немелкоклеточный рак легких | <i>CimaVax EGF</i> | <i>Montanide ISA-51</i> (водно-масляная эмульсия) | Разрешена к применению на Кубе и в Чили | <i>Bioven</i> |

системы, пока ни к чему не привели. Остается надеяться, что ситуацию смогут изменить адъюванты — и на этом пути уже наметились некоторые успехи.

На последней стадии клинических испытаний находится вакцина на основе антигена *Mage-A3*, специфичного в отношении некоторых раковых клеток. В нее входит также адъювант AS15 — смесь стабильных липосом, MPL и QS-21, а кроме того, бактериальный динуклеотид СрG. У 96 % больных немелкоклеточным раком легких, получивших данную вакцину, отмечалось значительное увеличение уровня антител к *Mage-A3* и имелись указания на запуск сигнального механизма с участием нужного интерлейкина. Примерно у трети испытуемых рост опухоли прекращался или происходила ее регрессия. В других испытаниях для борьбы с некоторыми видами онкологии используется химио- и лучевая терапия в комбинации с СрG. Этот динуклеотид, входящий в состав бактериальной ДНК, распознается TLR-9 и усиливает Т-клеточный ответ. Его успешное применение в качестве адъюванта заставляет вспомнить давние попытки Уильяма Коли лечить раковых больных с помощью болезнетворных бактерий. Недаром компа-

ния, предложившая использовать СрG в качестве адъюванта, была названа *Coley Pharmaceuticals*.

Применение адъювантов расширяет круг болезней, которые можно предотвращать путем вакцинации, и дает надежду на то, что удастся устоять под натиском будущих, неизвестных пока угроз. Результаты предварительных испытаний смеси СрG с антигеном амброзии указывают на возможность использования ее в качестве вакцины против сенной лихорадки. Некоторые адъюванты расширяют круг сходных штаммов гриппов, распознаваемых иммунной системой. Возможно, с их помощью удастся создать более универсальные противогриппозные вакцины. Конечно, адъюванты — не панацея, но они могут решить хотя бы часть сложных проблем, возникающих при создании новых вакцин.

Вмешательство в работу иммунной системы требует большой осторожности. Важно информировать население о степени безопасности вакцин, особенно вакцин и адъювантов следующего поколения. Детальное изучение механизма действия адъювантов поможет создателям вакцин найти правильные ориентиры при их разработке, применении и последующем монито-

ринге. При тестировании принципиально новых вакцин с адъювантами пока не возникало поводов для беспокойства, но никакие меры предосторожности не будут лишними.

Мы с нетерпением ждем появления таких вакцин, которые защитили бы субпопуляции, пока остающиеся без всякой помощи со стороны иммунологов. И хотя об этих инновациях можно говорить лишь в будущем времени, это будущее уже не кажется отдаленным. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Deciphering Immunology's Dirty Secret: Can Innate Immune Adjuvants Save Vaccinology? Kate Travis in *The Scientist*, Vol. 21, Issue 1, pages 46–51; January 2007.
- GlaxoSmithKline Adjuvant Systems in Vaccines: Concepts, Achievements and Perspectives. Nathalie Garçon et al. in *Expert Reviews of Vaccines*, Vol. 6, No. 5, pages 723–739; October 2007.
- Vaccine Adjuvants: Current Challenges and Future Approaches. Jennifer H. Wilson-Welder et al. in *Journal of Pharmaceutical Sciences*, Vol. 98, No. 4, pages 1278–1316; April 2009.

Леонардо Мауджери

На фоне тревожных высказываний о том, что близится пик добычи нефти, передовые технологии предлагают пути максимального извлечения «черного золота» из земных недр

На площади 36 кв. км плоского сухого дна Центральной долины в Калифорнии медленно кивают головами более 8 тыс. станков-качалок, добывающих нефть. Блестящие трубопроводы, пересекающие всю эту территорию, свидетельствуют о том, что это место — не просто пережиток прошлого. Однако даже на взгляд специалиста нефтяное месторождение Керн-Ривер ничем не указывает на технологические чудеса, позволившие ему пережить десятилетия, когда ученые делали устрашающие прогнозы.

Когда в 1899 г. здесь нашли необычайно вязкую нефть, аналитики ожидали, что извлечь удастся лишь 10% от всех запасов. В 1942 г. после 40 лет умеренной добычи, за которые было получено 278 млн баррелей нефти, месторождение содержало, по оценкам, всего 54 млн баррелей нефти, поддающейся извлечению. «За последующие 44 года было добыто не 54, а 736 млн баррелей, а осталось еще 970 млн», — сказал в 1995 г. энергетический гуру Моррис Адельман (Morris Adelman). Однако и эта оценка оказалась ошибочной. В ноябре 2007 г. нефтяной гигант США *Chevron*, владевший к тому времени месторождением, заявил, что суммарная добыча достигла 2 млрд баррелей. Сегодня Керн-Ривер все еще выдает 80 тыс. баррелей нефти в сут-

ки, а специалисты штата Калифорния оценивают оставшиеся запасы примерно в 627 млн баррелей.

Chevron начал заметно наращивать добычу в 1960-х гг., применив прогрессивную на то время технологию нагнетания пара в пласт. Позднее новое поколение разведочной и буровой техники (в сочетании с нагнетанием пара) превратило месторождение в некий рог изобилия.

Керн-Ривер — не исключение. Согласно распространенному мнению, темп добычи нефти из месторождения меняется по колоколообразному графику, известному под названием кривой Хубберта (по имени покойного геолога компании *Shell Oil* Мариона Кинга Хубберта (Marion King Hubbert)), достигая пика, когда извлечена половина запасов нефти в нем. Однако со временем большинство нефтяных месторождений возродились. В некотором смысле технология — это поистине путь к изобилию.

Многие аналитики пророчат, что мировая добыча нефти в ближайшие годы достигнет пика и начнет спадать в соответствии с кривой Хубберта. Но я убежден, что их предсказания не сбудутся, как не сбылись и прежние прогнозы о «пике добычи». Новые методы разведки раскрыли секреты земных недр, а достижения технологии позволили добывать нефть в ранее недо-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Прогнозы скорого начала падения мировой добычи нефти и полного истощения почти всех запасов нефти в ближайшие десятилетия могут оказаться чересчур пессимистичными.
- По прогнозу автора, передовые технологии позволят к 2030 г. извлекать из каждой скважины половину всей нефти, содержащейся в пласте, против сегодняшних 35%.
- В сочетании с открытием новых месторождений это позволит наращивать добычу по крайней мере еще в следующем столетии.





**ДО ПОСЛЕДНЕЙ КАПЛИ
НЕФТИ**

ПРЕДСКАЗАТЬ, СКОЛЬКО нефти может выдать данное месторождение, часто бывает непросто. В частности, в случае калифорнийского месторождения Керн-Ривер (внизу) общий объем добычи (желтый цвет) дважды перекрывал оценки запасов поддающейся извлечению нефти (красный цвет)

1899



Оценка поддающихся извлечению запасов

1942

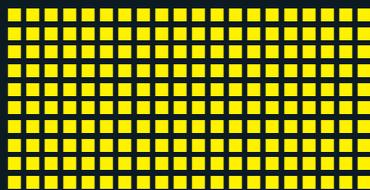


Добытое на этот год количество нефти



Оценка оставшихся и поддающихся извлечению запасов

2007



Добытое на этот год количество нефти



Оценка оставшихся и поддающихся извлечению запасов

1 квадратик представляет 10 млн баррелей

ступных местах и там, где бурение было нерентабельным. Совокупность этих факторов сможет поддержать рост добычи в ближайшие десятилетия и сохранить возможность поставок нефти по крайней мере до следующего столетия.

Хотя нефть и другие виды ископаемого топлива несут угрозу климату и окружающей среде, прочие источники пока не могут конкурировать с ними по универсальности, стоимости и простоте транспортировки и хранения. Пока исследования альтернативных источников продолжаются, мы должны быть уверены, что используем имеющуюся нефть рационально.

От чего нельзя отказаться

Во времена, когда над миром нависла опасность приближения пика добычи нефти и последующего снижения, тот факт, что большая часть известных запасов остается в недрах, а еще большее их количество еще не открыто, может вызывать удивление.

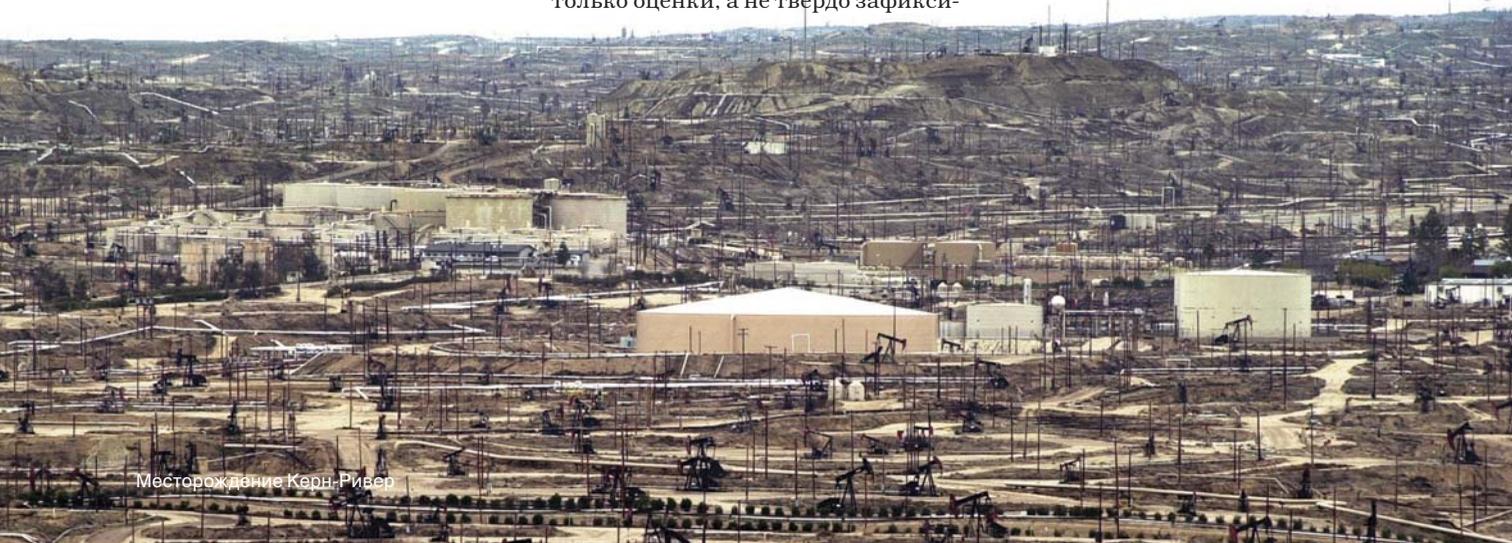
По прогнозам экспертов, нефти должно было хватить всего на несколько десятилетий. В 2008 г., непосредственно перед тем, когда экономический кризис привел к снижению потребления, человечество ежегодно сжигало около 30 млрд баррелей нефти. Если бы в ближайшем времени потребление нефти достигло уровня 2008 г. и дальше оставалось постоянным, достоверных запасов, оцениваемых сегодня в 1,1–1,3 трлн баррелей, хватило бы примерно на 40 лет.

Однако достоверные запасы — это только оценки, а не твердо зафиксиро-

ванные цифры. Они определяются как количество разведанной нефти, добыча которой при нынешнем уровне технологии будет рентабельной. Это значит, что с развитием технологии и изменениями цен на сырую нефть оценки будут меняться. В частности, если добыча нефти сократится или спрос на нее увеличится, цены начнут расти, и нефть, добыча которой до этого обходилась бы слишком дорого, станет частью достоверных запасов. Именно поэтому из большинства месторождений извлечено гораздо больше нефти, чем ожидалось вначале, и даже больше первоначальных оценок общих запасов «черного золота» в них. Сегодня из нефтяных месторождений добывается в среднем лишь около 35% имеющейся в них нефти, а это значит, что 2/3 ее в разведанных месторождениях остаются под землей. Эти запасы редко упоминаются при обсуждении будущего нефтяной отрасли.

Даже в таких давно добывающих нефть странах, как США, где с середины 1970-х гг. добыча снижается (хотя и не так быстро, как предсказывает кривая Хубберта), в недрах еще остаются огромные объемы. Хотя достоверные запасы «черного золота» в США составляют на сегодня всего 29 млрд баррелей, по оценкам Национального нефтяного совета (NPC) в недрах покоятся еще 1 124 млрд баррелей, 374 млрд из которых могут быть извлечены на свет с использованием современной технологии.

Запасы обычной нефти, оставшиеся во всем мире, Геологическая



Месторождение Керн-Ривер

НЕИССЛЕДОВАННЫЕ ЗЕМЛИ (И МОРЯ)

Нефть залегает в осадочных породах на материках и континентальных шельфах. Осадочные бассейны (черный цвет) занимают большую часть площади континентальных плит, однако с помощью современных технологий, которые могут выявлять, например, месторождения, лежащие под отложениями соли мощностью в тысячи метров, исследована лишь треть этих площадей. В США было пробурено гораздо больше разведочных скважин (каждый желтый кружок на карте представляет 2 тыс. скважин), чем в любой другой стране



служба США (USGS) оценивает примерно в 7–8 трлн баррелей. Однако при современной технологии и нынешних ценах рентабельно извлечь можно только часть этой нефти, которую и следует отнести к достоверным запасам.

Но есть и другое. Тщательному обследованию с использованием современных технологий подверглась всего 1/3 осадочных бассейнов — геологических формаций, в которых может содержаться нефть (карта сверху). Более того, данные USGS не включают в себя ее необычные виды, например сверхтяжелую, а также смолянистые пески и битуминозные сланцы, которые распространены не меньше, чем обычная нефть.

Таким образом, страна или компания могут увеличить свои запасы даже без использования новых площадей, если сумеют извлекать больше нефти из известных месторождений. Однако делать это пока не всегда легко.

Каменистое начало

Нефть в земных недрах залегает не в больших подземных озерах или пещерах, как многие думают. Если

можно было бы «рассмотреть» нефтеносный пласт, вы увидели бы только каменистую структуру, в которой, казалось бы, нет места для нефти. Однако невидимые человеческому глазу поры и микротрещины удерживают мелкие капли нефти вместе с водой и природным газом.

Природа создавала эти структуры на протяжении миллионов лет. Началось все с больших отложений растительных остатков и мертвых микроорганизмов, скопившихся на дне древних морей, разложившихся и погребенных под последующими слоями отложений. Под действием высоких температур и давлений органические остатки медленно превращались в то, что стало нефтью и газом. Эти ископаемые виды топ-

лива пропитывают пористые подземные пласты подобно тому, как вода насыщает пемзу.

Когда в такой пласт пробурена скважина, он ведет себя подобно закупоренной бутылке шампанского. Нефть освобождается из древней каменной тюрьмы, и внутрипластовое давление выталкивает ее наверх (вместе с камнями, буровой грязью и прочими обломками). Процесс продолжается до тех пор, пока давление не спадет (обычно через несколько лет). На этом этапе первичной добычи обычно извлекаются 10–15% имеющейся нефти. После этого качать ее приходится принудительно.

Примерно треть нефти, оставшейся в пласте после прекращения фонтанирования, называется

ОБ АВТОРЕ

Леонардо Мауджери (Leonardo Maugeri) — вице-президент итальянской нефтяной компании ENI, а также специалист и член внешнего консультативного совета по энергии Массачусеттского технологического института. В 2007 г. его книга «Нефтяной век» (*The Age of Oil*) получила Премию выбора США, а в 2010 г. издательство Praeger выпустит его новую книгу «После нефтяного века: мифы, реальность, будущее и альтернативы ископаемого топлива» (*Beyond the Age of Oil: The Myths, Realities, and Future of Fossil Fuels and Their Alternatives*).



▲ Нефтяные месторождения представляют собой не подземные озера, а пласты пористых пород, пропитанных нефтью. Этот керн диаметром 5 см извлечен из скважины, пробуренной в море вблизи Сицилии. Толстые прожилки нефти в нем тверды на ощупь, как если бы порода была просто покрашена. Добыча нефти из этого месторождения при использовании современных технологий будет нерентабельной

ТРИ ЭТАПА ДОБЫЧИ

В результате спонтанного фонтанирования из пробуренных скважин извлекается всего 10–15% запаса нефти в пласте (*первичная добыча, внизу слева*). Когда давление в пласте падает, нагнетание воды или газов в недра способствует выходу нефти на поверхность (*вторичная добыча, внизу в центре*), позволяя извлечь 20–40% первоначальных запасов. Оставшаяся нефть либо находится в небольших изолированных кавернах пласта (и поэтому не поддается извлечению), либо слишком вязка и не может притекать к скважинам. Однако передовые технологии (*врезка на стр. 57*) позволяют разжижать нефть и довести общее извлечение до 60% и более (*третичная добыча, внизу справа*)



неподвижной нефтью — это капли, удерживаемые большими капиллярными силами в отдельных порах породы. Способов, позволяющих извлечь эту нефть, пока не существует. Оставшиеся 2/3, несмотря на то что представляют собой подвижную массу, могут и не пойти в скважины самотеком. На практике обычно около половины подвижной нефти остается в пласте. Она удерживается геологическими барьерами или малой проницаемостью, которые возникают, когда поры слишком узки. Ситуация усугубляется, когда нефть представляет собой не легкую жидкость, а тяжелую, вязкую массу, напоминающую патоку.

Чтобы помочь части оставшейся нефти просочиться через поры породы и достичь скважин, нефтяники обычно нагнетают в пласт природный газ и воду. Этот процесс называют вторичной добычей. Нагнетание газа восстанавливает пластовое давление и заставляет достаточно

текую нефть просачиваться через поры породы. А нагнетание воды, которая тяжелее нефти, заставляет последнюю подниматься к скважине, как подливание в стакан с оливковым маслом воды заставляет это масло подниматься наверх.

В последние два десятка лет граница между первичной и вторичной добычей начала размываться, поскольку компании стали с самого начала применять передовые технологии. Одно из важнейших современных достижений — использование горизонтальных скважин и Г-образных структур, позволяющих извлечь намного больше нефти, чем при традиционном вертикальном бурении, применявшимся на заре зарождения нефтяной промышленности. Г-образная форма дает возможность горизонтальной скважине изменить направление и достичь тех участков пласта, добраться до которых другими методами невозможно. Этот метод, приме-

нение которого в промышленных масштабах началось в 1980-х гг., особенно пригоден для месторождений, где нефть и газ залегают в тонких горизонтальных пластах.

За прошедшие годы усовершенствовалась и техника разведки. В частности, передовые методы трехмерного отображения недр с использованием эффекта отражения сейсмических волн от границ раздела разнородных пород позволяют сегодня лучше понять структуру существующих месторождений, что помогает выбирать место, где скважина даст оптимальный выход нефти.

Благодаря современным технологиям отображения пластов, геологи могут «видеть», что находится под неравномерно распределенными под морским дном слоями соли, толщина которых местами превышает 5 тыс. м. Подобно замерзшей воде, эти образования оказываются трудно преодолимыми препятствиями, поскольку они искажают

данные сейсморазведки, используемой для исследования структуры недр.

Такой прорыв в области отображения в сочетании с передовыми морскими технологиями сделал доступными для нефтяников новые области океана. Когда в 1970-х гг. осваивались нефтяные месторождения Северного моря, казалось, что морская технология достигла поразительного уровня, позволив добывать нефть, залегающую под слоем воды в 100–200 м на глубине 1000 м. Но в последние годы отрасль научилась добывать нефть с глубин, лежащих под 3 тыс. м воды и 6 тыс. м пород и соли. Открыты по меньшей мере три сверхглубоких морских месторождения: Тандер-Хорс и Джек в Мексиканском заливе и Тупи у берегов Бразилии.

По сусекам поскребли

Пока скважины достигали все больших глубин, технологии также совершенствовались, позволяя извлекать больше нефти, оставшейся в породах после того, как первые линии добычи исчерпали себя. Первичный и вторичный этапы добычи дают возможность извлекать 20–40% нефти, содержащейся в пластах. Чтобы получить больше в ходе так называемой третичной добычи, нужно сделать оставшуюся нефть менее вязкой. Добиться этой цели можно с помощью нагрева, нагнетания газов, химических реагентов и даже бактерий. Использование этого теплового метода сыграло решающую роль в возрождении месторождения Керн-Ривер в начале 1960-х гг. Закачиваемый пар нагревал вышележащие пласты, что позволяло нефти двигаться. Проект нагнетания пара на месторождении Керн-Ривер и по сей день остается одним из самых крупных в мире. Тепловой метод добычи был применен в канадской провинции Альберта на отложениях нефтеносных песков, лежащих слишком глубоко для разработки открытым способом.

Другой «тепловой» процесс, испытанный в полевых условиях, состоит в сжигании части углеводородов

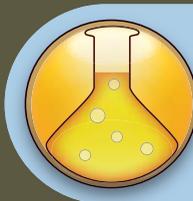
НЕОБЫЧНЫЕ СРЕДСТВА

Когда первичная и вторичная добыча исчерпают свои возможности, использование более действенных методов, часть которых сегодня находится еще в стадии экспериментов, может позволить разжигать оставшуюся нефть, так что она сможет притекать к скважинам. Поскольку эти передовые методы дороги, они могут применяться только при достаточно высоких ценах на нефть



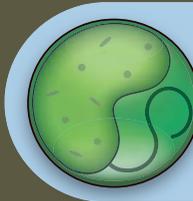
ТЕПЛОВОЙ МЕТОД

Сжигание части оставшейся нефти (для чего потребуется нагнетание воздуха в недра) увеличивает выход нефти. Во-первых, нагрев уменьшает вязкость нефти. Во-вторых, при горении образуется CO_2 , который выталкивает нефть. В-третьих, пламя расщепляет наиболее крупные и тяжелые молекулы нефти, делая их более подвижными



ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД

Поверхностно-активные вещества (ПАВ), нагнетаемые в пласт, уменьшают капиллярные связи нефти и увеличивают ее текучесть. Слои ПАВ охватывают капли нефти подобно тому, как обычное мыло смывает маслянистые вещества с поверхности. В другом варианте в пласт нагнетаются реагенты, которые образуют мылоподобные вещества из компонентов самой нефти



БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

Проводятся эксперименты по введению в пласт бактериальной продукции (вместе с питательными веществами для них и, в некоторых случаях, кислородом), которая размножается на границах раздела нефти и вмещающей породы. Бактериям дают возможность размножаться в течение нескольких дней, после чего добыча возобновляется. В будущем организмы, созданные методами генной инженерии, смогут переваривать наиболее вязкую нефть, разжижая ее

в пласте путем поджига их с помощью нагревателя и нагнетания воздуха для поддержания горения; в процессе горения вырабатываются тепло и углекислый газ (CO_2), которые разжижают нефть. При этом большая часть CO_2 остается под землей и создает избыточное давление в пласте. Одновременно за счет нагрева расщепляются наиболее крупные и тяжелые молекулы нефти, также становясь более подвижными. Подачу воздуха можно регулировать, чтобы ограничить долю сжигаемой нефти и не допустить выброса загрязнений в атмосферу.

Более распространен метод нагнетания в пласт газов, например CO_2 или азота, под высоким давлением. Эти газы могут восстановить или поддерживать пластовое давление, а также смешиваться с нефтью, уменьшая ее вязкость и капиллярные силы. В США CO_2 , извлекаемый из вулканов или дымовых газов тепловых электростанций, использу-

ется для увеличения нефтедобычи с 1970-х гг. Этот процесс применяется сегодня более чем в 100 проектах, причем суммарная длина предназначенных для него трубопроводов уже превышает 2,5 тыс. км.

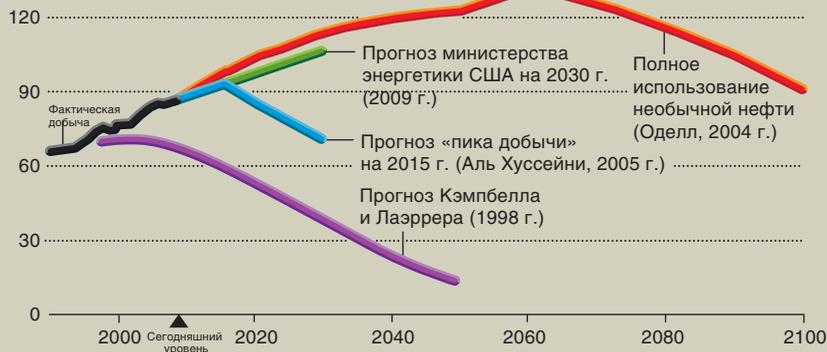
Опыт, накопленный в процессе использования этого газового метода, открыл путь улавливания и захоронения CO_2 , выделяемого электростанциями, что позволит уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферу, сохраняя эти газы под землей в течение столетий. Первый промышленный проект улавливания и захоронения CO_2 действует на месторождении Слейпнир у берегов Швеции с 1996 г. Там ежегодно утилизируется более миллиона тонн CO_2 . В свете того, что только в результате человеческой деятельности в атмосферу ежегодно попадает около 50 млрд т парниковых газов, это совсем немного.

По иронии судьбы, главное препятствие использованию CO_2 для

ПРОГНОЗЫ БУДУЩЕГО ДОБЫЧИ НЕФТИ различаются очень существенно. Некоторые аналитики использовали модель, первоначально предложенную геологом Кингом Хуббертом и предсказывающую колоколообразную кривую изменения добычи с максимумом, приходящимся примерно на 2002 г. (фиолетовая кривая) или позднее — на 2015 г. (синяя кривая), с дальнейшим неуклонным падением. Другие, более оптимистичные прогнозы, например правительства США (зеленая кривая), учитывали ожидаемое открытие новых месторождений и развитие технологий, которые должны увеличить нефтедобычу старых месторождений. Полная разработка таких необычных источников нефти, как смолянистые пески и битуминозные сланцы, может поддерживать рост добычи еще лет 50 (красная кривая)

СКОЛЬКО НЕФТИ ОСТАЛОСЬ?

Прогнозы добычи (в миллионах баррелей в сутки)



СМОЛЯНИСТЫЕ ПЕСКИ относятся к наиболее распространенным потенциальным источникам необычной нефти. Однако их добыча требует больших затрат энергии и может иметь серьезные побочные последствия, в частности образование больших масс сточных вод

добычи нефти — нехватка этого газа. Способ извлечения его из дымовых газов электростанций или продуктов извержений вулканов не дешев, а затраты на получение его из автомобильных выхлопов и даже из выбросов большинства промышленных предприятий неприемлемо велики. Другое препятствие — транспортировка, которая может оказаться слишком дорогой, если

нефтяные месторождения находятся в отдаленных районах.

Химическое извлечение — следующий шаг в развитии технологий. Некоторые реагенты могут смешиваться с удерживаемой нефтью, уменьшая ее вязкость, в результате чего она притекает к скважинам. Все эти вещества работают по одному и тому же принципу, подобно тому, как слои молекул мыла захватывают жирные вещества и удаляют грязь с наших рук. Современные химические технологии позволяют одновременно увеличивать вязкость грунтовых вод, помогая им проталкивать нефть к скважине, и не давать воде достигать скважины раньше нефти. Благодаря этому процессу на китайском место-

рождении Дацин с середины 1990-х гг. удалось дополнительно извлечь 10% нефти, содержащейся в недрах. В одном из вариантов такой технологии раствор каустической соды создает мылообразные вещества из компонентов самой нефти, что уменьшает общие затраты.

Использование бактерий для увеличения извлечения нефти находится еще в зачаточном состоянии. Эксперименты в этой области ведутся в США, Китае и других странах. Инженеры вводят в пласт бактериальную продукцию вместе с питательными веществами и в некоторых случаях кислородом. Бактерии размножаются на границах раздела нефти и породы, облегчая выход нефти к скважине. Генная инженерия открывает пути модификации бактерий и других микроорганизмов для увеличения нефтеотдачи пластов.

Все эти передовые технологии добычи не слишком дешевы, но некоторые (особенно с использованием CO_2 , если поблизости имеется источник газа) уже сегодня рента-

УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД от сжигания одного галлона топлива зависит от множества факторов, включая способы добычи и переработки исходного сырья. Получение вязкой нефти с использованием пара требует более значительных затрат энергии, чем простое выкачивание «легкой» нефти, и приводит к образованию большего количества углекислого газа (CO_2). То же относится к добыче нефти из смолянистых песков. Но наибольшее количество углекислого газа образуется при получении дизельного топлива из каменного угля

ВЫДЕЛЕНИЕ CO_2 (кг на галлон бензина или эквивалентное количество другого топлива)

- 10.37**
Нефть первичной добычи (Аляска)
- 12.2**
Нефть, добытая с нагнетанием пара (Керн-Ривер)
- 12.81**
Нефть из смолянистых песков, добытая с нагнетанием пара
- 23.15**
Дизельное топливо из каменного угля
- 10.35**
Этанол из зерна
- 5.98**
Дизельное топливо из соевых бобов

ПИК ИЛИ НЕ ПИК?

Многих экспертов беспокоят доступность нефти в будущем и вопрос о том, не близится ли к концу рост ее добычи. Автор настоящей статьи — известный скептик; редакция обратилась к нему за разъяснениями

— **Вы часто публично заявляли, что высказывания о близком пике добычи носят панический характер. Но не лучше ли перестраховаться, чем потом сожалеть?**

— Предсказывать пик мировой добычи бессмысленно, поскольку такое предсказание подразумевает, что нам известно, сколько нефти содержится в недрах Земли. Но ее истинного количества и даже порядка величины не знает никто. Между тем, худшее последствие такого нагнетания страхов состоит в том, что оно побуждает западные политические круги к стремлению захватить контроль над нефтедобывающими регионами.

— **Но те, кто пугают пиком, указывают, что недавние колебания цены сырой нефти (с максимума в \$147 за баррель в июле 2008 г. она упала до \$32 в декабре и вновь подскочила до \$70 в августе 2009 г.) свидетельствуют о приближении пика.**

— Если бы все думали, что нефть заканчивается, то ее цена бы безудержно росла,

а не скакала вверх-вниз. А поскольку стоимость нефти определяет расценки на все источники энергии, неопределенность тревожит всех: посмотрите, что произошло с инвестициями в возобновляемые источники энергии с конца 2008 г.!

— **Действительно, крупные проекты в роде плана ветроэлектростанции в Техасе нефтяного магната Буна Пикенса (Boon Pickens) были приостановлены. Так почему же цены на нефть скачут?**

— По моему мнению, скачки цен обусловлены ожиданиями избытка или нехватки производственных мощностей по добыче нефти. Проблема в том, что невозможно изменить резервные производственные мощности за один день.

— **Что можно сделать для стабилизации цен?**

— На встрече министров энергетики стран Большой восьмерки в мае 2009 г. наша компания *ENI* предложила создать Всемирное энергетическое агентство, целью которого должно стать уменьшение нестабильности

цен. Его главными задачами должны быть предоставление полной и прозрачной информации о нефтяном рынке и руководство всемирным стабилизационным фондом, который должен не допускать резкого падения цен, а также рынком резервных производственных мощностей, чтобы не дать ценам взлететь.

— **Хороши или плохи высокие цены на нефть с экологической точки зрения?**

— Миру не нужны ни слишком высокие, ни слишком низкие цены на нефть. В сегодняшних условиях идеальная цена должна лежать в пределах от \$60 до \$70 за баррель. При ценах выше \$70 рентабельными становятся низкоэффективные методы производства биотоплива, например получение этанола из зерна. Но массовое производство биотоплива изменит структуру потребления сельскохозяйственной продукции, что станет губительным для беднейших людей в мире. А при ценах ниже \$50 или \$60 за баррель об экономии нефти и возобновляемых источниках энергии забудут.

бильны при цене сырой нефти больше \$30 за баррель, а большинство, включая химические методы, становятся рентабельными при цене около \$50 за баррель.

Будущие открытия

«Легкая нефть» кончается, возможно, потому, что она первой была открыта и использована. Многие из крупнейших и наиболее продуктивных нефтеносных бассейнов в мире приближаются к тому, что я называю технологической зрелостью, когда традиционные методы добычи перестают быть эффективными. К числу этих бассейнов, где добыча началась в 30-х, 40-х и 50-х гг. XX в., относятся месторождения в странах Персидского залива, Мексике, Венесуэле и России. Для сохранения продуктивности этих месторождений потребуются новые технологии.

Но «легкая» нефть, когда ее открыли, была не такой уж и «легкой». Поэтому же критерию нынешняя «трудная» нефть завтра благодаря накоплению технологических знаний станет «легкой». Технологические прорывы в нефтедобывающей отрасли всегда были результатами долгих процессов. Горизонтальное бурение впервые было опробовано в 1930-х гг., а некоторые более передовые методы добычи известны

по крайней мере с 1950-х гг. Однако в прежние годы нефть была в избытке, поэтому цены на нее были слишком низкими, чтобы оправдывать значительные и дорогостоящие новшества. Но наступает новая эра, в которой новые технологии будут внедряться быстрее.

Современный «ресурсный национализм» может замедлить рост добычи нефти. Если в начале 1970-х гг. крупные нефтяные компании контролировали около 80% мировых запасов нефти, то в настоящее время больше 90% обычной нефти находятся под контролем добывающих стран через их национальные нефтяные компании. При этом неопределенность будущего спроса на нефть делает их не склонными к инвестициям в новые технологии и разведку, особенно потому, что такие инвестиции отвлекают большие средства от программ социально-экономического развития.

Все-таки я решусь сделать прогноз. К 2030 г. поддаваться извлечению будут больше 50% известных к тому времени запасов нефти. Кроме того, в этот период количество разведанных запасов существенно увеличится, а также вырастет доля необычной нефти, например нефтеносных сланцев, что увеличит поддающиеся извлечению за-

пасы на 4,5–5 тыс. млрд баррелей. Значительная доля этих «новых запасов» поступит не из вновь открытых месторождений, а в результате более полного использования уже имеющихся.

Можно не сомневаться, что к 2030 г. мы израсходуем еще 650–700 млрд баррелей наших запасов, что составит в итоге потребление около 1,6 тыс. млрд баррелей из общей цифры в 4,5–5 тыс. млрд. Однако, если мои оценки верны, «черного золота» хватит до конца XXI в. Реальная проблема состоит в том, как использовать оставшуюся нефть, не растратив ее попусту, и — помимо всего прочего — не подвергая опасности природу и климат нашей планеты. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ The Economics of Petroleum Supply. Morris A. Adelman. MIT Press, 1993.

■ Petroleum Provinces of the Twenty-First Century. Marlan W. Downey, Jack C. Threet and William A. Morgan. American Association of Petroleum Geologists, 2002.

■ The Age of Oil: the Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource. Leonardo Maugeri. Praeger Publishers, 2006.

БИОТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Общественные организации могут выступать за органическое земледелие, но будущее сельскохозяйственного производства — за биотехнологиями

Экономическая и экологическая стабильность основывается главным образом на балансе между удовлетворением общественных потребностей и эффективностью производства. Сельское хозяйство в свою очередь опирается на оба показателя. Его потребительская нагрузка на природные ресурсы огромна, т.к. в процессе производства используются 70% запасов пресной воды и 40% площади суши (почти все это пахотные земли), не говоря о потерях в биоразнообразии. Однако благодаря современным методам ведения сельского хозяйства мы можем произвести достаточно продукции, чтобы накормить весь мир — 6,8 млрд человек.

Как ожидается, к середине столетия численность мирового населения

достигнет 9 млрд. При таком резком росте потребления проблемы устойчивого развития коснутся не только сельского хозяйства, но и всего человечества.

Земледелие опирается на различные технологии, но ведущую роль играют биотехнологии. Чтобы выяснить перспективы их применения в данном секторе производства с учетом необходимости увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, а также с точки зрения обеспечения устойчивого развития, редактор *Scientific American* Джон Ренни (John Rennie) обратился к представителям четырех ведущих агропромышленных компаний с предложением высказать свое мнение по данному вопросу. Их беседа представлена в сокращенном варианте.

В беседе участвуют:

Джеймс Борель (James C. Borel) — вице-президент, компания *DuPont*

Вальдемар Фишер (Valdemar Fisher) — президент, компания *Syngenta Crop Protection*, США

Дэвид Фишхоф (David A. Fischhoff) — вице-президент по технологии, стратегии и развитию, компания *Monsanto*

Антонио Галиндес (Antonio Galindez) — вице-президент, отдел мировой торговли сельскохозяйственными культурами, компания *Dow AgroSciences*

Насколько попытки создать биотехнологию для устойчивого развития сельского хозяйства и в частности земледелия отвечают современным запросам рынка в противовес мнению, что такие рыночные потребности возникнут в будущем?

Борель: Вот уже около двух столетий компания *DuPont* в своей работе ориентируется на устойчивое развитие, а биотехнологии — один из способов продвижения вперед. В земледелии они помогают получить больший урожай с той же или меньшей площади пашни более рациональным способом. Я рассматриваю биотехнологии как набор инструментов, помогающий выполнить задачи нашей компании.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ Ввиду роста населения к 2050 г. потребуется увеличить производство сельскохозяйственной продукции на 50%. Существующие сельскохозяйственные культуры и методы земледелия не смогут обеспечить столь высокую продуктивность.

■ Сельхозпроизводители выступают в защиту генетически модифицированных культур как одного из инструментов, который следует использовать, чтобы помочь фермерам в развивающихся странах повысить продуктивность.

Фишхоф: Перед биотехнологиями в сельском хозяйстве всегда ставились задачи — обеспечить возможность производить больше, имея меньше, и сократить использование пестицидов. Кроме того, необходимо изучить влияние таких факторов, как дефицит воды и засухоустойчивость растений. Рост народонаселения, возрастающие потребности в продовольствии, а также изменение климата заставили нас сосредоточиться на всех вышеперечисленных проблемах.

Галиндес: Как разработчики биотехнологий, мы также должны принимать в расчет и прогнозировать рыночные условия, рычаги управления и экологические нормы на 10–15 лет вперед, поскольку для продвижения продукта на рынок требуется немало времени. В течение последних 50 лет экологические нормы ужесточились. Очевидно, далее такая тенденция сохранится.

Фишер: Продвигаясь вперед, мы сталкиваемся с такими проблемами, как рост мирового населения и изменение рациона питания людей, и понимаем, что через 25–30 лет необходимо будет на 50% увеличить производство продуктов питания по сравнению с сегодняшним уровнем. Мы должны научиться получать больше из меньшего. *Syngenta* видит в биотехнологиях один из путей достижения этой цели. Чтобы справиться с грядущими проблемами, земледельцы должны осваивать самые передовые технологии.

Основные проблемы охраны окружающей среды и устойчивого развития связаны с пресной водой и пахотным слоем. Какие технологические решения будут оптимальными для этой области? Возможны ли другие, альтернативные пути?

Фишхоф: В земледелии бывают культуры, которым достаточно воды, получаемой из таких источ-



ников, как дождевые осадки, и культуры, требующие дополнительных мер, например ирригации. И даже в том случае, когда нет недостатка в дождевых осадках, почти каждый вид растений в какое-то время в течение вегетационного периода недополучает воды. То, что делается в этом направлении как в *Monsanto*, так и в отрасли в целом, наиболее важно для растениеводства на сегодняшний день.

Одно из направлений — селекция новых сортов наиболее адаптированных культур с использованием естественного разнообразия зародышевой плазмы, что позволит повысить уровень устойчивости к засухе, т.е. более экономно использовать имеющуюся воду. К тому же для усиления этого свойства мы прибегаем к методам генной инженерии — внесению новых генов в культуры. Это давняя проблема земледелия и биотехнологий, и я полагаю, что недалек тот день, когда мы получим культуры, способные гораздо эффективнее использовать воду. Я считаю оба этих подхода многообещающими.

Борель: Устойчивость растений к засухам и эффективное использование азота — важные задачи, решение которых — дело не только завтрашнего дня, но и недалекого будущего. Если подойти к вопросу шире, то становится очевидным: необходимо применять весь комплекс технологий, включая практику землепользования. Например, значительное сокращение обработки почвы помогло уменьшить почвенную эрозию и снизить негативные экологические последствия, что было достигнуто как за счет генетического улучшения сельхозкультур, современных средств химической защиты, так и благодаря внедрению высокотехнологичного оборудования и т.д. Таким образом, развивается вся система, и зачастую мы наблюдаем, что сельские труженики заинтересованы в поддержании устойчивости окружающей среды порой даже больше, чем люди, живущие в отрыве от земли.



НА БАЗЕ ТРАНСГЕННОЙ И СЕЛЕКЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЙ разрабатываются новые виды сельскохозяйственных культур с заданными свойствами. Однако в обществе нет единого мнения по поводу экологических и экономических результатов

Фишер: Что касается компании *Syngenta*, у нас есть программы по определению генетических и физиологических изменений растений, которые помогают им выстоять в засухи и при других экстремальных условиях, и мы используем гены, позволяющие им это делать, для создания культур с определенными свойствами. Мы намереваемся выпустить нашу первую оптимизированную к потреблению воды продукцию к 2011 г. Разрабатываются также сорта и с другими свойствами. В следующем году на рынок США будет представлен продукт под названием *Invinsa*. Он защитит урожай во время длительного воздействия высоких температур, слабых и умеренных засух.

Фишхоф: Обычно люди плохо себе представляют, что в отдельных слу-

чаях преимущество современной агротехники заключается в использовании методов противоэрозионной и ограниченной обработки почвы. А между тем такая практика в значительной степени подкрепляется использованием культур, толерантных к гербицидам, таких как выведенная нами соя *Roundup Ready* и др. Именно это позволяет гораздо эффективнее применять методы щадящей обработки почвы. О толерантности растений к гербицидам следует напомнить также в связи с тем, что этому свойству, по моему мнению, уделяется мало внимания.

Галиндес: Я полагаю, что сегодня все компании готовы к значительным вложениям в проекты, связанные с засухами и наводнениями, избытком воды или сокращением использования азотных удобрений. Посмотрим на это с другой стороны. Например, мы выигрываем сегодня от внедрения биотехнологий в сфере производства масел, полезных для здоровья. В результате реализации только одной известной вам программы по жирным кислотам омега-9 за последние три года в рационе людей, живущих в Северной Америке, содержание трансжиров

и насыщенных жиров сократилось на четверть миллиарда килограммов. Задумайтесь об этом с точки зрения охраны окружающей среды: это еще один аспект, который недооценивается. Немногие знают, что в конечном итоге к ним на стол попадает качественный полезный продукт современного сельского хозяйства.

Существуют ли небробиологические методы поддержания устойчивости, на появление которых вы рассчитываете? Например, я знаю о перспективной дискуссии по поводу усовершенствования ирригационных технологий и возможности использования информационных систем для того, чтобы более точно производить полив сельскохозяйственных культур. В какой степени вы в биотехнической сфере зависите от дополнительных технологий других отраслей и скорости их развития?

Фишхоф: На самом деле все технологии развиваются параллельно. В частности, в *Monsanto* мы поставили задачу к 2030 г. добиться удвоения урожая по основным культурам, над которыми мы работаем: это кукуруза, соя и хлопок. Для достижения успеха надо двигаться в трех направлениях. Первое, биотехнологическое, очевидно — это геновая инженерия для получения новых свойств. Второе — применение биотехнологий растениеводами как вспомогательного средства селекции, в основном для маркирования ДНК в целях улучшения и повышения урожайности. Третье охватывает всю сферу агрономической практики; сюда входит точное земледелие, основанное на использовании дистанционного управления и системы глобального позиционирования. Т.е. чтобы посадить подходящее семя в нужном месте, надо уметь учитывать местные природные условия, точно использовать пестициды, азотные удобрения и другие добавки. Необходимо воспользоваться новым ирригаци-

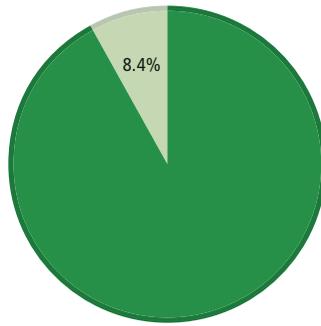
онным оборудованием и новыми методами посадки, например для того, чтобы посадить больше растений на той же площади и получить высокий урожай. Я думаю, что применение только одного средства не позволит достичь поставленной цели; следует объединить все три пути.

Многие из упомянутых выше свойств у обычных людей ассоциируются с трансгенными технологиями.

Фишер: В нашей компании мы уверены, что сочетание различных технологий на самом деле позволит нам увеличить производство пищевых продуктов на 50% в течение последующих 25 лет. Это то, что нам необходимо сделать, чтобы прокормить растущее население мира. И здесь важны не только биотехнологии, не только генетическое изменение семян, но и химические средства защиты растений и технологии, связанные с их использованием. Безусловно, мы знаем, что продукты питания, полученные из генетически модифицированного материала, и пестициды больше всего подвергаются проверке, чтобы мы, покупая их, были уверены, что они безопасны.

Фишхоф: До сих пор по этому поводу идет много споров. Я думаю, что мои коллеги согласятся с тем, что в целом данные говорят о четко определенных преимуществах: от сокращения количества вносимых пестицидов при возделывании культур до повышения урожайности и извлекаемой земледельцами выгоды. Мы видим, с какой скоростью идет внедрение новых технологий в тех странах, где они появились: в США — на примере кукурузы, сои и хлопка, а также в Канаде — на примере канолы (рапса).

Насколько я знаю, в Индии под посадки генетически модифицированного хлопка, устойчивого к поражению насекомыми-вредителями, занято в два раза больше земель, чем в США, хотя там он появился позже. Я считаю, что в каждой стране, где



% ОТ МИРОВОЙ ПАШНИ

■ ГМ ■ Не ГМ

ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ КУЛЬТУРЫ составляют небольшую, но все возрастающую долю сельскохозяйственной продукции (выражено в процентах от общей посевной площади)

СОЯ (зеленый цвет) посажена по стерне на пшеничном поле. Применение такого метода без вспашки земли помогает сохранить ценный верхний горизонт почвы

земледельцы могли высказать свои предпочтения, они проголосовали за выгоду, и там внедрение технологий проходит более широко. Об этом говорят цифры.

Но главный довод против, как вы знаете, заключается в том, что прибыли от генетически измененных культур получают в основном производители семян и большие агротехнические компании, а вовсе не малые хозяйства, которых в бедных странах большинство. Многие люди обеспокоены экономической составляющей устойчивого развития в отношении этих культур.

Фишхоф: По нашим данным, около 4 млн человек в Индии заняты выращиванием хлопка, устойчивого к поражению насекомыми-вредителями, и у них очень, очень маленькие поля. Новые культуры возделываются в небольших хозяйствах и на Филиппинах. В Южной Африке наблюдается та же картина с устойчивым к вредителям хлопком. Во всех этих регионах производители сельхозпродуктов получают очевидную выгоду, и, как я полагаю, клиенты-растениеводы знают, что



«Перед нами встает глобальная задача — через 40 лет надо будет удовлетворять потребности значительно большего количества людей. Невозможно решать проблему обеспечения продовольствием, не поддерживая устойчивого развития» —

Антонио Галиндес,
Dow AgroSciences

наша продукция оценивается в соответствии с тем качеством, которое предоставляется, будь то семена с генетически видоизмененными свойствами, новые химические препараты или способы обработки. Они получают свою долю прибыли. Безусловно, мы все занимаемся бизнесом, и нам нужны деньги для выпуска продукции, но я не считаю, что прибыль распределяется непропорционально.

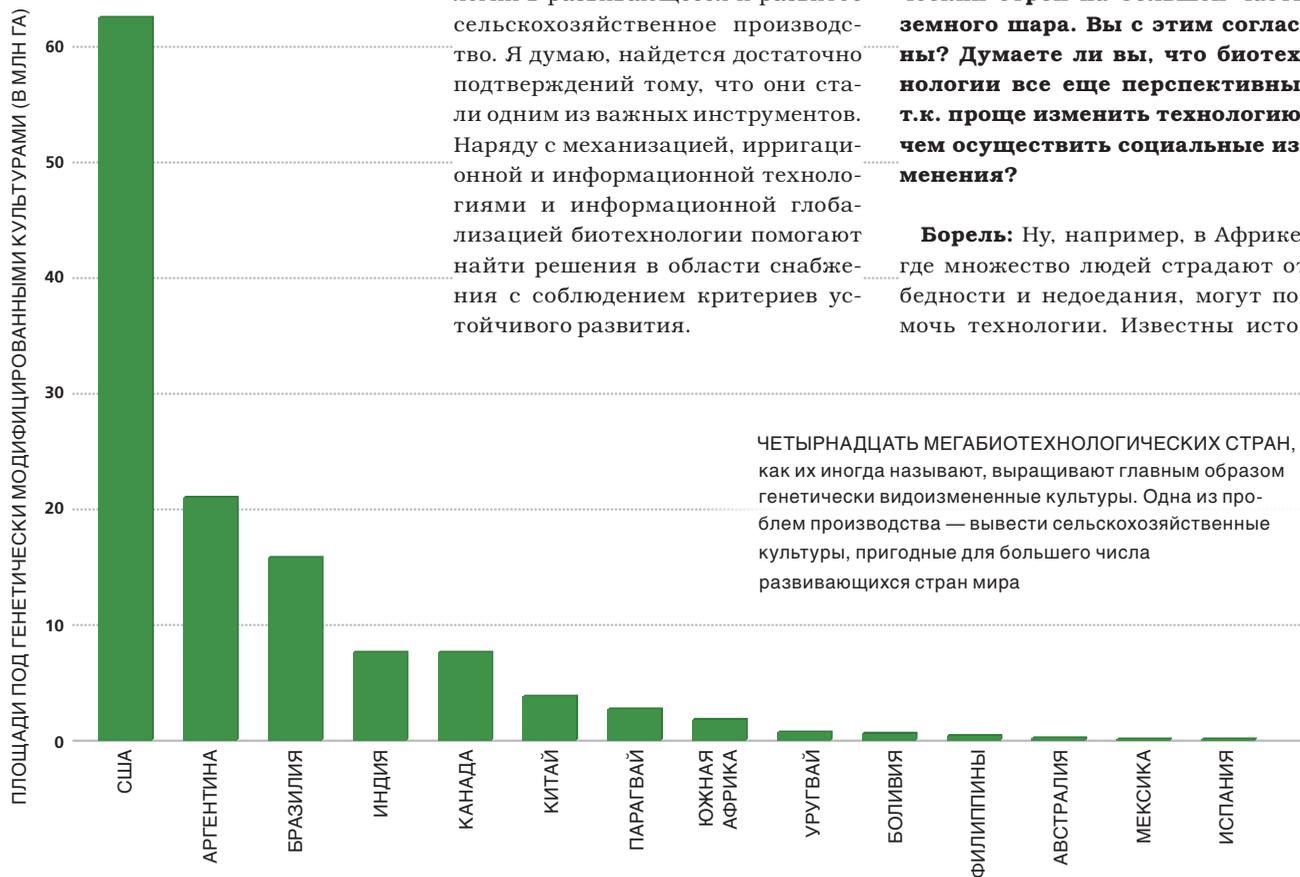
Галиндес: Перед нами встает очень сложная задача — через 40 лет мы должны будем удовлетворять потребности значительно большего количества населения. И мы должны решать ее с позиции устойчивого развития, т.е. не подрывая способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Такие рамки заставляют вести дискуссию более целенаправленно. Посмотрим, что ценного за прошедшие десять лет принесли биотехнологии в развивающееся и развитое сельскохозяйственное производство. Я думаю, найдется достаточно подтверждений тому, что они стали одним из важных инструментов. Наряду с механизацией, ирригационной и информационной технологиями и информационной глобализацией биотехнологии помогают найти решения в области снабжения с соблюдением критериев устойчивого развития.

Фишер: Мы должны задуматься не только о технологических преимуществах, над которыми работаем, но и о возможности взаимных уступок. Если нам надо больше продуктов питания, мы можем это сделать, расширив посевные площади, что отразится на окружающей среде, или повысив эффективность обработки и урожайность на имеющихся пашнях. Я думаю, здесь ответ очевиден: нам следует усерднее трудиться, чтобы добиться повышения продуктивности на тех же площадях, применяя лучшие из имеющихся технологий. И мы продолжим взаимовыгодную дискуссию.

Вы наверняка часто слышали замечание о том, что истинная причина голода в мире — не недостаток пищи, а проблема бедности. Если мы хотим быть уверены, что все люди в мире не будут голодать, нам необходимо реформировать политический и экономический строй на большей части земного шара. Вы с этим согласны? Думаете ли вы, что биотехнологии все еще перспективны, т.к. проще изменить технологию, чем осуществить социальные изменения?

Борель: Ну, например, в Африке, где множество людей страдают от бедности и недоедания, могут помочь технологии. Известны исто-





НАИБОЛЕЕ
РАСПРОСТРАНЕННЫЕ
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ
КУЛЬТУРЫ, идущие
на переработку для получения
масла, — хлопок, соя, кукуруза
и рапс (слева направо).
Новые свойства, приобретенные
вследствие генетического
вмешательства,
заключаются главным
образом в повышенной
сопротивляемости
пестицидам

рии фермеров, которым внедрение технологии выращивания гибридов кукурузы позволило в корне изменить жизнь: они смогли не только прокормить свои семьи, но и продать зерно, заработав достаточно денег, чтобы отправить детей в школу, — замечательные истории о том, как жизнь людей изменилась с помощью того, что для нас в США совершенно обычно.

Это больше, чем просто технология. Это доступ к кредитам и владению землей. Это вхождение в рынок и связи. Поэтому со всей уверенностью можно сказать, что в центре нашей работы — выход науки на аграрный рынок. Хочу добавить, что в *DuPont* мы также работаем с организациями, стараясь усовершенствовать инфраструктуру и расширить возможности на местах. В нашем случае мы непосредственно работаем с фермерами фактически во всех странах, в которых мы ведем бизнес. И еще раз о технологии: она работает везде, чтобы помочь земледельцам правильно получить нужный продукт на данном участке земли, будь то

центр Айовы или поле жителя Эфиопии.

Фишхоф: Мы не в состоянии решить проблемы бедности и обеспечения продуктами питания в мировом масштабе, но мы можем утверждать, что наши технологии доступны и имеются в полном объеме у фермеров всех стран.

Например, мы можем сотрудничать с различными организациями, которые имеют возможность лучше справиться с данными проблемами. Так, партнерами *Monsanto* по внедрению технологий выращивания засухоустойчивых и гибридных зерновых, приспособленных к условиям Африки, стали некоторые международные сельскохозяйственные учреждения и Фонд Гейтса.

Фишер: Такого же подхода мы придерживаемся и в нашей компании. Разрабатывая наши технологии, мы стремимся изменить их таким образом, чтобы фермеры всего мира смогли ими воспользоваться. Мы проводим политику обеспечения отсталых хозяйств в развива-

ющихся странах технологиями на безвозмездной основе.

Фишхоф: Мы также не можем упускать из виду, что надо контролировать рынок продовольствия. Чтобы при росте населения все больше людей не оставалось голодными, нам действительно необходимо обеспечивать темпы повышения урожайности и продуктивности, иначе мы окажемся в гораздо худшем положении.

Борель: Полагаю, что некоторые изумятся, узнав, что в 2008 г. более 13 млн фермеров выращивали свой урожай с применением биотехнологий. Еще большее удивление может вызвать то, что из них 12 млн — владельцы мелких хозяйств. Во многих странах пока еще не используются растения с новыми свойствами и современные технологии, поэтому у нашей компании много работы: необходимо сделать доступными эти технологии во всех регионах вне зависимости от размеров хозяйств. ■

Перевод: В.И. Сидорова

Майкл Хекенбергер

ЗАТЕРЯННЫЕ ГОРОДА АМАЗОНИИ

Тропический лес бассейна Амазонки
лишь только кажется первозданно диким

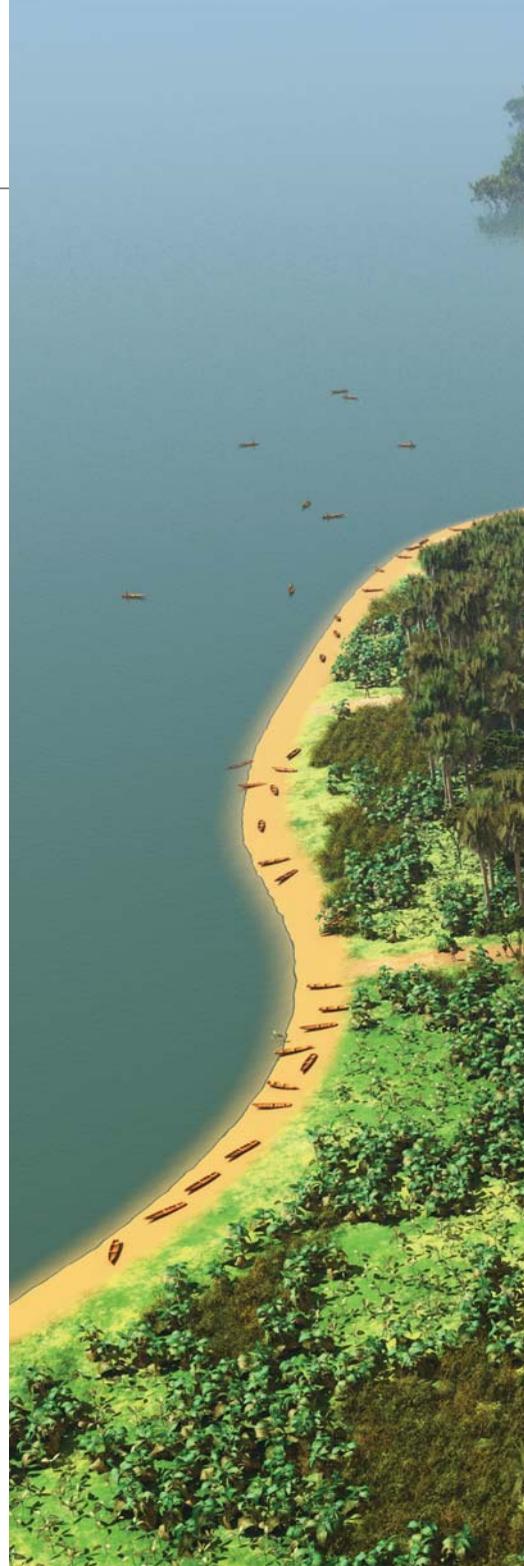
В 1961 г. в Бразилии был создан национальный парк Шингу — заповедник индейцев, располагающийся вдали от современной цивилизации, в глубине южной части обширных амазонских лесов. Когда в 1992 г. я впервые отправился пожить среди куйкуро (одна из главных местных этнических групп), границы парка, скрытые в лесной гуще, были всего лишь линиями на карте. Сегодня пределы заповедника, окруженного сельскохозяйственными угодьями, обозначают стоящие стеной деревья. Для многих непосвященных такая возвышающаяся зеленая стена представляет собой что-то вроде массивных ворот Парка юрского периода,

которые отделяют настоящее — современную динамичную жизнь с ее соевыми полями, ирригационными системами и автопоездами — от прошлого, бесконечно далекого мира первозданной природы и первобытного общества.

Амазония уже давно нашла свое особое отражение в сознании людей западной цивилизации. При простом упоминании этого региона в воображении тотчас же возникают образы полного буйной растительности влажного экваториального леса, различных, часто опасных представителей дикой флоры и фауны с их маскирующей или наоборот вызывающе яркой окраской, густой сети крайне извили-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Для большинства людей леса Амазонии — типичный пример постепенного уничтожения дикой природы вмешательством человека.
- Однако то, что кажется здесь первозданным, было создано людьми. Лес в некоторых местах является вторичным, выросшим после истребления коренных жителей европейцами. Автор статьи и его коллеги обнаружили многочисленные свидетельства доколумбовой эпохи.
- Итак, история Амазонии гораздо интереснее, чем полагают. Экологические требования заключаются не только в сохранении нетронутой дикой природы, но и в восстановлении приемов земледелия и лесоводства, разработанных предками сегодняшних жителей региона.



тых рек, племен, в своем развитии находящихся на уровне каменного века. Племена Амазонии — это типичные простые общества в виде небольших групп, которые довольствуются тем, что дает им природа. Они прекрасно знают дикую природную среду, но при этом лишены признаков принадлежности к цивилизации: не имеют централизованного управления, городских посе-



лений и не обеспечивают экономического производства сверх некоего прожиточного минимума. В 1690 г. английский философ Джон Локк (John Locke) объявил: «Вначале весь мир был подобен Америке». Сегодня, более трех столетий спустя, бассейн реки Амазонки все так же поражает воображение современных людей абсолютной первозданностью своей природы и образом жи-

ни коренных обитателей этих мест, оставшимся неизменным с незапамятных времен.

Впрочем, внешний вид обманчив. Здесь, под пологом тропического леса, скрываются остатки сложного общества доколумбовой эпохи. Производя раскопки в местах проживания индейцев куйкуро, я обнаружил целую сеть городов, деревень и дорог, построенных когда-то предками

Кухикугу, известный археологам как объект X11, — крупнейшее из поселений доколумбовой эпохи, которые были обнаружены в Амазонии, в районе Шингу. Его население составляло 1 тыс. или более человек, а сам он находился в центре сети из более мелких (пояснения к этому рисунку — на стр. 70)

здешних жителей. Огромные лесные массивы покрывают сегодня древние поселения, огороды, фруктовые сады и поля, которые пришли в запустение после того, как эти земли обезлюдели из-за эпидемий болезней, занесенных сюда европейскими первооткрывателями и колонистами. Сегодняшнее богатое биологическое разнообразие региона возникло уже после прекращения вмешательства человека в природные процессы. Разрабатывая разнообразные приемы земледелия и обогащения почвы, используя продолжительные циклы чередования культур, предки современных индейцев куйкуро вполне благополучно существовали,

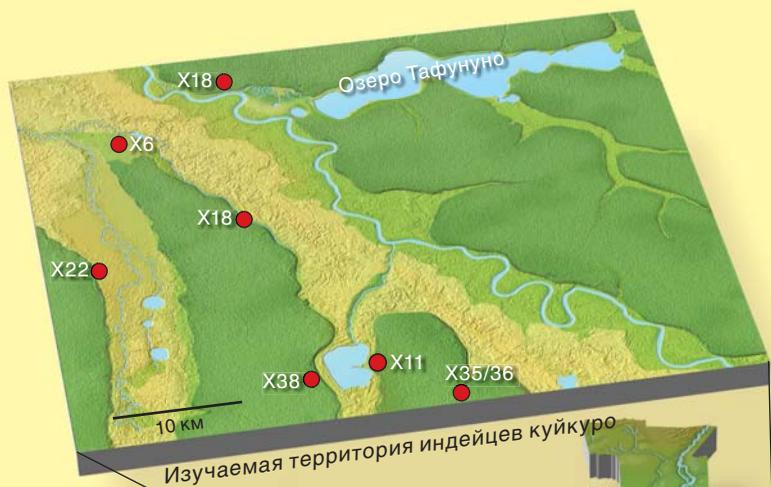
несмотря на неплодородность естественных почв Амазонии. Их достижения в данной области могли бы наполнить смыслом предпринимаемые сегодня усилия по совмещению защиты окружающей среды с экономическим развитием этой и других частей Амазонии.

«Люди природы»

Наиболее известной личностью, занимавшейся поисками исчезнувших цивилизаций в южной части Амазонии, был британский искатель приключений Перси Фосетт (Percy Harrison Fawcett). Он прочесывал джунгли в надежде обнаружить древний город — своего рода амазонскую

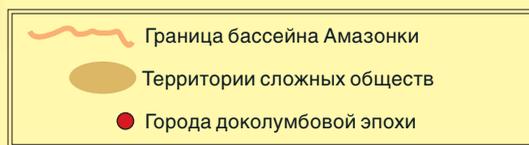
Атлантиду с каменными пирамидами, булыжными мостовыми и алфавитной письменностью. Под влиянием его рассказов появился фантастический роман «Затерянный мир» Артура Конан Дойла, а возможно, и серия приключенческих фильмов об Индиане Джонсе. В захватывающей, написанной недавно книге «Потерянный город Z» (The Lost City of Z) американского писателя Дэвида Гранна (David Grann) прослеживается весь путь Фосетта, вплоть до его загадочного исчезновения в районе Шингу в 1925 г.

К тому времени в Шингу побывало уже пять германских экспедиций, изучавших местность данного



ЗЕМЛЯ ЛЕГЕНД

Как показывают археологические исследования и раскопки, накануне появления здесь европейских первооткрывателей и колонизаторов эти части Амазонии были довольно густо заселены. Исследователи сосредоточили внимание на районе, населенном индейцами куйкуро, который располагается в верховьях реки Шингу, на территории бразильского штата Мату-Гросу. Именно здесь более 80 лет назад исчез знаменитый британский путешественник Перси Фосетт, занимавшийся поиском затерянных городов



КУЙКУРО

Индейцы куйкуро были активными участниками полевых исследований автора, а также соавторами получившейся в итоге статьи. Они составляют одно из тех немногих обществ Амазонии, которые в полной мере сохраняют свою культуру (язык, ритуалы, искусство), несмотря на длящееся столетиями сокращение численности их населения. Сегодня куйкуро продолжают заниматься интенсивным земледелием (в основном, выращиванием маниока), рыбоводством, возделыванием садов и лесопользованием



◀ Женщина куйкуро ловит корзиной рыбу в пруду по соседству с археологическим объектом X13 (Хеулугихити)

▼ Выступление трубачей и танцоров в память о покойном бразильском антропологе Апоэне Мейрелесе (Ароена Meirelles) на траурном фестивале «Куаруп» в августе 2005 г.



▲ Индейцы куйкуро сохраняют образ жизни, который был у них до 1492 г. Как показывает археологическая летопись, они ведут свое хозяйство и устраивают поселения так же, как это делали их предки.



▲ Деревня в районе Шингу, в которой живет около 200 человек, состоит из больших крытых травой домов, стоящих вокруг центральной площади

района и его жителей. В 1894 г. появилась книга немецкого врача, этнографа и исследователя Карла фон ден Штайнена (Karl von den Steinen) «Среди примитивных народов Центральной Бразилии», описывавшая ранние экспедиции, которая немедленно стала идеальным пособием по вновь появившейся дисциплине — антропологии. Книга задала тон исследованиям XX в., в которых народы Амазонии представлялись небольшими и изолированными группами, живущими в хрупком равновесии с экваториальным лесом («люди природы»). Позднее антропологи часто рассматривали местную лесную среду как очевидно неблагоприятную для земледелия: низкое плодородие почвы исключало всякую возможность образования здесь крупных поселений или густонаселенных областей. Если следовать такой логике, Амазония далекого прошлого должна была бы выглядеть примерно так же, как в новейшие времена.

Однако такая точка зрения начала терять свою обоснованность

по мере того, как в 1970-е гг. ученые стали обращаться к ранним рассказам европейцев о посещении этого региона. Как указывал в своем бестселлере «1491» американский писатель Чарльз Манн (Charles Mann), накануне высадки европейских завоевателей и Северная и Южная Америка, включая Амазонию, были довольно густо заселены. Монах Гаспар де Карвахаль (Gaspar de Carvajal), подробно описывая первую экспедицию испанцев по Амазонке, отмечал стоявшие по берегам реки укрепленные города, широкие и содержавшиеся в порядке дороги, а также огромное число жителей.

Археологические исследования в нескольких местах вдоль берегов Амазонки, таких как остров Маражо в устье реки и участки территории возле современных городов Сантарен и Манаус, подтверждают достоверность этих рассказов. Существовавшие там общества взаимодействовали между собой через развитую торговлю. Вот как в 1720 г. бразильский колонист Антонио Пирес де Кампос (Antonio Pires de Campos) описывал густонаселенную местность в верховьях реки Тапажос, чуть западнее района Шингу: «Люди живут здесь в таком большом количестве, что их селения

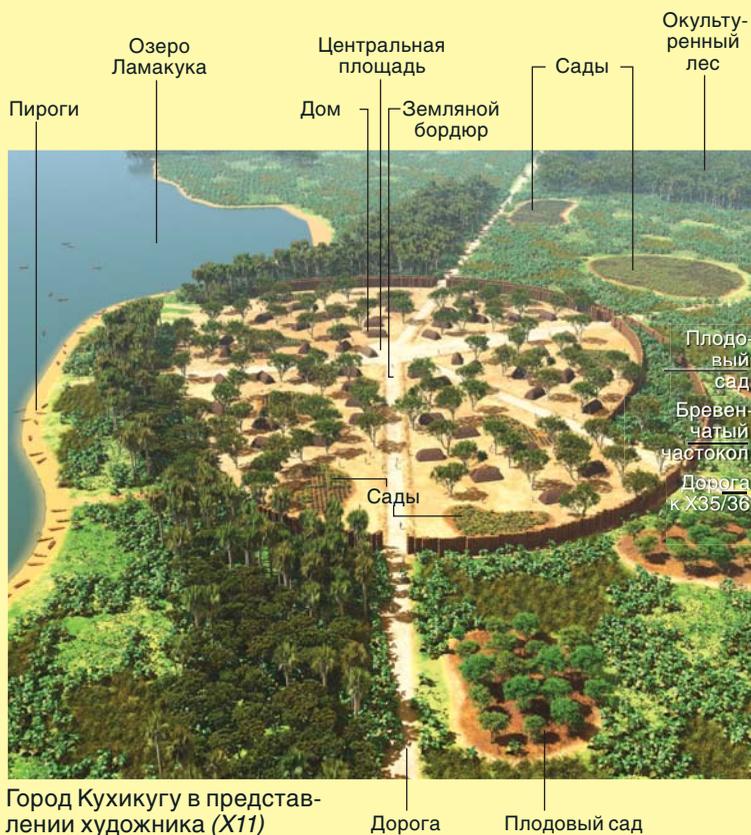
ОБ АВТОРЕ

Майкл Хекенбергер (Michael J. Heckenberger), профессор Флоридского университета, с 1992 г. занимается археологическими исследованиями в районе Шингу и в других местах бассейна реки Амазонки в Бразилии. Его работа посвящена изучению социально-политической организации и исторической экологии сложных обществ в этом регионе в доисторический период. Он пытается узнать, какие изменения произошли в местных обществах после европейской колонизации — как в Бразилии, так и на северо-востоке Южной и Северной Америки, а также в Карибском бассейне.

ГОРОДА ДОКОЛУМБОВОЙ ЭПОХИ

Как показывают исследования, предки индейцев куйкуро превратили сотни квадратных километров леса в производительные сельхозгодья. Их небольшие поселения

образовывали скопления, каждое из которых существовало как независимая административно-территориальная единица



и деревни попросту невозможно сосчитать. За один день пути можно проходить по 10 или 12 деревень, в каждой из которых от 10 до 30 домов, между которыми всего лишь какие-то 30 или 40 шагов <...>. Свои дороги они делают очень прямыми и широкими, а содержат их в такой идеальной чистоте, что на них не найти даже упавшего листа...»

Древний укрепленный город

Решившись в начале 1990-х гг. отправиться в Бразилию для изучения далекого прошлого района Шингу, я менее всего думал о каких-то затерянных городах. К тому времени я уже читал Штайнена, однако едва ли слышал о Фосетте. Несмотря на то что значительная часть обширного бассейна реки Амазонки оставалась археологической *terra incognita*, казалось маловероятным, чтобы этнографы, а тем более местные жители не заметили единого

большого комплекса, возвышающегося над тропическим лесом.

Роберт Карнейро (Robert Carneiro) из Американского музея естественной истории в Нью-Йорке, проживавший в 1950-е гг. среди индейцев куйкуро, предположил, что благодаря упорядоченному образу жизни тех прежних людей и их производительной экономике на основе сельского хозяйства и рыбоводства, размеры тогдашних общин могли составлять от одной до двух тысяч членов, что в несколько раз превышает современные индейские общины из нескольких сотен человек. В качестве доказательства правильности своей оценки он сослался на некий древний объект (в нашем археологическом исследовании он имеет обозначение X11), окруженный в целях защиты широким ровом. По словам братьев Вильяс Боас (Villas Boas) — бразильских специалистов по культуре индейцев, но-

минированных на Нобелевскую премию мира за участие в создании национального парка Шингу, — подобные земляные укрепления можно видеть вокруг многих деревень.

В январе 1993 г., вскоре после моего прибытия в деревню индейцев куйкуро, главный вождь Афукака (Afukaka) повел меня к одному из таких ровов возле объекта (X6), именуемого Нокугу — в честь живущего там духа ягуара. По дороге мы встретили местных мужчин, занятых сооружением огромной рыбной запруды на реке Ангахуку, уже вздувавшейся от сезонных дождей. Ров длиной более 2 км имел глубину 2–3 м и ширину более 10 м. Хотя я ожидал увидеть несколько необычный археологический ландшафт, меня удивили размеры этих древних общин и результаты их труда. В последующие месяцы я и мои научные ассистенты занимались отображением на географической карте земляных ук-

реплений, расположенных на объекте площадью 45 га. Для проведения раскопок мы прорубили в лесу более 30 км прямых просек, и в этой работе нам оказывали помощь многие индейцы куйкуро, а некоторые из них даже приобрели основательные навыки в археологии.

В конце 1993 г. мы с вождем Афукакой вновь отправились к объекту Нокугу с тем, чтобы я мог рассказать вождю, что именно уже удалось узнать. Мы проследовали вдоль внешнего защитного рва и остановились у земляного моста, по которому проходила открытая нами главная дорога. Прямая как стрела старая грунтовая дорога шириной от 10 до 20 м вела к другому древнему объекту, Хеулугихити (X13), расположенному примерно в 5 км отсюда. Затем мы перешли мост и вошли на территорию Нокугу.

Дорога, ограниченная невысоким земляным бордюром, расширилась до 40 м — размер современного четырехполосного шоссе. Метров через двести мы прошли над внутренним рвом и остановились, чтобы взглянуть на недавно выкопанную при раскопках траншею, где были обнаружены воронкообразные основания для частокола из древесных стволов. Афукака рассказал мне, как в далеком прошлом жители деревень

огораживались частоколом для защиты от набегов других племен.

Двигаясь через древний город, мы проходили покрывавшие его теперь участки леса, кустарник и открытые пространства — результат деятельности природы. Затем мы вышли на поросшую травой поляну с возвышающимися над ней пальмами, где в прошлом располагалась центральная площадь. Я медленно повернулся и указал вождю на идеально круглый край площади, обозначенный метровой высоты насыпью. Эти высокие пальмы, пояснил я ему, выросли здесь столетия назад на удобренных компостом домашних огородах.

Покинув площадь и начав осматривать прилегающую территорию, мы наткнулись на большие кучи бытового мусора, в которых были разбитые горшки — в точно такой же посуде, вплоть до малейших деталей, отметил Афукака, его жены обрабатывают и готовят сегодня клубни маниока.

Подобная связь между прошлым и настоящим придает раскопкам на объектах Шингу особый интерес. Эти объекты относятся к тем немногим поселениям доколумбовой эпохи, где археологические находки могут быть непосредственным об-

разом соотнесены с сегодняшними местными обычаями. Древний укрепленный город, который я показывал сейчас вождю Афукаке, напоминал его нынешнюю деревню с ее центральной площадью и радиально расходящимися дорогами, разве что он был в десять раз больше.

От домов до общественного устройства

Слово «дворец» едва ли подходит для описания дома из стволов деревьев и тростника. Для большинства представителей западной цивилизации это всего лишь «хижина». Но дом, который индейцы куйкуро строили в деревне для своего вождя, когда я приехал туда в 1993 г., был действительно огромен — площадью более 1 тыс. кв. м. Трудно себе представить, что без камней, строительного раствора и гвоздей можно создать такое большое строение в виде гигантской перевернутой вверх дном корзины. Впрочем, жилище даже среднего жителя района Шингу в 250 кв. м не уступает сегодня по площади дому среднего американца.

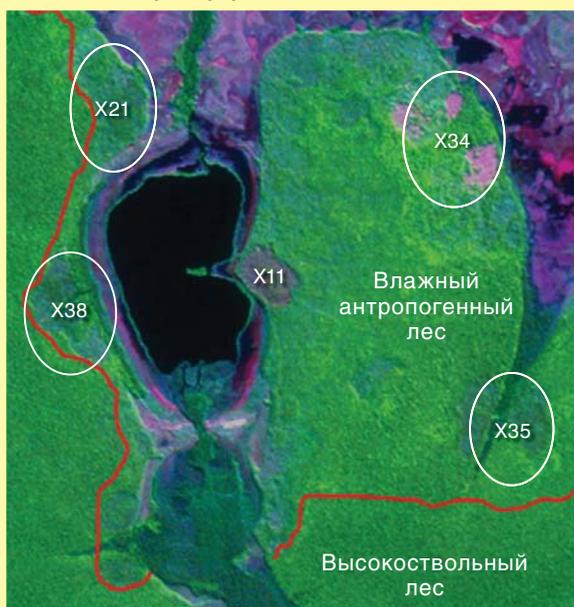
Однако выделяться дом вождя заставляли не только размеры, но и место его расположения — в южной точке круглой центральной площади деревни. Въезжающий на пло-

COURTESY OF U.S. GEOLOGICAL SURVEY/GODDARD SPACE FLIGHT CENTER/NASA/LANDSAT 7

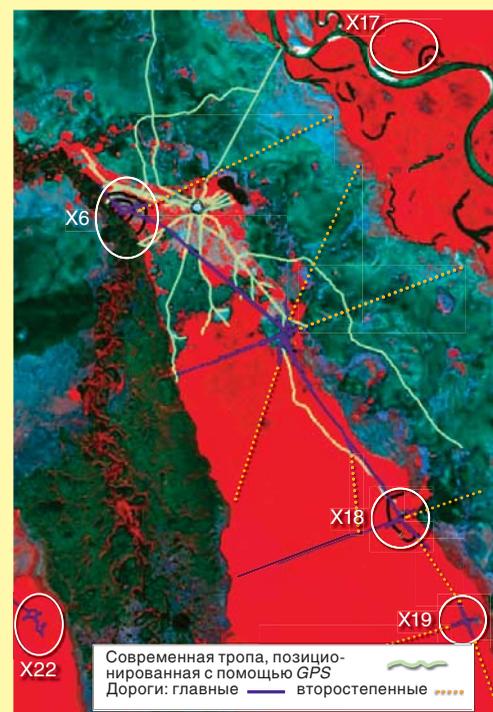
ВЗГЛЯД ПОД ПОЛОГ ЛЕСА

На сделанных со спутника снимках (их неестественная окраска объясняется съемкой в различных диапазонах ИК-спектра) видна крапчатая структура лесистой поверхности — признак того, что лес был сформирован людьми. Лес в нетронутой деятельности человека местность выглядит обычно более однородным. Изучение свойств местной почвы и растительности подтверждают вывод об экстенсивном земледелии в этом регионе

Скопление Кухикугу



Скопление Ипатсе



шадь по главной дороге может видеть на ее правой (южной) и на левой (северной) сторонах дома доминирующих семейств племени. Подобная схема в более крупных масштабах повторяет внутреннюю планировку каждого отдельного дома, где жилец с наиболее высоким положением вешает свой гамак в правом конце проходящей через весь дом оси восток-запад. Въездная дорога тоже следует приблизительно с востока на запад, и в том же направлении сориентирован гамак вождя в его доме. Когда вождь умирает, его тело также размещают в гамаке таким образом, чтобы голова была обращена на запад.

Такой принцип практических расчетов действует здесь на любом уровне, от отдельных домов до всей верхней части бассейна реки Шингу. Когда я впервые прибыл сюда, приходилось неделями, используя традиционные археологические методы, отображать на карте защитные рвы, центральные площади и дороги. С 2002 г. мы начали применять высокоточную систему GPS, что позволило за считанные дни на-

нести на карту все основные земляные укрепления. В результате мы выявили весьма значительную степень районной интеграции. Создается впечатление, что господствующую роль во всем районе, где все ему отводилось свое особое место, играло планирование ландшафта. И в его основе лежал все тот же главный принцип, который неуклонно соблюдался в сегодняшней деревне. Главные дороги проходили здесь с востока на запад, второстепенные отходили от них на север и юг, а еще более мелкие расходились в прочих направлениях.

Мы картографировали два разных по значимости скопления городов и деревень на изучаемой нами территории (карта на стр. 70). Каждое из этих скоплений включало большой ритуальный центр и несколько крупных городов-спутников, точно сориентированных относительно центра. Население таких городов составляло порядка 1 тыс. или более человек. Далее от центра размещались деревни. Центр северного скопления — объект X13, не столько город, сколько ритуальный

центр, очень похожий на место для ярмарок. На одинаковых расстояниях к северу и к югу от X13 лежат два крупных обнесенных стеной города, а еще два укрепленных, среднего размера поселения находятся на равном удалении к северо-востоку и к юго-западу от центра. Южное скопление имеет несколько отличный вид. Его центр — объект X11, который выступает в роли одновременно ритуального центра и города, а вокруг располагаются среднего и небольшого размера поселения с центральной площадью.

Площадь каждого скопления составляла более 250 кв. км, из которых примерно 20% приходились на застроенную центральную часть, что соответствует размеру небольшого современного города. Сегодня большая часть древнего ландшафта заросла, однако лес в центральной части существенно отличается концентрацией определенных видов растений и животных, особыми почвами, а также археологическими находками вроде разнообразной керамики. Земля в далеком прошлом использовалась более интенсивно,

COURTESY OF MICHAEL J. HECKENBERGER (map); RICKEY ROGERS Reuters/Corbis (aerial view)

ЛЕСНОЙ ОСТРОВ

Самым важным препятствием для процесса уничтожения леса во многих частях Амазонии стали земли коренных жителей. Когда-то заповедник Шингу находился в гуще тропических лесов, а сегодня к нему со всех сторон подступают открытые пространства со скотоводческими фермами и соевыми полями. Должны ли жители Шингу также вырубать лес для прокорма своего растущего населения? Автор статьи дает отрицательный ответ. Модель землепользования их предков, основанная на маленьких поселениях и продолжительных циклах чередования сельскохозяйств, вполне способна обеспечивать гораздо большее по численности население



СКОРОСТЬ ВЫРУБКИ ЛЕСА в штате Мату-Гросу одна из самых высоких в Бразилии — в 2004 г. она составляла 5 га в минуту

однако, судя по найденным вещественным остаткам, многие виды тогдашних сельхозработ сходны с тем, чем занимаются индейцы куйкуро сегодня: выращивание маниока, возделывание садов плодового дерева пекуи и полей травы сапе (императа бразильская), которая представляет собой лучший кровельный материал. Ландшафт сельской местности был неоднородным, перемежавшимся вторичным лесом. На заболоченных территориях, густо поросших сегодня пальмами бурити, сохраняются разнообразные признаки прежнего рыбоводческого хозяйства: искусственные пруды, насыпные дороги и запруды. Вне центральных районов располагалась менее плотно заселенная зеленая зона, а между скоплениями городов сохранялись глухие девственные леса. В них обитали дикие животные, росли лекарственные растения и определенные виды деревьев, а сами они считались домом различных лесных духов.

Земля внутри и вокруг объектов, где когда-то проживали люди, имеет более темный цвет — это высокоплодородная почва, именуемая индейцами эгепе, которая была обогащена бытовыми отходами. Под влиянием деятельности человека почвы темнеют по всему миру, становясь более насыщенными определенными химическими веществами. На многих территориях Амазонии подобные изменения имеют для сельского хозяйства огромное значение из-за низкого плодородия естественной почвы. В районе Шингу земля не имеет столь темной окраски, как в других местах, поскольку местное население в основном выращивает маниок и возделывает сады, для которых высокоплодородная почва не требуется.

Можно предположить, что на всей территории верхней части бассейна Шингу располагались по меньшей мере 15 скоплений древних поселений. Однако поскольку основная часть данного района осталась необследованной, их может оказаться намного больше. Как показывает радиоуглеродное датирование рас-

копанных нами объектов, предки нынешних жителей Шингу пришли в этот район с запада и примерно 1,5 тыс. лет назад приступили к преобразованию лесов и заболоченных территорий по своему принципу. До открытия европейцами Америки здешние общины были преобразованы в разные по значимости скопления городов и деревень. Поскольку существуют данные лишь за период после 1884 г., распределение поселений — единственное, что позволяет нам оценить численность местного населения в доколумбову эпоху. Как следует из размеров существовавших в то время скоплений, тогдашнее население района Шингу во много раз превосходило сегодняшнее по численности, составляя где-то от 30 до 50 тыс. человек.

Города-сады Амазонии

Столетие назад в своей книге «Города-сады будущего», англичанин Эбенизер Говард (Ebenezer Howard) предложил идею создания небольшого автономного города с низкой плотностью застройки. Предвестник сегодняшнего «зеленого» движения, Говард предвидел появление сети таких небольших поселений в качестве альтернативы огромным городам индустриального мира с их высотными зданиями. По его мнению, десять городов с населением в десятки тысяч человек каждый обладали бы теми же производственными и административными возможностями, что и один мегаполис.

Древние жители района Шингу сумели создать некую систему — урбанизм в «плоском и зеленом» стиле или протоурбанизм (город-сад в его ранней стадии). Возможно, Перси Фосетт оказался в нужном месте, однако искал он совсем не то, что нужно: большие каменные города. То, что небольшие древние центры недобирали в размерах и изысканности строений, они компенсировали количеством и степенью интеграции. Знай о них Говард, он непременно включил бы в свою книгу раздел «Города-сады прошлого». Распространенная кон-

цепция города в виде густой сети домов из камня, которая относится к периоду ранних «пустынно-оазисных» цивилизаций вроде Месопотамии, не очень подходила для других видов окружающей среды. Как в тропических лесах Амазонии, так и среди лесного ландшафта большей части древней и средневековой Европы с ее умеренным климатом встречалось множество такого же размера городов и деревень, как и в районе Шингу.

Понимание всего этого особенно важно сейчас, когда Южная Амазония подвергается преобразованию — на этот раз западной цивилизацией. Тропические леса Южной Амазонии быстро превращаются в сельскохозяйственные угодья и пастбища. При сохранении нынешних темпов вырубки в следующем десятилетии эти леса сократятся до 20% от своей первоначальной площади. Большая часть сохранившихся лесных территорий будет ограничена пределами заповедников, таких как национальный парк Шингу, где ревностными хранителями оставшегося биологического разнообразия будут коренные жители. Здесь спасение тропических лесов и сохранение местного культурного наследия — во многих отношениях одно и то же. ■

Перевод: А.Н. Божко

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Amazonia 1492: Pristine Forest or Cultural Parkland? Michael J. Heckenberger et al. in *Science*, Vol. 301, pages 1710-1714; September 19, 2003.
- 1491: New Revelations of the Americas before Columbus. Charles C. Mann. Vintage, 2006.
- Pre-Columbian Urbanism, Anthropogenic Landscapes, and the Future of the Amazon. Michael J. Heckenberger et al. in *Science*, Vol. 321, pages 1214-1217; August 29, 2008.
- The Lost City of Z: A Tale of Deadly Obsession in the Amazon. David Grann. Doubleday, 2009.

раковые клетки: уничтожить в зародыше

Профессор **Андрей Владимирович Гудков** занимается экспериментальной онкологией большую часть своей жизни, а последние десять лет — разработками противораковых лекарств. К своей профессиональной деятельности ученый приступил около 30 лет назад в Российском онкологическом научном центре им. Блохина, с начала 1990-х гг. работает в США. В настоящее время А.В. Гудков занимает пост вице-президента и руководителя отдела биологии клеточного стресса в Институте рака им. Розуэлла Парка (Roswell Park, основатель самого первого в США ракового центра, созданного в 1898 г.) в Буффало, штат Нью-Йорк.

За последние два года благодаря созданию принципиально нового средства защиты организма от радиации его имя обошло практически все известные мировые научные и популярные издания. Однако главная задача лаборатории масштабнее — создать средство, которое не позволило бы клеткам человеческого организма превращаться в раковые. В интервью журналу «В мире науки» А.В. Гудков рассказывает о тенденциях современной онкологии и о том, какие направления, с его точки зрения, могут дать радикальный результат.

— **Андрей Владимирович, вы и ваша группа занимаетесь не только фундаментальной биологией, изучением механизмов возникновения рака, но и разработкой лекарственных средств. А с недавнего времени пытаетесь обеспечить клинические испы-**

тания готового продукта. Как это удается, особенно в США?

— Традиционно изучением механизмов злокачественной трансформации и разработкой лекарств «бьются» по этим механизмам, занимаются люди, принадлежащие к различным группам и профессиям. Поэтому сразу возникает проблема перевода с одного языка на другой — «фазовый переход», требующий много дополнительной энергии. Это усложняет и без того трудный и исключительно дорогой процесс создания лекарств. Некоторое время назад мне показалось, что путь от фундаментальных исследований до готового продукта (лекарственного препарата) можно существенно сократить, если сами ученые будут участвовать в этом процессе от начала и до конца. И с тех пор я вместе со своими сотрудниками эту гипотезу проверяю, превратившись в «ученого-переводчика».

На основании фундаментальных исследований можно создавать «пролекарства» — молекулы с желанным биологическим эффектом, и показать, что сама идея верна. Но дальше начинается доработка продукта. Подобные исследования не поддерживаются «фундаментальными» грантами, а большие фармацевтические компании не принимают «недозревший продукт». Конечно, можно всю жизнь открывать фундаментальные принципы и ждать, что придет кто-то другой и будет развивать их дальше. Но мы предпочли заняться этим самостоятельно. В 2003 г., когда я работал

в Научно-исследовательском институте при клинике Лернера в Кливленде, была создана новая структура — биотехнологическая компания *Cleveland BioLabs, Inc.*, которая отпочковалась от клиники. Вновь созданная организация позволяла, с одной стороны, соединить науку и практику, с другой — успешно проводить кадровую политику, когда сотрудники лабораторий поднимаются по карьерной лестнице, не бросая той темы, которой они занимались в академической науке. Такая схема в США реализуется нечасто.

За первые годы существования *CBLI* мы провели через предклинические стадии несколько многообещающих препаратов и вплотную подошли к моменту клинических испытаний на людях. А это уже качественно новый этап, когда полезно партнерство биотехнологической компании с «правильными» клиницистами. Кливлендская клиника, где мы в то время работали, не позволяла в полной мере заниматься онкологическими разработками. Я начал поиск потенциальных партнеров и вышел на Институт рака им. Розуэлла Парка. В небольшом институте (примерно 3 тыс. сотрудников против 35 тыс. в Кливлендской клинике) создана удивительная атмосфера сотрудничества клиницистов и ученых, постоянно взаимодействующих и говорящих на одном профессиональном языке.

Если бы мне кто-нибудь сказал тогда, что через несколько лет все мы (около 50 семей) туда переедем, я бы не поверил. Однако притяжение оказалось взаимным, и дирек-

СПРАВКА

ция института сделала практически невозможное, изыскав средства, которые оказались достаточными для обеспечения перемещения и лаборатории, и компании из Огайо на северо-запад штата Нью-Йорк. И вот мы уже 2,5 года в Буффало, где все пока складывается благополучно. Компания растет, расширяется и исследовательская программа, которой занимаюсь как моя группа, так и пять новых лабораторий, созданных в руководимом мною отделе биологии клеточного стресса.

— **Как удалось убедить американских инвесторов в том, что русский менеджмент может нормально работать?**

— Вы, вероятно, намекаете на весьма необычный состав и лаборатории и компании, где большинство — выходцы из России. Так вот, «приручить» инвесторов удалось далеко не сразу, но нам было бы очень трудно состояться, если бы мы не заработали достаточно много грантов от американского правительства — эти деньги обеспечили примерно половину нашего бюджета.

В Буффало мы приехали уже состоявшимися, о нас знали прежде всего по нашим работам, кроме того, мы к тому моменту доказали, что создали конкурентоспособную организацию. Немаловажная деталь: штат Нью-Йорк, где находится Буффало и наш центр, отличается совершенно иной деловой культурой по сравнению с Огайо: здесь доминирует атмосфера готовности к риску, как в Калифорнии. Помимо нашего центра в окрестностях Буффало есть достаточное количество научных и медицинских учреждений высокого уровня, что создает паутину профессиональных связей.

За два с половиной года мы полностью интегрировались в интеллектуальную жизнь института, я принял на работу пять новых профессоров, трое из которых — мои бывшие ученики, приглашенные из других университетов. В результате получился замечательный отдел. Кроме того, зона моей ответственности как вице-президента по фундаменталь-



Андрей Владимирович Гудков — профессор, вице-президент по фундаментальным исследованиям Института рака им. Розузелла Парка (Буффало, США), руководитель отдела биологии клеточного стресса, автор около 150 научных работ и 27 патентов. Докторскую диссертацию по биологии защищал в МГУ им. М.В. Ломоносова, до отъезда в США работал в Российском онкологическом научном центре РАМН. Собственные научные исследования А.В. Гудкова направлены на поиск механизмов возникновения рака, подходов к генной терапии, молекулярных мишеней для воздействия на раковые клетки, создание противораковых препаратов. Помимо этого он как вице-президент института отвечает за создание стратегических планов фундаментальных и прикладных исследований в этих областях и развитие сотрудничества между научными центрами разного уровня, бизнесом и промышленностью.

ной науке — поддержание высокого уровня фундаментальных исследований и стимулирование создания совместных программ как между лабораториями, так и с внешними организациями, в том числе включающих и международное сотрудничество. Например, недавно мы подготовили межинститутский договор с Российским онкоцентром.

— **Известно, что уже две ваших разработки прошли первую стадию клинических испытаний. Первая — средство защиты от радиации, которое произвело настоящую сенсацию. В чем главная идея и как все это связано с раком?**

— Действительно, в апреле 2008 г. мы опубликовали в журнале *Science* статью, которая описывала новый принцип защиты от радиации. Имитируя опухолевые механизмы, мы научились у опухолевых клеток тому, как избегать включения программы самоуничтожения клеток (апоптоза). Затем мы нашли в природе источник веществ с нужными нам свойствами — это бактерии, которые живут в человеческом организме в течение миллионов лет и приспособились быть не только без-

вредными, но часто и полезными — как часть своей собственной программы выживания. Мы использовали антиапоптотические факторы бактерий, и на основе одного из них (флагеллин сальмонеллы) создали препарат, названный протектан-502, который при введении обезьянам и мышам, позволил достичь крайне высокого уровня радиационной защиты, причем как системы кроветворения, так и кишечника — двух самых радиочувствительных систем нашего организма.

Радиация повреждает ДНК, но точно таким же образом действуют и многие химиотерапевтические агенты, и отсюда логически вытекает область применения — одновременно с радио- или химиотерапией (добавлю, что наши вещества действуют прицельно и защищают только здоровые клетки, а не клетки опухоли). Ожидается, что таким образом мы в значительной степени избавляем пациентов от токсичности лечения и одновременно сделаем его более эффективным, поскольку при такой защите можно давать более высокие дозы.

Однако существует и другая задача, которая менее востребована практически, но воспринимается любым обществом как потенциально важная, — защита от облучения, связанного с применением ядерного оружия или несчастными случаями типа Чернобыльской аварии. На данный момент ни одна страна мира не располагает по-настоящему эффективным радиопротектором для защиты армии или населения. Оказалось, что средства на дальнейшие исследования и разработку радиационных антидотов для медицины можно получить быстрее, если идти через создание лекарств для защиты армии и населения от радиации.

Путь от фундаментальных исследований до создания готового препарата можно сократить, если сами ученые будут участвовать в этом процессе от начала и до конца

Это нам очень помогло. Как известно, главная причина медленного внедрения новых лекарств — в строгой зарегулированности процесса развития во всех его аспектах, в контроле производства, чистоты, безопасности и т.п. В случае, если эффективность веществ нельзя доказать на людях (вы же не можете облучить человека смертельной дозой, чтобы доказать, что лекарство действует), FDA разработало специальные правила испытаний на животных и переноса их результатов на человека. Согласно этим правилам, сначала надо показать действие потенциального препарата на двух видах животных, причем один из них — обезьяны. Затем надо доказать, что на человеке он тоже будет работать, т.е. включать те же самые механизмы и с той же силой. Для этого необходимо детально понимать механизм действия лекарственного средства, характер изменений, вызываемых им в клетках; можно найти среди них те, что поддаются количественному измерению — биомаркеры, после чего вводить препарат людям без всякой

радиации и измерять биомаркеры и, соответственно, потенциальную токсичность.

В связи с этим нам необходимо было провести длительные и довольно сложные фундаментальные исследования, а затем и испытания на животных, прежде всего обезьянах. Все это дало хорошие результаты: оказалось, что препарат работает, даже если его вводить через 48 часов после облучения. Первая фаза клинических испытаний на добровольцах подошла к концу, мы довольны результатами и готовим их к публикации.

В настоящее время идет подготовка к клиническим испытаниям на больных онкологическими заболе-

ваниями, подвергающихся радиотерапии. Испытания должны начаться в 2010 г.

— А возможны ли ситуации, когда массовая гибель клеток вызывается похожим на воздействие радиации механизмом?

— Возможны. Мы провели дополнительные исследования, и выяснилось, что похожая реакция происходит при ишемических состояниях, когда определенный участок ткани получает недостаточно кислорода, обескровлен. Простой пример: если жгут, наложенный, чтобы предотвратить кровопотерю, не снимают слишком долго, то порой приходится ампутировать конечность. Мы воспроизвели эти обстоятельства на животных, попробовали вводить протектан-502, и оказалось, что он обладает мощным противоишемическим действием. Со временем можно надеяться, что препарат будет доступен в обычном травмпункте. Это пример «побочного» медицинского эффекта средства, главной целью применения которого остается рак.

Следующий наш продукт, свойства которого мы изучаем вместе с Научно-исследовательским институтом эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи РАМН в Москве, всего на несколько шагов отстает от первого и называется протектан-612. При его создании мы снова использовали бактерии, но на этот раз — липопептид микоплазмы. Микоплазмы — мельчайшие из бактерий с самым маленьким геномом — вызывают, как правило, бессимптомные мягко протекающие инфекции. А мягкий, малоопасный паразит — это самый умный паразит, нашедший способы стать невидимым для организма. Минимальный вред с максимальной пользой — это именно то, что нам нужно для создания лекарств. Оказалось, что введение его в кровь мышам или обезьянам вызывает мощную пролиферацию стволовых клеток костного мозга и их мобилизацию в периферическую кровь. Это позволяет надеяться, что с помощью протектана-612 можно подготовить идеального донора. Введя однократно вещество в организм, через двое-четверо суток можно получить из очень небольшого объема периферической крови достаточное количество стволовых клеток, чтобы спасти обреченного человека.

Сейчас процедура подготовки донора костного мозга занимает много часов, она небезопасна и при этом не всегда удается получить необходимое количество стволовых клеток. Как правило, донорам вводят специальное вещество, природный человеческий фактор роста гранулоцитов ГКСФ, также известный под названием ньюпоген. Вводят его в течение четырех дней подряд, после чего кровь при помощи специального оборудования замыкают на внешний контур для отбора клеток, обогащенных стволовыми. Мы надеемся, что наш препарат позволит полностью избежать этой процедуры, поскольку он сможет обеспечить достаточное количество стволовых клеток для того, чтобы получать их

из небольшого объема донорской крови.

— **Но вы занимаетесь созданием и собственно противораковых веществ: «меняете шапочку» и вместо того, чтобы защищать клетки, начинаете их убивать. Главная проблема, как известно, — убить максимально селективно, т.е. именно опухолевые клетки. Как вам удастся ее решить?**

— Существует целый ряд сигнальных путей, которые клетка включает и использует, оказавшись в состоянии стресса. Стрессов бывает много, но основных, с которыми встречается практически любая клетка, — четыре, и чтобы их пережить, ей нужно правильно на них ответить.

Один я уже называл — это повреждение ДНК, вызванное химиотерапией, радиацией, либо другими факторами, создающими так называемый оксидативный стресс. В ответ на него клетка включает в одних случаях программу репарации, «починки» ДНК, в других — программу самоуничтожения или апоптоза (организм считает, что лучше избавиться от поврежденных клеток, чем плодить их потенциально опасное потомство). Всем этим занимается сигнальный путь, получивший название *p53*. Но у опухолевых клеток *p53* почти всегда выключен, поскольку приобрести злокачественные мутации, не потеряв апоптоза, трудно.

Также существует температурный стресс, ответ на который дает сигнальный путь, называемый тепловым шоком, когда клетка включает синтез большого числа специальных белков, не дающих другим белкам терять правильную структуру, а клеткам, образно говоря, превращаться в крутое яйцо. В опухолевых клетках этот сигнальный путь, как правило, постоянно активен, поскольку они все время производят массу «бракованного» белка, и его выключение для такой клетки опасно.

Еще одна опасность — нехватка кислорода. В ответ на нее надо срочно перейти на другой метаболизм, вместо дыхания — на гликолиз, остановить деление, и чтобы

не тратить лишнюю энергию, нужно включить факторы, вызывающие рост новых сосудов, доставляющих кислород. Этим занимается сигнальный путь, «руководимый» белком *HIF-1*-альфа. Он также постоянно включен в большинстве опухолей, которым вечно не хватает кислорода из-за того, что кровеносные сосуды, как правило, не успевают за быстрорастущей опухолью.

Кроме того, существует еще один сигнальный путь, который отвечает на появление внешнего врага — инфекционных агентов. Он связан с включением иммунитета, как врожденного, не требующего предварительного обучения, так и адаптивного, основанного на появлении иммунных клеток и антител, специально направленных против чужих антигенов. Здесь центральную роль играет белок *NF*-каппа-*B*, который также постоянно активен в подавляющем большинстве опухолей, поскольку делает их устойчивыми, в частности, к тому же апоптозу.

Общее для всех сигнальных путей — то, что в обычных клетках в нормальных обстоятельствах они неактивны. При этом в опухолевых клетках, как я только что объяснил, они, как правило, испорчены и либо выключены (как *p53*), либо постоянно включены (как три остальных) для того, чтобы увеличить шансы на выживание. «Прелесть» ситуации в том, что эти сигнальные пути универсально испорчены практически в каждой опухоли. А значит, если мы найдем вещество, которое

наблюдении (как часто происходит в науке), обнаружили молекулы, названные кураксинами, которые активируют «спящий» *p53* в опухолевых клетках и одновременно блокируют работу трех других стрессовых сигнальных путей и таким образом бьют по нескольким мишеням одновременно.

Как установила работающая в нашем отделе профессор К.В. Гурова, которая внесла важнейший вклад в разработку кураксинов, причина столь удивительной комбинации свойств таких веществ — их направленность против специфического хроматинового фактора, который необходим, чтобы разрешить включение генов в ответ на активацию всех сигнальных путей. Тем самым одновременно выключается ответ на тепловой шок, гипоксию и воспаление и включается апоптоз. Это магическая комбинация свойств, которой не обладает ни одно из известных до сих пор противораковых лекарств. Недавно я рассказывал об этом в Российском онкологическом центре, и мы уже начали совместную работу по изучению кураксинов.

— **Когда же, наконец, рак превратится в обычное хроническое заболевание? В чем будет прорыв — в создании нового, совершенного лекарства? Или его ждать с другой стороны?**

— Я не берусь делать конкретные прогнозы, но приведу аргументы, которые позволяют надеяться, что переворот в борьбе с этим классом заболеваний произойдет в реаль-

Необходимо уничтожать клетки, вступившие на путь злокачественной трансформации, до того как они станут опасными

выключало бы три этих пути и включало бы апоптоз, то оно стало бы почти универсальным противораковым средством. Но до сих пор не было никакой возможности сделать это одновременно: одни лаборатории занимаются попытками регулировать один путь, другие — другой. Мы, основываясь на случайном

ном времени. Помните, когда в середине 1980-х гг. был открыт вирус СПИДа, это расценивали как смертельно опасную пандемию? У этого вируса всего-навсего около десятка генов, но более 25 лет ушло на то, чтобы, наконец, появилось лекарство, которое по-настоящему начало снижать заболеваемость.

В раковой клетке около 35 тыс. генов, что отражает несколько иную степень сложности задачи. Но я привел пример со СПИДом не поэтому. Когда разрабатывались противовирусные лекарства, бьющие только по одной мишени, эффекта было мало, когда по двум — уже больше, а когда начали комбинировать, создавать коктейли, направленные против трех мишеней, то это и стало поворотным моментом в лечении, поскольку вирус перестал успевать создавать устойчивые мутации. То же самое, скорее всего, произойдет и с раком, который, как и вирус, представляет собой «движущуюся мишень», поскольку все время мутирует. Сейчас создается большой набор лекарств, которые бьют по определенным индивидуальным мишеням, но по отдельности они не в состоянии полностью избавиться от этой болезни. Можно продлить жизнь, болезнь отступит, но потом атакует с новой силой. Но если вы используете два, три или четыре различных вещества, воздействующие на одну раковую клетку с разных сторон, то у нее может не хватить «креативности» для создания нового вида защиты, вы отнимаете у нее шанс изобрести обходной маневр в отведенное ей время. В этом смысле кураксины имеют явное преимущество, поскольку бьют сразу по нескольким ахиллесовым пятнам рака.

Но все-таки прорыв, о котором вы спрашиваете, произойдет, с моей точки зрения, не здесь. Главный способ борьбы с раком — не его лечение, а противодействие его развитию.

— Вы говорите о профилактике?

— Да, но не в расхожем значении этого слова, которое немедленно ассоциируется с правильным питанием, здоровым образом жизни и т.п. Речь идет об использовании наших фундаментальных знаний о механизмах возникновения рака для того, чтобы уничтожить клетки, ступившие на путь злокачественной трансформации, до того как они станут опасными. Мы, например, уже знаем, как создавать гене-

тически модифицированных животных, у которых практически не развивается рак. В 2007 г. были выведены мыши, у которых был отключен ген, определяющий ответ на тепловой шок. Они живы, размножаются, а чувствуют себя плохо лишь при высокой температуре. Зато у них не развивается рак. Мало того, если их скрещивать с мышами, у которых риск возникновения рака высок, то это свойство не проявляется в потомстве.

Ну и что же, скажете вы, теперь следует заниматься евгеникой, создавая генетически модифицированных людей без этого гена? Нет, можно поступить иначе. Ведь рак не возникает в организме одномоментно, он становится следствием комбинаторного эффекта множества последовательных мутаций или иных генетических изменений, возникающих и накапливающихся в течение десятилетий. Наши тела «напичканы» клетками, которые ходят на пути к раку, и подавляющее большинство из них никогда не переродятся окончательно, потому что так и недоберут недостающую дополнительную мутацию.

Однако такие клетки можно выявить и убивать избирательно, поскольку они уже, как правило, приобретают зависимость от постоянной активности тех самых сигнальных путей ответа на стрессы, о которых я говорил ранее. А значит, их можно уничтожать селективно, воздействуя фармакологическим ингибиторами теплового шока и других упоминавшихся путей. Т.е. идея состоит не в том, чтобы мышь или человек постоянно жили без возможности ответов на стрессы, а в том, чтобы время от времени (скажем, раз в пять лет) проводить профилактическое лечение и выключать такую возможность с помощью препаратов всего-навсего на несколько часов. Нормальным клеткам это не принесет вреда, а те, которые уже не могут жить без постоянно включенных сигнальных путей ответа на стрессы, погибнут. Это не фантастика, поскольку уже проводятся опыты

в лабораториях на животных, но еще и не вполне реальность, поскольку для испытаний профилактических средств на здоровых людях необходимы долгие трудные годы дополнительной работы.

— Как быстро подобная профилактика может стать повседневной, доступной каждому?

— Дело в том, что профилактика рака искусственно замедляется трудностями экономического характера. Нельзя заставить фармацевтическую компанию вкладывать деньги в развитие подобного средства, поскольку она попросту разорится. Ведь чтобы доказать, что профилактическое средство действительно работает, потребуются десятки лет и огромное количество доз самого препарата, гораздо больше, чем при обычных клинических испытаниях. Необходимо предложить лекарство тысячам здоровых людей, наблюдать за ними долгое время и доказать, что с ними ничего не случилось, что данная популяция болеет раком реже, чем другие — те, кто не подвергался профилактической терапии. (Кстати, одно из самых грандиозных клинических испытаний такого рода было проведено в 1960-х гг. в США, когда в воду стали добавлять фтор, и в результате почти исчез кариес).

Существующая реальность такова, что инвестор дает деньги, чтобы получить результат через два года, а не через десять. Пока производить лекарства, которые действуют на уже развившуюся болезнь, гораздо выгоднее, чем ее предупреждать. Хотя профилактические средства, о которых я говорил, обещают спасти миллиарды людей, не дав им заболеть, трудности выхода на рынок отвращают мощности фармацевтической индустрии от профилактики. Средства на подобные испытания должны давать государство, крупные национальные и международные структуры. А миссия академических ученых заключается в том, чтобы донести понимание важности этого дела до тех, кто принимает решения. ■

Беседовала Елена Кокурина



13-ый Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий "АРХИМЕД"



Под патронатом
Правительства
г. Москвы



Будет проходить 30 марта по 2 апреля 2010 года
в Культурно-выставочном центре "Сокольники",
павильон №4

"Архимед-2010" - это:

- Выставка лучших производственных и творческих достижений в области изобретательства и рационализации;
- Международная конференция по патентной охране объектов интеллектуальной собственности;
- Международная выставка товарных знаков и наименований мест происхождения товаров "Товарный знак "Лидер";
- Обучение в "Международном университете изобретателя".
- Конкурсы:
 - "Лучшее изобретение Салона "Архимед";
 - "Лучший промышленный образец Салона "Архимед";
 - "Лучший инновационный проект";
 - "Лучший изобретатель Москвы";
 - "Инновационный потенциал молодежи";
 - "Лучший инновационный менеджер";
 - "Лучшая инновационная площадка";
 - "Лучшее изобретение в сфере нанотехнологий";
 - "Лучшее изобретение в интересах Министерства обороны России";
 - "Лучшее изобретение в интересах защиты и спасения человека".

Все участники (экспоненты) Салона "Архимед" имеют реальную возможность отдельной презентации своей продукции, а национальные делегации из зарубежных государств по проведению национальных дней.

За наиболее интересные и перспективные в промышленном применении экспонаты, оцененные Экспертной комиссией и Международным жюри, участникам будут вручены медали Салона, Дипломы и награды Министерств и ведомств Российской Федерации, Правительства Москвы, ВОИР, медали и призы, в т.ч. денежные от российских и зарубежных организаций, салонов изобретений, партнеров Салона "Архимед".

Организаторы Салона:

ООО "Центр содействия развитию изобретательства и рационализации ВОИР".

При поддержке:

Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ);

Департамента науки и промышленной политики г. Москвы;

Всемирной организации интеллектуальной собственности.

ООО "Центр развития изобретательства и рационализации ВОИР"

РФ, 105187, Москва,

ул. Щербаковская, д.53, кор. В,

т/ф.: (495) 366-1465, 366-0344,

mail@archimedes.ru www.archimedes.ru

www.intexpo.ru www.mosvoir.ru





ДИКИЕ ЖИВОТНЫЕ — САМИ О СЕБЕ

Постоянно действующая экспедиция РАН по изучению животных Красной книги Российской Федерации и других особо важных животных фауны России была создана в начале 2008 г. на базе Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН). За это очень небольшое время ученые получили уникальные научные данные о разных видах крупных млекопитающих, «знаковых» для России: амурском тигре, дальневосточном и переднеазиатском леопарде, ирбисе (снежном барсе) и белухе (белом ките). Начальник экспедиции, заместитель директора ИПЭЭ РАН, доктор биологических наук **Вячеслав Владимирович Рожнов** поделился с журналом «В мире науки» первыми итогами и планами на будущее.

В рамках этой экспедиции при поддержке председателя Правительства РФ В.В. Путина были начаты работы сначала по амурскому тигру, а теперь они идут сразу по нескольким программам. Государство впервые за 15 лет после распада СССР решило поддержать фундаментальные научные зоологические исследования, направленные в первую очередь на сохранение редких видов. Были выбраны несколько видов крупных млекопитающих, почти все они занесены в Международный Красный список МСОП. Численность в дикой природе амурского тигра, дальневосточного леопарда и ирбиса в последние годы сохранялась в пределах от нескольких сотен до нескольких десятков особей. Последнего живого переднеазиатского леопарда в России видели в 50-е гг. прошлого века. Цель всех программ — комплексное изучение и сохранение этих видов животных в их естественной среде обитания, а также научные исследования состояния как отдельных особей, так и популяции в целом.

В отличие от крупных кошек белуха — не исчезающий или редкий вид, но может дать бесценные знания о состоянии арктических экосистем: она обитает практически во всех арктических морях и Охотском море в частности и может быть видом-индикатором состояния этих морских арктических экосистем. На состоянии этого вида отражается все, что с ними происходит.

— **Известно, что экспедиция получила значительное финансирование от правительства, и благодаря этому было закуплено самое современное оборудование. Что необходимо зоологу, чтобы иметь возможность изучать диких животных?**

— Прежде всего зоолог должен иметь возможность находиться в экспедиции в дикой природе. А чтобы получить как можно больше информации о животных, необходим целый спектр приборов: ошейники со спутниковыми передатчиками, которые дают возможность отслежи-

вать местонахождение и передвижения животного, фотолоушки, при помощи которых можно идентифицировать животных, автомобили с высокой проходимостью, пневматические карабины для обездвиживания животных, а также приборы для лабораторных гормональных и молекулярно-генетических исследований. Последние дают нам возможность анализировать ДНК животного, полученную из собранных нами в тайге их выделений, и определять, например, родственные связи особей, обитающих на территории заповедника, а использование гормональных методов исследования — возможность определить, в каком состоянии находятся самка и самец, оценить состояние их здоровья, степень подверженности стрессу и многое другое.

— **О ком на данный момент получено больше всего информации?**

— Об амурском тигре. Нам удалось выяснить, что на территории Уссурийского заповедника обитают шесть особей. Мы подробно (с помощью спутниковых ошейников, о которых я рассказывал) следим за их маршрутами, и для первой помеченной самки тигра в течение года удалось получить 1222 локации! Оказалось, что она использует площадь почти 900 кв. км при том, что площадь заповедника — всего 400 кв. км. Это значит, что тигры выходят далеко за пределы охраняемой зоны, следовательно, подвергаются повышенной опасности. Полученные данные дают основание говорить о необходимом расширении площади заповедника.

Этой осенью мы начали очень важный эксперимент, за ходом которого внимательно следим. Весной был подобран тигренок-сирота, мать которого убили браконьеры. Мы поместили малыша в «реабилитационный центр» — вольер размером около гектара, в котором он учился добывать пищу, остерегаться и избегать врагов, в том числе и человека. Это первый подобный эксперимент: отловили мы тигренка в марте, а выпустили в «свободное плавание» 16 сентября, и теперь

наблюдаем за его поведением. Кстати, гораздо более хорошо оборудованный «центр реабилитации» построен на Кавказе — для переднеазиатского леопарда.

— **Следить за дикими животными в лесу помогают спутниковые ошейники. А при помощи каких средств удается отслеживать белуху в море?**

— Тоже при помощи специальных спутниковых передатчиков, которые закрепляются на теле животного. Летом нынешнего года состоялась комплексная экспедиция сотрудников ИПЭЭ РАН в рамках программы «Белуха (белый кит)» в район острова Чкалова в Охотском море, и были установлены два отечественных спутниковых передатчика (на белух Машу и Дашу) и два американских (из которых работает только один, установленный на белуху Колю), передающие данные о перемещении белух через спутниковую систему ARGOS. Кстати, в установке передатчика на белуху Дашу 31 июля 2009 г. участвовали председатель Правительства РФ В.В. Путин и министр МЧС С.К. Шойгу.

Нам также удалось взять для исследования образцы крови, жира, выдыхаемых газов животных. Сей-



Ошейник со спутниковым передатчиком системы GPS ARGOS для мечения крупных хищных млекопитающих — амурских тигров, леопардов, медведей



Установка фотоловушки для регистрации тигра

час материал обрабатывается в лаборатории, и мы ждем результатов буквально со дня на день.

— Почему именно белуха вызывает такой интерес зоологов, помимо того что она дает косвенную информацию о состоянии арктического бассейна?

— Повторю, что этот вид морских млекопитающих распространен очень широко — белуха встречается во всех морях Арктического бассейна, в том числе Белом, а также Беринговом и Охотском. Белый кит — это не редкий вид. По своему положению в пищевой цепи и уровню развития белуху можно сравнить с человеком — подобно ему она представляет собой вершину трофической пирамиды. За исключением нескольких областей, где обитает косятка, у белухи нет естественных врагов и конкурентов. Поскольку белуха питается преимущественно рыбой, ее популяции очень четко и своевременно реагируют на все изменения в морской среде, особенно связанные с антропогенным загрязнением и глобальными климатическими изменениями.

Само по себе сообщество этих животных представляет особый интерес. Белухи ведут стадный образ жизни, встречаются группами



Начальник экспедиции В.В. Рожнов

от трех-десяти до нескольких десятков особей, ныряют на большие глубины. Общаются киты друг с другом, издавая разнообразные звуки. Используя эхолокацию, белухи питаются различными видами рыб, в том числе лососевыми. В погоне за рыбой белухи часто заходят в реки, где могут плавать на мелководье в мутной воде. Размер белух — до 6 м в длину, вес достигает 2 т. У самки рождается обычно один детеныш, коричневого (баклажанового) цвета, затем он становится серым. Белухи не имеют спинного плавника — он утрачен в процессе эволюции, т.к. мешал плавать и нырять подо льдами северных морей. Из-за значительной массы тела они редко выпрыгивают из воды, и мы можем наблюдать лишь белые изогнутые спины животных.

Белухи очень привлекательны внешне, располагают к себе человека, хорошо поддаются дрессировке и часто становятся «звездами» океанариумов и дельфинариев. Это общительные, жизнерадостные и социально высокоорганизованные животные. Их способность к дружелюбному общению часто используют для лечения больных детей во время сеансов дельфинотерапии.

К сожалению, глубокое и всестороннее изучение белух прекратилось 30 лет назад. Но и тогда оно было связано в первую очередь с промыслом этих животных. В настоящее время точная численность белух в российских водах неизвес-

тна, в то же время ежегодно выдаются разрешения на забой около 1,5 тыс. животных, хотя утверждаемые квоты не имеют под собой научной основы. Такие действия могут причинить ущерб существующим популяциям. Именно поэтому важно установить их численность. Недостаток научно обоснованной информации — серьезное препятствие при отстаивании позиций России в вопросах рационального природопользования на международном уровне.

Задачи программы «Белуха» разносторонни: в первую очередь, это исследование распространения, сезонных миграций и численности животных в российских морях, а также выяснение современного статуса различных ее популяций на всем российском ареале вида, изучение характеристик среды обитания, питания, взаимосвязей с другими видами. В настоящее время белухи Даша и Коля по-прежнему находятся в районе островов Чкалова и Байдукова, а белуха Маша переместилась в залив Николая недалеко от Шантарских островов. Мы надеемся, что установленные передатчики позволят проследить за перемещением животных в течение шести-девяти месяцев и не только определить их маршруты, но и узнать много нового об их взаимоотношениях друг с другом и с особями из других популяций Охотского моря. ■

Беседовала Елена Кокурина

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

- анонсы
- новости
- статьи
- архив
- подписка

теперь в сети

Лоренс Кросс

ЧАРЛЗ СНОУ В НЬЮ-ЙОРКЕ

Новая рубрика, посвященная взаимоотношениям науки и общества, рассказывает о современном состоянии «двух культур»

Этим летом отмечалась пятидесятилетняя годовщина публикации знаменитого очерка Чарлза Сноу (Charles P. Snow) «Две культуры», в котором он сокрушался по поводу глубокого культурного разрыва между двумя мощными сферами человеческой интеллектуальной деятельности — наукой и искусством. Сноу доказывает, что для расширения накопленных знаний и ради блага общества физики и лирики должны наводить между собой мосты.

Увы, пожелание автора осталось нереализованным. Вместо этого литературный агент Джон Брокман (John Brockman) представил нам «третью культуру» — ученых, напрямую обращающихся к людям через книги, в которых они сами рассказывают о своей работе, прекрасно обходясь при этом без помощи литераторов. В то же время многие занимающиеся гуманитарными дисциплинами, искусством и политикой вполне комфортно чувствуют себя за стеной научной безграмотности.

Подобное положение дел вполне закономерно. Прежде всего, при всех наших сетованиях на качество преподавания в муниципальных школах (например, на то, что подавляющее большинство учителей физики и математики в сред-

ней школе не имеют ученой степени) научная безграмотность не становится серьезным препятствием для успеха в бизнесе, политике или искусстве. В университетах естественнонаучные предметы часто воспринимаются лишь как некая формальная необходимость, о которой впоследствии вполне можно забыть. Справедливости ради надо отметить, что то же самое нередко происходит при прохождении курса гуманитарных дисциплин теми, кто специализируется в науке

и технике, с той существенной разницей, что такие студенты невольно подвергаются воздействию литературы, музыки и других искусств, составляющих часть культуры повседневной жизни. Более того, некоторые индивиды часто с такой гордостью заявляют, что они не имеют отношения к науке, как будто это некий знак отличия, культурного превосходства.

На Всемирном фестивале науки, прошедшем в Нью-Йорке летом этого года, выявился еще один фактор, способствующий принижению роли науки в обществе. Помимо разговоров о космосе, современной биологии, квантовой механике и других областях передовых научных знаний мне довелось стать участником круглого стола по проблеме взаимодействия науки, веры и религии. Как получилось, что подобное обсуждение стало частью фестиваля науки? Сегодня религия занимает особое место — отчасти благодаря деятельности таких организаций,

как Фонд Джона Темплтона, ежегодно тратящих миллионные суммы на привлечение внимания к различным «глобальным вопросам», дающим основание предполагать, что наука и религиозные верования



каким-то образом взаимосвязаны и должны рассматриваться как равные.

Проблема состоит в том, что реальное положение вещей не таково. В конце концов, наука может сосуществовать в лучшем случае лишь с концепцией некоего единого бога, который не вмешивается непосредственно в повседневные космические процессы, но, разумеется, не с какими-то личными или древними богами, пусть и относящимися к великим мировым религиям. Как подчеркивал физик Стивен Уайнберг (Steven Weinberg), большинство называющих себя верующими склонны придерживаться лишь только отдельных, устраивающих их заповедей Священного Писания. Тем не менее, при всем нашем преувеличенно внимательном отношении к древним религиозным верованиям в целом, не следует от-

давать им предпочтение перед видами, полученными в результате столетий рациональных эмпирических изысканий.

Чарлз Сноу надеялся на формирование мира, коренным образом отличным от того, в котором мы сегодня живем и где под влиянием религиозного фундаментализма безразличие к науке переходит порой в откровенно враждебное отношение к таким научным концепциям, как эволюционная теория Дарвина или теория Большого взрыва. Сноу выступал не против религии, но против невежества. Как сумел в конце концов понять ведущий упомянутого мной круглого стола после часовой дискуссии, совместимым с наукой может быть лишь такое неопределенное понятие бога, которое гарантированно не оказывает существенного влияния на наше понимание природы и на наши

действия, основанные на этом понимании. Пока мы не захотим принимать мир таким, какой он есть, безо всяких чудес, противоречащих всему накопленному эмпирическому опыту, и без разного рода мифов, которые мешают нашему осмыслению природы, мы вряд ли сможем ликвидировать разрыв между наукой и культурой и, что важнее, едва ли будем в полной мере готовы к решению неотложных технических проблем, стоящих перед человечеством. ■

ОБ АВТОРЕ

Лоренс Кросс (Lawrence M. Krauss) — физик-теоретик, научный комментатор и автор книг, профессор Аризонского университета. Домашняя страница: <http://krauss.faculty.asu.edu>

| | | |
|--|------|-------|
| ЗАО «В мире науки» Расчетный счет 40702810100120000141 в ОАО «ВТБ» 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» № _____ год | | |
| Плательщик | | |
| ЗАО «В мире науки» Расчетный счет 40702810100120000141 в ОАО «ВТБ» 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» № _____ год | | |
| Плательщик | | |

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ»

- в интернет-магазинах www.subscribe.ru, www.russische-presse.de.
- в книжных магазинах научного центра «ФИЗМАТКНИГА», тел.: 409-93-28.
- по каталогам: «Пресса России», подписной индекс 45724 – для физ. лиц; 39869 – для юр. лиц; «Роспечать», подписной индекс 81736 – для физ. лиц; 19559 – для юр. лиц; «Почта России», подписной индекс 16575 – для физ.лиц.; 11406 – для юр. лиц.
- Подписка на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 69970.
- Подписка для жителей Республики Беларусь для индивидуальных пользователей – индекс 81736, для предприятий и организаций – индекс 19559.



Вселенная от Джона Мэтера



Необычная лекция нобелевского лауреата Джона Мэтера (John Mather) была организована в конце октября фондом «Династия» и «РИА Новости». Активно участвовать в ней мог любой человек, имеющий доступ в Интернет. Лектор находился в Мэриленде (США), в Центре космических полетов им. Годдарда NASA, а прямая трансляция его выступления велась на сайтах «РИА Новости» и «Элементы». Через Всемирную паутину Джону Мэтеру можно было задать вопросы — как заранее, так и прямо во время лекции.

Лекция «От Большого взрыва — к орбитальному супертелескопу «Джеймс Уэбб» и новым Нобелевским премиям» оказалась разделена на три части, связанные между собой темой эволюции Вселенной. В первой ученый представил общую картину космологических исследований и кратко изложил историю развития Вселенной от Большого взрыва до зарождения жизни на Земле, а также обрисовал возможный сценарий будущего нашей планеты. Вторая часть лекции была посвящена научным результатам спутника COBE, в 1989–1994 гг. изучавшего космический микроволновый фон — своеобразный «мгновенный снимок» Вселенной, сделанный всего через 300 тыс. лет после Большого взрыва. За результаты, полученные с помощью именно этого спутника, Джону Мэтеру и Джорджу Смуту была присуждена Нобелевская премия по физике 2006 г. Затем лектор представил краткую картину будущих исследований с помощью строящегося в NASA космического инфракрасного телескопа «Джеймс Уэбб», запуск которого запланирован на 2014 г. Его задачи весьма обширны: от изучения темной материи до попыток

обнаружить планеты в других звездных системах.

Лекция продолжалась час, примерно столько же заняли ответы на вопросы, причем по информационной насыщенности вторые не уступали первой. Вопросов оказалось очень много: от личных — «Бывали ли вы когда-нибудь в России?» до общеобразовательных и научных — «Возможно ли, что теория Большого взрыва на самом деле не соответствует действительности?».

Кстати, не исключено, что главной удачей лекции оказалась не столько научная информация, сколько возможность познакомиться со стилем мышления нобелевского лауреата. Так, на вопрос, какую задачу исследования Вселенной с помощью телескопа «Джеймс Уэбб» он считает самой важной, Джон Мэтер ответил: «Образование первых звезд. Существует гипотеза, что первые звезды сформировались не из обычной, а из темной материи, которую они перерабатывали в своих ядрах. Мне кажется, это очень интересная мысль, и если ее удастся проверить, это будет чрезвычайно важным научным результатом». Кроме этого, необычайно интересны поиски прямых свидетельств жизни на других планетах — возможно, не «Джеймс Уэбб», но другие телескопы смогут решить эту задачу уже в ближайшем будущем. ■

Ольга Закутняя

Для женщин в науке

10 ноября в Москве состоялась третья церемония вручения российским ученым национальных стипендий Л'ОРЕАЛЬ-ЮНЕСКО

Лауреатами премии стали десять молодых женщин-ученых, занимающихся исследованиями в области физики, химии, биологии и медицины, избравших для себя в жизни нелегкий, но интересный путь — путь научных изысканий. Они поблагодарили своих преподавателей, научных руководителей, без которых их успехи в науке были бы невозможны. Многие подчеркнули, что

наука — дело коллективное, и их научные результаты — не только их личное достижение, но и заслуга их коллег.

В этом году на конкурс было подано 400 заявок из 70 городов России, что на 30% больше, чем в прошлом году. Отбор стипендиатов осуществляло жюри под председательством проректора МГУ, академика А.Р. Хохлова. В состав жюри вош-

ли академик В.Е. Фортов, академик М.П. Егоров, член-корреспондент РАН О.А. Донцова, доктор биологических наук М.С. Гельфанд, доктор биологических наук С.Г. Георгиева, генеральный секретарь «Л'ОРЕАЛЬ Россия» Жорж Шишманов.

По словам академика А.Р. Хохлова, одним из основных критериев отбора стал индекс цитируемости кандидата. Кроме того, жюри оценивало оригинальность выбранного научного направления, уровень работ, личный вклад кандидатов в работы, их вовлеченность в жизнь научного учреждения и намерение продолжать карьеру в России. По условиям конкурса соискательницами стипендии могли стать женщины-

ученые, кандидаты наук в возрасте до 35 лет, работающие в российских научных институтах и вузах.

Международная программа «Для женщин в науке» существует уже более десяти лет и охватывает 90 стран. Ежегодно главная премия Л'ОРЕАЛЬ-ЮНЕСКО присуждается пяти женщинам-ученым, добившимся выдающихся успехов в науке, по каждому из мировых регионов: Европе, Латинской Америке, Северной Америке, странам Азии и Тихоокеанского региона, Африке и арабским странам. Национальный конкурс проводится в России с 2007 г. при поддержке Российской академии наук. В 2007 г. грантами были награждены пять человек, а с 2008 г. стипендия ежегодно вручается уже десяти ученым. Благодаря национальным стипендиям уже 700 женщин-ученых смогли успешно продолжить свою научную карьеру.



В 2009 г. рекордное количество женщин было удостоено Нобелевской премии — ее получили пять ученых в следующих областях: физиология и медицина, химия, экономика и литература. Два нобелевских лауреата 2009 г. были ранее награждены премией Л'ОРЕАЛЬ-ЮНЕСКО «Для женщин в науке»: профессор Элизабет Блэкберн (Elizabeth Blackburn), получившая Нобелевскую премию в области медицины, — лауреат 2008 г. по Северной Америке и профессор Ада Йонат (Ada Yonath), удостоенная премии в области химии, — лауреат 2008 г. по Европе. За 11 лет существования

международной премии Л'ОРЕАЛЬ-ЮНЕСКО «Для женщин в науке» 57 лауреатов были награждены за достижения в профессиональной деятельности, а 150 международных стипендиатов получили возможность продолжить свои научные исследования. Возможно, скептически настроенные люди скажут, что настоящая научная премия не должна разделять исследователей по полу. Однако существование такой премии оправдывается тем очевидным фактом, что женщиной в науке быть труднее, чем мужчиной. ■

Анна Мостовая

Поддержка молодых ученых в России

В конце октября в медиацентре газеты «Известия» обсудили вопросы государственной поддержки молодых ученых, также были подведены итоги конкурсов на право получения грантов Президента РФ.

В этом году общее количество грантов было меньше — вместо 100 грантов для докторов наук было представлено 60, вместо 500 для кандидатов наук — 400. Однако размер каждого гранта был увеличен в четыре раза. Об этом заявил заместитель председателя Совета по грантам Президента Российской Федерации по государственной поддержке молодых российских ученых и ведущих научных школ Российской Федерации А.В. Клименко. По сравнению с предыдущими годами (конкурс проводится с 1996 г.) возросло количество заявок — на конкурс молодых кандидатов наук было подано 2970, докторов наук — 334. Поскольку условия гранта предполагают формирование учеными рабочих групп из студентов и аспирантов, организаторы конкурса полагают, что это создаст основы на-

учного коллектива. Для конкурса текущего года характерно, что из 400 победителей среди кандидатов наук 90 заявили тематику, связанную с исследованиями в сфере нанотехнологий.

Темы молодых докторов наук — победителей весьма разнообразны. Вот некоторые примеры: в области науки о Земле, экологии и рационального природопользования — «Кристаллохимия минералов и соединений урана и цезия», «Разработка технологии расчетного мониторинга загрязнения объектов окружающей среды мегаполиса, методов анализа экологического риска и механизмов обеспечения экологической безопасности населения и территории на основании инновационных IT-технологий», в сфере общественных и гуманитарных наук — «Социальное сиротство: стратегии и перспективы социальной инклюзии», «Разработка методологии построения гибридных агент-ориентированных моделей (на примере агент-ориентированной модели воспроизводства научного потенциала России)», «Стратегии преодоления

кризиса в социальном развитии молодежи», «Текстология и поэтика русской классической литературы: Гомер в переводах В.А. Жуковского».

В ходе дискуссии выяснилось, что в России результаты научных исследований по-прежнему низко востребованы бизнесом, имеются проблемы с внедрением разработок в производство. В обсуждении приняли участие помощник руководителя Федерального агентства по науке и инновациям А.Б. Ананченко, заместитель начальника Управления программ и проектов, председатель конкурсной комиссии В.В. Качак, а также победители конкурса 2009 г., кандидаты наук С.Н. Бокова (Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН), А.В. Рыженков (МЭИ), М.С. Каленков (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН), И.К. Гайнуллин (МГУ). Итогом обсуждения стало намерение повышать престиж профессии ученого, заниматься популяризацией результатов исследований, изыскивать различные способы привлечения молодежи в науку. Гранты Президента РФ стали одной из форм такой работы. ■

Дмитрий Мисюров

Водный кризис

Сколько воды нужно человечеству?

Более 2/3 поверхности Земли покрыто водой — это моря, океаны, реки и озера. Тем не менее во многих странах ощущается острая нехватка пресной воды. Вместе с ростом населения и экономических потребностей растут и потребности в воде. Ожидает ли человечество водный кризис? Об этом шла речь на очередном заседании клуба-лектория Российского агентства международной информации «РИА Новости» в рамках проекта «Мозаика знаний». Лекцию читал член-корреспондент Российской академии наук, директор Института водных ресурсов РАН В.И. Данилов-Данильян.

В наши дни более миллиарда людей на планете живут в состоянии водного кризиса, т.е. ежедневно страдают от дефицита пресной воды, еще 900 млн испытывают так называемый водный стресс, не имея достаточного количества воды на свои нужды. Не случайно международные организации обращают особое внимание на эту проблему: уже объявлены год пресной воды, десятилетие водных ресурсов.

Однако дефицит воды связан не только с ростом населения, но и с уменьшением доступных водных запасов. Почему же запасы пресной воды на планете иссякают, а кривая обеспеченности водными ресурсами идет вниз?

Согласно современному определению, вода — возобновимый, воспроизводимый ресурс. Однако, по мнению В.И. Данилова-Данильяна, необходима существенная поправка: вода — относительно возобновимый ресурс. Деятельность человека, переэксплуатация источников зачастую ведет к деградации водных экосистем. Ученый подчеркнул, что ценность источника обусловлена деятельностью биоты, обеспечивающей естественный механизм очистки, и ее разрушение приводит к тому, что источники питьевой воды становятся непригодными.

Лишь до тех пор, пока работает природный механизм восстановления, вода возобновима, если же этот механизм нарушается, снижается и объем доступных водных ресурсов.

Серьезную угрозу водообеспеченности наносит интенсивный сброс в водоемы такого количества загрязненных вод, что экосистемы с ним не справляются. Только в России это более 20 кубокилометров в год (1 куб. км = 1 млрд т). Если возможности экосистемы превышены, то часть загрязнителей накапливается в донных отложениях. В результате запасы экономически доступных пресных вод убывают.

Еще одна причина снижения водных запасов — непродуманное строительство, негативно воздействующее на водные экосистемы. Наибольшую угрозу представляют собой глубокие карьеры, из-за которых происходит полное обезвоживание территорий. Переэксплуатация подземных вод также приводит к нарушению гидрологического цикла. Многие реки Подмосковья умерли именно из-за нерегламентированного забора воды из артезианских скважин.

В целом по миру практически вся экономически доступная пресная вода будет вовлечена в хозяйственную деятельность к 2025–2040 гг. (по разным оценкам, в зависимости от сценария роста водопотребления).

В.И. Данилов-Данильян не обошел вниманием влияние на водные ресурсы и глобальных изменений климата, приводящих к ухудшению гидрологического режима. Несмотря на то что общее количество осадков в мире скорее всего увеличится, возрастет и неравномерность их выпадения. Объем осадков повысится там, где воды и без того хватает, а в дефицитных районах сократится, обостряя засухи. Ухудшится режим осадков, т.е. они будут выпадать

более неравномерно в течение года, очень интенсивно в течение кратких периодов, за которыми будут следовать длительные засушливые периоды. Такой режим крайне неблагоприятен, в частности негативно отражается на сельском хозяйстве.

Потребность в воде для промышленных и бытовых нужд за последние два столетия выросла катастрофически. В прошлом стандартным способом создания запасов воды для более равномерного обеспечения в течение года было сооружение водохранилищ. Во второй половине XX в. наблюдался невероятный рост гидростроительства: если к 1950 г. плотин выше 15 м было 5 тыс., то сейчас их более 45 тыс. В наше время число крупных водохранилищ растет довольно слабо. Связано это отчасти с тем, что после освоения бурильной техники воду стали получать из подземных источников. Свою роль сыграло и осознание экологических проблем: пренебрежение экологическими ограничениями приводит к необратимым последствиям. Однако главную роль сыграл все же экономический аспект. Сегодня ресурсы гидростроительства в развитых странах практически исчерпаны, а в развивающихся странах для масштабных проектов нет финансовых возможностей.

Так сколько же воды нужно человечеству? В.И. Данилов-Данильян привел следующие цифры, касающиеся водоемкости продукции. ТЭС мощностью 1 млн кВт потребляет в год не менее 1 куб. км воды, АЭС той же мощности — не менее 1,6 куб. км воды. Средний расход воды при производстве тонны стали — не менее 20 куб. м, тонны бумаги — 200 куб. м, тонны химволокна — 4 тыс. куб. м.

Основной водоемкий рыночный продукт — зерно. Страны, испытывающие дефицит воды, остро нуждаются в зерне. Оказывается, что импорт тонны зерна эквивалентен импорту 1 тыс. куб. м воды. Россия как одна из стран, в наибольшей степени обеспеченная водой, вполне может успешно торговать водоемкой продукцией, например металлом, бумагой. Причем отрасли

промышленности, обеспечивающие производство наукоемкой продукции, особенно восприимчивы к новым технологиям, что, в свою очередь, могло бы стимулировать высокотехнологичный рост российской экономики в целом.

Нарастание водного кризиса, уверен В.И. Данилов-Данильян, вынуж-

дает все человечество переходить к стратегии сбережения воды, рестраивать экономику на новый лад: от экстенсивного к интенсивному водопотреблению. Это означает, в первую очередь, использование менее водоемких технологий при производстве продукции, кроме того, более широкое внедрение новых

технологий очистки и охраны вод и, наконец, развитие культуры водопользования, включающей не только промышленное производство, но и жилищно-коммунальное хозяйство, утилизацию отходов, а в конечном итоге — повседневную жизнь каждого. ■

Ирина Прошкина

Немецкий язык — основа идентичности

В конце октября в Москве состоялась конференция «Актуальные вопросы преподавания и изучения немецкого языка: язык как основа сохранения и развития идентичности российских немцев». Пленарное заседание конференции открыла доцент кафедры этнографии и музееведения, кандидат исторических наук, заведующая научно-исследовательской лабораторией этнографии и истории немцев Сибири Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского Т.Б. Смирнова с докладом «Язык как основная характеристика этнической группы российских немцев: исторический аспект». Она отметила, что в настоящее время доля признающих немецкий язык родным среди российских немцев не выше 20%, при этом, согласно соцопросам, большинство немцев, живущих в России, заявляют о необходимости преподавания немецкого языка в школах. Эксперт Европейского совета, председатель рабочей группы немецких национальных меньшинств в Европе, доктор Коломан Бреннер в докладе «Поддержка школьного образования немецкого меньшинства в рамках Европейской хартии региональных языков или языков национальных меньшинств. Опыт Европы — версия для России» особое внимание уделил Хартии региональных языков или языков национальных меньшинств, которая поощряет использование языка меньшинств в образовании, СМИ, экономике, социальной, культурной жизни. Россия подписала Хартию в 2001 г., также действует программа «Нацио-

нальные меньшинства в России: развитие языков, культуры, СМИ и гражданского общества».

В дискуссии на тему «Почему российские немцы не говорят по-немецки?» приняли участие представители Министерства регионального развития Российской Федерации, Министерства внутренних дел Германии, Федеральной национально-культурной автономии (FNKA), Центрального управления школ за рубежом (ZfA), Немецкого культурного центра им. Гете, Германской службы академических обменов (DAAD), Немецкого общества по техническому сотрудничеству (GTZ) и другие.

Участники конференции обсуждали разнообразные подходы к проблеме: «Диалекты как фактор сохранения идентичности», «Язык и культура российских немцев», «Язык и литература российских немцев», «Стипендиальные программы по изучению немецкого языка по программам DAAD». Выяснилось, что многое в вопросах языкознания и идентичности зависит от семьи. Показательны были выводы круглого стола «Формирование идентичности в семье. Связь поколений». В целом был отмечен низкий уровень использования немецкого языка в семейных ситуациях, в семьях происходит быстрая ассимиляция с переключением немецкого языкового кода на русский, размываются этнокультурные ценности, прослеживается невысокая эффективность языковых курсов. Участники круглого стола сочли необходимым привлечь потенциал всех членов семьи к изучению детьми немецкого языка с раннего возраста, организо-

вать семейные российско-немецкие лагеря различного профиля и специализаций (профессиональные, молодежные, лечебно-оздоровительные и другие), усилить работу по изучению фамильных ценностей, созданию и описанию генеалогического древа семьи. В этой области важно также создавать условия для активизации партнерских, родственных связей, в том числе на деловой основе, расширять межгосударственные, межличностные и межгрупповые проекты, усиливать и поддерживать право российских немцев на специальное обучение в российских вузах по языковым специальностям (например, «Учитель немецкого языка», «Переводчик»), активизировать этнопсихологическую работу с немецкой молодежью.

Доктор Штефан Карш, заместитель руководителя московского филиала Германской службы академических обменов (DAAD), обратил внимание на проблему изучения немецкого языка в вузах. Вариант улучшения ситуации — введение двух обязательных иностранных языков в школах. Руководитель Ассоциации немецких лингвистических школ в США, доктор Рената фон Лудани поделилась опытом работы немецких воскресных школ в США, где учатся как этнические немцы, так и просто желающие обучаться в немецкой школе. Заместитель директора Немецкого культурного центра им. Гете в Москве доктор Кристоф Фельдхюз подчеркнул важность немецкого языка, призвав к расширению и активизации культурного обмена. ■

Дмитрий Мисюров



Шнапс — не водка. ЕГО СМАКОВАТЬ МОЖНО

Фирменный для немецкоязычных стран крепкий алкогольный напиток называется «шнапс» (Schnaps, от глагола schnappen — «хватать ртом воздух»). Это продукт дистилляции плодово-ягодного сырья. В отличие от нашей классической водки, которая не имеет цвета, вкуса и запаха, шнапс как раз ценится своими вкусом и ароматом. С этим обстоятельством, в частности, связано и еще одно важное для потребителя различие: если качественную водку можно пить практически с любой едой и в любой момент трапезы, то даже лучший шнапс приходится очень тщательно подбирать к конкретному блюду — из-за вкуса и аромата сырья, из которого сделан напиток

А выбор огромен. Бывает шнапс обычный яблочный (*Apfel*) и яблочный же, но выдержанный в бочке (*Apfel im Holz*). Среди грушевых очевидный лидер — из сорта *Williams*, наши люди обычно называют этот напиток «вилямовка». Вишневый шнапс называется *Kirschwasser* (буквально «вишневая вода»), особенно популярен он на юге Германии, в Шварцвальде, а само наименование этой «воды» юридически защищено на европейском уровне. Встречается также айвовый шнапс (*Quitte*), сливовый (*Zwetschke*), рябиновый (*Vogelbeere*), малиновый (*Himbeere*), смородиновый (*Ribisel*)... Многим нравится оригинальный шнапс под названием *Obstler*; несмотря на буквальное значение «фруктовый», обычно это смесь спиртов, полученных только из яблок и груш. Будете рассматривать этикетки — не забывайте, что в Австрии абрикос называют *Marille*, в отличие от литературного немецкого *Aprikose*. Что-то из этого сырьевого изобилия производители шнапса выращивают в своих собственных садах, которые напоминают скорее промышленные плантации, что-то закупают у садово-огородных специализированных хозяйств. У каждого серьезного производителя есть свои надежные сборщики, у которых, в свою очередь, свои секретные места в окрестных лесах с самой лучшей ягодой. За сезон в одном хозяйстве могут переработать, например, 2–3 т лесной малины, и это самый дорогой шнапс — на один литр конечного продукта идет до 30 кг отборного сырья. Отдельные энтузиасты даже кое-что из овощей используют, морковку или помидоры. Оригинален картофельный шнапс (*Erdapfelbrand*). И это все очень серьезные напитки с содержанием алкоголя 40–43%.

Шнапсовая страда начинается поздней весной — ранним летом с появлением клубники и заканчивается в январе следующего года. Это сезонное производство, привязанное к природным срокам созревания фруктов и ягод. Все стараются

перерабатывать именно свежее сырье в момент оптимальной зрелости, сокращая до минимума период его хранения, что позволяет в полной мере использовать все природные ароматы.

Само собой, у каждого производителя свои маленькие технологические секреты. Скажем, вишню нередко прессуют вместе с косточками, а потом еще и добавляют дробленную косточковую массу в сусло, отчего у готового продукта появляются неповторимые вкус и аромат. Аналогичный прием используют и с абрикосами: небольшое количество косточек участвует в процессе брожения, но перед дистилляцией их извлекают. Во многих случаях процесс брожения исходного сырья происходит при пониженной температуре (15–16° С), а значит медленно; в зависимости от содержания сахара такая ферментация может занять от одной недели до полутора месяцев. Собственно дистилляция тоже идет неспешно, и все по той же причине — нужно сохранить все исходные ароматы. В ходу также схема, известная по практике солидных коньячных домов: от каждой партии дистиллята отсекаются «голова» и «хвосты», используется только самая ценная сердцевина. Практически готовый, но еще слишком крепкий шнапс какое-то время дозревает, обретая желаемую гармонию комплексного и сложного продукта. Доведенный до оптимальной крепости и бутылированный, он еще немного отдыхает перед продажей и потреблением.

Отдельный интересный вопрос — о выдержке. Как правило, шнапсовые спирты хранят в стальных бочках литров на 200 или в больших стеклянных баллонах. В бочках из хорошего лимузенского дуба иногда выдерживают небольшие партии шнапса из определенного сырья и для конкретных потребительских групп, которые уже привыкли к стабильному вкусу любимого продукта. Бочки используют два-три раза, максимум четыре. Такие напитки нередко бывают повышенной крепости (до 48% алкоголя), их еще на-



ОБ АВТОРЕ

Анатолий Александрович Гендин — кандидат исторических наук, гастрономический журналист, писатель, автор серии гастрономических путеводителей «АТЛАС ГУРМАНА», директор информационного агентства «Локатор».





5 a
824 Ltr

4 a
839 Ltr

4

зывают «сигарными бренди» — они ценятся именно как хорошее сопровождение к сигаре. В оригинальных плоских флаконах, напоминающих о дорогих мужских парфюмах, обнаруживаются шнапсы, сочиненные специально под сигару, — скажем, абрикосовый *Cigar Marille* или грушевый *Cigar Dorrbirne*.

В принципе шнапс — не миллелимный продукт, год урожая на этикетках не указывается. Спирты, полученные из разных урожаев, нередко смешивают в поисках оптимального по вкусу и аромату результата. С другой стороны, мало кто специально оставляет спирт предыдущих лет для всяких экспериментов; гораздо чаще к тому моменту, когда появляется сырье нового урожая, все уже продано. Бутилируют шнапсы обычно под заказ. Держать готовый продукт в стеклянной таре особого смысла нет, лучше от этого он не станет, да и места свободного для наполненных бутылок обычно не бывает.

Еще 30–40 лет назад шнапс бывал обычно очень крепким — до 50–60% алкоголя; высокое содержание спирта подавляло фруктово-ягодный аромат. Сейчас все чаще он воспринимается как напиток для наслаждения; сорокаградусная жидкость уже не обжигает спиртом, она получается гораздо более ароматной и просто вкусной. К тому же производители утверждают, что на современном рынке более востребован молодой, свежий шнапс с ярко выраженным ароматом. Возможно, это всего лишь соображения коммерческого порядка: зачем замораживать ресурсы, если быстрый оборот гораздо выгоднее?

Понятно, что для таких особых напитков и тара должна быть специальная. Шнапсы часто разливают в бутылки с узким высоким горлышком, иногда их даже вручную расписывают грушами или яблоками — в зависимости от содержимого. С другой стороны, даже в самых модных винных бутиках обязательно найдутся ведерные пузатые бутылки с маленьким игривым крани-



ком, из которого можно наполнить любую емкость.

Некоторые производители рекомендуют употреблять свою продукцию при температуре от 16° до 22° С — и объясняют причину: охлажденный напиток не даст почувствовать всю глубину вкуса и аромата. Очень важна также правильная посуда, специальные бокалы для шнапса, иначе часть удовольствия тоже пропадает.

Для особо торжественных или густационных целей существует небольшой изысканный бокал с зауженной талией на высокой ножке. Для обычного застолья используется традиционная шнапсовая стопка, по форме «стоячая восьмерка». Есть еще стопки с зауженным дном и широким верхом, в ресторанах для них делают специальные подставки с простецкими велосипедными звонками на ручках — чтобы напоминать о том, что, мол, пора. Подают шнапс и в небольших округлых фужерах традиционной коньячной формы. Порция по нашим меркам маленькая (20 г), но в ней плавает миниатюрная груша или половинка абрикоса — в зависимости от вида шнапса. Прилагается также вилочка, которой нужно выловить фрукт, понюхать, оценивая аромат, затем выпить содержимое фужера, после чего закусить этой самой грушей или абрикосом.

Производство шнапса — в основном семейный бизнес, им занимаются из поколения в поколение.

Среди солидных производителей считается хорошим тоном регулярно выставлять свой продукт на самые разные конкурсы, в том числе международные; почетные дипломы и свидетельства о полученных медалях и призовых местах обязательно украшают их торговые залы.

Наконец, о терминологии. Многие производители считают, что традиционный термин *Schnaps* не то чтобы устарел, но приобрел стилистически сниженное звучание и обозначает совсем простой, деревенский напиток. Чтобы подчеркнуть высокое качество своего продукта, они все чаще пользуются термином *Brand* (синоним «бренди»). Встречается и термин *Edelbrand*, что можно перевести как «благородный бренди». То есть бывший *Apfelschnaps* теперь именуется *Apfelbrand*.

Следует откровенно признать, что у немецкоязычного шнапса есть серьезное преимущество перед нашим национальным напитком: он по праву считается классическим дижестивом, который завершает застолье уже после десерта, тогда как пить водку даже после самого вкусного десерта как-то не принято. ■



ШАГ В БУДУЩЕЕ

Металлургический комплекс как одна из базовых отраслей российской экономики требует постоянного наращивания конкурентных преимуществ, эффективности и высокотехнологичности предприятий для интеграции в мировую металлургию. Поэтому инвестиции в инновации всегда были одним из приоритетов развития металлургических компаний в разные времена. Российский горно-металлургический холдинг «Металлоинвест» шагнул далеко вперед в этом направлении, реализовав один из крупнейших для России проект производства горячебрикетированного железа (ГБЖ)

Положительная экономика предприятий позволила холдингу построить и ввести в эксплуатацию на Лебединском горно-обогатительном комбинате (ЛГОК) два крупнейших в мире модуля по производству горячебрикетированного железа в 2007 и 2008 гг. Сегодня ЛГОК — единственный производитель ГБЖ в России, странах СНГ и Европе. Комбинат, обеспечивающий теперь около трети российского экспорта сырья для выплавки стали, уже дважды занесен в Книгу рекордов Гиннеса: первый раз как предприятие, разрабатывающее уникальное по запасам месторождение железной руды, второй — как предприятие, имеющее крупнейший в мире карьер по добыче негорючих полезных ископаемых.

Лебединский ГОК расположен в городе Губкин Белгородской области. Сырьевая база комбината — уникальные по масштабам и качеству запасы железистых кварцитов Лебединского месторождения Курской магнитной аномалии. Подтвержденные запасы руды ЛГОК составляют более 6 млрд т, что гарантирует обеспеченность комбината высококачественным сырьем для бесперебойной работы более чем на 250 лет.

Добываемые на ЛГОК железистые кварциты включают главным образом магнетит (Fe_2O_3). Они сначала обогащаются до концентрата, затем прокаливаются и обрабатываются по технологии прямого восстановления с получением восстановленных до уровня Fe_2O_3 металлизированных окатышей.

В шахтной печи окатыши, которые составляют 100% шихты, проходят процесс восстановления до металлического губчатого железа со степенью металлизации, превышающей 93%. Следующий шаг — горячее прессование окатышей, которое проходит при температуре 680°C , чтобы получить плотный железосодержащий продукт в форме брикетов. Эти брикеты, известные

как горячебрикетированное железо (ГБЖ), — высоковостребованный и предпочтительный премиальный продукт для загрузки в электродуговые печи (ЭДП). По своим качественным характеристикам ГБЖ превосходит чугуны и используется на многих сталеплавильных предприятиях мира наряду с ломом. Однако в отличие от металлического лома, используемого до настоящего времени как основное сырье для выплавки стали в ЭДП, такие брикеты являются первородным сырьем, не содержащим примесей цветных металлов и пластмасс, которые существенно ухудшают качество готовой стали. Кроме того, ГБЖ — это пожаро- и взрывобезопасный продукт (в отличие от железа прямого восстановления, склонного к повторному окислению при хранении, что не только снижает содержание железа, но и может иногда привести к опасному самовозгоранию в течение транспортировки, особенно при повышенной влажности), поэтому более приветствуется международными требованиями по безопасной транспортировке.



Первый модуль производительностью 1,0 млн т ГБЖ в год был поставлен на Лебединском ГОК фирмой NUL (Мексика). Для второй очереди цеха ГБЖ была выбрана технология Midrex (США) известная с начала 1950-х гг. как характеризующаяся большим товарным объемом, простотой управления и повышенной прочностью готовых брикетов, что обеспечивает оптимальные параметры данного продукта при перегрузках во время транспортировки на большие расстояния. Эти преимущества технологии доказаны в ходе промышленной эксплуатации более чем 50 модулей по всему миру.

Процесс прямого восстановления железа — самый экологически чистый из всех процессов получения железа, об этом можно прочитать в любом учебнике по металлургии. В отличие от чугуна, в производстве ГБЖ не используется угольный кокс, поэтому данная технология позволяет исключить такие мощные источники выбросов вредных веществ, как коксохимический, агломерационный и доменный процессы, входящие в традиционную схему производства. Отсутствуют и твердые отходы в виде шлака, который обычно содержит окислы кальция, алюминия, магния, железа, марганца, соединения серы.

Методы прямого восстановления железа из руды, будучи экологически безопасными, позволяют с низкими затратами получать сталь с содержанием вредных примесей в два-три раза ниже, чем в металле, выплавленном традиционными методами.

При строительстве первой установки Лебединским ГОК была приобретена технология, апробированная

за рубежом и имеющая международный сертификат, подтверждающий экологическую безопасность. Кроме того, независимой российско-финской компанией была проведена дополнительная экспертиза безопасности проекта.

Следует особо отметить, что строительство первой установки по производству ГБЖ на ЛГОК не повлияло существенным образом на количество суммарных выбросов вредных веществ в атмосферу. Выбросы этой установки не превышают 5% от общих выбросов комбината. Кроме того, мероприятия по снижению общей техногенной нагрузки предприятия на окружающую среду помогли не только компенсировать выбросы цеха горячбрикетированного железа, но и снизить общий уровень загрязнения по комбинату.

Стратегия дальнейшего развития холдинга «Металлоинвест» подразумевает создание в будущем крупнейшего производителя горячбрикетированного железа в мире. Так, в 2007 г. ЛГОК произвел более 1,2 млн т ГБЖ (более 8% от мирового объема товарной металлургической продукции). Производительность второго модуля — 1,4 млн т ГБЖ в год, но она сразу после пуска была превышена на 10% по удельной мощности.

Наращивание объемов производства ГБЖ наряду с разработкой уникальных залежей железной руды позволит Лебединскому ГОК и холдингу «Металлоинвест» реализовать амбициозные планы в будущем и даст возможность России стать ведущим мировым игроком в горно-металлургическом секторе. ■



Читайте в следующем выпуске журнала

ПУТЬ К НАДЕЖНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ В 2030 ГОДУ

Ветер, вода и Солнце способны удовлетворить все потребности человечества в электроэнергии, что позволит отказаться от использования ископаемого топлива

ДАВНО ПОТЕРЯННЫЕ РОДСТВЕННИКИ СОЛНЦА

Солнце родилось в семействе звезд. Что стало с ними?

НОВЫЕ ПОДОЗРЕВАЕМЫЕ ПО ДЕЛУ О ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛИ

Глиальные клетки заботятся о питании и поддержании жизнедеятельности нейронов, но иногда их забота становится чрезмерной. Контроль над этими клетками мог бы дать средства против боли, при которой бессильны современные лекарства

ВСЕОХВАТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Интернет готов в корне изменить практику просмотра телевидения, но вопрос о том, как именно это организовать, стал предметом серьезных споров

БУДУЩЕЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Специалисты предвидят увеличение обмена информацией между автомобилями и рост разнообразия их типов

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

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.

2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (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 podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
- по факсу: +7(495) 925-03-72, 727-35-30, 727-35-39

Стоимость подписки на первое полугодие 2010 г. составит:

Для физических лиц: **1140 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1500 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2005–2006 гг. — **50 руб. 00 коп.**, за 2007 г. — **70 руб. 00 коп.**, за 2008 г. — **80 руб. 00 коп.**;

за 2009 г. — **100 руб. 00 коп.** — **первое полугодие, 110 руб. 00 коп.** — **второе полугодие**; за 2010 г. — **120 руб. 00 коп.**,

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **70 руб.**

Номера журнала за 2003–2004 гг. предоставляются в редакции бесплатно.

Бланк подписки на журнал размещен на сайте www.sciam.ru.

Уважаемые подписчики! После подтверждения платежа вы будете получать журнал ежемесячно с доставкой на отделение почтовой связи.

* Если ваша заявка о подписке получена до 10 числа месяца, то, начиная со следующего месяца, с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

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

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 2010 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2009 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2008 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2007 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2006 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2005 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2004 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2003 г. | | | | | | | | | | | | |

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

ЗАО «В мире науки»
 Расчетный счет 40702810100120000141
 в ОАО «ВТБ» 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» № _____ год | | |
| Плательщик | | |

ЗАО «В мире науки»
 Расчетный счет 40702810100120000141
 в ОАО «ВТБ» 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» № _____ год | | |
| Плательщик | | |

ПОМИМО ЭТОГО ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ВОЗМОЖНО:

■ в интернет-магазинах
www.subscribe.ru,
www.russische-presse.de.

■ в книжных магазинах научного центра «ФИЗМАТКНИГА»,
 тел.: 409-93-28.

■ по каталогам:
 «Пресса России»,
 подписной индекс 45724 –
 для физ. лиц;
 39869 – для юр. лиц;

«Роспечать»,
 подписной индекс 81736 –
 для физ. лиц;
 19559 – для юр. лиц;

«Почта России»,
 подписной индекс 16575 –
 для физ.лиц;
 11406 – для юр. лиц.

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

■ Подписка для жителей Республики Беларусь для индивидуальных пользователей – индекс 81736, для предприятий и организаций – индекс 19559.

