

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

№9 2011

Космология
ПОТЕРЯННЫЕ
ГАЛАКТИКИ

Нанотехнологии
УМНЫЙ
МАГАЗИН

Пределы разумного

ЕСТЬ ЛИ ГРАНИЦЫ
РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТА?

Изменение климата
ПОСЛЕДНЕЕ ВЕЛИКОЕ
ПОТЕПЛЕНИЕ

ISSN 0208-0621



9 770208 062001

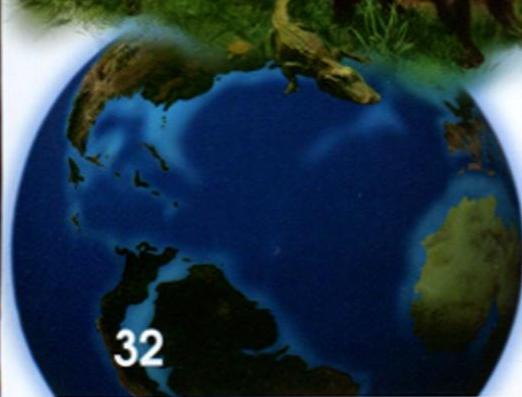
11009



>



Журнал выходит при поддержке
МГУ имени М.В. Ломоносова



32

46

40

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

4

Нейронауки ПРЕДЕЛЫ РАЗУМНОГО

Дуглас Фокс

Превращению человеческого мозга во все более мощную думающую машину вполне способны воспрепятствовать законы физики

40

потепления кажутся медленными на фоне сегодняшнего

Глобальное потепление Я ПРИНАДЛЕЖУ НАУКЕ

Интервью: Майкл Лемоник

Почему в Палате представителей Ричард Мюллер не сказал скептикам то, что они хотели услышать

14

Космология ПОТЕРЯННЫЕ ГАЛАКТИКИ

Джеймс Гич

По самым последним оценкам,

Гидрокосмос ЧЕЛОВЕК ПОД ВОДОЙ

Александр Емельяненко

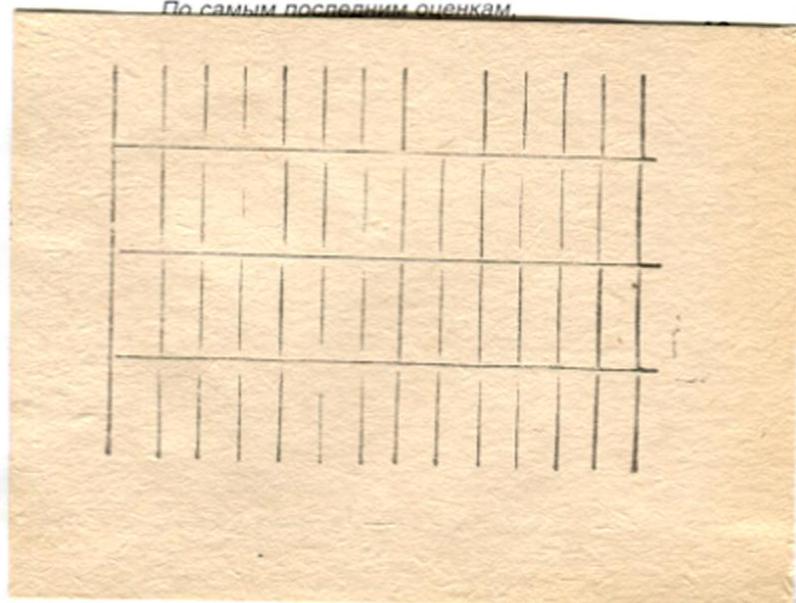
Хроника достижений и перспективы развития мировой гидронавтики

ПОСТИЖЕНИЕ ГЛУБИНЫ

Освоение Мирового океана подводными аппаратами

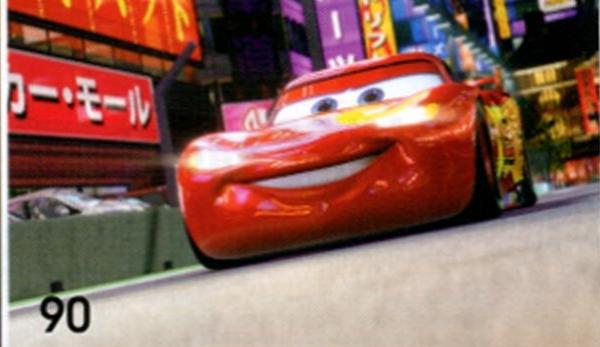
ЗА «РУСЬЮ» – «КОНСУЛ»

В распоряжение Военно-Морского Флота РФ переходят обитаемые подводные аппараты с глубиной погружения до 6 тыс. м

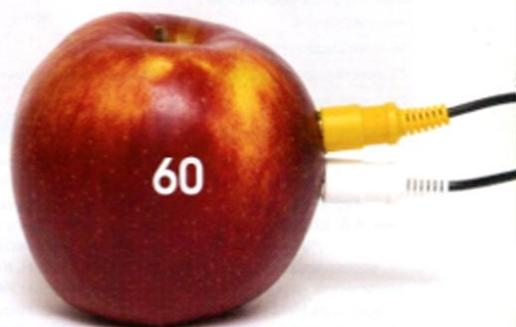




70



90



60

Учетный экземпляр

60

**НАНОТЕХНОЛОГИИ: БУДУЩЕЕ СЕГОДНЯ
А ТЕЛЕЖКА И ГОВОРИТ...**

Валерий Чумаков

Сегодня практически все эксперты солидарны во мнении, что уже к концу этого десятилетия RFID-технологии завоюют мир, и тогда человечество вступит в новую эпоху – эру моментальной идентификации

70

**ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ
ПРИРОЖДЕННЫЕ УБИЙЦЫ**

Кеннет Катанья

Смертельно ядовитые щупальценосные змеи используют удивительную тактику ловли рыбы

76

**ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ
МАСТЕРА МАСКИРОВКИ**

Питер Форбс

Способность животных к мимикрии поразительна и интересна тем, что обеспечивает уникальные возможности по изучению процесса эволюции

82

**ЗДРАВООХРАНЕНИЕ
ДЬЯВОЛЬСКИЙ РАК**

Менна Джонс и Хэмиш Маккаллум

Возможно ли появление контагиозного рака, грозящего полным уничтожением знаменитому тасманийскому сумчатому дьяволу, в человеческой популяции?

3

РАЗДЕЛЫ:

ОТ РЕДАКЦИИ

90

СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ

95

50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

82



Учредитель и издатель: ООО «Калица и Партнеры»
 Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор, Президент координационного совета
 Некоммерческого партнерства «Международное партнерство распространения научных знаний»: С.П. Калица

Заместители главного редактора: А.Ю. Мостинская
 О.И. Стрельцова

Зав. отделом естественных наук: В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских исследований: Ю.Г. Юджьявичюте

Выпускающий редактор: М.А. Янушкевич

Главный редактор сайта журнала «В мире науки»: В.Ю. Чумаков

Обозреватель: В.Ю. Чумаков

Научные консультанты:

Доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, директор Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», директор Института кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН, ученый секретарь Совета при Президенте РФ по науке, технологиям и образованию М.В. Ковальчук; управляющий директор ОАО «РОСНАНО» Г.Н. Колпацев; доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт» О.С. Нарайкин; кандидат физико-математических наук В.Г. Сурдин

Над номером работали:

А.Я. Басова, А.Ф. Емельяненко, Т.А. Митина, И.В. Ногаев, А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.И. Сидорова, Д.С. Хованский, Н.Н. Шафрановская

Арт-директор: С.Б. Кедис

Дизайнер: Я.В. Крутий

Корректурщик: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор

АНО «Телекомпания "Очевидное-Невероятное"»: С.В. Попова

Директор Управляющей компании: И.Г. Арданов

Директор Некоммерческого партнерства «Международное партнерство распространения научных знаний»: С.В. Попова

Главный бухгалтер: Д.В. Сухонослова

Адрес редакции:

Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138

Тел./факс: (495) 939-42-66

e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.

В верстке использованы шрифты Helios и BookmanC

Отпечатано: ЗАО «ГК "Экстра М"».

Заказ №9 - 11-08-00241

© В МИРЕ НАУКИ

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати. Свидетельство

ПИ №ФС77-43636 от 18 января 2011 г.

Тираж: 12 500 экземпляров

Цена договорная.

Передача 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, Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, George Musser, Kate Wong

Chief news editor: Philip M. Yam

Senior writer: Gary Stix

Contributing editors: Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins, John Rennie, Sarah Simpson

Art director: Ian Brown

President: Steven Inchoombe

Vice president, operations and administration: Frances Newburg

Executive Vice President: Michael Florek

Vice president and publisher: Bruce Brandon

© 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.

НАШИ ПАРТНЕРЫ:



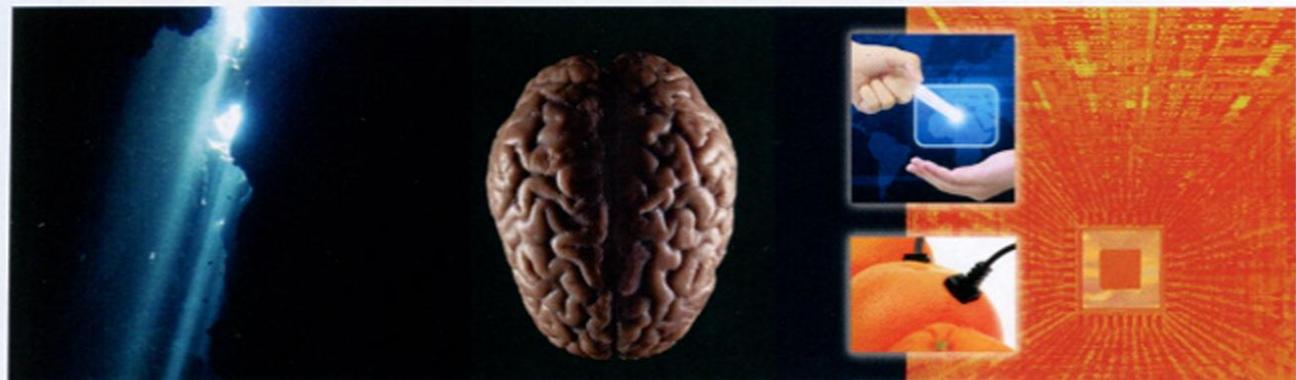
PETER



SERVICE



«ТЕЛЕКОМПАНИЯ "ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ"»



ДО ПРЕДЕЛА И ЗА ПРЕДЕЛЫ

Мы живем в эпоху стремительного наращивания научных знаний и постоянного пересмотра всех и всяческих границ, понимания невозможности какой бы то ни было определенности и в то же время – поиска неких ориентиров, системы координат, «точки сборки». И именно этот комплекс проблем стал лейтмотивом текущего выпуска журнала.

Так, статья, освещающая главную тему номера – «Пределы разумного» Дугласа Фокса, – рассматривает вопрос пределов развития человеческого интеллекта. Судя по данным большинства современных исследований, на пути у дальнейшей эволюции нашего разума стоят законы физики, и мы вряд ли сможем стать умнее, чем есть. Зато мы способны достичь новых интеллектуальных высот как общность: развитие технологий от письма до Интернета позволяет нам расширить наше сознание за пределами тела.

Хочется надеяться, что этот «коллективный интеллект», гораздо более мощный, чем умы единиц, поможет нам справиться с глобальным системным кризисом, угрожающей нашей цивилизации. Для того чтобы выжить, человечеству необходимо создать новую ноосферу – и о том, как это возможно, рассказывает статья Михаила Ковальчука и Олега Нарайкина «Конструктор для будущего».

С другой стороны, если говорить о физике, оказывается, что атомы нашего тела, возможно, когда-то побывали в межгалактическом пространстве. Мы – лишь часть грандиозного цикла преобразований барионов, происходящего во Вселенной. Так что, если смотреть на проблему оптимистически, пусть возможности нашего мозга и ограничены, и мы не можем не только понять того, субстанции какой природы со-

ставляют 96% нашей Вселенной, но и как следует разобраться с оставшимися 4%, уже само то, что человечество возникло, – огромная удача. Подробнее – в статье «Потерянные галактики» Джеймса Гича.

Отвлекаясь от космических масштабов, мы не можем не признать, что на Земле наши успехи несомненны. Об этапах покорения человеком гидросферы можно прочесть в статьях Александра Емельяненко «Человек под водой», «Постижение глубины» и «За "Русью" – "Консул"». О стремительном развитии высоких технологий повествует материал Валерия Чумакова «А тележка и говорит...», рассказывающий об эволюции RFID-меток, которая вскоре должна привести к возникновению «умных магазинов», обходящихся без обслуживающего персонала.

Несомненны и серьезные проблемы, которые сопровождают развитие цивилизации. Так, в спорном вопросе глобального потепления постепенно начинают приходить к общему знаменателю и приверженцы этой гипотезы, и отъявленные скептики, хором предостерегая о том, что процесс действительно наблюдается и что масштабы его несопоставимы ни с одной климатической катастрофой из происшедших ранее (подробности – в интервью с Робертом Мюллером «Я принадлежу науке» и в статье «Последнее великое глобальное потепление» Ли Кампа).

Так что, поскольку оставить Землю и переселиться на другую планету мы пока не можем, способности же органично соответствовать природным законам (как, например, герои статей Кеннета Катаньи и Питера Форбса) уже тоже давно лишены, выход у человечества один: совместными усилиями гармонизировать ноосферу. ■

Редакция журнала «В мире науки»



Пределы разумного

Превращению человеческого мозга во все более мощную думающую машину вполне способны воспрепятствовать законы физики

Дуглас Фокс



ОБ АВТОРЕ

Дуглас Фокс (Douglas Fox) – свободный писатель, живущий в Сан-Франциско, часто публикуется в *New Scientist*, *Discover*, *Christian Science Monitor*, лауреат нескольких премий, последняя из которых – Премия за публикацию на важную тему от Американского общества журналистов и писателей.

Лауреат нобелевской премии испанский биолог Сантьяго Рамон-и-Кахаль (Santiago Ramon y Cajal), который картировал нейронные структуры насекомых в последнее десятилетие перед Первой мировой войной, сравнил мельчайшие схемы работы их зрительных нейронов с изысканными карманными часами. Что же касается млекопитающих, то, по его мнению, они напоминают скорее дедушкины пустотелые часы. Действительно, как это ни парадоксально звучит, но пчела с ее миллиграммовым мозгом может выполнять такие задачи, как ориентирование в лабиринте и на местности, столь же успешно, как и млекопитающие. Пусть интеллект медоносной пчелы и ограничен сравнительно небольшим числом нейронов, но она, безусловно, стремится выжать из них все возможное.

Другая крайность – слон: его мозг больше пчелиного в 5 млн раз, но столь же неэффективен, как расплзающаяся Персидская империя. Для того чтобы совершить путешествие от одного участка мозга к другому, нервному импульсу требуется в 100 раз больше времени, чем в мозге пчелы, то же самое справедливо и для прохождения сигнала от мозга слона до его ног. В результате это животное вынуждено в меньшей степени полагать-

ся на рефлексы, двигаться более медленно и растрчивать ценные ресурсы мозга на планирование каждого шага.

Мозг человека не настолько мал, как у пчелы, но и не так огромен, как у слона, однако лишь немногие люди понимают, что законы физики накладывают очень жесткие ограничения на наши умственные способности. Антропологи неоднократно размышляли об анатомических препятствиях на пути увеличения объема человеческого мозга, например сможет ли более крупная голова пройти через родовые пути двуногого. Если, однако, предположить, что эволюция решит эту проблему, то мы обнаружим другие, гораздо более существенные.

Так, возможно, мы станем умнее, если эволюционные процессы приведут к увеличению количества нейронов мозга или повышению скорости обмена информацией между ними. Но если суммировать результаты последних исследований по нескольким направлениям в этой области и довести их выводы до логического конца, то окажется, что такие хитрости быстро столкнутся с физическими ограничениями. Последние же восходят к самой природе нейронов и статистически допустимым возможностям передачи полезного сиг-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Возможно, человеческий интеллект почти достиг своего эволюционного предела. Различные исследования указывают, что большинство изменений, которые могут сделать нас умнее, ограничены законами физики.
- Например, увеличение размеров мозга до определенного момента ведет к усилению интеллекта, однако по мере дальнейшего роста его эффективность убывает: мозг начинает испытывать энергетический голод, а его работа замедляется. Улучшенные проводящие системы мозга также будут потреблять больше энергии и занимать непропорционально большое место.
- Более тонкие проводящие волокна попадают под термодинамические ограничения, аналогичные тем, которые возникают у транзисторов в компьютерных чипах: сигнал становится зашумленным.
- Однако, объединившись, люди могут достигнуть новых интеллектуальных высот. Развитие технологий от письма до Интернета позволяет нам расширить наше сознание за пределами тела.

нала при химическом обмене между нервными клетками. «Информация, шум и энергия неразрывно связаны между собой. – говорит Саймон Лафлин (Simon Laughlin), специалист по математическому моделированию нервной системы из Кембриджского университета. – Эта связь существует на уровне термодинамики».

Неужели законы термодинамики накладывают ограничения на интеллект, основанный на деятельности нейронов, универсальный для всех живых существ, будь то птицы, приматы, морские свинки или богомолы? Очевидно, данная проблема никогда не ставилась столь широко, но ученые, давшие интервью для этой статьи, согласились, что ее стоит обсудить. «Это очень интересный вопрос. – говорит Виджай Баласубраманиан (Vijay Balasubramanian), физик из Университета Пенсильвании, изучающий принципы кодирования информации нейронами. – Я никогда не сталкивался с тем, чтобы эта проблема обсуждалась даже в научной фантастике».

Конечно, интеллект – слишком широкое понятие: его трудно измерить и даже определить. Тем не менее нужно заметить, что согласно большинству тестов, люди – самые умные животные на Земле. Но не достигла ли по мере развития нашего мозга его способность перерабатывать информацию неких жестких ограничений? Возможны ли какие-либо физические границы для эволюции интеллекта, основанного на деятельности нейронов, не только для людей, но и для всех известных нам живых организмов?

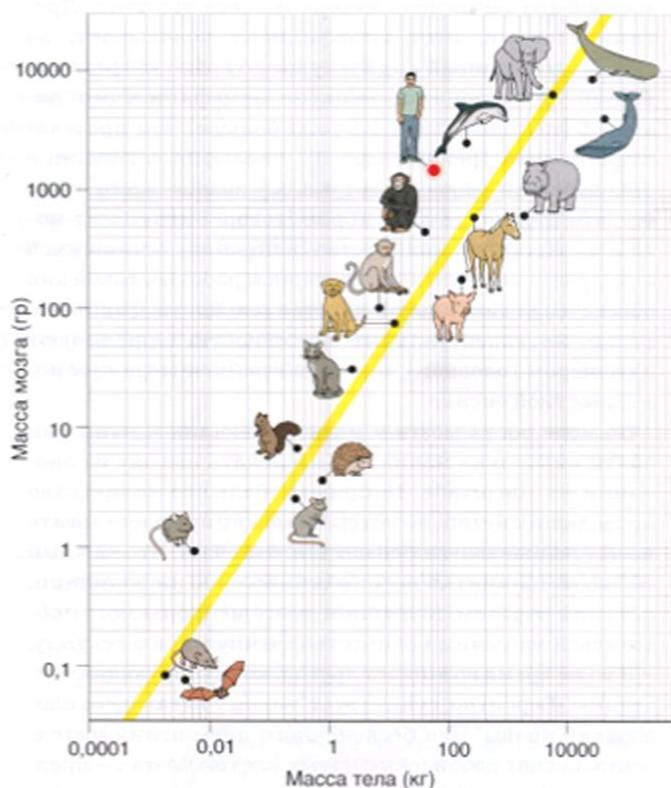
Что за голодный солитер у вас в голове?

Интуитивно мы можем предположить, что мозг может стать гораздо мощнее, если увеличится в размерах. И действительно, возможная связь между размером мозга и интеллектом на протяжении 100 лет привлекала внимание ученых. Большую часть конца XIX в. и начала XX в. биологи занимались исследованиями универсальных закономерностей живого – математических законов, относящихся к массе тела, в особенности к массе мозга, действующих для всего царства животных. Одно из преимуществ крупного мозга – большее количество нейронов, которые, по видимому, должны способствовать увеличению его производительности. Но уже тогда стало понятно, что размер мозга не определяет интеллект: корова не умнее мыши, хотя обладает в 100 раз большим мозгом. Размер мозга увеличивается одновременно с размером тела, чтобы исполнять более тривиальные задачи. Например, возрастает нагрузка на нейроны, обеспечивающие «хозяйственные функции», не связанные с интеллектом, такие как мониторинг большего количества тактильных нервов, обработка сигналов с большей площади сетчатки и контроль над большим количеством мышечных волокон.

Эжен Дюбуа (Eugene Dubois), голландский анатом, открывший череп *Homo erectus* на острове Ява в 1892 г., пытался найти способ оценивать интеллект животных, исходя из размеров их ископаемых черепов. Поэтому он

ЖИВОТНЫЕ, ОТКЛОНЯЮЩИЕСЯ ПО РАЗМЕРАМ МОЗГА

Умнее они или нет, но у более крупных животных мозг обычно больше. Хотя размер мозга увеличивается не на фиксированную величину, а на три четверти от прироста массы тела – закон, который представлен ниже в виде прямой линии на логарифмической шкале. Необычайно умные животные отклоняются от этой шкалы и располагаются выше, чем должны были бы. Люди отступают от закона трех четвертей с коэффициентом 7,5, превосходя все остальные виды. Однако с определенного момента увеличение размеров мозга приносит обратные результаты



Graphic by Brown Bird Design

работал над определением точного математического соотношения между размерами мозга и тела, предполагая, что животные с непропорционально большим мозгом будут умнее. Дюбуа и другие ученые создали постоянно пополняющуюся базу данных по массе головного мозга и тела различных животных. Так, один классический трактат сообщал о весе тел, органов и желез 3690 животных от древесных тараканов до желто-белых цапель, двупалых и трехпалых ленивцев.

Последователи Дюбуа обнаружили, что мозг млекопитающих увеличивается медленнее, чем тело, его

прирост составляет приблизительно три четверти от роста массы тела. Так, ондатра, тело которой в 16 раз больше, чем тело мыши, имеет мозг примерно в восемь раз больше. Это открытие привело к появлению инструмента, который искал Дюбуа: коэффициент энцефализации (индекса энцефализации), образующегося при сравнении реальной массы мозга животного с той, которая была вычислена исходя из веса его тела. Другими словами, этот коэффициент показывает, во сколько раз данный вид отстает от закона трех четвертей. У людей коэффициент энцефализации равен 7,5 (т.е. наш мозг в 7,5 раза больше, чем предсказывает закон трех четвертей); у дельфинов афалин – 5,3; у обезьян он достигает 4,8; а у волков – всего лишь 0,5, что неудивительно. Короче говоря, интеллект может зависеть от количества нейронов, оставшихся в резерве после выполнения «черной работы», такой как обеспечение тактильной чувствительности. Таким образом, интеллектуальные способности коррелируют с размером головного мозга, по крайней мере при поверхностной оценке.

По мере роста мозга у млекопитающих и птиц они почти наверняка начинают извлекать выгоду из экономии на масштабе. Например, большее количество проводящих путей, по которым может путешествовать между нейронами любой сигнал, означает, что каждый сигнал имплицитно несет в себе больше информации, и, таким образом, в крупном мозге нейроны могут обходиться меньшим количеством импульсов в секунду.

В то же время возникает другая, конкурирующая тенденция: «Вероятно, существует «закон убывающего плодородия почвы» для бесконечного повышения интеллекта за счет добавления новых клеток мозга», – предполагает Баласубраманиан. Размер предъявляет свои требования, наиболее очевидное из которых – увеличение потребления энергии. Уже сейчас мозг человека – самая прожорливая часть тела: составляя всего 2% общей массы, этот маленький жадный «солитер» пожирает 20% калорий, которые мы расходует в состоянии покоя. У новорожденных эта цифра достигает 65%.

Оставайтесь на связи

Большая часть энергетического потребления мозга связана с нервными сетями, связывающими его с различными органами. В человеческом мозге затраты на коммуникацию составляют 80% потребляемой энергии. Возможно, что по мере увеличения размеров нейронные сети становятся все более энергозатратными по ряду тонких, структурных причин. На са-

«Нейроны серого вещества головного мозга работают с аксонами, которые во многом достигли своих физических пределов»

Саймон Лафлин,
Кембриджский университет

аксон ветвится, образуя на кончиках ветвей синапсы, контактирующие с другими клетками. Аксоны, подобно телеграфным проводам, могут соединять между собой различные части мозга или образовывать нервы, которые простираются от центральной нервной системы в различные части тела.

На заре своей деятельности биологи измеряли диаметр аксонов под микроскопом, подсчитывали размер и плотность нервных клеток, а также количество синапсов, приходящихся на одну клетку. Они исследовали сотни, а иногда и тысячи клеток в мозге десятков видов. Стремясь усовершенствовать свои математические кривые и распространить их даже на самых больших животных, они научились извлекать неповрежденный мозг из китовой туши. Этот пятичасовой процесс был скрупулезно описан в 1880-х гг. биологом Густавом Адольфом Гульдбергом (Gustav Adolf Guldberg). Два человека, вооруженные пилой лесоруба, топором и стамеской, должны были приложить немало усилий для того, чтобы вскрыть верхнюю часть черепа.

Проведенные исследования показали, что по мере того как от вида к виду размеры мозга увеличиваются, в нем появляются некоторые тонкие и, по-видимому, неустойчивые изменения. Во-первых, возрастает средний размер нейронов. Это позволяет им подключаться к все большему количеству других нервных клеток, т.к. общее количество нейронов в головном мозге увеличивается. Но более крупные клетки располагаются в коре головного мозга менее плотно, так что возрастает расстояние между клетками, равно как и длина аксонов, необходимых для подключения. Удлинение аксона означает увеличение времени прохождения сигнала между клетками, поэтому для сохранения прежней скорости аксоны должны стать толще (толстые аксоны проводят сигналы быстрее).

Исследователи также обнаружили, что по мере увеличения мозга от вида к виду в его коре появляется все большее и большее число новых зон. Вы можете увидеть их, если окрасите ткани мозга и посмотрите на них в микроскоп: отдельные участки коры будут иметь разный цвет. Эти области часто соответствуют специализированным функциям, например пониманию речи и распознаванию лиц. С увеличением раз-

мом деле, хотя биологи продолжали собирать данные о размерах мозга до середины XX в., они занялись гораздо более сложным и смелым делом: определением общих «принципов проектирования» мозга, а также тем, как эти принципы работают в мозге различных размеров.

Типичный нейрон имеет длинный хвост, который называется аксоном. На своем конце

меров мозга такая локализация изменяется: функции аналогичных зон в левом и правом полушарии перестают совпадать, например в том, что касается распознавания речи и пространственной ориентировки.

На протяжении десятилетий это разделение мозга на все более специализированные зоны рассматривалось как признак интеллекта. Но, по словам Марка Чангизи (Mark Changizi), специалиста по математическому моделированию нервной системы из лаборатории 2Ai в г. Бойсе, штат Айдахо, правда в этом случае может оказаться гораздо более приземленной: специ-

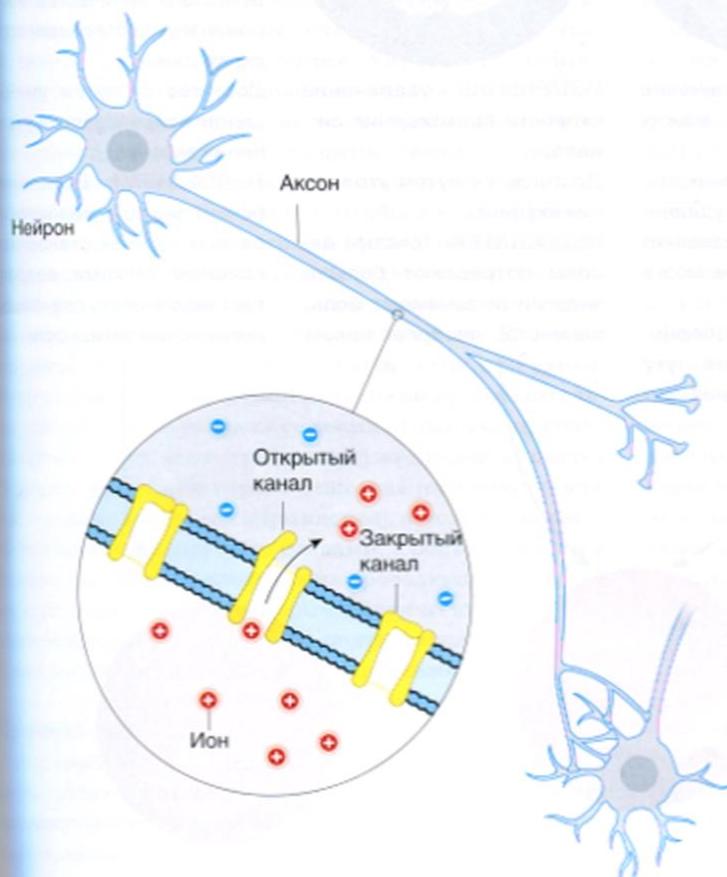
ализация компенсирует проблемы с подсоединением, которые возникают в процессе увеличения мозга. Так, в мозге коровы содержится в 100 раз больше клеток, чем у мыши, соответственно, нейроны коровы не могут достаточно быстро создать между собой необходимые связи, подобные тем, которые возникают в мозге грызуна. Мозг решает эту проблему путем разделения функционирующих сходным образом нейронов на специализированные модули с тесной связью между клетками внутри модуля и с гораздо меньшим количеством отдаленных соединений между ними. Разделение функ-

ФИЗИКА МЫСЛИ

Так же как уменьшение транзисторов делает компьютеры более мощными, мозг с более мелкими компонентами, в принципе, более силен и быстр. Однако человеческие нейроны и в частности их длинные «хвосты» — аксоны, возможно, уже достигли своего физического предела или приблизились к нему.

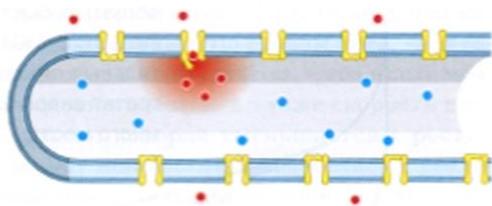
Аксоны позволяют нейронам создавать сети. Когда нейрон возбуждается, он посылает электрический импульс вдоль аксона, который затем воздействует на другие нейроны. Проведение импульса по аксону происходит с помощью открытия ионных каналов, встроенных в клеточную мембрану (на рис.), которые позволяют ионам входить в клетку. При поступлении достаточного количества ионов они изменяют электрическое напряжение на мембране, которое в свою очередь открывает соседние каналы, как при эффекте домино.

Более тонкие аксоны экономят место и потребляют меньше энергии. Природа, однако, кажется, уже сделала их столь тонкими, как они могут быть: немного тоньше, и случайное открытие каналов создаст слишком много шумов, а это означает, что по аксону будет проходить слишком много сигналов в отсутствие импульсов от нейрона



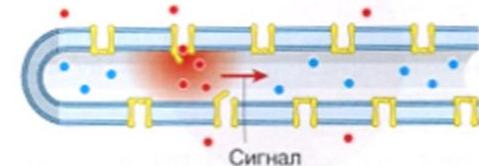
НЕСУЩЕСТВЕННАЯ ПОМЕХА

В типичном нейроне при случайном открытии ионных каналов они тут же закрываются до того, как это приведет к каким-либо последствиям



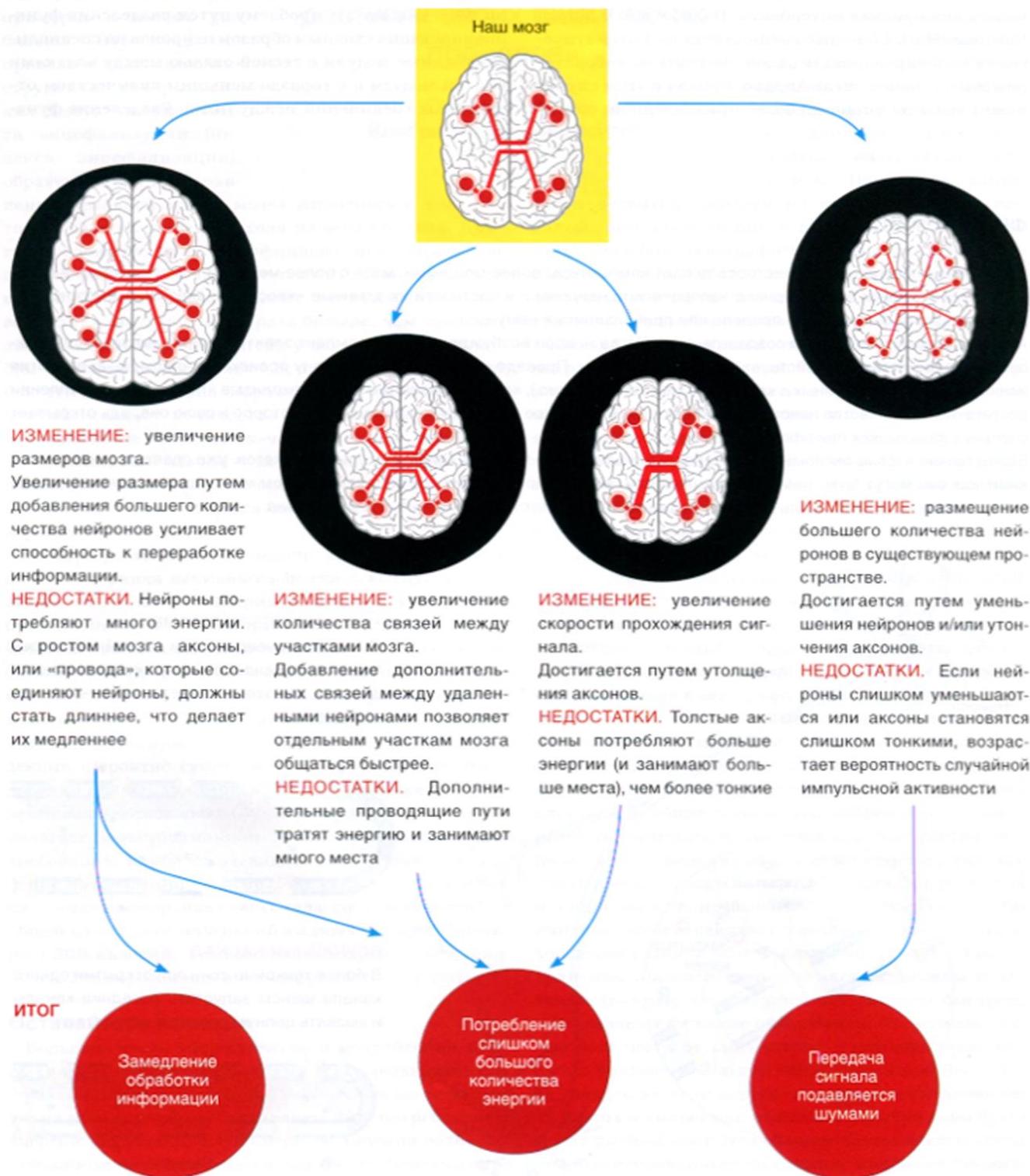
СЛУЧАЙНЫЙ КАСКАД

В более тонком аксоне при открытии одного канала шансы запустить соседние каналы и вызвать цепную реакцию возрастают



ПОЧЕМУ МЫ НЕ МОЖЕМ СТАТЬ ГОРАЗДО УМНЕЕ?

Миниатюризация – это лишь одно из нескольких эволюционных изменений, которые могли бы, в принципе, улучшить наш интеллект. В то же время она имеет свои недостатки и наталкивается на термодинамические ограничения. Возможно, мы уже близки к максимально возможному уровню для интеллекта, основанного на работе нейронов



ций между правым и левым полушариями играет аналогичную роль: оно уменьшает количество информации, проходящей между полушариями, и тем самым минимизирует количество длинных, межполушарных аксонов, которые мозгу необходимо поддерживать. «Все эти, казалось бы, сложные особенности большого мозга оказываются просто необходимыми приспособлениями, чтобы справиться с коммуникационными проблемами, возникающими по мере его роста, – заявляет Чангизи. – Они не показывают, что этот мозг умнее».

Ян Карбовски (Jan Karbowski), специалист по моделированию в нейронауках из Польской академии наук в Варшаве, согласен с предыдущим автором. «Каким-то образом мозг должен оптимизировать одновременно несколько параметров, не допуская при этом никаких компромиссов, – говорит он. – Если вы улучшаете одно, то портите другое». Что произойдет, например, если вы будете расширять мозолистое тело (пучок аксонов, связывающий правое и левое полушария) достаточно быстро для того, чтобы поддерживать устойчивую связь по мере роста мозга? А если вы будете утолщать аксоны для того, чтобы с увеличением мозга не возрастала задержка сигналов при прохождении между полушариями? Результаты будут неудовлетворительными. Мозолистое тело, расширяясь, оттеснит полушария в стороны, и таким образом вскоре любое повышение производительности будет нейтрализовано.

Эти особенности были ясно показаны в экспериментах, демонстрирующих соотношение между шириной аксонов и скоростью проведения. В конце концов, утверждает Карбовски, нейроны действительно становятся больше с увеличением размера мозга, но не настолько быстро, чтобы сохранить прежний уровень связи. С ростом мозга аксоны также становятся толще, но и это происходит недостаточно быстро, чтобы компенсировать все более длительные задержки проведения импульса.

По словам Баласубраманиана, невозможность слишком быстрого увеличения ширины аксонов экономит не только место, но и энергетические затраты. Удвоение ширины аксона удваивает расход энергии при увеличении скорости проведения импульсов приблизительно только на 40%. Но даже со всеми этими ухищрениями объем белого вещества (аксоны) по-прежнему растет быстрее, чем объем серого вещества (основная часть нейронов, содержащих ядро клетки), а мозг увеличивается в размерах. Другими словами, с ростом мозга все больше его объема отводится на проводящие пути, а не на отдельные клетки, которые фактически обрабатывают информацию. Это снова подтверждает, что наращивание размера в конечном итоге нежизнеспособно.

Примат приматов

Учитывая столь печальное положение дел, легко понять, почему корова не способна извлечь больше ума из своего мозга размером с грейпфрут, чем мышь, у которой он не более ягоды черники. Но эволюция так-

же придумала впечатляющие обходные пути на уровне конструирования отдельных мозговых блоков. Когда в 2007 г. Джон Каас (Jon H. Kaas), нейробиолог из Университета Вандербильта, и его коллеги сравнили морфологию клеток головного мозга у целого ряда приматов, они наткнулись на ключевую особенность, которая, вероятно, и обусловила особое положение людей.

Каас обнаружил, что у приматов, в отличие от большинства других млекопитающих, с ростом мозга нейроны его коры очень мало увеличиваются в размерах. Некоторые нейроны действительно становятся больше, и эти редкие клетки обеспечивают поддержание хорошей связи. Но основная часть клеток не меняется. Таким образом, хотя мозг приматов растет от вида к виду, их нейроны остаются упакованными почти столь же плотно. Так, от мартышки к мирикине (трехполосому дурукулю) происходит удвоение массы мозга, и количество нейронов также увеличивается примерно вдвое, тогда как у грызунов с аналогичным удвоением массы мозга количество нейронов увеличивается всего на 60%. Это различие имеет огромные последствия. У людей 100 млрд нейронов упакованы в 1,5-2 кг мозга, но грызуну, мозг которого увеличивается согласно закону масштабирования, чтобы достигнуть такого числа нейронов, пришлось бы таскать за собой мозг весом в 45 кг. С точки зрения метаболизма такой мозг стал бы всепожирающим паразитом. «Возможно, это одно из объяснений того факта, что крупные грызуны, похоже, вообще не бывают умнее мелких», – говорит Каас.

Судя по всему, интеллект действительно связан с меньшими размерами и более плотной упаковкой нейронов. В 2005 г. нейробиологи Герхард Рот (Gerhard Roth) и Урсула Дике (Ursula Dicke) из Бременского университета в Германии рассмотрели ряд признаков, которые помогают предсказать уровень интеллекта у разных видов (измеряя его, грубо говоря, по сложности поведения) даже эффективнее, чем коэффициент энцефализации. По словам Рота, «факторы, тесно связанные с интеллектом, – это число нейронов в коре головного мозга, а также скорость проведения импульса», которая уменьшается с ростом расстояния между нейронами и возрастает с увеличением степени миелинизации аксонов. Миелин – липидная изоляция на аксоне, которая позволяет быстрее проводить сигналы.

Если Рот прав, то маленькие размеры нейронов приматов имеют двойные последствия: во-первых, с ростом мозга они позволяют в значительной степени увеличить количество клеток в его коре; во-вторых, они обеспечивают более быструю связь, потому что клетки упакованы более плотно. Слоны и киты относительно умны, но увеличение у них размеров нейронов и самого мозга оказывается неэффективным. Как говорит Рот, у этих животных «плотность нейронов гораздо ниже, а это означает, что

расстояние между нейронами больше и скорость проведения нервных импульсов значительно ниже».

На самом деле, специалисты по нейронаукам недавно обнаружили аналогичные варианты организации деятельности мозга у человека: люди с более быстрыми связями между участками их мозга, кажется, обладают самым ярким интеллектом. В 2009 г. Мартин ван ден Хойвель (Martijn P. van den Heuvel) из Медицинского центра Университета Утрехта в Нидерландах использовал функциональную магнитно-резонансную томографию, чтобы определить, как различные области мозга общаются друг с другом, т.е. через какое количество промежуточных участков они связываются между собой. Ван ден Хойвель обнаружил, что наличие более коротких путей между различными областями мозга коррелировало с более высоким IQ. Специалист по нейровизуализации Эдвард Балмор (Edward Bullmore) и его коллеги из Кембриджского университета в том же году получили аналогичные результаты, используя другой подход. Они определили рабочую память (способность удерживать в памяти сразу несколько номеров) у 29 здоровых людей. Затем они записали магнитоэнцефалограмму с головы своих испытуемых, чтобы оценить, насколько быстро связывались между собой участки мозга. Люди с наиболее прямой коммуникацией и наиболее быстрой передачей информации между нейронами обладали лучшей рабочей памятью.

Это важное открытие. Мы знаем, что по мере увеличения мозга он вынужден ограничивать число прямых связей между различными участками, экономя пространство и энергию. Большой человеческий мозг имеет сравнительно немного таких длинных соединений. Но Балмор и ван ден Хойвель показали, что и эти редкие, прямые соединения непропорционально сильно влияют на интеллект: мозги, которые экономят ресурсы, сокращая даже несколько из них, работают заметно хуже. «Вы платите цену за интеллект, – заключает Балмор, – и цена эта заключается в том, что вы не можете просто минимизировать проводящие пути».

Дизайн интеллекта

Если связи между нейронами, а также между отделами мозга, и есть то самое узкое место, которое ограничивает интеллект, то появление еще более мелких и близко расположенных друг к другу нейронов с более быстрой связью между ними должно привести к повышению интеллекта. Аналогичным образом, мозг может работать эффективнее при появлении аксонов, которые могут передавать сигналы быстрее на большие расстояния, не становясь толще. Но что препятствует уменьшению нейронов и аксонов после определенного уровня. Можно назвать это основной всех ограничений: белки, с помощью которых нейроны генерируют электрические импульсы, так называемые ионные каналы, по сути своей ненадежны.

Ионные каналы – крошечные клапаны, которые открываются и закрываются в результате изменения

молекулярной структуры белка. Открытые каналы позволяют ионам натрия, калия или кальция проходить через клеточную мембрану, создавая электрические сигналы и таким образом обеспечивая связь между нейронами. Но будучи столь микроскопическими, ионные каналы могут случайно открыться или закрыться даже благодаря простым тепловым колебаниям. Несложный биологический эксперимент демонстрирует этот недостаток. Изолируйте один ионный канал на поверхности нейрона, используя микроскопическую стеклянную трубку (это похоже на то, как вы на прогулке накрываете стеклянной чашкой одного муравья). Если вы измените напряжение на канале, это заставит его открыться или закрыться, однако он не переключается туда-сюда как выключатель на кухне. Канал включается и выключается в случайном порядке. Иногда он не открывается вообще; в других случаях открывается, когда это не нужно. Все, что вы можете сделать, изменяя напряжение, – это изменить вероятность того, что канал откроется.

Это выглядит как ужасная эволюционная ошибка при проектировании мозга, но на самом деле это компромисс. По словам Саймона Лафлина, «если канал будет приводиться в действие слишком легко, то он будет включаться под действием шума», как это происходит в описанном ранее эксперименте. «Если же пусковой фактор будет слишком тугим, то вы получите меньше шума, – утверждает ученый, – но чтобы открыть его, потребуются большие усилия», и в результате затраты энергии на работу ионного канала возрастут. Другими словами, используя легко запускаемые каналы, нейроны экономят энергию, но в качестве побочного эффекта каналы могут открыться или закрыться под действием случайного фактора. Такая система надежно работает только в том случае, если используется большое количество каналов, открытие которых может «проголосовать» за то, что нейрон действительно генерировал импульс. Последнее, однако, становится проблематичным с уменьшением нейронов. «При уменьшении размеров нейронов вы сокращаете количество каналов, доступных для передачи сигнала, – говорит Лафлин. – В результате возрастает шум».

В двух статьях, опубликованных в 2005 и 2007 гг., Саймон Лафлин и его коллеги подсчитали, насколько необходимость использовать достаточное количество ионных каналов ограничивает возможности уменьшения аксонов. Результаты были поразительными. По словам Лафлина, «когда аксоны достигают примерно от 150 до 200 нанометров в диаметре, они становятся невероятно шумными». В такой ситуации аксон содержит так мало ионных каналов, что случайное открытие даже одного из них может привести к передаче сигнала в отсутствие импульсной активности нейрона. Мельчайшие существующие аксоны, вероятно, разряжаются приблизительно шесть случайными импульсами в секунду. Если их еще чуть-чуть уменьшить, то они начнут посылать сигналы более чем

100 раз в секунду. «Нейроны серого вещества коры головного мозга работают с аксонами, которые достаточно близки к физическому пределу», – заключает ученый.

Этот фундаментальный компромисс между информацией, энергией и шумом не уникален для биологии. Он действует везде, начиная от оптоволоконной связи и до радиоловительской связи и компьютерных чипов. Транзисторы играют роль привратника для электрических сигналов, так же как и ионные каналы. В течение пяти десятилетий инженеры постоянно уменьшали транзисторы, все плотнее набивая их в чипы, чтобы создать все более быстрые компьютеры. В последних чипах величина транзисторов составляет 22 нм. При таких размерах становится очень сложно равномерно добавлять к кремнию присадки (небольшие количества других веществ, необходимых, чтобы получить свойства полупроводника). К тому моменту, когда транзисторы достигнут размеров приблизительно 10 нм, они будут настолько малы, что случайное присутствие или отсутствие одного атома бора заставит их вести себя непредсказуемо.

Инженеры могут обойти ограничения современных транзисторов, возвращаясь к чертежной доске и реорганизуя чипы с использованием совершенно новых технологий. Но эволюция не может начинаться с нуля: она должна работать с теми схемами и частями, которые просуществовали полмиллиарда лет, объясняет Генрих Райхерт (Heinrich Reichert), нейробиолог из Базельского университета в Швейцарии, занимающийся проблемами развития, – это как строительство линкора из модифицированных частей самолета.

Более того, есть еще одна причина сомневаться, что эволюционный скачок приведет к росту интеллекта. Когда впервые появились нейроны, природа располагала множеством вариантов, но 600 млн лет назад произошла удивительная вещь. По словам Рота, мозги пчелы, осьминога, ворона и млекопитающих с высоким интеллектом на первый взгляд не похожи между собой. Но если посмотреть на нейронные схемы, которые применяются для решения таких задач, как зрение, обоняние, пространственная ориентировка и эпизодическая память о последовательности событий, «удивительно, но все они имеют абсолютно одинаковые базовые структуры». Такая эволюционная конвергенция обычно предполагает, что определенные анатомические или физиологические системы достигли оптимального уровня, так что дальнейшее их улучшение маловероятно.

В таком случае возможно, что живые организмы достигли оптимальной нейронной модели. Она разрастается шаг за шагом в удивительном танце, при котором клетки растущего эмбриона взаимодействуют через сигнальные молекулы и физические стимулы, и это эволюционно закреплено.

Пчелы делают это

Итак, неужели сложность человеческого мозга достигла физического предела, учитывая доступные

для нас строительные блоки? Саймон Лафлин сомневается, что существуют какие-либо жесткие ограничения функций мозга за исключением скорости света. По его словам, «более вероятно, что срабатывает закон убывающей отдачи: чем больше вы вкладываете в это, тем меньше и меньше получаете в ответ». Наш мозг может вместить только определенное количество нейронов; эти нейроны могут установить между собой только определенное количество связей; и эти связи могут проводить только определенное количество импульсов в секунду. Более того, если наши тело и мозг станут намного больше, это приведет к увеличению потребления энергии, отвода тепла и времени, которое потребуется для передачи нервных импульсов из одной части мозга к другой.

Однако возможны более эффективные способы расширения человеческого разума без необходимости дальнейшей биологической эволюции. В конце концов, пчелы и другие социальные насекомые справляются с этим: действуя совместно со своими сестрами по улью, они формируют коллективное образование, которое умнее, чем сумма его частей. Мы тоже научились объединять наши интеллекты через социальное взаимодействие.

Кроме того, существует еще и технология. На протяжении тысячелетий письменность давала нам возможность хранить информацию за пределами нашего тела и обеспечивать возможности для запоминания информации, далеко выходящие за пределы нашего мозга. Можно утверждать, что Интернет – конечный результат тенденции к экспансии интеллекта за пределы тела. В некотором смысле утверждение, что Интернет оглушает человека, может быть правдой: наличие коллективного человеческого разума, воплощенного в определенной модели культуры и в существовании компьютеров, понижает мотивацию к развитию индивидуального ума. ■

Перевод: А.Я. Басова

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Evolution of the Brain and Intelligence. Gerhard Roth and Ursula Dicke in Trends in Cognitive Sciences, Vol. 9, No. 5, pages 250-257; May 2005.
- Cellular Scaling Rules for Primate Brains. Suzanaerculano-Houzel, Christine E. Collins, Peiyang Wong and Jon H. Kaas in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 104, No. 9, pages 3562-3567; February 27, 2007.
- Efficiency of Functional Brain Networks and Intellectual Performance. Martijn P. van den Heuvel, Cornelis J. Stam, Rene S. Kahn and Hilleke E. Hulshoff Pol in Journal of Neuroscience, Vol. 29, No. 23, pages 7619-7624; June 10, 2009.

A visualization of the cosmic web, showing a complex network of filaments and nodes. The filaments are primarily orange and red, with some blue and white highlights. The nodes are denser regions of light, appearing as bright red and white clusters. The background is dark, making the glowing structures stand out.

Джеймс Гич

потерянные ГАЛАКТИКИ

По самым последним оценкам, наблюдаемая часть нашей Вселенной содержит 200 млрд галактик. Астрономы удивлены: почему галактик так мало?



В РОДОВЫХ МУКАХ

Галактика, подобная нашей, образуется из плотного холодного газа (*красные струи*), а также выбрасывает горячий газ (*голубые струи*) обратно в межгалактическое пространство. Сформировавшаяся галактика содержит лишь малую долю вещества, участвовавшего в процессе ее формирования. На рисунке представлен результат компьютерного моделирования



ОБ АВТОРЕ

Джеймс Гич (James E. Geach) – астроном-наблюдатель, исследователь эволюции галактик, звездообразования и эволюции холодного газа в галактиках. Сотрудник Университета Макгилла (Монреаль, Канада).

Меня всегда поражала и очаровывала бесчисленная россыпь галактик на ночном небе. Самый чувствительный оптический снимок – глубокий обзор неба, сделанный космическим телескопом «Хаббл», – вмещает около 10 тыс. галактик на площади около одной сотой диска полной Луны. Если считать такую плотность галактик типичной, то на всем небе мы получим около 200 млрд галактик. И это только наиболее яркие из них. Истинное число галактик во Вселенной, вероятно, гораздо больше.

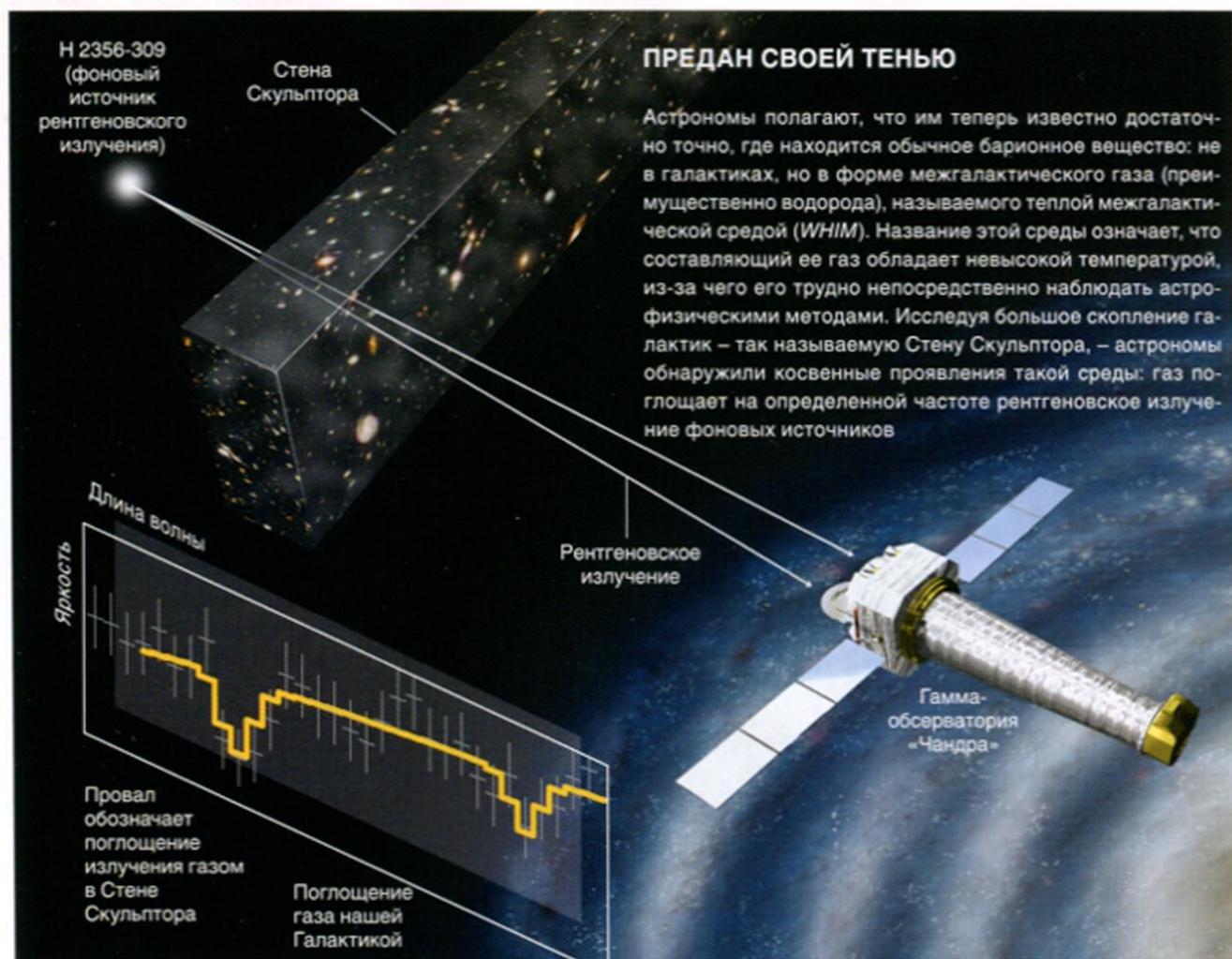
Откуда появились все галактики? Размышления над этим вопросом помогли мне стать астрономом и послужили основной темой моих научных исследований. С годами мой наивный взгляд на галактики постепенно менялся. Судя по наблюдаемому количеству галактик, природа должна быть большим мастером по их «изготовлению». Однако это не так. Если вы соберете в галактики все вещество, видимое в телескопы, то получите только десятые доли от общего количества вещества, родившегося в результате Большого взрыва. Где же в таком случае все остальное вещество и почему оно не сосредоточено в галактиках? Это два важнейших вопроса современной астрономии.

Сразу отметим, что это недостающее вещество отличается от темной материи и темной энергии, которые представляют собой субстанции неизвестного типа и содержат в себе около 96% общей массы наблюдаемой Вселенной. Что же касается галактик, то проблема заключается в оставшихся 4%, которые до недавнего времени считались довольно хорошо изученными. Мы будем говорить именно об этих 4% обычной материи, из которой состоит наши тела и все вокруг нас. Такая материя называется барионной, поскольку состоит преимущественно из барионов – класса частиц, включающего протоны и нейтроны. Мало того что большая часть вещества во Вселенной обладает неизвестной природой, но даже обычная материя далеко не полностью доступна нашим наблюдениям.

Другой способ обнаружить эту проблему заключается в том, что на основе имеющихся наблюдений процесс образования галактик должен быть крайне неэффективным, подобно тому как если бы крестьянин засеял целое поле зерном, но только одно зерно из десяти дало бы всходы. Такая картина кажется крайне маловероятной, и на протяжении многих лет астрономы пытались понять, как такое возможно. Одно из решений требует пересмотра не только про-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Забудьте о темной материи: даже обычного барионного вещества во Вселенной наблюдается очень мало. Почему только незначительная доля вещества находится в галактиках? А где же все остальное?
- Одно из возможных объяснений заключается в том, что островки обычного вещества плавают в гигантских океанах так называемой теплой межгалактической среды (*WHIM*), которую очень трудно обнаружить прямыми наблюдениями.
- Образование галактик неэффективно. Вещество попадает в галактику, а потом может быть снова из нее выброшено – эффект так называемой «обратной связи», препятствующий звездообразованию.
- Атомы вашего тела, возможно, побывали в межгалактическом пространстве. Галактики и их содержимое представляют собой открытую систему, взаимодействующую с окружающей межгалактической средой. Галактики не обладают фиксированной структурой, они подобны светящимся верхушкам айсберга гигантского газового океана Вселенной.



процесса образования галактик, но и самого определения «галактики». Однако для этого не нужно привлекать экзотические виды вещества; оказывается, мы даже про обычное вещество знаем еще далеко не все.

Дорогая, мы потеряли половину Вселенной!

За последние десятилетия астрономы и космологи шаг за шагом воссоздали историю космоса, отражающую состав Вселенной на различных этапах ее эволюции. Оказалось, что в прошлом Вселенная содержала больше барионов, чем мы можем сегодня непосредственно наблюдать.

Начальное количество барионного вещества сложно оценить. Эта информация «зашифрована» в параметрах микроволнового реликтового излучения. Множество экспериментов, в числе новейших – космическая миссия WMAP и Planck, обнаружили небольшие флуктуации температуры реликтового излучения. Спектр этих флуктуаций характеризует, в частности, параметр барионной плотности в ранней Вселенной, в эпоху, когда

галактики еще не начали формироваться. Независимая оценка плотности барионов следует из изобилия гелия, дейтерия и лития. Эти элементы были синтезированы в первые несколько минут после Большого взрыва, и их пропорции зависят от общего количества барионной материи. Оба этих метода указывают, что общее количество барионного вещества в современной Вселенной должно составлять 4% ее полной массы.

В начале своей эволюции все барионы находятся в состоянии горячей плазмы, заполняющей только что родившееся пространство. Далее в областях повышенной плотности под действием сил гравитационного притяжения газовые облака собирались в еще более плотные сгустки, которые и смогли стать зародышами будущих галактик. Астрономы обнаружили такие области газа в ранней Вселенной по анализу излучения, испущенного яркими далекими квазарами. Происхождение самих квазаров при таком анализе не существенно: необходимо только считать их исключительно яркими объектами, излучение которых чувствительно к прохождению

сквозь облака газа, перемещающиеся в межгалактическом пространстве. Так, если испущенный квазаром луч света проходит сквозь облако холодного нейтрального водорода, то этот газ поглощает часть фотонов. Поскольку поглощение происходит на определенной длине волны, то в регистрируемом спектре квазара возникают линии поглощения на вполне определенных частотах.

На своем пути по Вселенной луч света от квазара может пересечь сотни таких облаков, и каждое из них может оставить след в спектре квазара. Положение соответствующих линий поглощения будут незначительно различаться в зависимости от расстояния наблюдателя от облака. Суммируя все вклады, можно оценить количество барионов во всех пройденных лучом облаках. Результаты таковы: 5 млрд лет спустя после Большого взрыва (т.е. около 9 млрд лет назад) количество барионов все еще оставалось таким же, как вначале. Большинство барионов находилось в межгалактическом пространстве и еще не собрались в яркие галактики.

За следующие 9 млрд лет из огромного запаса первичного водорода сформировалась большая часть наблюдаемых сегодня галактик. Будучи в составе галактик, барионы присутствовали всюду: в звездах, звездных остатках, нейтральном газе (как атомарном, так и молекулярном), в ионизованном газе, пыли, планетах и, наконец, в людях. Ученые могут подсчитать массу барионов, присутствующих во всех указанных видах, с помощью измерения их электромагнитного спектра. Так, видимый и близкий к видимому инфракрасный свет характеризует массы звезд; излучение в радиодиапазоне – количество нейтрального атомарного водорода; инфракрасное излучение выявляет межзвездную пыль. Таким образом, астрономы обладают возможностями обнаружить барионы в очень разных видах во всех галактиках вокруг нас – однако в этом и кроется источник противоречия: все подсчеты дают около 10% начального количества барионов, присутствовавших в ранней Вселенной. Возможно, конечно, они никуда и не исчезали, а просто

рассредоточились в межгалактическом пространстве, но в таком случае почему же мы их не видим?

Теплая межгалактическая среда

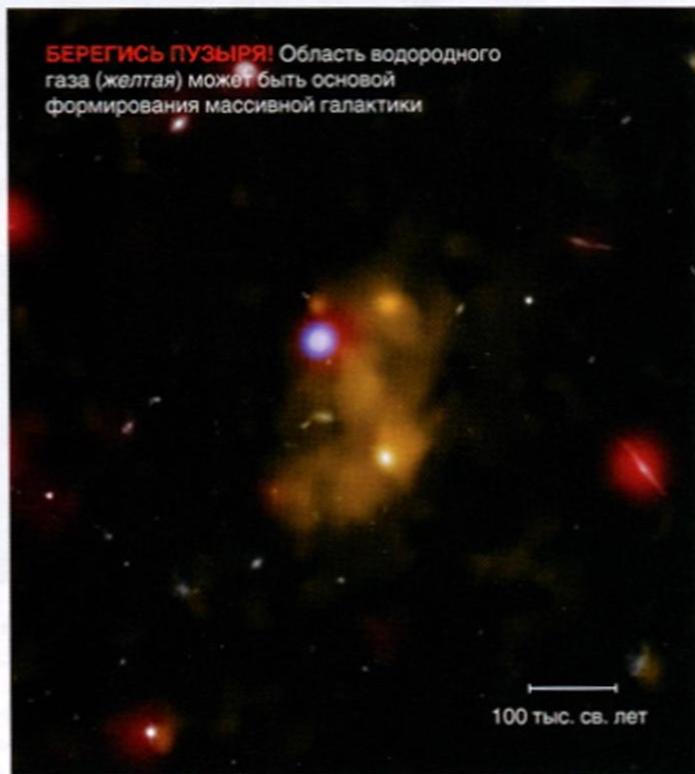
Астрономы знают, где можно обнаружить часть недостающих барионов. Плотные скопления галактик заполнены рассеянным ионизованным газом (плазмой). Мощное гравитационное поле скопления разгоняет ионы до высоких скоростей, в результате чего температура плазмы достигает сотни миллионов кельвинов – достаточно для того, чтобы плазма стала источником рентгеновского излучения. Космические телескопы, такие как «ХММ-Ньютон» и «Чандра», пред-

назначены для поиска скоплений галактик по рентгеновскому излучению. Однако скопления встречаются довольно редко, а потому находящийся в них газ добавляет всего лишь около 4% барионов. Если мы сосчитаем все барионы, которые видим в галактиках, скоплениях и межгалактическом пространстве, то получим лишь половину общего числа барионов, что равносильно нехватке по крайней мере 500 млрд галактик.

Согласно исследованиям ученых Принстонского университета Ренью Сена (Renyue Cen) и Джереми Острикера (Jeremiah P. Ostriker), а также Ромиля Даве (Romeel Dave) из Университета Аризоны, недостающие барионы

находятся в трудно обнаружимом состоянии, происхождение которого связано с формированием крупномасштабной структуры Вселенной.

Под действием гравитационных сил темная материя во Вселенной образовала протяженные структуры – сети. Фактически скопления галактик сосредоточены в обладающих высокой плотностью узлах этой космологической сети. Вне скоплений галактики по большей части собраны в группы небольшой плотности или занимают сильно вытянутые протяженные области – филаменты. Межгалактический газ гравитационно притягивается филаментами, что вызывает формирование высокотемпературных ударных волн (от 100 тыс до десятков миллионов кельвинов). Таких процессов достаточно для сохранения ионизованного газа, кото-



БЕРЕГИСЬ ПУЗЫРЯ! Область водородного газа (желтая) может быть основой формирования массивной галактики

100 тыс. св. лет

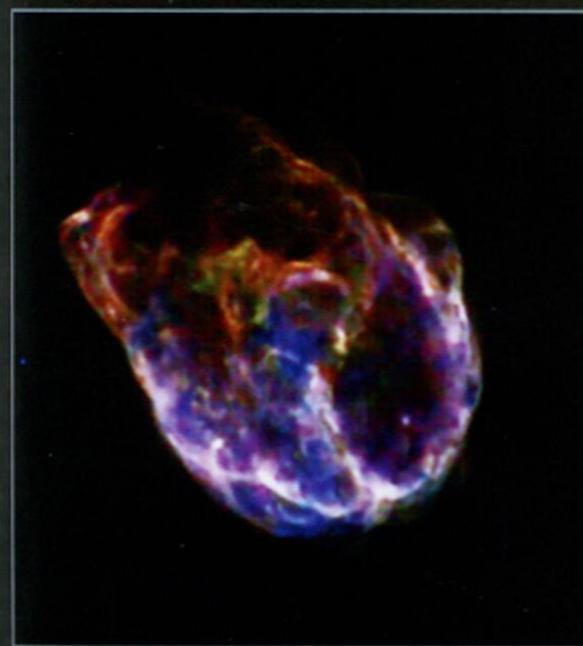
ПОШЕЛ ВОН!

Почему галактики содержат всего лишь малую часть обычного космического вещества? Не только потому, что большая часть барионов может существовать, например, в виде теплой – а потому трудно наблюдаемой – межгалактической среды, но и потому, что сами галактики регулируют свой рост. Межгалактический газ благодаря гравитационным силам формирует звезды, в том числе черные дыры. Эти объекты возвращают энергию назад в межзвездное и межгалактическое пространство. В такой процесс – «обратную связь» – вовлечены излучение звезд, продукты взрыва сверхновых звезд, струи (джеты) вещества нейтронных звезд и областей вблизи черных дыр

ЗВЕЗДА



СВЕРХНОВАЯ



ЧЕРНАЯ ДЫРА

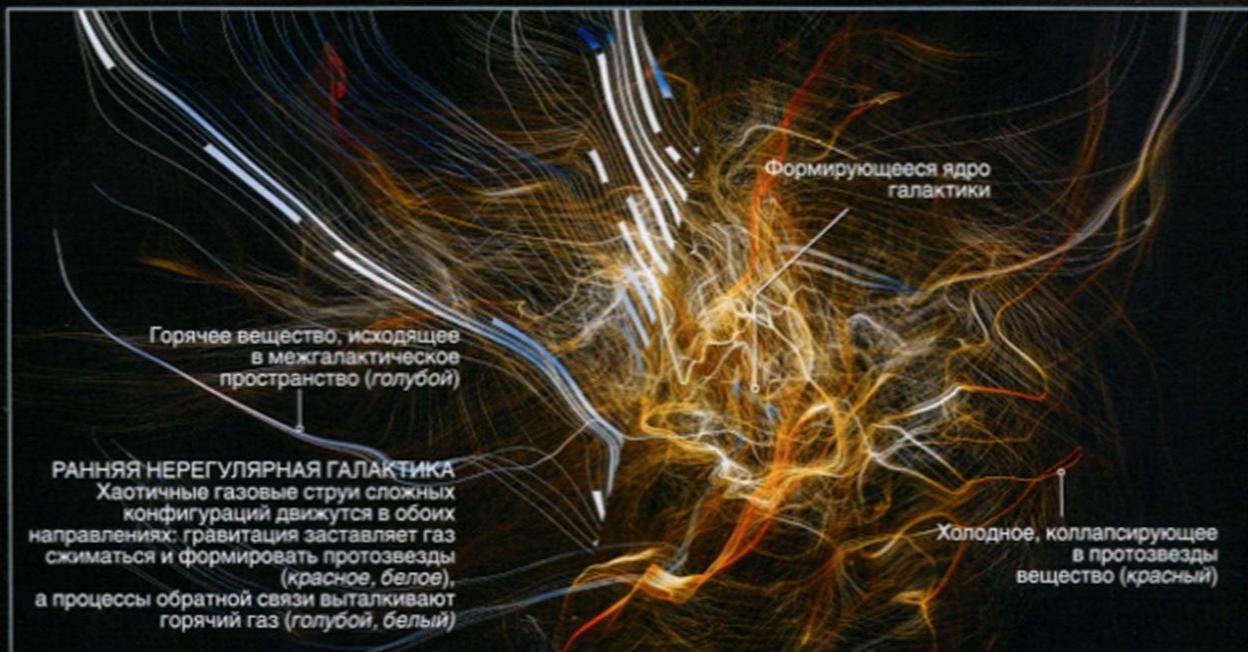


ТУРБУЛЕНТНЫЙ ВОЛЧОК

Большинство людей считают галактики статическими структурами: гигантские области, состоящие из звезд посреди безбрежной черноты. Однако астрономы обнаружили, что галактики представляют собой открытые системы, которые активно взаимодействуют со своим окружением. Обычное барионное вещество постоянно циркулирует между галактикой и межгалактическим пространством. Компьютерное моделирование показывает галактику, сходную с нашей, как она выглядела 10 млрд лет назад и сегодня



Изображение объемное. Линии на диаграмме показывают эволюцию в трех плоскостях



рый, тем не менее, не настолько горяч, чтобы излучать в рентгеновском диапазоне.

Такое вещество назвали теплой межгалактической средой, или *WHIM*. Если удастся подтвердить существование такого вещества и точно установить его локализацию, то, возможно, его хватит для объяснения судьбы пропавших барионов.

Наиболее перспективный способ обнаружения *WHIM* – поиск следов его компонентов, а именно ионизованного кислорода или азота, которые поглощают ультрафиолетовое и рентгеновское излучение на различных частотах. Фактически астрономы могут использовать ту же технику обнаружения по спектральным линиям поглощения в излучении квазаров, как это делается при поиске облаков холодного водорода в ранней Вселенной. В ультрафиолетовом диапазоне космический телескоп «Хаббл» и уже закончивший работу телескоп *FUSE*, исследовавший спектры в далеком ультрафиолете, обнаружили линии поглощения сильно ионизованного кислорода. Исследователи Тодд Трип (Todd M. Tripp) из Массачусетского университета и Блэр Сэвидж (Blair D. Savage) из Университета Висконсина в Мадисоне обнаружили эти линии в далекой ультрафиолетовой области спектра квазара PG 0953+415. С помощью новых технологий оптических наблюдений за последнее десятилетие было осуществлено много подобных наблюдений. Так, на телескопе «Хаббл» был установлен новый спектрограф. Хотя открытие областей ионизованного кислорода несомненно важно, эти ионы присутствуют только в относительно холодных областях *WHIM*. Для того чтобы обнаружить более горячие участки ионизованного газа, необходимо выявить линии поглощения более ионизованных элементов.

С помощью телескопов «Чандра» и «XMM-Ньютон» была исследована Стена Скульптора, представляющая собой длинное протяженное скопление галактик в ближней области Вселенной – с теоретической точки зрения очень выгодное место сосредоточения *WHIM*. При этом были обнаружены линии поглощения кислорода, ионизованного настолько сильно, что он потерял почти все свои электроны. Согласно моделированию, плотность барионов от таких *WHIM* согласуется с космологическими данными.

Наблюдения *WHIM* трудны, поскольку такое вещество дает слабые сигналы и работа фактически идет на пределе инструментальных возможностей. Даже если линии поглощения обнаружены, то необходим ряд дополнительных предположений, чтобы утверждать, что мы имеем дело именно с *WHIM*. Кроме того, успех в поиске подобного вещества сильно зависит от источника излучения, т.е. от квазаров, которые сами по себе – объекты довольно редкие, и не все из них достаточно яркие.

Таким образом, охота на *WHIM* выглядит почти как лотерея. Однако теперь нам по крайней мере известно, где могут быть недостающие барионы и как их в принципе можно искать – а это уже немало.

Битва за барионы

Существование *WHIM* может объяснить низкую эффективность образования галактик. Эволюция крупномасштабной структуры приводит к тому, что межгалактический газ становится слишком разреженным и горячим для того, чтобы собраться в плотные холодные облака, необходимые для формирования галактик. Но часть барионов все-таки сформировала галактики – иначе не возникло бы ни звезд, ни планет, ни нас с вами. В более ранние эпохи формирование галактик шло более эффективно. Около 8 млрд лет назад средний темп звездообразования был в 10-20 раз выше, чем сейчас. Большинство галактик, которые мы сейчас наблюдаем, образовались именно в тот период.

В принципе рецепт изготовления галактик не так уж сложен. Согласно работам 1990-х гг. Симона Уайта (Simon D.M. White) из Института им. Макса Планка (Германия), а также Карлоса Френка (Carlos S. Frenk) из Даремского университета (Англия), галактики образуются из массивных облаков темной материи, называемых «гало», чье гравитационное поле притягивает к себе окружающий газ (Впервые эту идею предложил Я.Б. Зельдович. – Прим. пер.). В такой модели часть газа, падающего внутрь гало, нагревается ударными волнами, а затем охлаждается за счет излучения. Этот процесс ведет к формированию связанных тел. Газ также может остыть и сжаться в облака молекулярного водорода. Под действием сил гравитации такие облака могут достигать плотностей, необходимых для начала процесса звездообразования. Большие галактики могут еще вырасти, поглощая более мелкие.

Но эта модель не полна. Например, не весь газ, присутствующий в галактиках, мог бы быть нагрет ударными волнами до высоких температур. Тем не менее основные этапы аккреции газа на гало темной материи говорят о самом принципе формирования галактик. За последние 20 лет ученым удалось узнать много деталей процесса формирования галактик. Исследование физики газовых потоков во многом улучшило существовавшую модель. Компьютерное моделирование термодинамических процессов в газе на космологических масштабах показало, что часть газа в дисках молодых галактик ранней Вселенной имеет относительно небольшую температуру (от 10 тыс. до 100 тыс. кельвинов) и представляет собой узкие струи (несколько тысяч световых лет в поперечни-

Миллиарды лет назад
вещество нашей Солнечной
системы могло путешествовать
по межгалактическому
пространству

ке). Эти холодные потоки проникают внутрь горячего гало и прямо участвуют в формировании галактики.

Такой процесс еще не наблюдался. Детали физики аккреции газа в галактиках очень сложны, и результаты моделирования зависят от задаваемых параметров и отличаются друг от друга. Общепринятой считается модель, в которой все галактики созданы за счет гравитационной аккумуляции первичного газа, будь то газ, который нагревается и остывает, либо газ, вообще не проходящий стадию нагрева.

Проблема этой модели заключается в том, что потоки газа не могут быть неиссякаемыми. Иначе галактики никогда не остановили бы свой рост, а согласно наблюдениям астрономов, этого не происходит: массы современных галактик ограничены. Более ранние модели довольно хорошо объясняли наблюдаемый интервал масс галактик, однако в них использовалась величина плотности барионов, равная примерно половине современного значения. Новые измерения привели к пересмотру плотности барионов, что следовало учесть и в моделировании. В результате в моделях получился существенный избыток массивных галактик, чего не наблюдается в реальности.

Другая проблема заключается в том, что модели предсказывают избыток небольших областей темной материи, которые собираются в большие образования. В реальных галактиках такого также не наблюдается. Наблюдатели не видят вблизи нас такого большого количества маленьких галактик, как предсказывают модели, а наиболее массивные из них образовались достаточно быстро, а не постепенно из множества более мелких составляющих.

Кроме того, в моделях отсутствует важная составляющая. Нечто обязано регулировать охлаждение газа и формирование звезд в галактиках. Этот процесс подавил звездообразование в малых галактиках и ограничил размер массивных. Теоретики принялись вводить в рассмотрение разнообразные дополнительные физические механизмы, которые могли бы осуществить необходимый контроль. Совместно названные «галактической обратной связью», такие процессы могут в той или иной степени противостоять гравитационному сжатию газа в галактиках и, таким образом, ограничивать количество звезд, которое может сформироваться. В рамках указанных моделей учитываются взрывы сверхновых звезд, излучение звезд в ультрафиолетовом диапазоне, а также гигантские выбросы энергии, происходящие во время роста сверхмассивных черных дыр, расположенных в ядрах массивных галактик (см.: *Тагер У., Тананбаум Х., Фабан Э. Энергия черной дыры // ВМН, № 7, 2007*). В наиболее массивных галактиках черные дыры, возможно, предоставляют доминирующий механизм подавления звездообразования. В галактиках меньшей массы важными становятся продукты вспышек сверхновых и звездный ветер.

Все многочисленные процессы, происходящие в галактиках, дают выброс энергии в окружающее межга-

лактическое пространство. Таким образом, галактики могут устранить направленные внутрь потоки вещества и предотвратить аккумуляцию газа, необходимую для звездообразования или, в экстремальных случаях, даже выталкивать барионы обратно в межгалактическое пространство. Компьютерное моделирование, в котором учитывались указанные механизмы подавления звездообразования, показало гораздо лучшее соответствие с наблюдательными данными по разнообразию галактик. Эти механизмы важны не только для исследования эволюции галактик, но также и для проверки теории *WHIM*. В результате непрерывных процессов охлаждения и нагрева барионы циркулируют между межгалактическим пространством, звездами и газом в галактиках. Идет постоянная битва за барионы: галактики растут, отвоювая их у окружающего пространства. Рост галактик диктуется балансом энергий, переменчивым от эпохи к эпохе. Понимание законов изменения этого хрупкого равновесия – основа наших знаний о формировании и эволюции галактик.

Наука о пузырях

Изучение законов охлаждения газа и процессов тормозящих звездообразование, находилось в фокусе научной работы астрофизиков последнее десятилетие. Без наблюдательных данных мы не можем проверить наши модели. Холодное вещество, струящееся внутрь галактик в ранней Вселенной, может светиться за счет излучения водорода при его охлаждении. Обратную связь можно заметить по яркому инфракрасному излучению, возникающему при интенсивном звездообразовании, а также по рентгеновскому излучению, идущему из окрестностей сверхмассивных черных дыр. Необходимо учитывать оба указанных процесса при моделировании.

Примерно десять лет назад ученым из Калифорнийского технологического института Чарльзом Стейделом (Charles Steidel) и его сотрудниками был обнаружен класс новых объектов – пузыри Лайман-альфа. «Пузырь» – это некий технический термин, характеризующий структуру найденных объектов. Лайман-альфа – частотная полоса излучения водорода. Размер таких пузырей составляет около 300 тыс. св. лет, что гораздо больше нашей Галактики. Таким образом, эти пузыри представляют собой одни из самых больших объектов во Вселенной. Астрономы обнаружили десятки таких пузырей, характеризующих распространение холодного газа в ранней Вселенной.

С другой стороны, множество иных процессов в космосе могут приводить к Лайман-альфа-излучению. Например, излучение в ультрафиолетовом диапазоне на галактических масштабах может вызывать подобное свечение. С использованием телескопа «Чандра» удалось показать, что многие пузыри содержат галактики с активно растущими сверхмассивными черными дырами в центрах, окрестности которых дают мощное излучение в рентгеновском диапазоне. Часто та-

кая активность сопровождается интенсивным звездообразованием, подтверждающимся инфракрасным излучением в пылевых областях, окружающих молодые звезды. Энергии таких процессов более чем достаточно для генерации Лайман-альфа-излучения. Таким образом, возможно, что свечение пузырей может быть вызвано не только охлаждением, как многие полагают, но и нагревом. По мнению автора, обнаруженные пузыри могут многое сказать о происхождении галактик.

Межгалактическая среда, окружающая молодые активные галактики, наполнена их излучением. Таким образом, удастся подойти к решению еще одной важной проблемы образования галактик. Согласно компьютерному моделированию распределения темной материи во Вселенной, галактики, подобные нашей, должны обладать сотнями маломассивных карликовых галактик-спутников. Несмотря на то что наша Галактика обладает такими спутниками, их гораздо меньше, чем предсказанных теорией.

Одно из решений этой проблемы следующее. Карликовые галактики действительно сформировались в ранней Вселенной, однако излучение и ветер центральной галактики разрушили их, в результате чего от них остались только сгустки темной материи, существующие до сих пор.

Что такое «галактика»?

Традиционный взгляд на «галактику» заключается в восприятии ее как некоего изолированного острова света посреди пустыи Вселенной – нечто подобное представлял себе великий немецкий философ Иммануил Кант. В некотором смысле это действительно так. В реальности излучающая область галактики есть только часть существующей барионной материи. Распределение барионов следует распределению темной материи, которая, в свою очередь, подчиняется гравитационным силам.

Все существующие во Вселенной барионы родились на одной стадии: горячая плазма ранней Вселенной в результате остывания сформировала базовые химические элементы (водород, гелий и небольшое количество дейтерия и лития). Гравитационные силы помогли галактикам сформироваться из этого скудного материала. Однако галактики – не фиксированные группы барионов. Вещество находится в непрерывном цикле превращений, начиная с Большого взрыва. Поочередное влияние гравитации и обратной связи то охлаждало газ в галактиках, то выбрасывало его в межгалактическое пространство. Компьютерное моделирование, сделанное Робом Крайном (Rob Crain) из Суинбернского технологического университета в Мельбурне и Бенджаминем Оппенгеймером (Benjamin Oppenheimer) из Лейденского университета (Нидерланды), а также их коллегами, показало, что около половины барионов, которые в настоящий момент присутствуют в той или иной наблюдаемой астрономами галактике, хотя бы один раз побывали в межга-

лактическом пространстве. Скорее всего, такой круговорот происходил даже множество раз. Барионы, из которых состоит ваше тело, участвовали бы в таком цикле с периодичностью примерно в 14 млрд лет.

Подобная концепция барионов показывает, что эволюция галактик есть только малая часть крупномасштабной эволюции межгалактической среды. Галактики представляют собой всего один из многих процессов циклических преобразований барионов, большая часть которых лежит вне галактик. Согласно антропному принципу, мы удачно появились в то время и в том месте, где барионы находятся в стабильном состоянии. В других местах нашей Вселенной или в другие эпохи это может быть далеко не так. Погибнув примерно через 5 млрд лет, Солнце сожжет внутренние планеты нашей системы, внешние же испарятся, а тяжелые элементы перейдут в межзвездное пространство, и цикл продолжится. ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Search for the Missing Baryons at Low Redshift. Joel N. Bregman in Annual review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 45, No. 1, pages 221-259; September 2007. Доступно онлайн на: arxiv.org/abs/0706.1787
- The Chandra Deep Protocluster Survey: Ly-Alpha Blobs Are Powered by Heating, Not Cooling. James E. Geach et al. in Astrophysical Journal, Vol. 700, No. 1, pages 1-9; July 2009. Онлайн: arxiv.org/abs/0904.0452.
- The Intergalactic Medium over the Last 10 Billion Years – I. Ly-Alpha Absorption and Physical Conditions. Romeel Dav et al. in Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 408, No. 4, pages 2051-2070; November 2010.
- Сайт автора статьи с изображениями и ссылками: www.physics.mcgill.ca/~jimgeach
- Рождающаяся галактика в 3D: ScientificAmerican.com/may2011/geach





Михаил Ковальчук
и Олег Нарайкин

КОНСТРУКТОР ДЛЯ БУДУЩЕГО

Надвигающийся кризис цивилизационного развития имеет системный характер, и следует признать, что мы не сможем справиться с ним на базе тех знаний и с помощью тех инструментов, которыми мы в данный момент располагаем

Проблема исчерпаемости ресурсов, благодаря которым сейчас существует человечество, – вопрос времени. Это очевидно, все это понимают, и никто с этим не спорит. Между тем скорость их потребления растет в геометрической прогрессии. Особенно отчетливо проблема уменьшения запасов ресурсов была почувствована после того, как в игру за мировой рынок вступили такие промышленные сверхгиганты, как Индия и Китай. Сегодня природа уже не успевает восполнять свои запасы для того, чтобы удовлетворить растущие потребности человечества. А это значит, что мы стремительно движемся к масштабному кризису, угрожающему существованию всей нашей цивилизации.

Задача на выживание

Ученые говорили о нем уже давно. Еще в прошлом веке известный кибернетик, один из отцов социального моделирования, автор книг «Динамика городов» и «Мировая динамика» Джей Форрестер (Jay Wright Forrester) попытался построить математическую модель развития существующей ныне мировой системы. Результаты получились неутешительными. Ученый пришел к выводу, что при условии сохранения действующей тенденции человечество уже в середине XXI в. ждет полный коллапс. К похожему результату пришли в своих работах и целый ряд советских и за-

ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ – ВЗЯТЬ ОТ ПРИРОДЫ ВСЕ ЛЮБОЙ ЦЕНОЙ

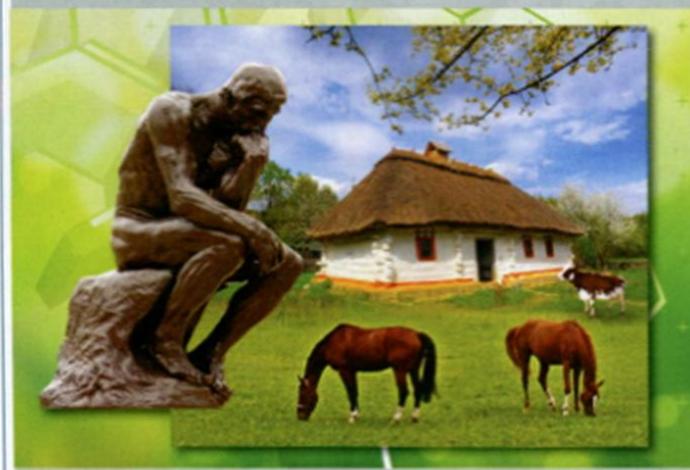


ПРИЧИНА КРИЗИСА

ПРИРОДА И ТЕХНОСФЕРА РАЗДЕЛЕНЫ МЕНТАЛЬНО

За последние 50 лет люди израсходовали на сжигание нефти, газа, угля и т.д. больше кислорода, чем за всю предыдущую историю существования

СИСТЕМНЫЙ КРИЗИС ЦИВИЛИЗАЦИИ

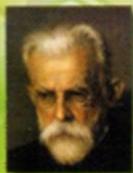


Окружающий нас мир един и удивительно гармоничен. Земная биосфера существует миллиарды лет как самодостаточная, саморегулирующаяся система, включающая в себя все земные живые организмы. Парадигма развития человеческой цивилизации с момента ее зарождения до сегодняшнего дня заключалась в том, чтобы взять у природы максимум любой ценой. Но в такой парадигме изначально были заложены глубокие противоречия между природой и создаваемой человеком техносферой

рубежных экспертов. Согласно этим исследованиям, грядущий кризис цивилизации не замыкался исключительно на ресурсной составляющей, а охватывал все ее сферы: политику, экономику, культуру и т.д. Иными словами, он угрожал самому ее существованию. При этом было совершенно очевидно, что, поскольку кризис имеет системный характер, мы не сможем справиться с ним на базе существующих знаний и технологий. Все более активная техническая деятельность человека стала серьезным негативным фактором, повлиявшим на эволюцию природной среды. По оценкам специалистов, в результате деятельности человека на Земле ежегодно теряется 5-6 млрд т живого вещества. За последние 50 лет люди израсходовали на сжигание нефти, газа, угля и т.д. больше кислорода, чем за всю предыдущую историю своего существования. Сегодня созданная человечеством индустриальная сфера вступила в некое противоречие с природой, многосторонность которого подразумевает необходимость глобального, комплексного подхода к поиску путей его ликвидации. И порождающие его противоречия в рамках традиционной парадигмы не могут быть решены путем трансформации, пусть даже и радикальной, тех или иных компонентов мировой технологической системы. Необходима принципиальная, революционная перестройка всего технологического базиса, его научной, производственной, социально-политической и гуманитарной составляющих.

Изучая эволюцию биосферы Земли, можно четко выделить две принципиально различные фазы этого процесса. Первая – стихийное развитие природы, которое

НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ



«Биосфера перешла или, вернее, переходит в новое эволюционное состояние – в ноосферу, – перерабатывается научной мыслью социального человечества»

В.И. Вернадский



НОВОЕ ЛИЦО НООСФЕРЫ

Задача преодоления системного кризиса цивилизации и, по сути, выживания человечества, становится задачей формирования новой ноосферы, в которой техносфера должна стать органичной частью природной биосферы

ность человека становится определяющим фактором развития. Сегодня лицо цивилизации изменилось кардинально, а влияние человека на окружающий мир, его биосферу, набрало критическую массу, созданная им техносфера стала, по сути, детонатором его же гибели. Задача преодоления системного кризиса цивилизации и, по сути, выживания человечества, становится задачей формирования новой ноосферы, в которой техносфера должна стать органической частью природной биосферы.

Ноосфера 1.0

На первых этапах своего развития *Homo sapiens* воспринимал и познавал мир, природу как единое целое – нечто непонятое и обожествленное. Сопровождавшая познание «производственная» деятельность человека разумного в этот период также имела естественный, «природный» характер. Но по мере накопления знаний человек стал искусственно расчленять единую, целостную и потому чрезвычайно сложную природную систему на более простые, доступные для анализа сегменты. Так появились физика, химия, биология, геология и другие отрасли знаний. Они в свою очередь делились на еще более узкоспециальные направления: химия на органическую и неорганическую, физика – на механику, астрономию, оптику и т.д. Такая специализация неизбежно привела к утрате целостной картины мира.

Узкоспециализированная наука породила отраслевые же технологии и предопределила отраслевую форму развития промышленности. Легко увидеть, что именно отраслевой, специальный характер технологий, лежащих в основе современного производства, стал первопричиной антагонизма, возникшего между созданной человеком техносферой и природной средой.

Общезвестно, что энергетические потребности биосферы практически полностью удовлетворяются за счет солнечной энергии, преобразовываемой в процессе фотосинтеза. Человечество в стремлении повторить эти природные процессы искусственно уже десятки лет занимается солнечной энергетикой. Мы моделируем природный процесс переработки солнечной энергии, но вместо пока недоступной для воспроизведения сложной биоорганической структуры зеленого листа используем модельную полупроводниковую систему. Живая природа сама по себе – очень «экономный» пользователь энергии, она правильно самоорганизована, и ей с лихвой хватает «маломощной энергетике» фотосинтеза. В нашей современной жизни мы используем искусственно созданные машины и механизмы, потребляющие колоссальное количество энергии. Для их энергоснабжения в принципе не может хватить возможностей экономических, «природоподобных» энерготехнологий.

Причина – в одностороннем подходе к проблеме, типичном для «отраслевого» мышления. Скопировав

ЭТАПЫ ПОЗНАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА

Восприятие окружающей природы как единого целого на уровне «незнания»

Вычленение модельных сегментов природы, доступных анализу

Узкая специализация науки и образования

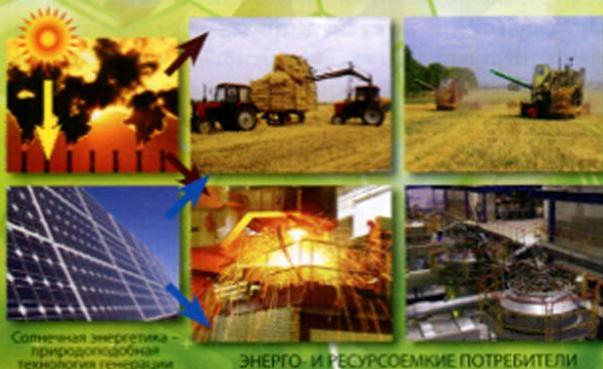
Отраслевой принцип организации экономики

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ



шло вплоть до появления *Homo sapiens*, вторая – после его появления, т.е. развитие с участием человека как органического элемента биосферы. При этом важнейшее значение имеет степень влияния человека на эволюцию биосферы. Малосущественное на протяжении основной части истории человечества, это влияние заметно возросло с возникновением и развитием индустриального общества и приобрело определяющее значение в последние 50-100 лет. В этой связи академиком В.И. Вернадским еще в начале 1920-х гг. было введено понятие ноосферы как сферы, где разумная деятель-

ГЕНЕРАЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ КОНВЕРГЕНТНЫЙ ПОДХОД



Солнечная энергетика – природоподобная технология генерации

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОЕМКИЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

Вид энергии, связан с тем, что является природоподобной технологией генерации энергии

в солнечной энергетике природные процессы генерации, человечество пытается за их счет удовлетворить энергетические потребности традиционной энергозатратной индустриальной сферы, практически ничего в ней не меняя. Однако совершенно очевидно, что радикально трансформируя технологии генерации энергии, необходимо одновременно столь же радикально трансформировать технологии ее использования, максимально приближая их к естественным, природным. И эти изменения должны касаться всех элементов производственной сферы. Перед человечеством стоит сложная и амбициозная задача – создание принципиально новых технологий и систем использования энергии, замена сегодняшнего конечного энергопотребителя системами, воспроизводящими объекты живой природы.

Для создания новой ноосферы, в которой техносфера станет полноправной частью природы, необходимо отказаться от сегодняшнего отраслевого подхода к формированию науки и технологий и перейти к новой парадигме объединения наук и построению на этой базе принципиально новых конвергентных (объединенных) технологий. Главной их отличительной чертой должна стать максимальная близость к естественным, природным процессам в их единстве и взаимосвязи.

До последнего времени человечество, развивая науки и технологии, копировало живые системы, их принципы, механизмы действия. Сегодня научный прогресс достиг такого технологического уровня, когда стало возможным не просто копировать, а создавать природоподобные системы путем взаимопроникновения наук и технологий.

Таблетки от жадности

О каких науках и технологиях идет речь? Прежде всего, это нанотехнологии как новая технологическая культура, основанная на возможности прямого ма-

нипулирования атомами и молекулами с целью получения принципиально новых веществ, материалов, структур и систем, имеющих наперед заданные свойства. В этом качестве они представляют собой надотраслевую область, объединяющую специальные естественнонаучные дисциплины в новое естествознание XXI в. Нанотехнологии возвращают человека к восприятию мира как единого целого и, что особенно важно, дают ему возможность воспроизводить этот мир, пользуясь теми же «технологическими приемами», какими пользуется и сама природа. Основываясь на природных закономерностях для создания новой, гармонизированной биосферой техносферы, человечество встает перед необходимостью воспроизведения объектов и явлений живой природы в объектах техники и технологических процессах. Но это невозможно без взаимодействующего сочетания нанотехнологических подходов с достижениями молекулярной биологии, биоинженерии, геномной инженерии и т.д. Такой междисциплинарный симбиоз становится базой для развития нового класса технологий – нанобиотехнологий.

Однако нанобиотехнологии, обеспечивая возможность искусственного воспроизведения и даже созда-

Для создания новой ноосферы, в которой техносфера станет полноправной частью природы, необходимо перейти к новой парадигме объединения наук и построению на этой базе принципиально новых объединенных технологий

ГЕНЕРАЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ КОНВЕРГЕНТНЫЙ ПОДХОД



Природоподобные системы и технологии использования энергии на базе НБИКС-технологий и систем, воспроизводящих объекты живой природы

Именно отраслевой, специальный характер технологий, лежащих в основе современного производства, стал первопричиной антагонизма, возникшего между созданной человеком техносферой и природной средой

ния принципиально новых биоорганических материалов, не позволяют исследовать и воспроизводить многообразные информационные связи, процессы передачи и преобразования информации в объектах и явлениях живой природы. Особенно это касается объектов, находящихся на высших уровнях ее структурной организации. Для решения этой проблемы необходима конвергенция, слияние нанобиотехнологий и информационных технологий.

Двигаясь по пути синтеза «природоподобных» систем и процессов, человечество подойдет к созданию антропоморфных, человекоподобных технических систем. Такие системы, в отличие от менее высокоорганизованных «копий живого», должны обладать как минимум элементами сознания. Решение этих задач возможно только на базе объединения методологии нано-, био-, информационных технологий с подходами и методами когнитивных (компромиссных) наук и технологий, изучающих и моделирующих сознание человека и его познавательную деятельность.

Такие конвергентные нано-, био-, инфо-, когнитивные науки и технологии (НБИК-технологии) открывают возможность адекватного воспроизведения систем и процессов живой природы. Это делает их практическим инструментом формирования новой техносферы, которая в свою очередь станет органической частью природы.

Однако для того чтобы разумно и эффективно пользоваться этим инструментом, приводя мировую технологическую систему в согласие с природой и создавая новую ноосферу, о которой говорил В.И. Вернадский, необходима радикальная трансформация сознания самого человека.

Понять и выжить

Процесс формирования таких технологий в России уже идет. Он начался с создания в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» центра конвергентных технологий – Курчатовского НБИК-центра. Исследовательская технологическая база центра включает в себя в частности источники синхротронного излучения и нейтронов, самое современное оборудование для электронной и зондовой микроскопии, белковой кристаллографии, протеомики, геномных исследований, нейронаук и когнитивных исследований, нанотехнологический комплекс, мощный суперкомпьютерный вычислительный комплекс с центром обработки данных и многое другое. В Курчатовском НБИК-центре собран мощный коллектив ученых: физиков, биологов, химиков, математиков, специалистов в области информационных технологий, инженеров. Это уже позволило развернуть исследования и разработки по самому широкому спектру проблем конвергентных наук и технологий: от кристаллизации и расшифровки структуры белков до создания гибридных материалов и исследования философских, социологических и культурологических проблем развития техносферы.

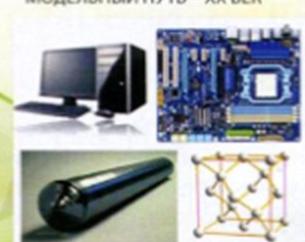
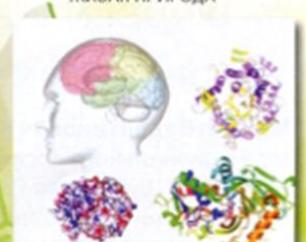
Сегодня мы находимся в точке бифуркации. Конечно, проще всего будет пойти по пути консервации традиционной парадигмы развития и сохранения существующей техносферы. Но в этом случае уже в самом ближайшем будущем нас ждет глобальный кризис, и тогда для элементарного выживания необходимо будет вернуться к безэнергетическому (безресурсному) существованию, связанному с земледелием, скотоводством, охотой и собирательством. Из всех сегодняшних механизмов работать будут лишь колесная телега, гончарный круг, лодка и тому подобные аппараты, а человечество погрузится в пучину беспощадной борьбы за еще оставшиеся мизерные ресурсы, которая выльется в кровопролитные войны.

Альтернативный путь связан с появлением и развитием объединенных НБИК-технологий и созданием на их основе новой гармоничной ноосферы, где три ее составляющие, биосфера, техносфера и социум, будут не конфликтовать, а дополнять друг друга. Выбрав этот вариант развития, человечество получит уникальную возможность не только сохранить цивилизацию в ближайшей исторической перспективе, но и довести время ее существования до времени геологического существования Земли – и даже выйти за этот рубеж, за пределы нашей планеты, а быть может, и галактики. ■

Подготовил Валерий Чумаков

Основная цель развития науки и техники индустриального общества –

ИЗУЧЕНИЕ «УСТРОЙСТВА» И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА И ИХ КОПИРОВАНИЕ В ВИДЕ МОДЕЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

МОДЕЛЬНЫЙ ПУТЬ – XX ВЕК	ЖИВАЯ ПРИРОДА
 <p>Технология твердотельной микроэлектроники, воспроизводимая в любой точке мира</p>	 <p>Биоробототехнические системы</p>

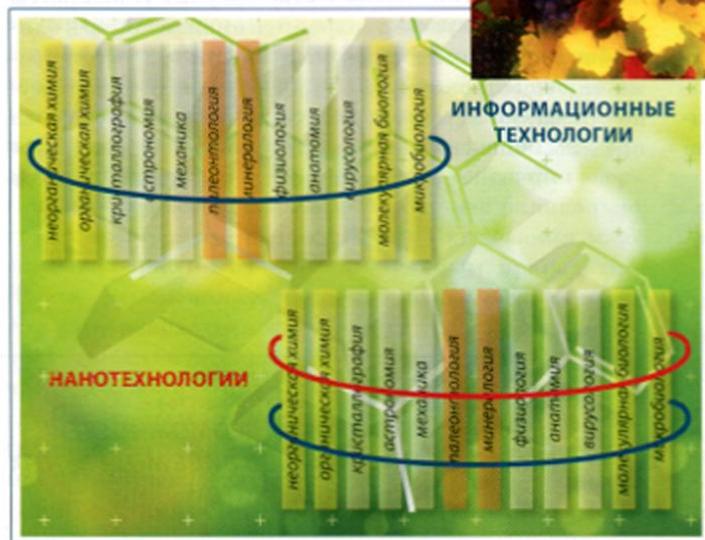
НАНОТЕХНОЛОГИИ

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Нанотехнологии – первый **надотраслевой приоритет**, единый (на атомном уровне) фундамент для развития ВСЕХ отраслей новой наукоемкой экономики постиндустриального общества



Основная цель развития науки и техники постиндустриального общества – **ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ СИСТЕМ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ**



ОБ АВТОРАХ

Михаил Валентинович Ковальчук – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН (2000), директор Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», директор Института кристаллографии имени А.В. Шубникова РАН, ученый секретарь Совета при Президенте РФ по науке, технологиям и образованию. Ведущий ученый в области рентгеновской физики, кристаллографии и нанодиагностики, один из идеологов и организаторов развития нанотехнологий в России. Автор более 250 публикаций в ведущих научных журналах, автор и ведущий научно-популярной телепрограммы «Истории из будущего с Михаилом Ковальчуком». Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники за 2006 г.; кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством» III и IV степени (2006); действительный член Американской ассоциации развития науки (AAAS) по секции «Физика».

Олег Степанович Нарайкин – доктор технических наук (1989), профессор (1991), член-корреспондент РАН (2008), заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт», заведующий кафедрой «Прикладная механика» МГТУ имени Н.Э. Баумана. Входит в состав Межведомственного научно-технического совета по проблеме нанотехнологий и наноматериалов. Основные направления научной деятельности: теория колебаний, мехатроника, нано- и микро-системная техника и биомедицинские технологии. Автор более 70 работ в ведущих отечественных и международных научных журналах. Лауреат премии Президента Российской Федерации (2000), кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени (2005).



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера/ предисловие Р.К.Баладина. - М.: Айрис-пресс, 2004.
- Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1972.
- Форрестер Д. Мировая динамика: Пер. с англ./ Д.Форрестер - М: ООО «Издательство АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2003.
- Вайцзеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная. Новый доклад Римскому клубу. М.: Academia, 2000.
- Club of Rome Programme on «A New Path for World Development» <http://www.clubofrome.org>
- Ковальчук М.В. «Органические наноматериалы, наноструктуры и нанодиагностика». Вестник Российской Академии Наук, № 73 (5). 2003.
- Ковальчук М.В. Идеология нанотехнологий/ М.В. Ковальчук - М.: ИКЦ «Академкнига», 2010.
- Ковальчук М.В. // Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее. Российские нанотехнологии. Т. 6. № 1-2. 2011.
- Ковальчук М.В. // От синтеза в науке – к конвергенции в образовании. Образовательная политика, 2010, № 11-12 (49-50). стр.4- 9

КУРЧАТОВСКИЙ НБИК-ЦЕНТР

Курчатовский центр синхротронного излучения
Исследовательский нейтронный реактор ИР-8
Центр обработки данных
Центр нанобионаук и технологий

ФАКУЛЬТЕТ НАНО-, БИО-, ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРЫ

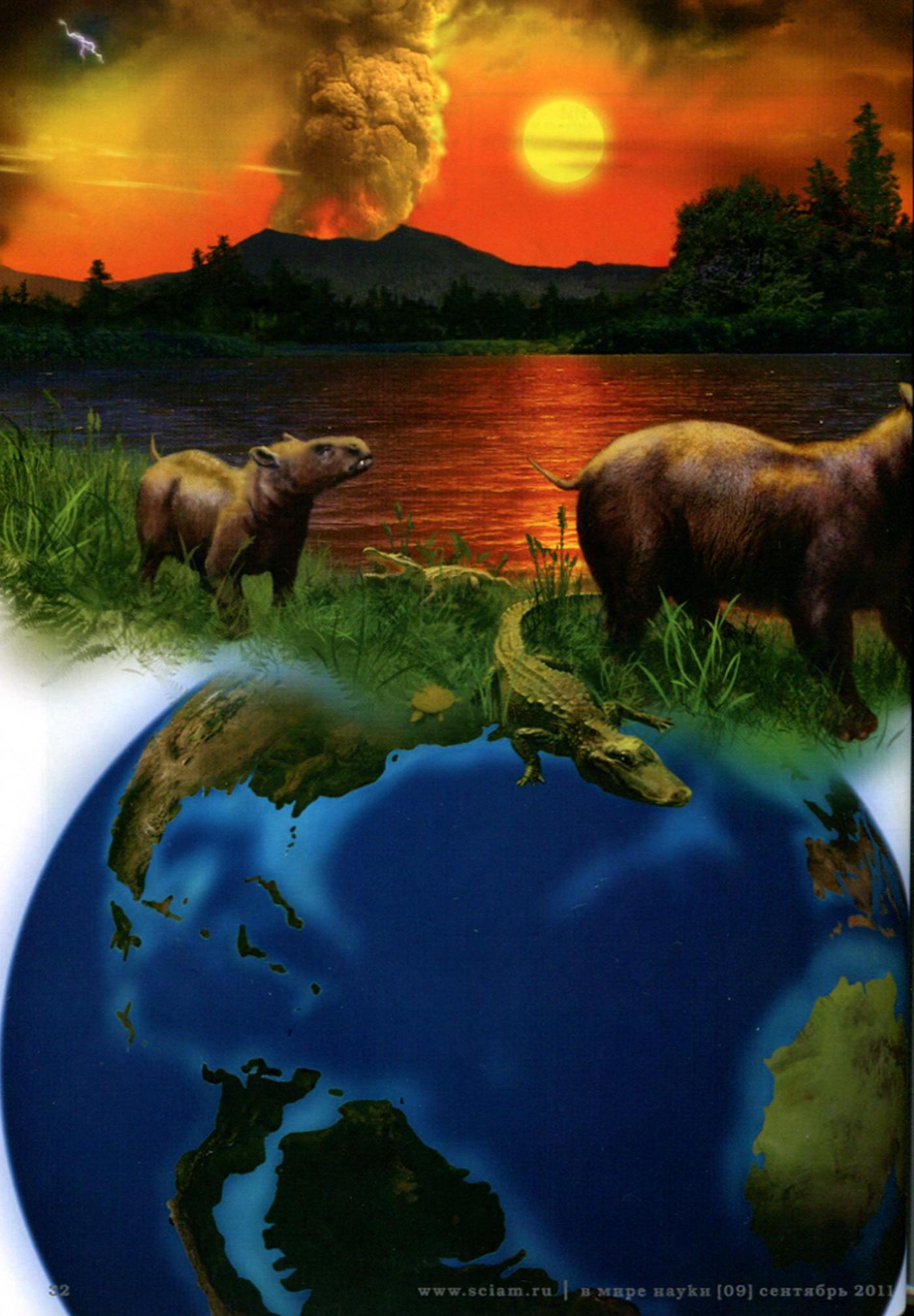
Математическая физика	Компьютерные математические методы физики	НБИК-технологии	Информатика и вычислительные сети	Гуманитарные дисциплины
-----------------------	---	-----------------	-----------------------------------	-------------------------

Практические занятия проводятся в Курчатовском НБИК-центре

ИНФРАСТРУКТУРА КУРЧАТОВСКОГО НБИК-ЦЕНТРА

Центр нанобионаук и технологий	Комплекс лабораторий на базе спейравак-реактора ИР-8	Комплекс электронных и лазерных микроскопов	Центр обработки данных
Центр информатики	Комплекс биотехнологий	Комплекс интеллектуальной и вычислительной техники	

Выбирая этот путь, человечество получит уникальную возможность не только сохранить цивилизацию в ближней исторической перспективе, но и довести перспективное время ее существования до времени геологического существования Земли – и даже больше





Ли Камп

Последнее великое глобальное потепление

Уроки на будущее: последние исследования показывают, что темпы самого резкого доисторического потепления кажутся медленными на фоне того, с чем мы сталкиваемся сегодня



ОБ АВТОРЕ

Ли Камп (Lee R. Kump) – профессор Университета штата Пенсильвания, соавтор книги *Dire Predictions: Understanding Global Warming* («Мрачные прогнозы: понять глобальное потепление»). Специалист по наукам о Земле, занимается планетарным потеплением.

Летом 2007 г. мы с коллегами, геологами и климатологами, прилетели на Западный Шпицберген, самый большой остров архипелага Шпицберген (Свальбард), чтобы отыскать достоверные свидетельства того, что называют самым резким глобальным потеплением всех времен. Нас здесь интересовали скалы. От нашего старого домика в бывшем шахтерском поселке, ныне крупнейшем населенном пункте архипелага Лонгйире до горных обнажений можно добраться за два часа. Поэтому рано утром мы отправились в путь в горы. Мы пробирались по скользким участкам, покрытым снегом и чахой растительностью, и я представлял себе время, когда здесь шумели пальмы с папоротниками и бродили крокодилы.

Очутившись в этом месте около 56 млн лет назад, я бы обливался потом, а не боролся с холодом. Ученые отмечали, что в течение нескольких тысяч лет – одно мгновение для геологического времени – температура в мире повысилась на 5° С, ознаменовав планетарную тепловую вспышку, известную ученым как палеоцен-эоценовый термальный максимум (PETM). Тогда климатические пояса на суше и на море сдвинулись в направлении полюсов, вызвав миграцию животных и растений, которым предстояло адаптироваться или погибнуть. Некоторые глубокие части океана подкислились и потеряли кислород, что привело к гибели многих обитавших там организмов. В течение 200 тыс. лет природа приходила в равновесие и снижала температуру.

PETM имеет удивительное сходство с антропогенными климатическими изменениями, развивающимися сегодня. Что более поразительно, виновником его возникновения стало массовое поступление в атмосферу

и океаны удерживающих тепло парниковых газов, сравнимое по объему с тем, что может дать в ближайшие столетия постоянное сжигание ископаемого топлива. Точное знание того, что происходило во время PETM, может помочь нам прогнозировать будущее. Вплоть до недавнего времени предсказания в лучшем случае были умозрительными. Новые ответы дают отрезвляющую ясность. Становится очевидным, что последствия этого крупного глобального потепления меркнут в сравнении с тем, что ждет нас впереди. И если курс развития не изменится, человечеству несдобровать.

Тайны парниковых газов

По мнению ученых, PETM разворачивался следующим образом.

Как и нынешний климатический кризис, он начался в некотором смысле с возгорания ископаемого топлива. Во время последних стадий распада суперконтинента Пангея происходил разрыв земной коры с образованием северо-восточной части Атлантического океана. В результате поднялась огромная масса расплава горных пород, и сильный жар окутал территории современной Европы и Гренландии, спекая богатые углеродом осадки и даже, возможно, угольные и нефтяные отложения у поверхности Земли. Эти обожженные отложения в свою очередь высвободили большие количества сильных парниковых газов: двуокиси углерода и метана. Судя по масштабу извержений, вулканы, по-видимому, положили начало парниковому эффекту, внеся порядка нескольких сотен петаграммов углерода – а этого достаточно, чтобы поднять температуру в мире на градус-другой. Но согласно аналитическим данным, в том числе и нашим, было что-то еще, что довело PETM до его наивысшей точки.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- 56 млн лет назад в ответ на массовое поступление парниковых газов в атмосферу температура во всем мире поднялась на 5° С.
- Интенсивное выделение газов происходило со скоростью, составляющей только 10% от той, с какой сегодня идет накопление этих задерживающих тепловое излучение газов в атмосфере.
- Скорость подъема температуры вызывает больше опасений, чем абсолютная величина, поскольку к быстрым климатическим переменам очень трудно приспособиться.

Вторая, более интенсивная стадия потепления началась, когда привнесенное вулканами тепло спровоцировало освобождение других газов. Естественное перемешивание воды в океане доставило тепло к холодному дну, в результате чего, очевидно, было нарушено равновесие погребенных там залежей замороженного гидрата метана. По мере того как размораживались гидраты, метан поднимался к поверхности, добавляя углерод в атмосферу. Метан улавливает тепло в атмосфере эффективнее двуокиси углерода, но быстро в нее превращается. Итак, пока продолжалось освобождение метана, его концентрация должна была сохраняться, изрядно усиливая парниковый эффект и последующий рост температуры.

В то же время последовала, вероятно, целая цепь ответных реакций, приведшая к пику потепления, начавшегося с размораживания гидрата метана, при этом высвободилось еще больше углерода из наземных водоемов. Высыхание, спекание, горение любого биологического материала, а он тогда тоже существовал, сопровождается выделением парниковых газов. Засухи могли вызвать во многих местах планеты, в том числе на западе современных США и Европы, иссушение лесов и торфяников, в ряде случаев распространение пожаров, при этом в атмосферу поступало еще больше двуокиси углерода. Дымящиеся пласты торфа и угля, которые известны в наше время и существуют уже столетия, могли усиливать эти потоки.

Таяние вечной мерзлоты в приполярных областях также, вероятно, усугубляло положение. Растения хранились в мерзлой земле миллионы лет, как гамбургеры в морозильнике. Положи мясо из морозильника на кухонный стол, и оно протухнет. Так и при таянии веч-

ной мерзлоты микробы, разлагая растительные остатки, выделяют много метана. Ученые обеспокоены, что образование этого газа при таянии в Арктике в наши дни может оказать существенное влияние на потепление, вызванное сжиганием ископаемого топлива. Скрытый вклад таяния вечной мерзлоты в период *PETM* также имел драматические последствия. Наша планета была тогда теплее, даже до наступления *PETM* в Антарктиде не было такого ледяного покрова, который прикрывает мерзлую землю сегодня. Но на этом континенте все же была вечная мерзлота, которая и таяла.

В начале высвобождения газов океаны поглощают большую часть CO_2 (в дальнейшем метан также преобразуется в диоксид углерода). Такое естественное удержание углерода помогает сначала выровнять потепление. Однако затем в водах океана растворяется так много газа, что создается избыток углекислоты, идет процесс, известный как подкисление. Более того, по мере увеличения температуры глубинных вод содержание кислорода в них уменьшается (теплая вода не может растворять столь много этого жизненно важного газа, как холодная). Подобные изменения катастрофичны для микроорганизмов – фораминифер, обитающих на дне морей и в придонных отложениях. Исследование ископаемых остатков показывает их неспособность выжить: 30-50% видов этих микроорганизмов вымерли.

Основные сведения

То, что высвобождение парниковых газов спровоцировало *PETM*, было известно с 1990 г., когда, исследуя керн, добытый со дна океана вблизи Антарктиды, в котором отразились изменения климата за много миллионов лет,

СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Насколько стремительно потеплеет в мире, зависит от того, насколько быстро накопятся в атмосфере парниковые газы. Прогнозы предупреждают о потеплении приблизительно на $8^\circ C$ к 2400 г., если не произойдет изменений в сжигании ископаемого топлива и удалении углерода. Предполагается, что выбросы углерода достигнут приблизительно 5 тыс. петаграммов, что сопоставимо с поступлением углерода во времена палеоцен-эоценового термального максимума (*PETM*), но скорость выделения углерода в прошлом, считавшаяся когда-то высокой, была меньше, чем сегодня



два исследователя из Калифорнии определили это важное явление. Менее очевидными были детали: как много газов было выделено, какой из них преобладал, как долго продолжался процесс и что стало его отправной точкой.

За годы, прошедшие с момента данного открытия, многие ученые в поисках ответов исследовали сотни глубоководных образцов. Поскольку осадки накапливались медленно, слой за слоем, они содержали минеральные включения, в том числе остатки скелетов живых организмов, которые хранили сведения о составе окружающих вод океана и атмосферы, а также формах жизни, существовавшей в период осадкообразования. По сочетанию различных форм, изотопов, атомов кислорода в остатках скелетов можно судить, например, о температуре воды.

При хорошей сохранности такие образцы дают четкое представление об историческом изменении климата. Но многие из них, содержавшие информацию о *PETM*, были не в лучшем состоянии. Частично они были утрачены, а те, что остались, подверглись действию времени. В образцах придонных отложений обычно много карбоната кальция (это химическое соединение, на свойствах которого основан эффект антацидов). Во время *PETM* подкисленные воды океана растворили карбонаты именно в тех слоях, где должны быть представлены самые экстремальные условия древнего потепления.

Чтобы прояснить ситуацию, я и мои коллеги встретились на Шпицбергене в 2007 г. с группой ученых из Англии, Норвегии и Нидерландов, работавших в рамках программы Всемирной сети университетов. У нас были все основания полагать, что горные породы в этой части Арктики, состоящие почти целиком из ила и глины, могли бы дать более полную картину и в итоге решить некоторые из вопросов относительно древнего потепления. На самом деле мы хотели отобрать образцы на эродированном плато, а не с морского дна. Мы искали образцы в бассейне древнего океана; со времен *PETM* тектонические движения подняли местность над уровнем моря, затем в период оледенения рельеф отшлифовали ледники, раскрыв перед взором живописную цепь крутых гор и широкие долины.

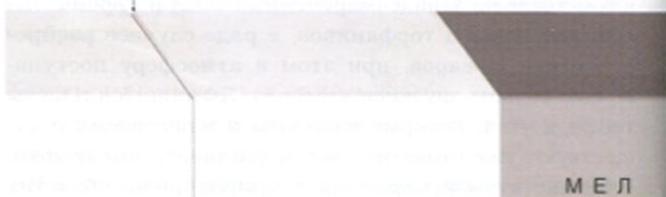
После первого дня разведки, строя планы полевых работ и сбора образцов, мы сделали открытие, позволившее нам избежать тяжелого подъема в горы. Мы узнали от предусмотрительного местного геолога, что норвежская горная компания, в которой он работал, вынула керн из пластов, охватывающих период *PETM*. Он взял на себя ответственность забрать его, слабо надеясь, что когда-нибудь он пригодится ученым. Наш благодетель отвел нас в большой металлический сарай на окраине Лонгйира, где и помещался керн, разделенный на 1,5-метровые цилиндры, хранящиеся в сотне деревянных плоских ящиков. В оставшееся время первого путешествия и во все время второго в 2008 г. все наши усилия были направлены на отбор образцов из отдельных частей этого длинного керна.

УРОКИ ПРОШЛЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ

Планетарные вспышки температуры, которые приходят внезапно (такой сценарий развивается сегодня), труднее пережить, чем более медленные изменения. Палеонтологические данные говорят, что медленный переход в парниковое состояние, произошедший в меловом периоде 120-90 млн лет назад, был безопаснее *PETM*, который наступил в 1 тыс. раз резче. Условия последнего тщательно анализировались с целью найти ключ к построению прогноза последствий сегодняшних тенденций потепления. Значительно более быстрые изменения температуры в наши дни приведут к более суровым условиям жизни на Земле, чем они были когда-либо ранее



146 млн лет назад



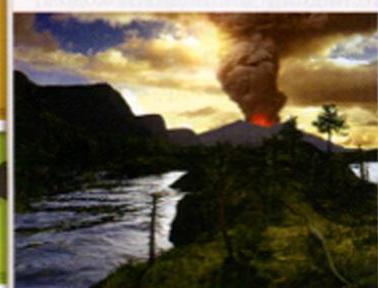
Вернувшись в лабораторию, через несколько лет мы выделили из этих образцов особые химические смеси, которые могли поведать о состоянии планеты в начале и по окончании *PETM*. Чтобы точнее определить состав парниковых газов, мы исследовали изменяющуюся смесь изотопов углерода, которую собирали главным образом из включений органических веществ, сохранившихся в глине. Проведя выделение и анализы, используя более чем 200 слоев керна, мы смогли объединить в целостную картину изменение факторов во времени. Как мы и предполагали, изотопный состав углерода сильно отличался в пластах, возраст которых исчислялся в 56 млн лет.

Продолжительность периода

Наши арктические образцы оказались особенными – прежде всего для определения всей продолжительности *PETM* и восстановления по окончании древнего потепления. Помогли они также составить более целостную картину периода выделения парниковых газов в атмосферу. Мы считали, что беспрецедентная точность воспроизведения климатических условий в итоге даст определенные ответы о времени, количестве, источнике и продолжительности высвобождения газов. Но чтобы получить такие результаты, нам необходимо

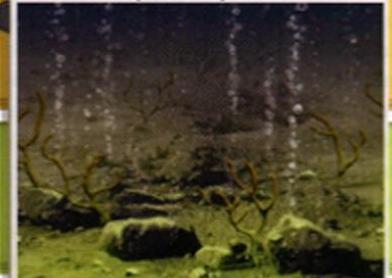
МЕЛОВОЙ ПЕРИОД (медленные изменения)

Скорость повышения среднегодовой температуры: 0,00025° С за 100 лет
 Продолжительность периода потепления: миллионы лет
 Общее потепление: 5° С
 Основные причины: извержение вулканов
 Изменение среды: океаны медленно абсорбировали двуокись углерода без подкисления вод
 Реакция живых организмов: почти все живые существа успели адаптироваться или мигрировать



PETM (умеренно быстрые изменения)

Скорость повышения среднегодовой температуры: 0,0025° С за 100 лет
 Продолжительность периода потепления: тысячи лет
 Общее потепление: 5° С
 Основные причины: извержения вулканов, поднятие метана со дна океана, возгорание торфа и угля, таяние вечной мерзлоты
 Изменение среды: подкисление глубинных вод океана
 Реакция живых организмов: вымирание некоторых придонных организмов, адаптация и миграция большинства живых существ на суше



СОВРЕМЕННОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ (быстрые изменения)

Скорость повышения среднегодовой температуры: 1-4° С за 100 лет
 Продолжительность периода потепления: десятилетия лет
 Общее потепление: 2-10° С, предположительно через следующие 200-300 лет
 Основные причины: сжигание ископаемого топлива
 Изменение среды: подкисление вод океанов, более резкие перепады погоды, таяние ледников, подъем уровня моря
 Реакция живых организмов: передвижение к полюсам ряда видов, потери мест обитания, обесцвечивание кораллов, вымирание



65 млн лет назад

56 млн лет назад

34 млн лет назад

ПАЛЕОЦЕН

ЭОЦЕН

НАША ЭРА

было выйти за рамки экстраполяции на основе состава и концентрации вещества, содержащегося в керне. Мы попросили Ина Цуй (Ying Cui), моего аспиранта из Университета штата Пенсильвания, создать сложную компьютерную модель, воспроизводящую процесс потепления, исходя из изотопного состава арктических образцов и степени растворения карбонатов, содержащихся в кернах, взятых на большой глубине в океане.

Ин Цуй опробовал различные сценарии развития, на каждый из них пришлось потратить месяц, чтобы воспроизвести полную картину *PETM*. В одних вариантах, например, принципиальная роль отводилась гидратам метана, в других – CO_2 . Из сценария, который больше всего соответствовал полученным физическим данным, следовало, что в атмосферу и океан должно было поступать дополнительно от 3 тыс. до 20 тыс. петаграммов углерода. Это больше, чем могли дать вулканы и гидраты метана, в процесс должны были бы включиться вечная мерзлота или торф и уголь. Расчет совпадал с самыми высокими показателями исследований, сделанных ранее на основе изотопного состава других кернов и компьютерных моделей. Более всего нас удивило то, что выделение газов в нашем случае растянулось приблизительно на 20 тыс. лет – дольше, чем прогнозировали ранее. Столь

длительное время означает, что скорость привнесения углерода во время *PETM* была менее двух петаграммов в год – лишь крупинка по сравнению со скоростью выбросов парниковых газов в атмосферу при сжигании ископаемого топлива сегодня. На самом деле в настоящее время концентрация CO_2 растет, вероятно, в десять раз быстрее, чем во время доисторического потепления.

Это новое представление имеет большое значение для будущего. Ископаемые останки свидетельствуют, что скорость климатических изменений воздействует на существование живых организмов и экосистем сильнее, чем степень этих изменений. Но для жизни благоприятнее медленные изменения, а не резкие, например такие, как в случае перехода к крайне жаркому климату в меловом периоде, который окончился 65 млн лет назад, когда в результате падения астероида погибли динозавры. Общая величина потепления ввиду парникового эффекта в меловый период сопоставима с *PETM*, но продолжительность его исчислялась миллионами, а не тысячами лет. Никакого вымирания не было отмечено, у нашей планеты и ее обитателей была масса времени, чтобы адаптироваться.

На протяжении ряда лет ученые считали древнее потепление верхом экстремальных условий: самое быстрое из когда-либо известных изменение климата,

Illustrations by Peter Menzel, Graphics by Emily Spangar

не имеющее конкурентов по части мрачных перспектив на будущее. С этой точки зрения *РЕТМ* закончился не так плохо. Если не принимать в расчет несчастных фораминифер в глубинах морей, все животные и растения, очевидно, выжили в той жаркой волне, даже если им пришлось пройти серьезную адаптацию. Некоторые организмы уменьшились в размерах, особенно млекопитающие: во время *РЕТМ* они были меньше, чем до и после него. Развитие пошло в данном направлении, по-видимому, потому, что тела поменьше лучше приспособлены к рассеиванию тепла. Роющие насекомые и черви также измельчали.

Спасли различные виды и массовые миграции к полюсам. Некоторые даже процветали на расширенных территориях своего обитания. Так, в море *Apectodinium* из группы динофлагеллят, типичный представитель субтропиков, распространился до Северного Ледовитого океана. На суше многие виды тропических животных, в том числе черепахи и копытные, впервые проложили свой путь в Северную Америку и Европу. Распространение млекопитающих открыло широкие возможности для эволюции и заполнения новых ниш, что было очень важно для человека: как раз в процессе этого разностороннего развития появились приматы.

Слишком быстро?

Итак, мы знаем, что темпы развития *РЕТМ* были умеренными, а не слишком быстрыми, так что те, кто посчитал биологические последствия относительно безобидными, дабы оправдать свою нераскаянность по поводу сжигания ископаемого топлива, должны пересмотреть свое отношение к проблеме. По сравнению с доисторическими временами сегодняшние климатические сдвиги происходят с головокружительной быстротой. По истечении десятилетий сведение на нет лесов, а также автомобильные выхлопы, угольные электростанции времен промышленной революции увеличили содержание CO_2 более чем на 30%. В настоящее время мы ежегодно привносим около девяти петаграммов углерода в атмосферу. Учитывая рост мирового населения и промышленности развивающихся стран, можно предположить, что вскоре это показатель достигнет 25 петаграммов в год, пока не истощатся все топливные ресурсы.

Ученые и управленцы, пытающиеся решить задачу преодоления возможных последствий изменения климата, обычно сосредотачивают основное внимание на конечных результатах: как много льда растает, как высоко поднимется уровень моря. Исходя из новых уроков исследования *РЕТМ*, они также должны задать вопрос, как быстро будут происходить эти изменения и будет ли время адаптироваться у жителей Земли. Если изменения будут слишком стремительными, или барьеры для миграции окажутся непреодолимыми, или адаптации грозят затянуться, то жизнь не сохранится: животные и растения станут вымирать, и мир преобразится за считанные тысячелетия.

Поскольку мы находимся на ранней стадии планетарного жара, трудно предсказать, что нас ждет впереди. Но кое-что мы уже знаем. Как было подытожено в последних отчетах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), экосистемы быстро реагируют на потепление. Есть очевидные свидетельства подкисления поверхностных вод и последующего его влияния на жизнь морских организмов (см.: Сафина К., Хардт М. *Угроза жизни в океане // ВМН, № 10, 2010*). Исчезновение видов идет полным ходом, сдвиг климатических зон уже привел в действие процесс выживания животных и растений, часто сопровождающийся вторжением насекомых и других инвазивных видов, захватывающих все новые территории. В отличие от условий, существовавших в период *РЕТМ*, в настоящее время перед растениями и животными встают преграды на пути миграций в более благоприятные климатические условия: шоссе, железные дороги, дамбы и города. Сегодня большинство крупных животных уже загнаны в крошечные ареалы ввиду сокращения мест обитания, их шансы передвижения на новые широты для выживания в ряде случаев равны нулю.

Более того, ледники и ледовые покровы тают и поднимают уровень океана, коралловые рифы все больше подвергаются действию болезней и жары, случаи засух и наводнений учащаются. Сдвиги в режиме выпадения осадков и поднятие уровня океана по мере таяния полярных льдов могут вызвать массовые миграции людей в масштабах, невиданных доселе. Некоторые уже начались (см.: Уорнер К., Шербинин А. де, Эжарт Ч. *Жертвы изменения климата // ВМН, № 3, 2011*).

Современное глобальное потепление на пути к значительному превышению *РЕТМ*. Но пока, возможно, еще не слишком поздно, чтобы избежать бедствия, ожидающего нас. Необходимы безотлагательные совместные действия, следует сократить выбросы в атмосферу диоксида углерода. Тогда, вероятно, у нас появится гарантия, что палеоцен-эоценовый термальное максимум так и останется последним масштабным глобальным потеплением.

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, Climate and Biosphere with Implications for the Future. Francesca A. McInemey and Scott L. Wing. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, vol. 39, pages 489-516, May 2011.
- America's Climate Choices. Committee on America's Climate Choices, National Research Council of the National Academies. The National Academies Press, 2011.
- Slow Release of Fossil Carbon during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. Ying Cui et al., *Nature Geoscience* (в печати)
- Слайды автора и его коллег по данной теме: ScientificAmerican.com/jul2011/climate-change

ПАДЕНИЯ БЕЗ ВЗЛЕТОВ

По следам наиболее известных неудач на рынке потребительской электроники

Согласно старой поговорке, на ошибках учатся. Если бы это было так, изготовители потребительской электроники должны были бы достичь сегодня высокой степени мастерства. Ведь был же *ROKR E1* от компаний *Apple* и *Motorola*, были первые телефоны *iTune* всего со 100 мелодиями. Был *Google Wave*, элемент программного обеспечения для *Web*, более запутанный и сложный, чем бланк налоговой декларации. Был и смартфон *KIN*, на создание которого корпорация *Microsoft* потратила несколько лет и около миллиарда долларов лишь для того, чтобы отозвать его с рынка всего через два месяца после выпуска.

(Не будем заикливаться на *Microsoft*, но не забывайте про ее беспроводные часы *SPOT*, беспроводной экран *Smart Display* и беспроводной аудиопроигрыватель *Zune*. Если не считать *Xbox* и периферийного оборудования для ПК, были ли вообще примеры успешного выпуска нового оборудования *Microsoft*?)

Когда голливудская киностудия видит, что созданный фильм неперспективен, она экономит миллионы долларов на маркетинге и распространении, просто выбрасывая его на помойку. Почему бы технологическим отраслям не взять пример с фабрики грез? Быть может, упомянутые компании просто не понимали, что их продукция провалится?

Поверить в это трудно. Почти любой человек может выявить непригодность этих изделий, даже просто услышав о них. («Внимание, *Microsoft* выпускает беспроводные часы, абонентская плата за которые составляет \$10, которые нужно подзаряжать каждые два дня и которые надежно действуют только в пределах зоны вашего почтового индекса...» – «Издеваются!»)

Мудрая компания должна тщательно исследовать дымящиеся обломки своего предшествующего продукта, провалившегося на рынке, и выяснить, что обусловило неудачу. Вот несколько параметров для примера.

ПАРАДОКС МОДЕРНИЗАЦИИ. Компании, выпускающие и «софт», и «железо», придерживаются бизнес-модели, согласно которой каждый год вводятся новые версии продукта, предоставляющие больше возможностей. Поначалу это действует на каждого потребителя. Мы, потребители, с готовностью каждый год модернизируем свое оборудование, просто чтобы не отстать. Благодаря этому компании получают постоянную работу. Однако со временем простое добавление новых функций и свойств начинает работать на ухудшение продукта. Как сказал Стив Джобс (*Steve Jobs*) из компании *Apple*, истинное искусство состоит в том, чтобы уметь определить, от чего отказаться, а не что добавить.

СОЗДАТЬ ХОРОШУЮ КОНСТРУКЦИЮ НЕПРОСТО.

При конструировании аппаратуры приходится соответствовать ряду взаимно противоречивых ограничений. Мы хотим, чтобы приборы карманного размера имели большие экраны и клавиатуры. Нам нужно, чтобы они были прочными, но недорогими. Нам просто необходимо, чтобы они были мощными, но могли долго работать без подзарядки, обладали большими возможностями, но были простыми в управлении. Создать конструкцию с оптимальным соотношением всех этих свойств очень трудно.

ВЫПУСК НА РЫНОК ПОД НАЖИМОМ. Разработка продуктов гораздо чаще отстает от намеченного графика, чем опережает его. А люди, вложившие в них деньги, хотят получить отдачу. В итоге на разработчиков начинают сильно давить, особенно в сезон отпусков, требуя выпуска продукта на рынок, хотя все знают, что он недоработан. Именно это произошло со злополучным смартфоном *Black Berry Storm*, первым устройством с сенсорным экраном из семейства *Black Berry*, в первой версии которого было такое множество дефектов и недоделок, что в сети он стал объектом всеобщих насмешек.

СИНДРОМ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ДОРАБОТКИ. Технологические компании, похоже, не видят ничего зазорного в том, чтобы выпустить недоработанный продукт (особенно программный, или же веб-сайт), изобилующий дефектами и неудачными решениями, и уже затем устранять его недостатки. «Это всего лишь программы, – говорят они. – Пусть наши первые покупатели станут подопытными кроликами».

И это хорошо – если только ваш продукт не настолько плох, что создавать следующую версию не имеет смысла. Опасайтесь судьбы фильма *Remo Williams: The Adventure Begins* («Ремо Уильямс: Приключение начинается»), который оказался настолько неудачным, что продолжения приключений не последовало.

ЭФФЕКТ ПРОВАЛА НА БРОДВЕЕ. Я десять лет работал дирижером и аранжировщиком бродвейских мюзиклов, многие из которых провалились. (Надеюсь, что не по моей вине.) Все актеры и другие театральные работники прекрасно видели, что дело идет к провалу, но никто не говорил этого. Мы все старательно работали и делали все, что нам велели. Почему? Да потому что было бы полным идиотизмом сказать руководству, что король голый. Даже если вся группа разработчиков знает, что ее продукт плох, ни для кого из рядовых работников нет смысла говорить об этом, зато есть множество причин, чтобы склонить голову и ждать бесславного конца.

Таким образом, вклад в неудачные потребительские продукты вносят разные факторы. Радует то, что корень зла очень редко заключен в самой технологии, гораздо чаще – просто в природе человека. ■

Дэвид Поур

Интервью: Майкл Лемоник

Я ПРИНАДЛЕЖУ НАУКЕ

Почему в Палате представителей Ричард Мюллер (Richard A. Muller) не сказал сторонникам скептического взгляда на климатические изменения то, что они хотели услышать

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ КТО

Ричард Мюллер

■ ПРОФЕССИЯ, ПРИЗВАНИЕ

Физик, который занялся научным исследованием изменения климата

■ ГДЕ

Национальная лаборатория им. Лоуренса в Беркли

■ ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Астрофизика и геофизика

■ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

Мюллер привел в ярость приверженцев скептических взглядов на изменение климата после заявления Конгрессу, что он разделяет общепринятое мнение о том, что Земля становится теплее, как предсказывают климатические модели.

Ричард Мюллер никогда не шел по проторенной дорожке научной мысли. В 80-х гг. XX в., когда его руководитель Луис Альварес (Luis Alvarez) выступил с сокрушительной идеей о том, что гигантская комета или астероид стал причиной вымирания динозавров, физик из Калифорнийского университета в Беркли пошел дальше, полагая, что метеорит был заброшен к нам загадочной звездой, близкой к Солнцу, которую он окрестил Немезидой. В 1990-х гг. Мюллер установил, что ледниковый период был вызван столкновением с космическими осколками по причине циклического изменения положения орбиты Земли.

Совсем недавно Мюллер назвал документальный фильм с участием Эла Гора (Albert A. Gore) «Неудобная правда» (*An Inconvenient Truth*) подборкой полуправд и заявил, что измерения подъема мировой температуры страдают изъянами, а многие из тех, кто обеспокоен климатическими изменениями, просто заморочили людям голову. Хотя он убежден, что изменение климата действительно происходит, оно потенциально опасно и, вероятно, частично вызвано деятельностью человека. Кроме того, он сделал выговор климатологам за пренебрежительное отношение к критике непрофессионалов, в том числе метеоролога Энтони Уоттса (Anthony Watts), ведущего веб-журнал «Уоттссебятина» (*Watts Up with That?*) и статистика Стива Макинтайра (Steve McIntyre), автора блога «Аудит климата» (*Climate Audit*). Вместе с несколькими коллегами он начал осуществление проекта BEST (*Berkeley Earth Surface Temperature*, «Измерение температуры земной поверхности в Беркли»), чтобы исправить то, что он считает неправильным в существующих оценках глобального потепления.

Климатические представления Мюллера сделали его любимцем скептиков – и вновь избранных в Палату представителей республиканцев, которые пригласили его отчитаться по поводу предварительных результатов перед Комитетом по науке, кос-



мосу и технике. Однако Мюллер удивил свою скептически настроенную аудиторию, руководство комитета и себя самого, заявив 31 марта, что проект BEST подтверждает (по крайней мере до сего времени) все, о чем свидетельствуют большинство исследований: на Земле идет потепление согласно прогнозам, сделанным на основе климатических моделей.

Это утверждение сразу переместило Мюллера из положительных в отрицательные герои в представлении некоторых скептиков и обрадованных защитников окружающей среды. (На сайте *Grist* было отмечено, что «скептики из нижней палаты были изрядно уязвлены наукой»). Последние исследования закончатся со дня на день, и если, как ожидается, будут подтверждены ранее полученные результаты, то Мюллер необратимо упадет в глазах скептиков. В интервью для журнала *Scientific American*, данном вскоре после заявления Мюллера, ученый дал понять, что все это несколько его не беспокоит.

– Что вас заинтересовало в теме климатических изменений как физика?

– Я стал интересоваться взаимоотношением астрономии, развития Земли и геологии. Теория Миланковича устанавливает связь между астрономическими явлениями и периодами оледенения. Но, правда, длительное время был и ненаучный интерес в этом отношении, продиктованный приверженцами астрологии. Люди видят будущее в звездах. И поэтому, думаю, этому направлению уделялось недостаточно внимания. Я потратил десять лет на исследования в данной сфере, которые завершились написанием книги под названием «Периоды оледенения и их астрономические причины» (*Ice Ages and Astronomical Causes*). Она насыщена деталями, специальными и тематическими выкладками. Когда бы мне пришлось выступать на подобную тему, безусловно, половина вопросов коснулась бы глобального потепления. Поэтому я начал готовиться к подобным вопросам с изучения проблем глобального потепления. И все методы, которые я узнал и разработал, были применимы к этой новой сфере.

Причина, по которой я взялся за дело действительно серьезно, была связана с моим осознанием того, что столь много публичных обсуждений обходили науку стороной, а этот вопрос имеет огромное значение. Давались рекомендации, чтобы даже страны с низким уровнем экономического развития выделяли значительные части своего валового внутреннего продукта на борьбу с глобальным потеплением, что оказывало влияние на энергетическую политику США. Наука казалась нерешительной. И тут меня осенило, что, возможно, это самый важный вопрос в мире, который может стоять перед физиком.

– Как возник проект BEST?

– Мой коллега обратил внимание на некоторые вопросы, поднятые Энтони Уоттсом, который рассказывал, что многие из станций, где снимаются показания температуры, имеют неправильное местоположение – они находятся вблизи зданий и источников тепла. Я сам узнал также о работе Стива Макинтайра в Канаде, который рассматривал скачок данных на графике, изображенный в виде хоккейной клюшки (до 1999 г. график шел более-менее ровно в течение 1 тыс. лет, а в XX в. показывал резкий подъем температур наподобие острия хоккейной клюшки).

Я пересмотрел запись данных, на основании которых был построен график, и серьезно в них усомнился. Я увидел, что изображение не вполне обосновано.

Несколько лет спустя Макинтайр опубликовал свои исследования и действительно показал, что график неверен. Резкий скачок появился в результате серьезной ошибки, сделанной учеными при вычислении основных составляющих. Я был доволен, что увидел это раньше.

Были также и другие проблемы. Три ведущие группы анализировали температуру, и здесь стали возникать вопросы. Вот, например, один из них: почему была задействована только небольшая часть имеющихся станций измерения температуры? При близком рассмотрении мы выяснили, что они делали это, поскольку их методы статистического анализа хорошо согласовывались с данными небольшого числа станций, и они лучше работали, имея дело с записями, ведущимися продолжительное время. На этом был основан выбор станций.

Возникает следующий правомерный вопрос: существует ли неустраняемая погрешность при выборе долго работающих станций? Такая возможность есть, поскольку если вы пользуетесь данными станции, на которой ведутся записи около 100 лет, то, вероятно, она изначально располагалась в сельской местности, а позже оказалась внутри города, и это могло привести к показаниям аномального потепления. Подобное явление наблюдается, например, в Токио. Мы называем его городским эффектом локального перегрева.

Все три группы заявляют, что здесь нет проблемы. Возможно, они были правы. Мы посчитали, что это трудно оценить, и решили, что с помощью современных компьютеров мы сможем создать систему, в которой действительно можно учесть все данные, относящиеся

«Я еще не сделал доклад, а в новостях центральных газет было заявлено, что у меня есть предубеждение, заготовленная программа выступления. Я не знаю, откуда они это взяли»

к известным проблемам, как, например, городской локальный перегрев, и пойти другим путем. Нет ничего лучше, как выбрать другой метод.

Вот так делают ученые. Мы не можем всегда провозглашать, что наши методы лучше, чем были раньше, но мы можем применить разные методы и посмотреть, придем ли мы к тому же результату. Если мы получим другой ответ, то возникнет вопрос почему. И тогда уже можно приступить к его решению. Но идя различными путями, мы только выиграем в деле, как произошло в данном случае.

– Согласны ли были с вами ведущие группы аналитиков температуры?

– Мы сотрудничали с другими группами, занимающимися тем же, и я сказал бы, что было всеобщее согласие, что иной метод мог внести свою лепту. Например, Джим Хансен (Jim Hansen) из Института космических исследований NASA им. Годдарда действительно приветствовал наши начинания, т.к. считал, исходя из своего ответственного отношения к работе, что ответ, который мы собирались получить, будет совпадать с полученным его группой. Это и есть то замечательное доверие, которое возникает в людях, которые со всей тщательностью сделали свою работу.

– Энтони Уоттс, которого климатологи считают уже не скептиком, а все отрицающим человеком, обвинил вас в публичном выступлении до получения окончательных результатов. Почему вы выступили перед широкой аудиторией?

– Я не разделяю мнение о том, что ты никому, включая коллег, не должен докладывать о своих результатах, пока они всеми не выверены. И это вызвано вниманием средств массовой информации. Положение усложняется, когда кого-либо вроде меня просят представить доказательства перед Конгрессом. Я не делал этого по своей воле и готов был отказаться. Я посоветовался с коллегами, и большинство сказали: «Послушай, это правительство. Если ты честно не выразишь свое мнение, свои откровенные мысли о том, что ты знаешь, они примут законодательство, в котором не будет учтено настоящее состояние науки».

– Принимая во внимание все то положительное, что сказано по поводу научно-критических замечаний, сделанных, например, Уоттсом и Макинтайром, как вы думаете, вас вызвали для доклада, потому что председатель комитета Ральф Холл (Ralph M. Hall) полагал, что вы выступите против общепринятой точки зрения?

– Я еще не сделал доклад, а в новостях ведущих газет уже было заявлено, что у меня есть предубеждение, заготовленная программа. Не знаю, откуда они это взяли, но все же догадываюсь. Думаю, они рассчитывали, что я выскажу свои сомнения после их публикаций.

Я не собирался даже приблизительно определять намерения председателя республиканского комитета. Сделав заявление перед Конгрессом, я был убежден, что большинство его членов серьезные люди, что они осознают, что если их точка зрения расходится с тем, что вы называете главным направлением, то это потому, что там есть скептики, имеющие полное основание поднимать вопросы, на которые не обязательно давать ответы.

Мне не важно, выступаю ли я перед республиканцами или демократами. Ведь наука вне партий. Я считаю, что я приверженец науки, и у меня нет повестки дня. У меня нет политических оснований говорить то или иное. Я строго следую науке. Думаю, что в ней я силен. И если я говорю что-то вызывающее удивление, то это лишь подогревает дискуссию.

– Вы также отмечали не раз, что мы ничего не делаем в США для сокращения эмиссии, что будет иметь значение в любом случае, поскольку выбросы от сжигания угольного топлива в Индии и Китае столь быстро растут.

– Действительно, если мы сокращаем выбросы, а Китай и Индия продолжают наращивать их количество, наши действия не принесут никакой практической пользы. Однако есть надежда, что мы подадим пример, которому последуют в Китае и Индии. Многим покажется, что мы преследуем лишь политические цели, поскольку он имеет скорее принудительный характер. Но мы несем ответственность за нарастающее глобальное потепление, и мы обязаны идти на сокращение.

– Вы признаете себя скептиком в климатических представлениях?

– Нет, не в общепринятом смысле, а в том, что собственно скептиком может быть каждый ученый. К сожалению, часто под словом «скептик» подразумевают все отрицающего человека. Сегодня есть люди, подвергающие сомнению все, что говорится о климатических изменениях. Я не хочу называть их имена, но все их знают. Это те, кто не признает науку, а только тенденциозно отбирает данные, которые преподносятся в искаженном виде.

Я принадлежу к скептикам, подобным Уоттсу и Макинтайру, которые, по моему мнению, служат общему делу, задавая правомерные вопросы и выполняя изрядную долю работы внутри и извне, т.е. включаясь в научный процесс.

– Но вы определенно критически относились к людям, которых можно было бы назвать адвокатами климатических изменений, не так ли?

– Обо мне писали, что я обвиняю и Эла Гора, и Томаса Фридмана (Thomas L. Friedman), обозревателя *New York Times*, в преувеличении. Это

люди, которые настолько глубоко озадачены опасностью глобального потепления, что страстно отбирают данные и игнорируют науку. – и это неудивительно: ведь они не ученые. Следуя науке, надо рассматривать все данные и сделать выверенное заключение. Я уверен, что они это делают, поскольку так сильно озабочены, и они делают благое дело, привлекая внимание американской общественности к проблемам, о которых надо знать. Но, не будучи учеными, они считают, что не должны обнаруживать несогласованные, противоречивые данные. В глазах широких масс Гор ученый. Опасность заключается в том, что если вы прибегаете к преувеличению, то люди в итоге обнаружат это и станут реагировать.

– Как реагировать?

– Я думаю, что сегодня в США люди меньше обращают внимание на проблему изменения климата отчасти потому, что стали реагировать на прежние преувеличения. Публика – это жюри, которое готово слушать обе стороны. И когда люди видят подобные различающиеся результаты, они приходят в замешательство. И я уверен, что сейчас общество пребывает в состоянии смятения, т.к. известно, что некоторые из проблем, правомерно поднятые скептиками, существуют.

– Вы полагаете, что IPCC, главный арбитр в климатологии, – уважаемая организация?

– Межправительственная группа экспертов по изменению климата – IPCC (Intergovernmental Panel on Climate

Change) – работает исходя из законов, которых придерживается наука. Вопрос в том, что аспекты, к которым привлекается наибольшее внимание общества, содержат чрезмерные преувеличения. Поэтому, когда люди говорят, что IPCC все же в основном права, их мнение не касается измерения температуры и компьютерных моделей, оно складывается под влиянием таких преувеличений, как таяние снегов Гималаев.

– В марте вы представили Конгрессу предварительные результаты, основанные только на незначительной части всех собранных данных. Когда будут проработаны все полученные материалы, вы планируете выступить перед Конгрессом снова?

– Уверен, что Конгресс предложит мне представить доказательства. Уважаемое научное сообщество, что вы мне посоветуете? Как бы вы поступили, если бы вас попросили дать экспертную оценку изменений климата на нашей планете?

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ The Instant Physicist: an Illustrated Guide. Richard A. Muller. W.W. Norton, 2010.

■ Сайт Ричарда Мюллера: <http://muller.lbl.gov>

■ Запись выступления Мюллера на слушании в Палате представителей: ScientificAmerican.com/jun2011/muller-hearing

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

ПОДРОБНОСТИ ПО ТЕЛЕФОНУ:
+7 (495) 939-42-66



ЛУЧШИЕ МАТЕРИАЛЫ ЖУРНАЛА «В МИРЕ НАУКИ»
О ТАЙНАХ МОЗГА И СОЗНАНИЯ —
ТЕПЕРЬ НА CD-ДИСКАХ

SCIENTIFIC AMERICAN
в мире науки

МОЗГ И СОЗНАНИЕ

АЛЬМАНАХ

История мозга
Структура и функции
Психология
Мозг и искусство



КРИТИЧЕСКАЯ МАССА

Коллективная мудрость пользователей позволяет сделать правильный выбор

Поначалу слова и изображения размещали на веб-сайтах их владельцы. Сегодня мы называем ту примитивную пору *Web 1.0*.

В современном мире *Web 2.0* материалы предоставляет аудитория. К категории подобных ресурсов относятся многие крупнейшие имена в Паутине: *Facebook*, *eBay*, *Craigslist*, *YouTube*, *Flickr* и другие. Во всех случаях владельцы сайтов предоставляют только «форум» – площадку для общения посетителей.

Один из самых интересных притоков реки *Web 2.0* – сайты отзывов, собирающие коллективную мудрость тысяч довольных или разочарованных клиентов. Вы больше не ошибетесь при выборе места отдыха (*TripAdvisor*), ресторана (*Yelp*), кинофильма (*IMDB*), автомобиля (*Edmunds*), подрядчика (*Angie's List*), приложения (*iTunes*), книги (*Amazon*), врача (*RateMDs*) или пива (*RateBeer*). Для владельцев гостиниц, рестораторов, продавцов автомобилей и т.д. появление сайта отзывов – отрезвляющее явление. Внезапно люди стали общаться между собой. Если продукция или услуга нехороши, потребители отвернутся от них. Если же вы потенциальный покупатель, сайты отзывов клиентов для вас – дар небес. В наши дни если вы попали в ресторан, где обслуживают медленно, это ваш и только ваш промах. Такого можно было бы избежать, заранее проконсультировавшись с массами.

Вы можете спросить, насколько значимо мнение критика. Когда вы имеете дело с мнением одного конкретного критика, читая его рецензию на кинофильм в газете, вы безусловно рискуете столкнуться с субъективностью. Возможно, он был в плохом настроении, а может быть – ненавидит режиссера еще со времен обучения киноискусству, или просто его вкусы не совпадают с вашими. Но когда вы читаете суммарную оценку 10 тыс. зрителей, ошибиться гораздо труднее. Крайние мнения с обеих сторон взаимно компенсируются, а «золотая середина» даст на удивление точную оценку реальных достоинств фильма. Так, на сайте *IMDB* (*Internet Movie Database*) фильм «Классный мюзикл 3: Выпускной» получил по результатам усреднения 19,6 тыс. мнений оценку 3,8 из 10, и я считаю ее абсолютно справедливой.

Но как быть со скандалами по поводу фальсификации обзоров, возникающими с пугающей регулярностью? В подлоге обвиняли *Yelp*, *TripAdvisor*, *Amazon* и другие сайты. На кону большие деньги, поэтому неудивительно, что торговцы иногда помещают под вымышленными именами положительные обзоры своей продукции или своей компании, либо поливают грязью своих конкурентов. Применяются и нечестные ме-

тоды. Обратите внимание, как много приложений получает в обзорах в *iTunes Store* либо одну, либо пять звезд. Может ли такое количество программ вызывать столь противоположные оценки?

Дело вовсе не в самих приложениях. Просто рецензенты выражают свои пристрастные мнения. Вы с большей вероятностью пришлете отзыв, если вас что-то так или иначе задело. Широкие слои всем довольных потребителей не утруждают себя откликами.

(Однажды корпорация *Apple* попыталась решить эту проблему, предлагая клиентам давать оценку программам при их удалении. Разработчики приложений подняли крик: «Предлагая пользователю дать оценку приложению в момент, когда он его удаляет, вы придаете нашим обзорам отрицательный перекос, – говорили они. – Если пользователь доволен программой, он не станет ее удалять».)

Как же добиться действенности наших сетевых откликов, минимизируя при этом обвинения в фальсификации? Компаниям-новичкам мы рекомендуем поощрять пользователей давать отклики под своими настоящими именами, как поступает *Amazon*. *Yelp* и *TripAdvisor* говорят, что у них есть штатные работники и программы для отлавливания фальшивых откликов. Да, все это гонка, но сайты откликов знают, что для их выживания важно доверие к ним аудитории.

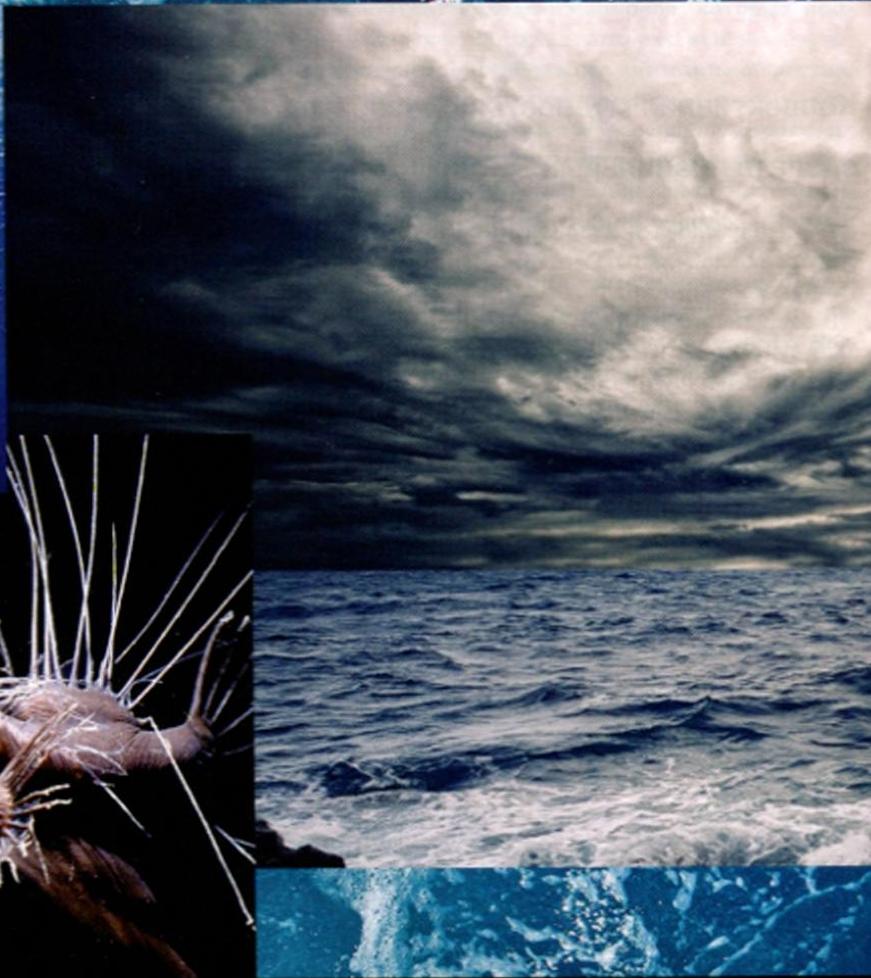
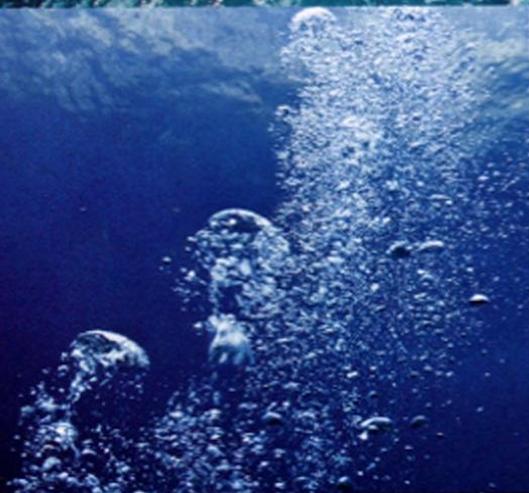
Вы тоже можете улучшить свои навыки распознавания мошенничества. Иногда это видно невооруженным взглядом: отклик слишком восторжен. А часто можно выявить подлог, кликнув на имена авторов записей. Если больше ничего от них не найдется, это очень тревожный знак.

Наконец, большое значение имеет количество откликов. Если их мало и они либо чрезмерно хвалебные, либо слишком хулильные, ваше чувство охотника должно заставить вас насторожиться. Если же записей десятки или сотни, эффект тенденциозных оценок снижается.

Внимание: старая добрая система профессиональной критики тоже была не безупречна. Вы никогда не узнаете, какие конфликты каких интересов замешаны в деле. В случае же *Web 2.0* голос масс обычно намного громче одиночных голосов, не заслуживающих доверия. Вы располагаете массой мнений, где истины больше, чем обмана. ■



Перевод: И.Е. Сацевич



Самые глубокие точки четырех океанов

Гренландское море,
Северный Ледовитый океан
Средняя глубина - 1225 м
Максимальная глубина - 5527 м

1 Марианская впадина, Тихий океан
Средняя глубина - 3976 м
Максимальная глубина - 11 022 м

2 Желоб Пуэрто-Рико, Атлантический океан
Средняя глубина - 3597 м
Максимальная глубина - 8742 м



Зондский желоб, Индийский океан
Средняя глубина - 3711 м
Максимальная глубина - 7729 м



ЧЕЛОВЕК

под водой

*Хроника достижений
и перспективы развития
мировой гидронавтики*



АЛЕКСАНДР ЕМЕЛЬЯНЕНКОВ,
обозреватель «Российской газеты» –
специально для журнала «В мире науки»

За год с небольшим до первого полета человека в космос – 23 января 1960 г. – Жак Пикар (Jacques Piccard) из Швейцарии и лейтенант ВМС США Дон Уолш (Don Walsh) на батискафе «Триест», который сконструировал отец Жака Огюст Пикар (Auguste Piccard), погрузились на дно Марианской впадины. Так человек впервые достиг самой глубокой точки Мирового океана.

Первые данные о максимальных глубинах Марианского желоба получены английским судном «Челленджер» в 1951 г., тогда была зафиксирована отметка 10 963 м. По результатам измерений, проведенных в 1957 г. советским научно-исследовательским судном «Витязь», предельная глубина достигала 11 022 м. Эта глубочайшая точка Мирового (и Тихого) океана на 2174 м ниже поверхности океана, чем Эверест (8848 м) выше его уровня.



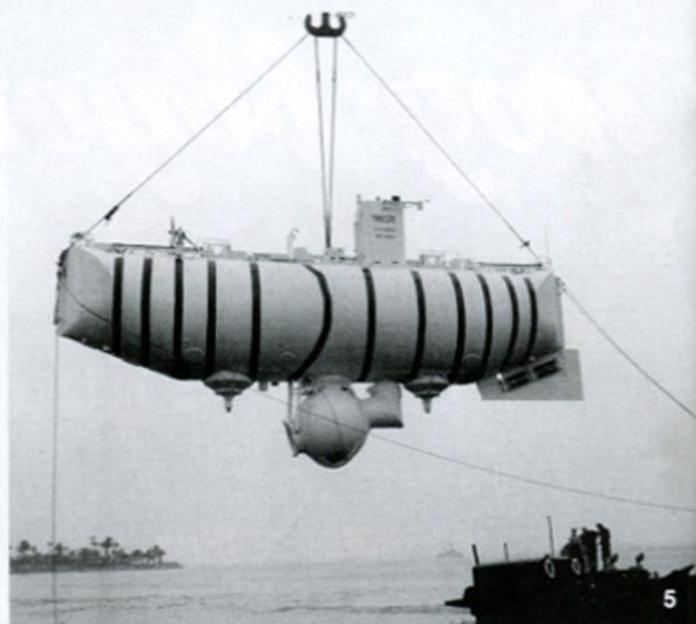
За шесть десятилетий, миновавших со времени рекордного погружения «Триеста», созданы десятки новых более совершенных подводных аппаратов, управляемых гидронавтами из прочного корпуса, но тот почти 11-километровый прорыв в гидрокосмос до сегодняшнего дня остается непревзойденным достижением.

И совсем не случайно 14 июля нынешнего года, когда стартовал международный проект *ELEMO* по изучению Женевского озера с использованием российских глубоководных аппаратов «Мир-1» и «Мир-2», почетное право на первый спуск было предоставлено американскому гидронавту Дону Уолшу и сыну Жака Пикара – аэронавту Бертрану Пикару (Bertrand Piccard).

Уважение к бывшим заслугам – вещь, безусловно, похвальная. Однако это символическое погружение вызывает у специалистов смешанные чувства.

Можно порадоваться за швейцарцев и французов, которые получили уникальные инструменты для исследования пограничного водоема, в окрестностях которого живут 1,5 млн европейцев, и больше половины из них пользуются водой из Женевского озера. Вот только соразмерны ли цель и технические средства, которые сюда брошены?

Договорная программа для российских глубоководных аппаратов разработана под эгидой Федеральной политехнической школы в Лозанне и включает несколько направлений: геологию, гидрологию, геохимию, микробиологию. Сами «Миры» базируются в городе Ле-Бувере на южном берегу озера. Их сопровождают



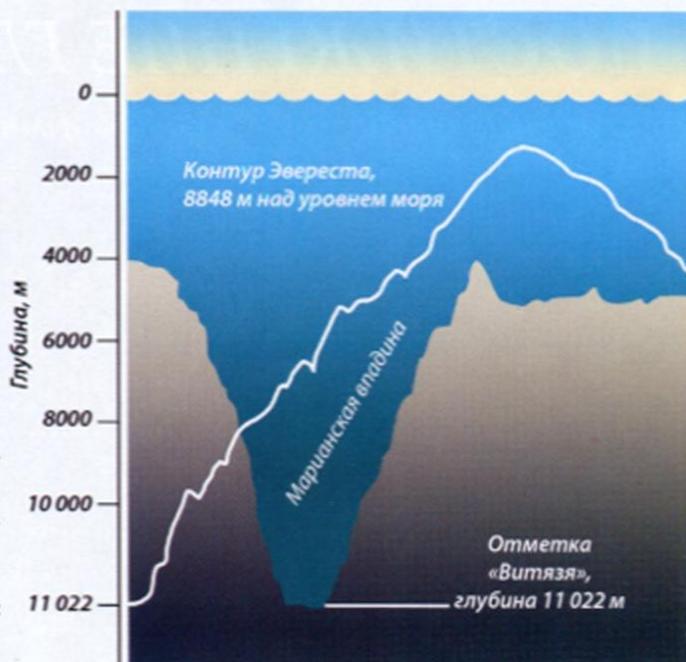
два десятка специалистов из Лаборатории глубоководных обитаемых аппаратов Института океанологии РАН, которой руководит профессор А.М. Сагалевич.

По его же признанию, видимость во время первых погружений «Миров» в Женевское озеро не превышала 1-2 м. И глубины там далеки от байкальских: в максимальных точках – едва за 300. По большому счету, это лужа для уникальных аппаратов с потенциалом погружения 6 км. Не для этого они создавались. Но средств на проведение глубоководных экспедиций в океане российская наука из года в год не получает. Нашим гидронавтам приходится искать подработку на стороне: у Джеймса Кэмерона на съемках «Титаника» или у состоятельных швейцарцев и французов.

Тем временем, пока российские аппараты купают иностранцев в Женевском озере, им на пятки наступают конкуренты из Поднебесной.

В последних числах июля в Пекине официально объявлено, что созданный в Китае глубоководный батискаф «Цзяолун» с тремя членами экипажа совершил тестовое погружение в Тихом океане на 5057 м. Это погружение (рекордное для КНР) должно было состояться еще 22 июля, но из-за сильного шторма его отложили на несколько дней. Как заявил представитель Государственного океанографического управления Китая Лю Фэн, руководивший этим и предыдущим этапом испытаний (тогда аппарат погрузился на 4027 м), «Цзяолун» сконструирован для работ на глубине до 7 км. По неофициальным сведениям, прочную капсулу для батискафа – так называемое «яйцо», в котором находятся гидронавты и основные системы управления, – изготовили на одном из российских судостроительных предприятий.

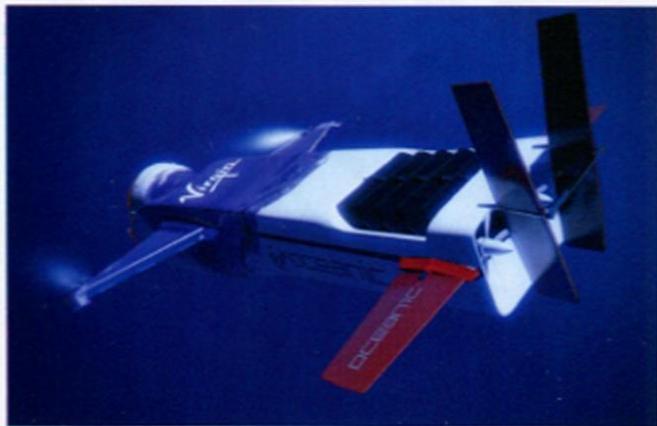
Ожидается, что на рекордную глубину 7 тыс. м, недоступную пока что и прославленному «Мирам», экипаж китайского ГОА «Цзяолун» отправится уже в следующем, 2012 г. С появлением такого батискафа КНР стала пятой страной в мире после США, Франции, России и Японии, обладающей технологией погружения обитаемых аппаратов на глубины более 3,5 тыс. м. ■



О ВОДЕ СОЛЕННОЙ И ПРЕСНОЙ

Около трех четвертей – 70,8% – земной поверхности составляет океан. Он же – основная часть ее гидросферы: 94%, т.е. на озера, реки и водохранилища приходится около 6% воды. Океан – непрерывная, хотя и не сплошная оболочка Земли. С этой точки зрения континенты – всего лишь большие острова в Мировом океане. Континенты и большие архипелаги разделяют его на Атлантический, Индийский, Северный Ледовитый и Тихий (такое деление принято в 1953 г. Международным гидрогеографическим бюро)

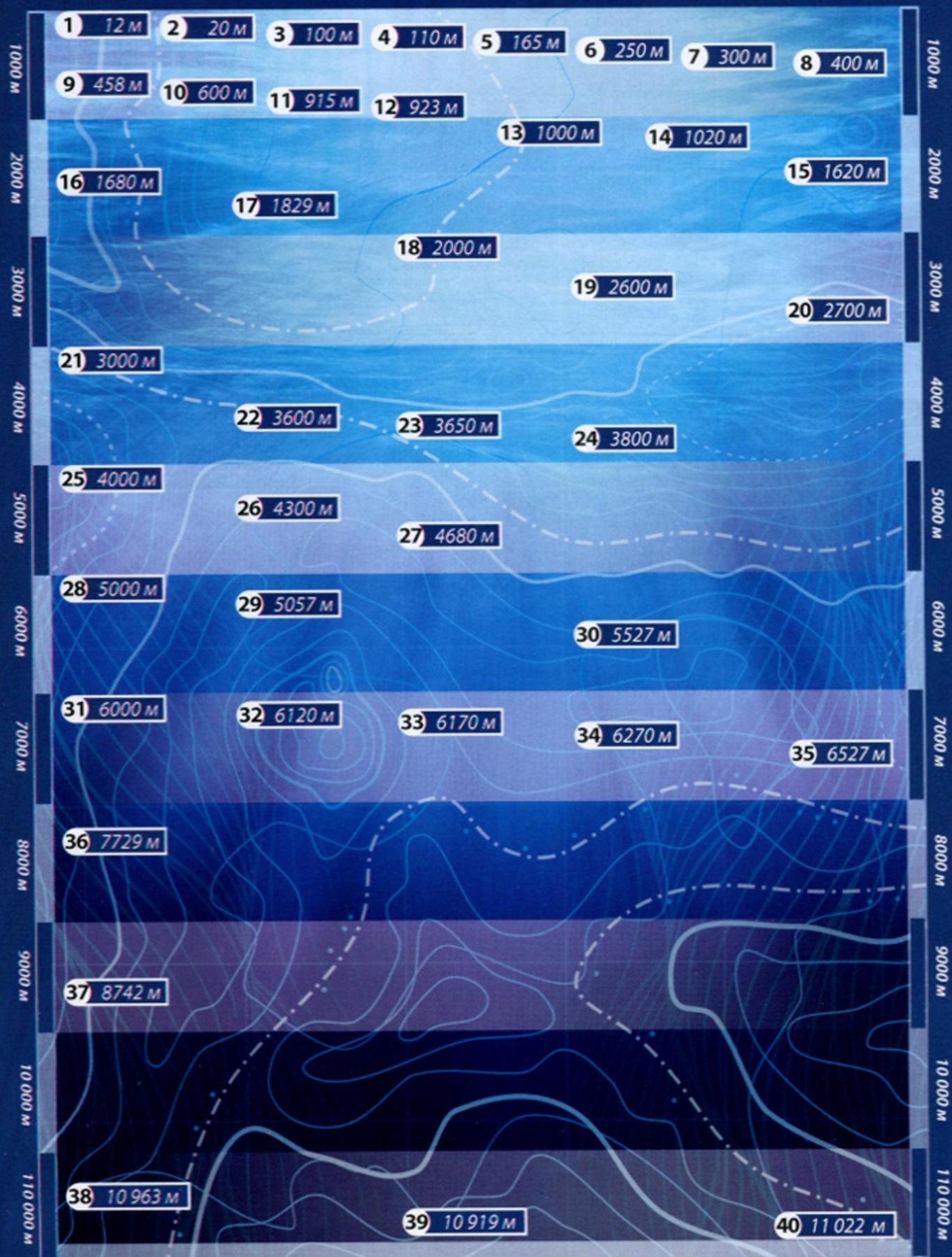
1. Легендарный «Триест» по сей день остается рекордсменом
2. Для путешествий в глубины океана, как и для полетов в космос, уже создаются комфортабельные аппараты, рассчитанные на состоятельных туристов
3. Командир «Консула» Дмитрий Боев в своем батискафе уверен
4. Глубоководные погружения ОПА «Консул» в Атлантике обеспечивало судно «Звездочка»
5. Спуск на воду нового корабля – всегда праздник



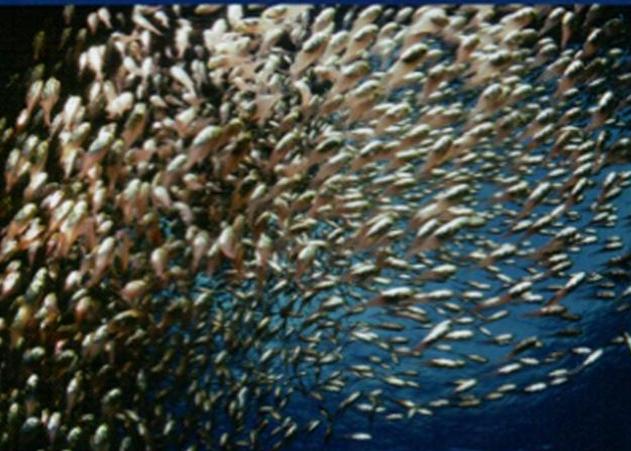
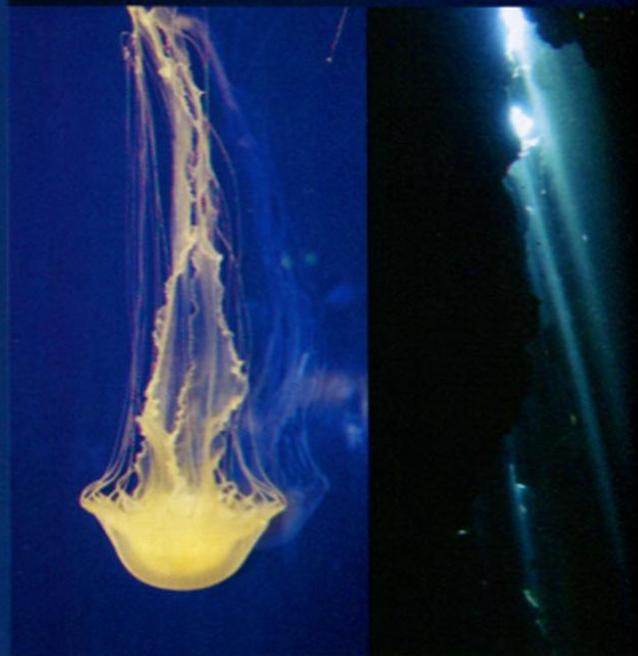
ПОСТИЖЕНИЕ ГЛУБИНЫ

Освоение Мирового океана подводными аппаратами

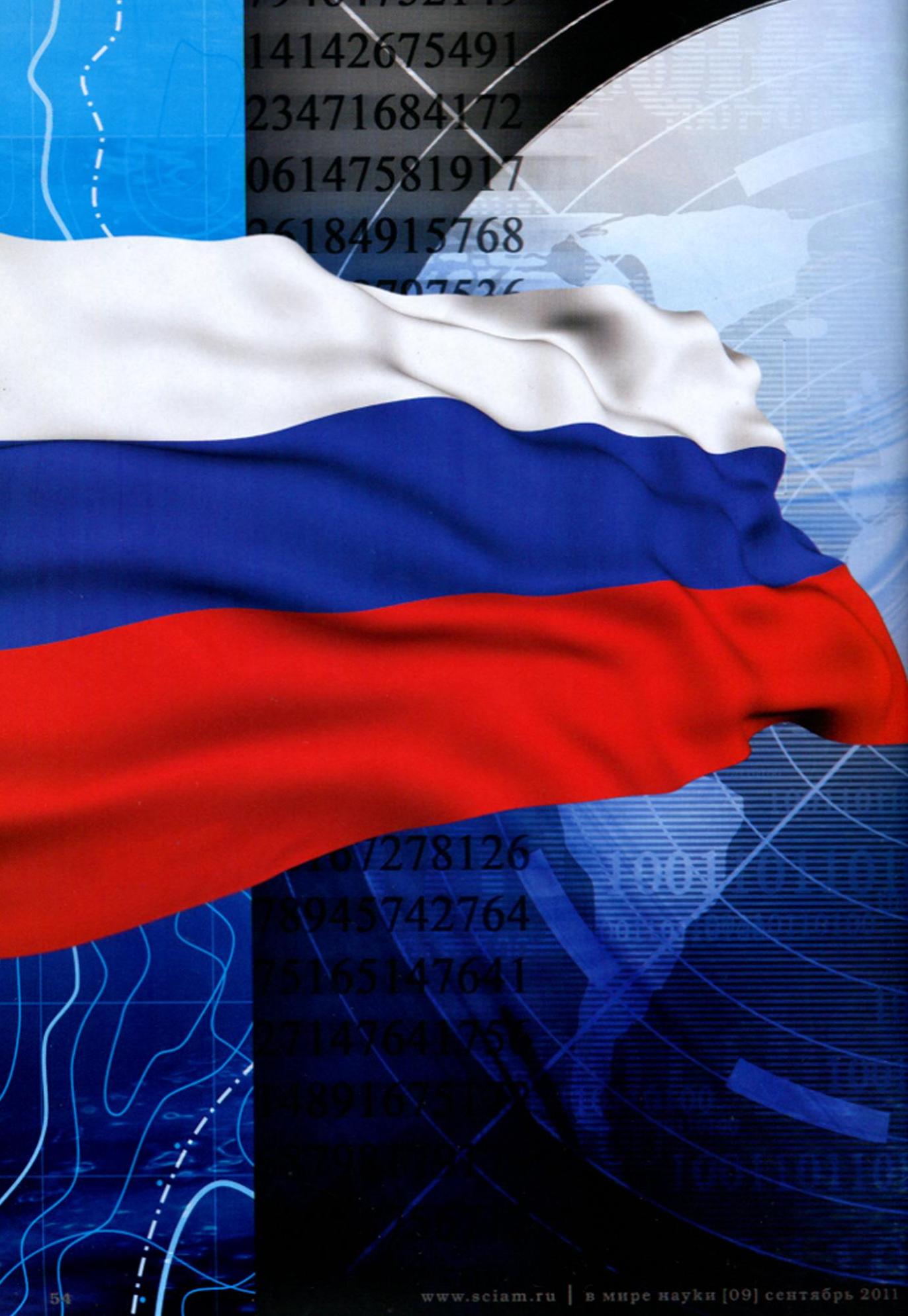
1. 12 м. На такой глубине в гидролаборатории ЦПК им. Ю.А. Гагарина отработываются программы выхода в открытый космос
2. 20 м. Глубина Куйбышевского водохранилища в точке, где затонул теплоход «Булгария»
3. 100 м. Максимальная глубина, куда заплывает синий кит – самое крупное животное на Земле
4. 110 м. Глубина Баренцева моря в точке гибели и последующего подъема АПЛ «Курск»
5. 165 м. Батисфера Бальзамелло (Италия), 1892 г.
6. 150-250 м. Дизельные подводные лодки
7. 300 м. «Ныряющее блюдце» Жака-Ива Кусто
8. 300-400 м. Рабочие глубины АПЛ первого и второго поколений.
9. 458 м. Батисфера Уильяма Биби (William Beebe) и Отиса Бартона (Otis Barton), 1911 г.
10. 1600 м. ГА «Аргус» (Россия, ИО РАН). Предельная глубина погружения для большинства современных АПЛ
11. 915 м. Исследовательская атомная подводная лодка NR-1 (США). Несла службу и выполняла специальные задачи с 1969 г., несколько раз модернизировалась, в 2008 г. отправлена на списание. Оружия не имела
12. 923 м. Батисфера Уильяма Биби и Отиса Бартона. Погружение у Бермудских островов, 1934 г.
13. 1000 м. Спасательные аппараты ВМФ СССР / России типа «Приз». Дальше этой точки в глубины океана не проникает солнечный свет
14. 1020 м. Боевая глубоководная АПЛ К-278 «Комсомолец» (СССР). Имела прочный корпус из титана, торпеды и подводные ракеты на вооружении. Погружение на максимальную глубину совершено в Норвежском море 4 августа 1985 г.
15. 1620 м. Максимальная глубина озера Байкал – самого глубокого пресноводного водоема на Земле
16. 1680 м. Глубина Норвежского моря у острова Медвежий, где в результате пожара и потери плавучести затонула из надводного положения титановая АПЛ «Комсомолец» (7 апреля 1989 г.)
17. 1829 м. ГА *Alvin* (США), первая версия – 1964 г.
18. 2000 м. ГОА *Piscis* (СССР/ Россия). С этих глубин начинается абиссальная зона – наиболее пустынная часть океана, где отсутствует фотосинтез
19. 2600 м. Глубина Атлантического океана в точке гибели американской ПЛА *Thresher*
20. 2500-2700 м. Галапагосский рифт (трещина) в Тихом океане. За многообразие обнаруженных морских организмов получил название «оазиса в океане»
21. 2500-3000 м. Выход гидротерм – горячей и перегретой воды (черные и белые курильщики), вблизи которых возникают поселения морских организмов
22. 3000 м. Батискаф *Trieste* Огюста Пикара (Швейцария), 1953 г., ГОА *Syana* (Франция)
23. 3600 м. Глубина Атлантического моря к юго-западу от Азорских островов в месте гибели ПЛА *Scorpion*
24. 3650 м. ГОА *Alvin* (США)
25. 3800 м. Глубина океана в точке гибели «Титаника»
26. 4000 м. Давление – 775 кг/кв. см, температура воды не превышает 2° С, рыбы слепые и очень древнего происхождения
27. 4300 м. Дистанционно управляемые подводные аппараты типа «Клавесин» (Россия). Глубина подледного погружения ГОА «Мир» в точке географического Северного полюса
28. 4680 м. Глубина Атлантического океана в Бискайском заливе, где потерпела аварию и затонула советская АПЛ К-8
29. 5000 м. Глубина Атлантического океана в районе Бермудских остров, где потерпела аварию и затонула советская АПЛ К-219



29. 5057 м. Батискаф «Цзяолун» (КНР)
Рекордное для КНР погружение, совершено 26 июля 2011 г. На 2012 г. планируется покорение глубины 7 км
30. 5527 м. Самая глубокая точка Северного Ледовитого океана (в Гренландском море)
31. 6000 м. ГА *Nautilus*, Франция. Ультраабиссальная (хадальная) зона; давление в 1,1 тыс. раз превышает давление на поверхности Земли, но жизнь в определенных формах все равно существует – за счет хемосинтеза
32. 6120 м. ГОА «Мир-2» СССР/ Россия
33. 6170 м. ГОА «Мир-1» СССР/ Россия
34. 6270 м. ГОА «Консул» СССР/ Россия, ВМФ
Погружение на предельную глубину совершено 14 мая 2011 г. в рамках программы государственных испытаний
35. 6527 м. ГА «Шинкай 650» (Япония). Дно Японской впадины
36. 7729 м. Зондский желоб, самая глубокая точка Индийского океана
37. 8742 м. Желоб Пуэрто-Рико – самая глубокая точка Атлантики
38. 10 963 м. Глубочайшая точка Мирового океана, зафиксированная в 1951 г. английским судном «Челленджер» в Марианском желобе
39. 10 919 м. Батискаф *Trieste-2*, 23 января 1960 г., Жак Пикар (Швейцария) и Дон Уолш (США), Марианский желоб (Тихий океан)
40. 11 022 м. Максимальная глубина в Марианском желобе по результатам измерений советского НИС «Витязь», 1957 г. Самая глубокая точка Мирового океана







79101732113
14142675491
23471684172
06147581917
06184915768
0707526

06/278126
78945742764
75165147641
27147641765
14891675109
0707526

ЗА «РУСЬЮ» – «КОНСУЛ»

В распоряжение Военно-Морского Флота России поступают обитаемые подводные аппараты с глубиной погружения до шести километров

В конце июля, когда в России по традиции отмечают День ВМФ, в Калининграде спустили на воду опытовое судно «Селигер». Корабль предназначен для научно-исследовательских работ в интересах развития Военно-Морского Флота и решения сопутствующих задач.

А накануне официально объявлено об успешном завершении в Северной Атлантике государственных испытаний автономного глубоководного обитаемого аппарата «Консул» – экипаж гидронавтов отработал намеченную программу на глубине 6270 м. Тем самым он повторил и даже превзошел рекордные достижения «Миров».

«После завершения всего комплекса опытно-испытательных работ батискаф в конце 2011 г. будет принят в состав ВМФ России», – оптимистично заявили в Управлении пресс-службы и информации оборонного ведомства.

Эти два факта вместе с другой поступающей информацией дают основание говорить о признаках возрождения научно-исследовательского флота в составе нашего ВМФ. «Селигер» спроектирован по заказу Минобороны в конструкторском бюро «Алмаз» и заложен на стапеле Прибалтийского судостроительного завода «Янтарь» в Калининграде 8 июля 2009 г. И всего через два года, в канун Дня ВМФ, его спустили на воду. Как уверяют на верфи, готовность корабля – более 70%, оставшиеся достроечные работы и подготовка судна

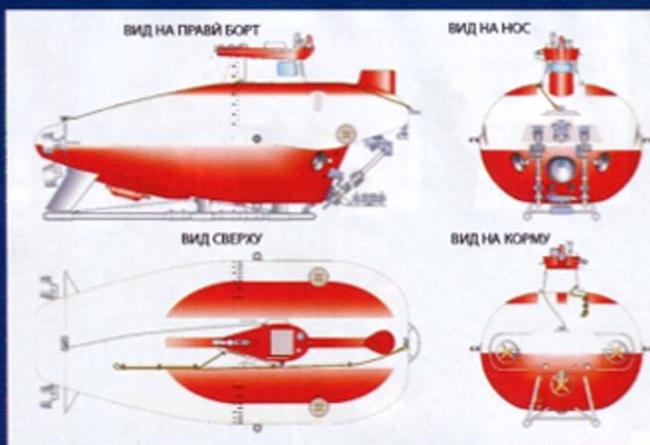
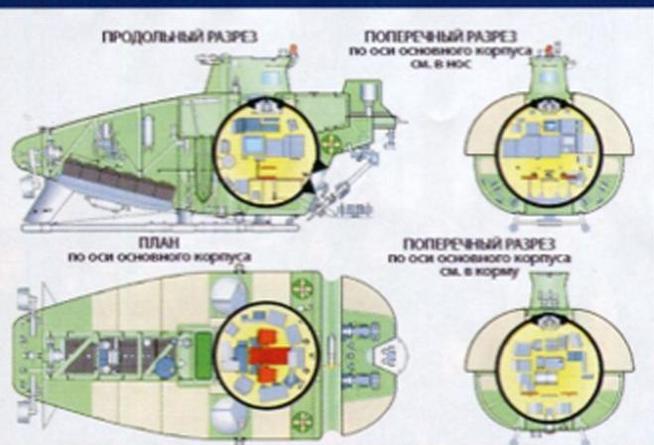


«Консул» был спроектирован в известном питерском КБ «Малахит» – там же, где и его предшественник, уже несущий службу аппарат «Русь». Корпуса обоих выполнены из высокопрочного титанового сплава, разработанного специалистами НИИ «Прометей».

В отличие от «Миров», которые строились по заказу СССР в Финляндии и породили тогда немало проблем в международных отношениях, глубоководные аппараты «Русь» и «Консул» спроектированы, обеспечены конструктивными материалами и всем необходимым оборудованием на территории России



Командир аппарата Дмитрий Боев



С «Селигером» связывают надежды на возрождение в России научно-исследовательского флота



«Консул» и его экипаж в Северной Атлантике после погружения на 6270 м



к заводским и ходовым испытаниям будут производиться уже на воде.

«Селигер» – это головное судно проекта 11982, – сообщил журналистам пресс-секретарь «Янтаря» Сергей Михайлов. – Вслед ему заложены и строятся другие гидрографические суда. Они нужны для испытания новой техники, в том числе обитаемых автономных и не автономных глубоководных аппаратов, акустических систем, а также для исследований толщи и дна Мирового океана.

Внешние данные «Селигера» – в сравнении с другими надводными кораблями и подводными лодками – не очень впечатляют: длина – 59,7 м, ширина – 10,8 м, водоизмещение – 1117 т. Судно способно развивать скорость в 13 узлов, дальность плавания – 1 тыс. миль, экипаж – 16 человек и девять членов экспедиции.

Однако заказчики из ВМФ справедливо полагают, что суть не в размерах, а в возможности такого корабля-носителя «и тех глубоководных аппаратов, с которыми предстоит работать», – дал понять присутствовавший на спуске «Селигера» вице-адмирал, Герой России А.В. Буриличев.

По его словам, в нашей стране начиная с 1950-х гг. активно создавались глубоководные технические средства, в том числе уникальные, способные длительное время работать на больших глубинах. Как результат, сформировались новые направления в металлургии, энергетике и кораблестроении. Параллельно с этим изучались и решались проблемы медико-биологического характера – воздействие больших глубин на психологическое состояние человека, отработывались методики отбора, научно-технической, психофизиологической и физической подготовки гидронавтов. Все это в совокупности позволяет сказать, что в России сложилась и динамично развивается своя, отечественная школа гидронавтики.

Успешное завершение испытаний уникального в своем роде аппарата «Консул» – лучшее тому подтверждение. Высочайший профессионализм, научно-техническая и психофизиологическая подготовка команды гидронавтов в составе Юрия Курганова, Дмитрия Боева

Экипаж этого батискафа могут составлять два или три человека



и Михаила Кузьмичева достойно увенчали многолетний труд конструкторов Санкт-Петербургского бюро машиностроения «Малахит», Центрального НИИ конструкционных материалов «Прометей», Центрального научно-исследовательского института им. А.Н. Крылова и непосредственных строителей глубоководного аппарата – коллектива «Адмиралтейских верфей».

Как пояснили в беседе с журналистом коллеги вице-адмирала Буриличева, поле деятельности у «Консула» весьма обширное. Он может использоваться для подводно-технических и аварийно-спасательных работ, установки на подводные объекты маяков-ответчиков, доставки на грунт и подъема на поверхность оборудования массой до 200 кг. А манипуляторный комплекс, которым оснащен глубоководный аппарат, способен выполнять функции своеобразного стропальщика и наводчика – особенно при операциях подъема затонувших объектов средствами судна-носителя.

На испытаниях в Северной Атлантике таким судном для «Консула» было СБС «Звездочка». А вообще аппарат неприхотлив и может работать в тандеме со многими кораблями ВМФ и других ведомств, включая Министерство транспорта, МЧС, пограничную службу, Министерство природных ресурсов. ■

Продолжение темы – в следующем номере

Успешные испытания «Консула» – совместная заслуга большой команды конструкторов, строителей, инженеров и гидронавтов



ОБ АВТОРЕ

Александр Федорович Емельянов – выпускник факультета журналистики МГУ (1983). Последние десять лет работает в отделе науки и образования «Российской газеты». С его приходом здесь был реализован совместный проект с РАН – еженедельный выпуск «Российской научной газеты». Среди особых пристрастий – ядерная физика во всех проявлениях, экология и люди науки с ярко выраженным общественным темпераментом.

ОБИТАЕМЫЙ ПОДВОДНЫЙ АППАРАТ «КОНСУЛ», ПРОЕКТ 16811

■ Длина	8,4 м
■ Ширина и высота	3,9 м
■ Масса	26 т
■ Водоизмещение подводное	38,6 т
■ Экипаж	два-три человека
■ Автономность	12 ч (на предельной глубине – не менее 3 ч)
■ Скорость	три узла
■ Предельная (она же рабочая) глубина погружения	6 тыс. м
■ Время погружения на предельную глубину	3-4,5 ч

ОПА «Консул» создан по заказу Министерства обороны РФ
 Разработчик – СПМБМ «Малахит»
 Построен в Санкт-Петербурге на «Адмиралтейских верфях»
 В рамках государственных испытаний 14.05.2011 совершил контрольное погружение на 6270 м

Читайте в следующем выпуске журнала:



СУЩЕСТВУЕТ ЛИ МУЛЬТИВСЕЛЕННАЯ?

Доказательство гипотезы о параллельных вселенных, радикально отличающихся от нашей, возможно, до сих пор находится вне компетенции науки

ЭВОЛЮЦИЯ ГЛАЗА

Ученые стремятся проследить до конца путь, по которому шло формирование столь сложного органа, как глаз человека

ЛУЧШЕЕ ЛЕКАРСТВО

Тихая революция в сравнительных исследованиях эффективности методов лечения может сдержать стремительный рост расходов на здравоохранение

ГЛОТОК СВЕЖЕГО ВОЗДУХА

Выявив биологические основы муковисцидоза, серьезного наследственного заболевания, можно надеяться на успех в его лечении

ЗАПАХ ЧЕЛОВЕКА

Выяснив, каким образом комары отыскивают человека, можно будет разработать эффективные ловушки и репелленты, которые перекроют пути распространения малярии

БИОТОПЛИВО: УТРАЧЕННЫЕ ИЛЛЮЗИИ

Осуществить научные и технологические прорывы, необходимые для того, чтобы заменить нефть топливом растительного происхождения, судя по всему, гораздо сложнее, чем представлялось ранее

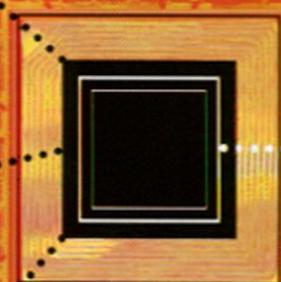
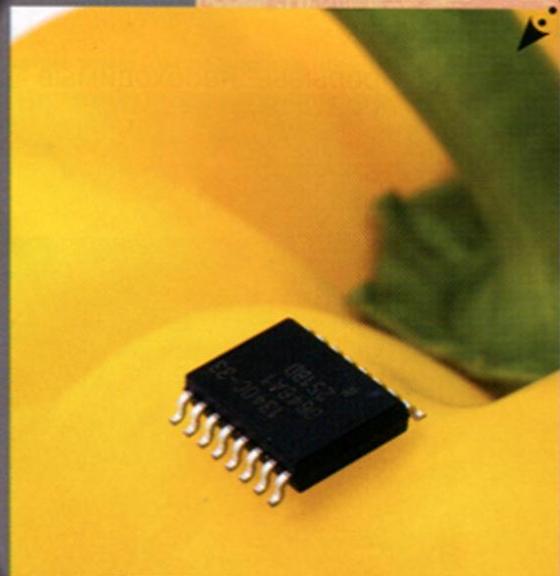
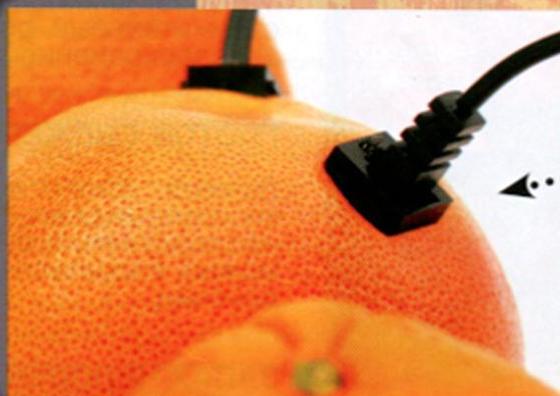
ГИДРОКОСМОС

ТРОЕ В ПРОЧНОМ КОРПУСЕ

Глубоководные «Миры» послушны Евгению Черняеву будто щупальца осьминогу

РАЗРЕЗ 60

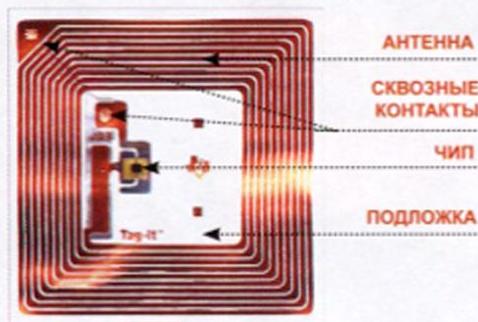
На лето будущего года российские океанологи готовят масштабную экспедицию в субарктическую Атлантику



А ТЕЛЕЖКА И ГОВОРИТ . . .

В 1985 г. в газете *The New York Times* в одной из статей с увлечением рассказывалось о том, насколько удобно кодирование различных продуктов и предметов с помощью штрих-кода. Однако в конце статьи автор с сожалением добавлял, что жить в пору прекрасную штрих-кодов нам вряд ли придется, уж слишком дорога технология. «Штрих-коды никогда не окупятся, – писали в газете, – однако их применение позволит существенно улучшить качество обслуживания людей». Прошло всего девять лет, и уже все товары в США маркировались черно-белыми полосками. Сейчас подобная история повторяется с новым поколением информационных меток – *RFID*-чипами, с той только разницей, что уже мало кто сомневается в их скорейшем воцарении. Человечество за последние десятилетия так привыкло к технологическим чудесам, что, подобно кэрролловской Алисе, устало удивляться.

Даже увлекательный рассказ премьер-министра РФ В.В. Путина в сентябре 2010 г. о том, в какие магазины без кассиров и с «умными» прилавками мы будем ходить уже в ближайшие годы, мало кого особо удивил. А теперь мы уже точно знаем, когда и где откроется первый такой «наночипофицированный» магазин



Большой микробрат

Как это часто бывает, технология *RFID* (*Radio Frequency Identification*, «радиочастотная идентификация») возникла многие десятилетия назад в недрах военных институтов и многие же десятилетия пролежала на полках, востребованная только военными. Хотя особого секрета из нее и не делали. Еще в преддверии Второй мировой войны, в 1937 г., для того чтобы отличить свои бомбардировщики, возвращающиеся с задания, от авиации вероятного противника, в Исследовательской лаборатории ВМС США была создана система *IFF* (*Identification Friend or Foe*, «идентификация друга или врага»), сейчас известная нам как система «Свой – чужой». Постоянно посылаемый станциями обнаружения кодированный радиосигнал принимался установленной на борту аппаратурой, которая без вмешательства летчика реагировала на него своим ответным сигналом, своеобразным паролем. Если он был правильным, наземные службы понимали, что приближающийся объект опасности не представляет.

Еще одним праотцом *RFID* по праву считается знаменитый советский инженер Л.С. Термен. В 1945 г. он изобрел подслушивающее устройство, не требовавшее посторонних источников энергии. В сущности, это был простейший пассивный передатчик. Звуковые волны вызвали колебания диффузора (особой конической трубки), которая давила на резонатор и меняла его форму. Специальный посылаемый на резонатор радиосигнал при этом изменялся и возвращался к заинтересованным лицам, уже неся в себе информацию о том, какие звуки проходили через устройство. За этот аппарат Термен в 1947 г. получил Сталинскую премию первой степени – высшую в СССР.

Первый настоящий *RFID*-чип, аналогичный тем, что существуют сейчас, был продемонстрирован в 1973 г. учеными Исследовательской лаборатории Лос-Аламоса. Тогда они представили обществу образцы как пассивных, т.е. не имевших собственного источника питания, так и активных (на батарейках) компактных идентификаторов. Достоинство последних заключалось в большей чувствительности и «дальнобойности». Система работала с 12-битной информацией и фактически дублировала систему штрих-кодов, изобретенную и запатентованную тоже задолго до практической реализации в 1949 г.

Наконец, в 1983 г., в самую последнюю очередь, появилось само название *RFID*. Оно значится в патенте США за № 4384288, выданном американцу Чарльзу Уолтону (см.: Уолтон Р. *Тотальная автоматизация* // *ВМН*, № 4, 2004, Браун П. *Приватность в век терабайтов и терроризма* // *ВМН*, № 12, 2008, Олбрехт К. *Радиометка – это вы* // № 12, 2008).

Чип и Чип спешат на помощь

Сейчас *RFID*-метки в зависимости от источника питания в основном подразделяют на активные и пассивные.

■ **Активные *RFID*-метки.** С ними все более-менее понятно. Антенна, работающая одновременно и на прием, и на передачу, усилитель сигнала, блок перезаписываемой памяти, микропроцессор и батарейка, все это собрано в одном компактном корпусе. Принятый сигнал обрабатывается процессором, который, «подумав», отвечает на запрос другим радиосигналом, содержащим запрашиваемую и содержащуюся в памяти информацию. Информация может быть самого разного свойства. Например, человек может носить на руке медицинский *RFID*-браслет, в котором будут содержаться все данные его медицинской карты: группа крови, резус-фактор, список аллергенов, перенесенные болезни, принимаемые медикаменты, номер страховки, адрес жительства, телефоны родственников и т.д. Такие браслеты неплохо иметь каждому, но более всех они необходимы пожилым людям: будет гораздо проще найти такого человека, если у него внезапно откажет память, или он потеряет сознание, ибо активный браслет позволяет обнаружить своего хозяина на расстоянии в несколько сотен метров. Плюсы активных



ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГИИ	RFID	ШТРИХ-КОД
НЕОБХОДИМОСТЬ В ПРЯМОЙ ВИДИМОСТИ МЕТКИ	■ НЕТ	■ ДА
ОБЪЕМ ПАМЯТИ	■ ДО 10 МБАЙТ	■ ДО 100 БАЙТ
ПЕРЕЗАПИСЬ ДАННЫХ И МНОГОКРАТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	■ ДА	■ НЕТ
ДАЛЬНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ	■ ДО 100 М	■ ДО 4 М
ОДНОВРЕМЕННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕСКОЛЬКИХ ОБЪЕКТОВ	■ ДО 200 МЕТОК/С	■ НЕВОЗМОЖНА
БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ОТ ПОДДЕЛКИ	■ ВЫСОКАЯ	■ НИЗКАЯ
РАБОТА ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ МЕТКИ	■ ЗАТРУДНЕНА	■ ЗАТРУДНЕНА
ГАБАРИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	■ СРЕДНИЕ И МАЛЫЕ	■ МАЛЫЕ
СТОИМОСТЬ	■ СРЕДНЯЯ И ВЫСОКАЯ	■ НИЗКАЯ

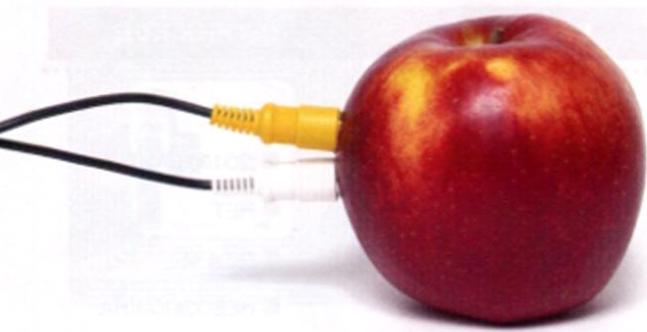
меток очевидны: в них можно «зашить» очень большой объем информации (на сегодня порядка 10 тыс. знаков (букв) – это примерно половина читаемой вами статьи), причем информацию эту можно перезаписывать, метки действуют на большом расстоянии и обладают высокой чувствительностью. Однако и минусы активных меток тоже очевидны: они значительно сложнее, крупнее и дороже своих пассивных собратьев, кроме того, срок их работы ограничен емкостью элемента питания. Хотя последнее не особенно страшно: уже сейчас разработаны активные RFID-чипы, работающие на одной батарейке более десяти лет.

■ **Пассивные RFID-метки.** Им для работы батарейка уже не нужна, и состоят они всего из двух элементов – антенны и микрочипа. Здесь все не так очевидно: сложно представить, как может электронное устройство (а микрочип – именно электронное устройство, причем довольно сложное) работать без источника питания. На самом деле источник питания у пассивного чипа есть. Это тот самый электромагнитный сигнал, который на него посылается. Проходя через антенну, он индуцирует в ней электрический ток. Конечно, мощность его крайне невелика, но все рассчитано так, чтобы ее было достаточно для того, чтобы чип сработал и послал через ту же антенну ответный радиосигнал.

Очень грубо пассивный RFID-чип можно сравнить с газетным листом. В типографии на него наносят закодированную в буквах информацию. В условиях отсутствия электромагнитного излучения оптического диапазона, проще говоря – в темноте, мы ничего на этом листе разглядеть не сможем. Но стоит подать на него это излучение, и мы получим от него закодированную информацию в виде измененного отраженного светового потока. При этом никаких батареек в этом листе не содержится.

Достоинства и недостатки пассивных меток также очевидны. Главный недостаток – малый радиус считывания: до 10 м. Кстати, дальностью далеко не всегда есть достоинство. Так, например, у электронных ключей и пластиковых банковских карт со встроенными RFID-чипами она специально ограничена несколькими сантиметрами. Сделано это для того, чтобы какой-нибудь злоумышленник с помощью пиратского ридера не смог дистанционно считать с них информацию и воспользоваться ею с корыстной целью. Кроме того, у пассивной метки невелик объем памяти: не более нескольких килобайт. Это немного, но в сотни раз больше, чем вмещает в себя стандартный штрих-код 13 бит. Наконец, подавляющее большинство пассивных чипов не могут перезаписывать информацию: что в них зашито при производстве или при активации (как, например, в транспортных проездных картах), то они и «рассказывают». Но всего этого вполне достаточно, если речь идет, например, о недорогих товарах. Вполне достаточно, чтобы на пачке с молоком стоял чип с зашитыми в нем идентификационным номером товара (по которому определяется вид продукта и производитель), личным порядковым номером в партии, датой производства и сроком хранения. Но все эти минусы с лихвой перекрываются множеством плюсов. Во-первых, простота производства: пассивные метки можно просто печатать как фотографии. Из этого логично вытекает дешевизна: сегодня цена в случае партии в 100 млн штук доходит до 1,5 руб. за метку. И, наконец, величина. Стандартный «мю-чип» производства компании Hitachi имеет размеры (без антенны) 0,15 x 0,15 мм. Самый маленький чип имеет размеры 0,05 x 0,05 мм, его можно легко «закатать» в лист бумаги, а стандартная дальность его считывания составляет 30 см.

■ Кроме того существует промежуточный вариант – **полупассивные RFID-метки**. От просто пассивных они отличаются наличием батарейки, снабжающей чип дополнительной энергией. Такая метка считывается с боль-



Возможность моментальной идентификации в корне изменит нашу жизнь

шего расстояния, пока батарейка работает, а когда она садится, продолжает работать как обычная пассивная метка.

Черная метка

Сфера возможного применения RFID-технологий поистине огромна. Тем не менее многие люди и даже целые организации считают их замаскированным злом и, как это было в случае со штрих-кодами и присвоением ИНН, призывают бойкотировать все, что с ними связано.

Прежде всего это, конечно, защитники прав человека и сторонники теорий мирового заговора. В чем-то они, безусловно, правы. Широкое внедрение бесконтактных идентификационных чипов бесспорно облегчит задачу слежки за человеком и сбора данных о нем. Если предположить, что все продаваемые товары будут снабжены RFID-метками, и их не будут удалять при выходе из магазина, а данные можно будет считывать с расстояния в несколько метров, то просто пройдя рядом с человеком и имея в кармане пиратский ридер, можно будет моментально собрать о нем массу информации. Во что он одет, что носит с собой, какой уровень его благосостояния. Если товар покупался по кредитной карте, несложно установить личность этого человека. Если что-то из того, что человек носит с собой, снабжено мощной активной меткой (например, тот же «медицинский браслет», о котором мы уже говорили), такого человека легко отследить даже в толпе.

По мнению критиков технологии, любая передаваемая дистанционно информация потенциально более уязвима, чем передаваемая при контакте. Технически подкованный злоумышленник может ее перехватить, переработать и использовать в свою пользу. Но все эти проблемы весьма успешно решаются созданием новых и совершенных криптографических методов.

Особую тревогу чипы вызывают у части населения, напуганной возможным присутствием в скрытом цифровом коде «числа зверя» – 666. На таких людей обычно не действуют даже уговоры церковных иерархов, убеждающих паству в том, что бояться можно только сознательного принятия «печати антихриста» на чело и на

руку, когда человек во имя материальных благ сознательно отрекается от Бога. В противном случае, даже если все 10 тыс. знаков внутри чипа будут шестерками, никаким отречением это считаться не может.

От рынка до магазина

Мировой рынок RFID-технологий еще только создается. Как следствие, развивается он ускоренными темпами. В 2007 г. его стоимость составляла \$4.9 млрд, через год он вырос до \$5.3 млрд. Сейчас среднегодовой прирост составляет 15%. При этом спрос пока существенно превышает предложение, технологии производства улучшаются, цены падают, и все это говорит о том, что рынок будет успешно развиваться и дальше. Эксперты российского ОАО «РОСНАНО» считают, что к 2018 г. мировой RFID-рынок вырастет в пять раз и достигнет \$27 млрд. При этом благодаря снижению цены и расширению инфраструктуры количество производимых меток должно увеличиться как минимум в 300 раз. Уже сейчас RFID-метки самым активным образом используют такие крупные корпорации, как Wal-Mart, METRO, Home Depot, Coca-Cola, PepsiCo, Unilever и многие другие.

Период развития, когда рынок находится на стадии наполнения и еще не дошел до активного дефляжа, – самый благоприятный для того, чтобы занять на нем достойное место. Россия, по мнению экспертов, еще только начинает свое вхождение в RFID, однако ее научный и производственный потенциал в этой области достаточно крепок. У «РОСНАНО» непосредственно с RFID-чипами связано четыре крупных проекта.

Первый предусматривает постройку известной итальянской компанией Galileo Vacuum Systems в подмосковном городе Хотьково крупного завода по производству RFID-меток. Для печати чипов будет использована уникальная, разработанная специалистами Galileo нанотехнология селективной металлизации покрытий, с помощью которой можно печатать любой металлизированный рисунок на любой гибкой поверхности. Специально для реализации этого проекта Galileo создала в России дочернее предприятие ЗАО «Галилео Нанотех». На заводе будет работать более 300 человек. Общая стоимость проекта – 1892 млн рублей, из которых на долю «РОСНАНО» приходится 923.3 млн (48.8%).

..... Мнение эксперта

Управляющий директор «РОСНАНО» Александр Кондрашов:

«Мы считаем крайне важным участие в проекте компании Galileo и ее готовность передать технологии в российскую компанию. Совместная компания в дальнейшем планирует привлекать для модернизации технологических решений ведущие российские научно-исследовательские институты и внедрять их разработки в собственном производстве»

Применение *RFID*-меток кардинально изменится

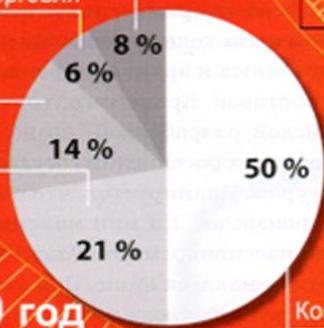
Производство/инвентаризация

Электронные документы

Розничная торговля

Прочее

2010 год



Производство/инвентаризация

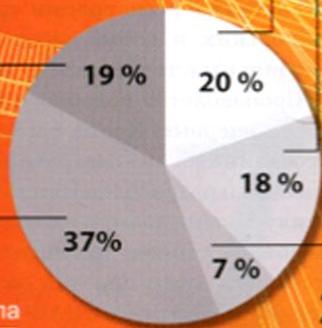
Розничная торговля

Контроль доступа

Прочее

Электронные документы

2018 год



МИРОВОЙ РЫНОК ВЫРАСТЕТ БОЛЕЕ ЧЕМ В ТРИ РАЗА ДО 2018 ГОДА



Зависимость цены на метку от объема производства



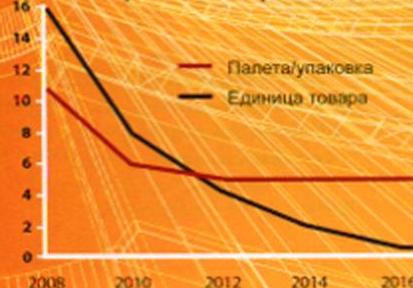
Объем мирового рынка меток, \$ млрд

Метки с чипом

Метки без чипа / печатные



Прогноз цены метки в розничной торговле, центов



Сегодня практически все эксперты солидарны во мнении, что уже к концу этого десятилетия *RFID*-технологии завоюют мир. И тогда человечество вступит в новую эпоху – эру моментальной идентификации

В соответствии со вторым проектом, реализуемым совместно с ОАО «Ситроникс», в городе-спутнике Москвы Зеленограде на базе завода «Микрон» и НИИ микроэлектроники (НИИМЭ) будет организовано производство микрочипов с использованием технологии 90 нм. Конечными продуктами проекта станут российские чипы для смарт-карт, используемых в электронных загранпаспортах, водительских удостоверениях и свидетельствах о регистрации транспортных средств, банковских и социальных картах, сим-картах для мобильных телефонов, а также чипы для RFID-меток. Производство подобного уровня организуется в России впервые. Кроме того, проект предусматривает создание на его базе специального центра проектирования и разработки микросхем. По планам, в полную силу проект должен заработать к 2015 г., а его реализация даст городу 220 новых рабочих мест. Общая стоимость этого проекта составляет 16 566 млн рублей, из которых «РОСНАНО» вносит 6480 млн рублей, что составляет почти 40%.

..... Мнение эксперта

Президент ОАО «СИТРОНИКС» Сергей Асланян:

«Проект позволит вывести российскую микроэлектронную промышленность на качественно новый уровень, и мы рады, что в лице «РОСНАНО» мы встретили поддержку государства в этом начинании. Только продолжая инвестировать в развитие технологий и идей даже в условиях экономической нестабильности, можно сохранить конкурентоспособность и сделать солидный задел на будущее»

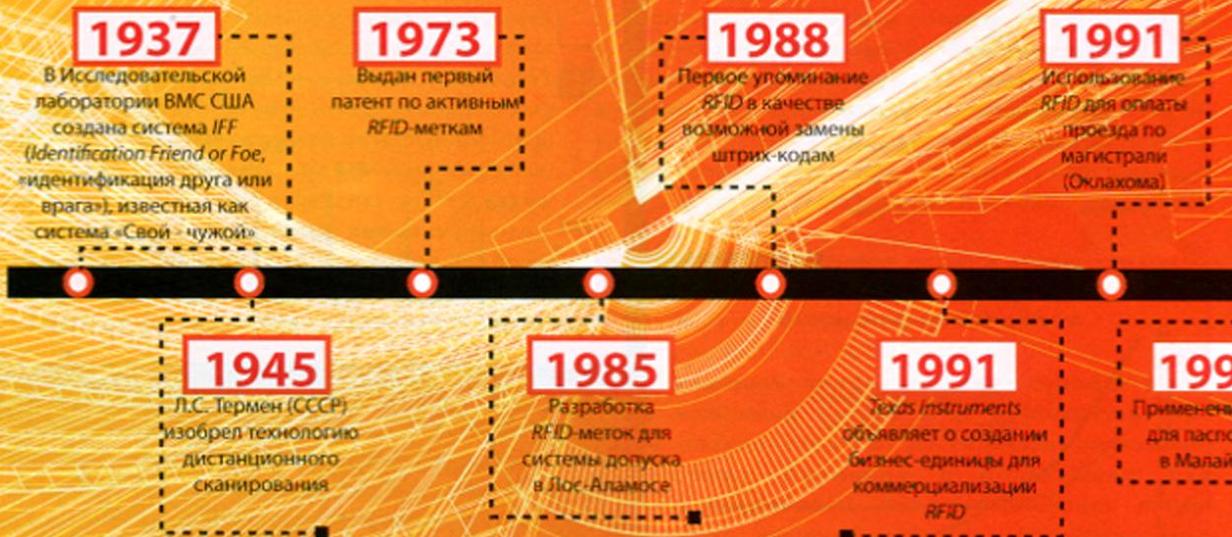
Третий проект – разработка и производство в Санкт-Петербурге силами «РОСНАНО» и ЗАО «Группа компаний "Систематика"» с использованием технологии 90 нм RFID-чипов, меток и наклеек, работающих на частотах 860-960 МГц, что обеспечивает наибольшую дальность регистрации. Главными конкурентными преимуществами новых RFID-чипов будут повышенная чувствительность и низкое энергопотребление. Основными сферами применения станут складская и транспортная логистика, розничная торговля, маркировка библиотечных и архивных фондов, управление цепочками поставок. Кроме того, то, что чипы будут чисто российской разработкой, позволит безбоязненно использовать их российским государственным и силовым структурам. Планируется, что в 2015 г. новое предприятие произведет 1,3 млн максимально дальности-ваемых пассивных меток PatchTag и 160 млн простейших меток-наклеек iNano. При этом выручка превысит 800 млн рублей. Бюджет проекта составляет 630 млн рублей, 190 млн из которых предоставляет «РОСНАНО».

..... Мнение эксперта

Управляющий директор РОСНАНО

Сергей Поликарпов:

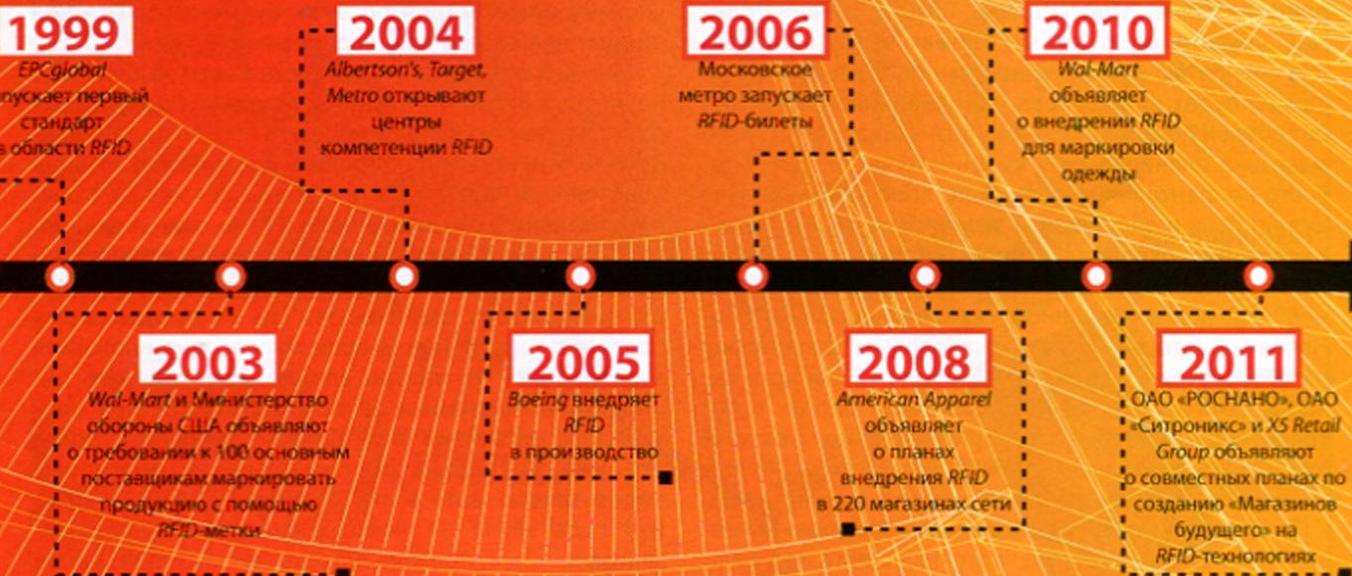
«Экономический эффект от внедрения систем RFID достигается за счет многих факторов, влияющих на процесс движения товаров. Например, при использовании данных систем исключается человеческое участие в процессе организации движения товаров от производителя или склада до витрины, не возникают ситуации, связан-



ные с отсутствием нужного товара на витринах или нехваткой его на складе. Согласно статистике, внедрение RFID-технологий только в складских хозяйствах дает семипроцентную экономию по сравнению с технологией штрихового кодирования от объема складского оборота»

Все три упомянутые проекта направлены на производство RFID-меток и всего, что с ними связано: ридеров, рамок-детекторов, специального программного обеспе-

чения и т.д. Но всякое производство может быть успешным тогда и только тогда, когда на его продукцию существует стабильный спрос. Пока внутрироссийский спрос на RFID-технологическую продукцию относительно невелик. И четвертый проект – «Магазин будущего» – совершенно логично направлен на его развитие.



МАГАЗИН БУДУЩЕГО

17 июня текущего года в рамках мероприятий Санкт-Петербургского международного экономического форума 2011 ОАО «РОСНАНО», ОАО «Ситроникс» и X5 Retail Group подписали инвестиционное соглашение по проекту «Магазин будущего» – именно того магазина, о котором год назад мечтал премьер России. Общий объем инвестиций в проект равен 350 млн руб., распределенных между тремя партнерами строго поровну. Если все будет развиваться по плану, то первый пилотный магазин X5 откроет в Москве уже в 2013 г.

Об этом нам рассказал один из управляющих директоров «РОСНАНО» Георгий Колпачев:

«Чтобы Россия не оказалась в числе догоняющих, мы решили поучаствовать в таком проекте. Причем, чтобы сразу оказаться впереди, мы решили, что это должен быть магазин, торгующий продуктами питания. Этот сегмент на рынке не только самый большой, но и самый сложный – в том числе и в плане внедрения RFID-технологий. Например, книжка в книжном магазине – это целлюлоза, практически дерево. Оно никак не мешает распространению магнитных волн. Почти то же можно сказать про одежду. Чуть сложнее ситуация обстоит с электроникой и бытовой техникой: много металла, экранирующего радиосигнал, но и там проблема решается относительно просто. И совсем иное дело – пищевые продукты. Тут мы сталкиваемся с серьезным вызовом. В продуктовом магазине присутствует большое количество металлизированной и фольгированной упаковки: консервы, замороженные продукты, молочные пакеты и т.д. Кроме того, значительную часть составляют жидкие продукты: соки, напитки, молоко, алкоголь... И везде присутствует вода, которая тоже достаточно сильно экранирует электромагнитное поле. Сегодня мы активно работаем над этой проблемой. И она будет решена. Тогда в течение ближайших пяти-шести лет мы сможем выйти на создание полностью автоматизированной торговой точки. Там не будет ни кассиров, ни охранников, штат будет сведен до минимума. А пилотный вариант такого магазина планируется открыть уже через два года. И это не фантазия, а реальный, просчитанный специалистами и одобренный экспертами бизнес-план. Кассир или охранник в деле продажи – не желательный, а вынужденный элемент, объективная необходимость на данном технологическом этапе. Человек, который сидит за кассовым аппаратом, не способствует увеличению продаж. Если хотя бы часть такого персонала направить на работу с потребителем, например в торговом зале, это уже может дать серьезный эффект. Автоматизация для магазинов – новый способ общения с покупателем.

Представьте наше уже не далекое будущее. Вы заходите в магазин, который часто посещаете, где у вас есть скидочная карточка с RFID-чипом. Берете теле-

жку, а тележка и говорит: «Здравствуйте, Василий Иванов, я вас не видела с прошлого четверга. Кстати, у вас, наверное, кончились йогурты, вы в прошлый раз купили две штуки, не забудьте их взять. Сегодня с йогуртом можно купить вкусное печенье, которое в рамках акции продается с большой скидкой. Я могу вас проводить». И вы идете за печеньем.

Сегодня мы часто сталкиваемся в магазинах с отсутствием товара. То, что утром выставили, уже разобрали, а новое еще не появилось на прилавках, потому, что продавцы не могут контролировать тысячи наименований продуктов. Вот и получается: ценник стоит, а продукта нет. Приходится искать продавцов, звать администратора, ждать, теряя время или уходить без покупки. Именно для того, чтобы такого не было, компании держат специальных мерчендайзеров. В магазине будущего они не нужны, поскольку как только количество какого-либо продукта на полках опустится ниже критической отметки, полка просигнализирует об этом администрации, и запас товара будет оперативно пополнен. Таким же образом будет решаться проблема просроченных товаров.

На выходе, если у вас есть кредитная карта, вам вообще не надо будет ничего делать. Ворота-сканеры моментально сосчитают все ваши покупки и спишут сумму с карты. На первых порах останется один кассир для того, чтобы справиться с наличными, но скорость его работы будет на порядки превосходить скорость работы кассиров сегодняшних, потому, что ему не придется возиться с каждой покупкой отдельно. Все покупки будут моментально просчитаны прямо в вашей говорящей тележке, а сумма – отправлена в кассу. Кассиру останется только принять от вас деньги и вернуть сдачу. Мало того, вы все время пребывания в магазине будете знать, на какую сумму уже набрали товара, поскольку информация об этом будет отображаться на дисплее вашей сверхсовременной тележки.

Конечно, перед нами стоит еще много задач. Надо научиться отделять сигналы от одного покупателя от сигналов покупателя, идущего просто рядом, придумать, как идентифицировать настоящего хозяина пластиковой карты, есть проблемы, связанные с распространением радиосигнала. И, конечно, первоначально такие технологии будут довольно дорогими. Но ведь и внедрение штрих-кодов раньше было достаточно дорого, а сейчас без них не обходится уже почти ни один товар. И если мы сегодня вложимся в разработку, то завтра вполне можем занять лидирующие позиции в данном секторе. А при нормальном развитии все должно прийти к тому, что уже по самым пессимистичным прогнозам через шесть лет, а по оптимистичным – через три года цены на необходимые для таких магазинов чипы должны упасть до 1-3 центов за штуку в зависимости от необходимого типа».

Такие магазины безусловно появятся, в этом нет никакого сомнения, поскольку здесь выполняются несколько определяющих условий. Во-первых, они хорошо отвечают потребностям бизнеса и рынка, сводя к минимуму накладные расходы и повышая эффективность торговли. Во-вторых, на них уже существует социальный заказ. Массовый покупатель их ждет, а если массовый покупатель чего-то ждет, он это обязательно получит. И, наконец, современные технологии уже позволяют со всем этим справиться, нужно только грамотно их скомпоновать

и наладить серийное масштабное производство. Широкое внедрение *RFID* приведет к тому, что дети, собаки и мобильные телефоны перестанут теряться, врачи будут колоть больному то, что нужно, а не то, что можно, а ключи, замки и наличные деньги просто исчезнут или по крайней мере станут невидимыми и почти неощутимыми. Чем вам не коммунизм с нанотехнологическим лицом? ■

Подготовил Валерий Чумаков

Как радиочастотная идентификация изменит нашу жизнь

RFID-метки все чаще и активнее используются для отслеживания продвижения товаров в магазинах и на складах. Однако наиболее беспокойные люди опасаются, что их будут использовать для отслеживания людей - хотя бы по их покупкам

Как работает RFID

RFID-ридер: отфильтровывает и записывает информацию



Излучаемые ридером радиоволны

Пассивная RFID-метка: микрочип подключен к антенне

Как используется RFID

RFID-метка: в отличие от штрих-кодов, каждая единица товара имеет свой уникальный код, в котором может быть зашифровано все, вплоть до срока годности и индивидуального номера



Информационный терминал

Умные полки:

автоматически оповещают о нехватке товара, следят за актуальностью цены и за сроком годности товаров



Умная тележка-помощник: оповещает о стоимости набранных продуктов, выдает информацию по каждому конкретному товару, помогает ориентироваться в торговом зале

Sources: RFID Journal, METRO Group

Ридер обрабатывает полученную цифровую информацию

Дальность считывания: варьирует от нескольких сантиметров до нескольких сотен метров

RFID-пропуск: позволяет проехать на охраняемую территорию. Используется также для безостановочной оплаты проезда по платной магистрали

Медная спиральная антенна



RFID-ключ: используется как противоугонный иммобилайзер

Инвентаризация и учет: складские RFID-ворота производят учет поступивших товаров в реальном времени уже на стадии разгрузки

Идентификация личности:

чип в паспорте может содержать массу информации - от объемного фото, до биометрических данных. Подделать такой чип практически невозможно



RFID-выход: оборудованные ридерами двери считывают информацию о вывозимых продуктах и передают данные в компьютер магазина

Касса самообслуживания

© GRAPHIC NEWS



ПРИРОЖДЕННЫЕ УБИЙЦЫ

Смертельно ядовитые щупальценосные змеи используют удивительную тактику ловли рыбы

Кеннет Катанья

Люди придают слишком большое значение своему высоко развитому мозгу и сложным видам деятельности. Но способности животных, которых большинство из нас считают примитивными и недалекими, нельзя недооценивать. Обычно такой урок преподает нам млекопитающие. Однако недавно я столкнулся с уникальными рептилиями, известными как щупальценосные змеи, чье сложное поведение ввергло меня в изумление.

Щупальценосные змеи – это полностью водные существа, обитающие в водоемах Таиланда, Камбоджи и юга Вьетнама. Относительно небольшие животные (взрослые особи достигают примерно 60 см в длину) размножаются живорождением и питаются исключительно рыбой. Название змей связано с наиболее заметной чертой их внешнего строения: парой щупалец, расположенных по бокам морды. Впервые я заинтересовался ими около десяти лет назад во время ностальгического визита в Национальный зоопарк Вашингтона, где я, будучи студентом, работал во время летних каникул. Прогуливаясь по отделу пресмыкающихся, я поравнялся с аквариумом, густо заросшим водорослями, где в засаде сидела щупальценосная змея. Она замерла в воде без движения, старательно изобра-

жая палку, а ее тело застыло в характерной для охотящейся рептилии позе, изогнувшись в виде буквы J.

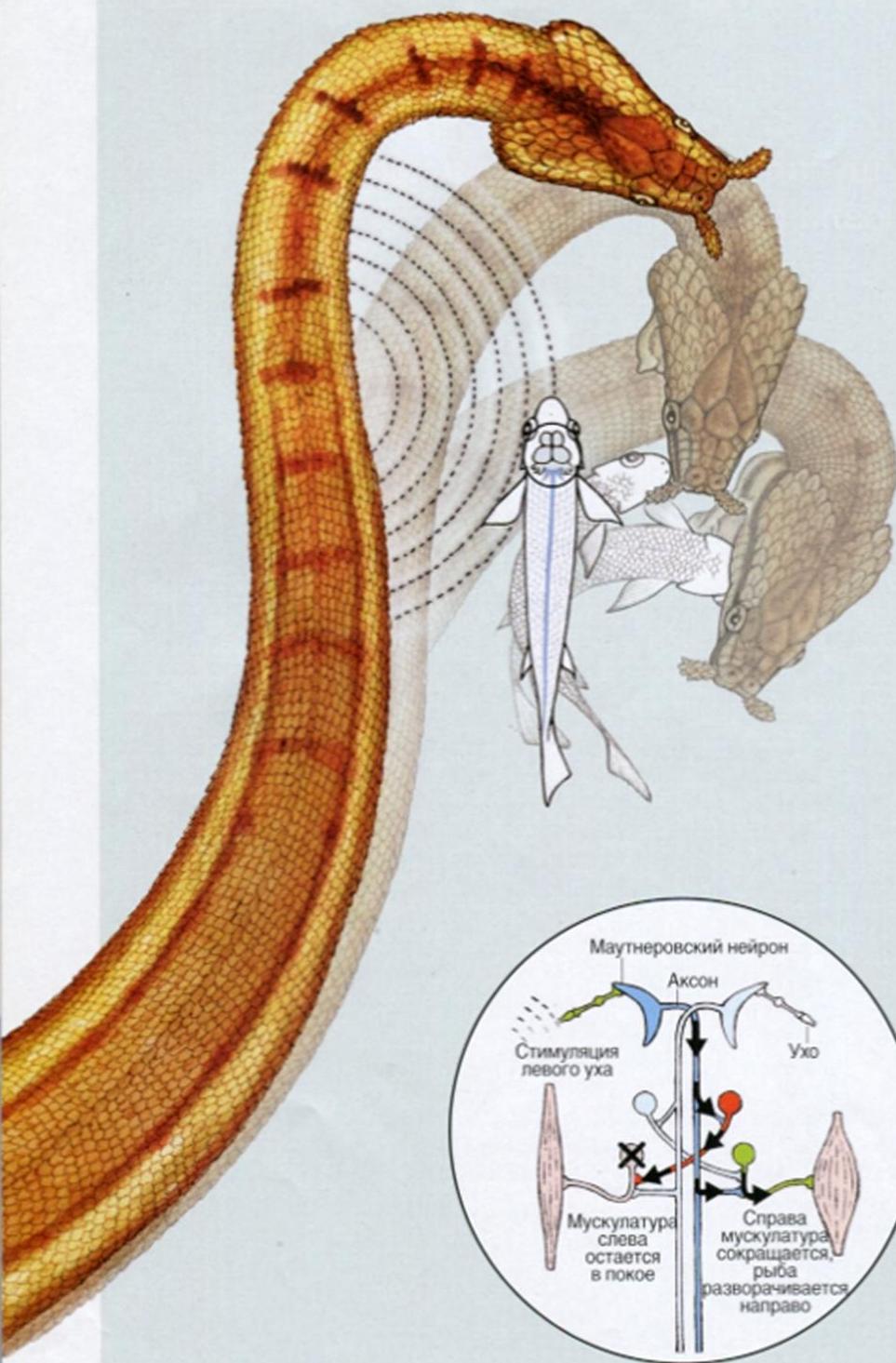
По мере того как я ее рассматривал, я все больше удивлялся, для чего же ей нужны странные щупальца на морде. Ни у одной другой змеи нет подобных органов. В связи с тем, что щупальценосные змеи питаются рыбой, было бы разумно предположить, что щупальца могут выполнять функции детекторов, способствуя более успешному лову добычи. Но вернувшись в свою лабораторию в Университете Вандербильта и просмотрев научную литературу, я обнаружил: несмотря на то что теорий о щупальцах высказывалось много, никто так и не попробовал проверить их экспериментально. Поэтому я принялся за работу, желая раз и навсегда раскрыть тайну экстравагантных змеиных выростов.

В процессе работы по определению истинного назначения щупалец я обнаружил, что это животное – гораздо более интересный объект для наблюдения, чем можно предположить. Выяснилось, что щупальценосные змеи при ловле рыбы используют сложные и разнообразные стратегии атаки. Более того, подобной способностью обладают даже новорожденные особи, следовательно, такая форма поведения генетически детерминирована, а не формируется в результате обучения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Щупальценосная змея – мелкая водная змея, встречающаяся в Юго-Восточной Азии, названная так из-за крупных выростов по бокам морды.
- Назначение этих выростов долгое время было тайной, и автор решил проверить, каковы их функции.
- В процессе исследования было обнаружено, что змея владеет арсеналом неожиданно сложных охотничьих приемов, которые даны ей при рождении, – яркий пример поведения, сформированного под влиянием наследственных факторов, а не обучения.

СПУГНУТЬ И СХВАТИТЬ



Щупальценосная змея при охоте изгибает свое тело в виде буквы J, образуя собой живую западню, в которую заплывает ничего не подозревающая рыба. Когда жертва оказывается в зоне изгиба, образованного головой и телом змеи, рептилия производит движение той частью тела, которая находится напротив ее головы, создавая возмущение в толще воды. Волна заставляет рыбу рефлекторно разворачиваться в противоположном направлении. И если тело рыбы в начале атаки было параллельно челюстям змеи, то после такого разворота она вполне может оказаться непосредственно перед, или даже внутри пасти хищника. Однако если рыба уже стоит головой к зубам рептилии (на рис.), то в момент испугивания змея предугадывает действия жертвы и даже до того, как рыба успеет среагировать, наносит упреждающий удар в точку, в которой голова рыбы окажется после срабатывания реакции С-старта

Обманная стратегия змеи эксплуатирует поведение, которое в большинстве иных случаев помогает рыбе избежать встречи с хищником. В ответ на звуки гигантские клетки, называемые маутнеровскими нейронами (по одной на каждое полушарие), генерируют сигнал и передают его по своим аксонам к мускулатуре противоположной стороны тела, где этот импульс вызывает сокращение мышц, которое разворачивает рыбу в правую сторону. Если звуки, издаваемые хищником, раздаются, например, слева, то возбуждается левый маутнеровский нейрон, чей аксон, проходя через перекрест на правую сторону тела, обеспечивает сокращение мускулатуры справа, разворачивая рыбу в эту сторону. В то же время тормозящие нейроны блокируют мускулатуру левой половины, чтобы ее случайное сокращение не повлияло на скорость разворота

В мгновение ока

До того момента, когда я смог проверить теорию, что щупальца выполняют функции органов, способствующих обнаружению рыбы, мне необходимо было внимательно проследить за охотничьим поведением змей. На деле оказалось, что наблюдение за процессом охоты – задача более сложная, чем кажется на первый взгляд. Щупальценосные змеи хватают добычу очень быстро, развивая во время броска невероятную скорость: рыбы двигаются столь же стремительно. Весь процесс борьбы рыбы со змеей занимает около 40 миллисекунд, то есть 1/25 долю секунды. Чтобы увидеть всю цепочку событий с приемлемой для моих глаз скоростью, я записывал один за другим броски нескольких змей, используя высокоскоростную камеру, снимающую от 500 до 2 тыс. кадров в секунду, а затем просматривал их в режиме замедленного воспроизведения. По мере того как я анализировал видеозаписи охоты, все большее внимание я обращал на странное поведение рыб: казалось, они стремились покончить с собой.

Довольно часто рыбы поворачивались в сторону приближающихся челюстей атакующей змеи, иногда заплывая прямо ей в пасть. Это выглядело дико. Рыбы служат основным «блюдом» в рационе многих хищников, и, как следствие, должны быть хорошо приспособлены к бегству, эволюционируя в сторону повышения скорости реакции и формирования соответствующих форм поведения, позволяющих вовремя обнаруживать врагов и ускользать от них. С того момента, как рыба чувствует колебания воды, производимые хищником, и до того времени, когда она начинает бегство в противоположную сторону, обычно проходит лишь шесть или семь миллисекунд – т.е. меньше 1/150 доли секунды. Такая реакция бегства (называемая С-старт, потому что в ее начале рыба изгибает свое тело в форме буквы С) предположительно должна толкать жертву прочь от охотящегося на нее животного. Тогда почему же в наших экспериментах рыбы двигались непосредственно в пасть атакующей змеи?

Ответ, как я обнаружил, кроется в поведении рептилии, а именно, в ее охотничьей J-образной позе, являющейся своего рода ловушкой. Эти змеи предпочитают ловить только ту добычу, которая сама заплывала в зону J-образного изгиба тела, образованного их головой и передней частью туловища. Тщательный анализ видеозаписей охоты выявил, что непосредственно перед атакой животное делает короткий выпад в сторону рыбы, но только той частью своего тела, которая находится дальше всего от головы, что заставляет жертву, уворачиваясь от тела змеи, бросаться прямо ей в зубы. Когда я заснял моменты атаки в режиме 2 тыс. кадров в секунду и одновременно с помощью подводного микрофона записал звуки в аквариуме, то определил, что движения тела змеи непосредственно перед броском создают заметное возмущение воды, достаточно сильное, чтобы спровоцировать С-старт у рыбы.

Обманная стратегия рептилии чрезвычайно хитроумна, поскольку эксплуатирует особенности реакции бегства, обычно обеспечивающие рыбе спасение. Рассмотрим связанные с такой реакцией черты строения нервной системы рыбы. В ее мозге располагаются две (по одной на каждое полушарие) гигантские клетки, которые называются маунтнеровскими нейронами: их чувствительные отростки, аксоны, на выходе из головного мозга перекрещиваются, иннервируя противоположную сторону тела. Конкуренция двух быстрореагирующих нейронов между собой определяет направление движения рыбы. Например, когда звук раздается с левой стороны, сигнал от левого уха в первую очередь возбуждает левый нейрон, который, соответственно, передает импульс дальше по своему аксону и вызывает возбуждение двигательных нейронов, обеспечивающих резкое сокращение мускулатуры противоположной стороны тела, т.е. правой части туловища, в результате чего рыба разворачивается вправо. В то же время тормозящие нейроны, аксоны которых перекрещиваются еще раз и управляют мускулатурой левой стороны, блокируют сокращение мышц слева, чтобы предотвратить любой сбой, мешающий жизненно важному развороту вправо. Результатом становится невероятно быстрый бросок в сторону от врага – в случае если рыба не оказалась слишком близко от щупальценосной змеи. Если же охотником стала змея, то ее обманное движение запускает ту же цепочку нервных процессов, только спасительный рывок рыбы в данном случае превращается в разворот в сторону опасности. И, к несчастью для рыбы, одновременная активация тормозящих нейронов, которая в норме лишь увеличивает шансы на спасение, в данном случае отнимает у нее последнюю надежду.

Невероятный обманный трюк, который проделывают эти змеи, объясняет то, что было зафиксировано в более ранних наблюдениях. В 1999 г. Джон Мерфи (John C. Murphy) из Музея полевых исследований в Чикаго сообщил, что щупальценосные змеи поразительно быстро проглатывают пойманную рыбу: иногда тело жертвы полностью исчезает в глотке хищника за время атаки, т.е. за один кадр, снятый видеокамерой (скорость которой составляла 30 кадров в секунду). Это удивительная скорость поедания добычи. Благодаря моей высокоскоростной съемке удалось установить, что даже когда рыба не облегчает змее задачу, заплывая ей прямо в пасть, поворот в нужную для хищника сторону обычно позволяет схватить добычу за голову, что, как известно, значительно ускоряет процесс заглатывания.

Мгновенное проглатывание рыбы не только позволяет змее чаще охотиться, но также помогает сохранить маскировку (сложно выглядеть безобидной веточкой, если у тебя из пасти свисает рыбий хвост). Более того, у щупальценосных змей есть свои враги, которые скорее заметят эту рептилию, если она будет долго и шумно поедать рыбу, следовательно,



Чешуйчатые щупальца, хорошо заметные на фото, сделанном с помощью сканирующего электронного микроскопа, могут улавливать едва заметные колебания воды, выполняя роль идеальных детекторов при ловле рыбы

мгновенное проглатывание добычи снижает шансы щупальценосных змей оказаться съеденными.

Способность предсказывать

Психолог Беррес Скиннер (B.F. Skinner) однажды сказал: «Когда ты видишь что-то действительно интересное, бросай все остальное и изучай только это». Так поступил и я, решив временно отложить исследования функции щупалец и вплотную занявшись вопросом охотничьего поведения невероятных змей. Благодаря принятому решению я смог обнаружить еще более интересные особенности репертуара поведения этих существ.

Бегство рыбы в сторону атакующего хищника выглядит впечатляюще, однако так случается только если жертва оказывается в точке «золотой середины» между головой и шеей змеи, а тело ее параллельно челюстям рептилии. Но что происходит, когда рыба ориентирована в пространстве иначе? Так как реакция С-старта разворачивает тело рыбы вправо или влево, змея не может загнать ее к себе в пасть в том случае, если рыба уже развернута головой к челюстям хищника. В этом случае щупальценосная змея применяет иную стратегию, возможно, еще более впечатляющую: она стремится предугадать поведение рыбы. Сперва она делает обманное движение телом, чтобы спровоцировать у жертвы реакцию бегства, которая отбрасывает рыбу от тела змеи, посылая ее по пути, параллельному челюстям рептилии. А затем, еще до того как рыба двинется, змея бросается на то место, в котором голова рыбы должна будет оказаться через какое-то время. Благодаря этому челюсти хищника

оказываются в нужной точке одновременно с несчастной жертвой. События разворачиваются настолько стремительно, что в этот момент змея не может с помощью зрения следить за перемещениями рыбы в момент атаки – все ее действия должны быть спланированы заранее. Более того, в некоторых экспериментах рыба не разворачивалась прочь от змеи после ее обманного движения (необычная тактика), рептилия же все равно атаковала то место, где должна была быть рыба, если бы реагировала обычным образом. Такие данные подтверждают, что действия змеи основаны на предугадывании (а не на отслеживании) перемещений добычи.

Иногда змеи просто атаковали рыбу, даже если им не удавалось спугнуть ее в определенном направлении. Но в большинстве случаев они терпеливо ждали, когда жертва заплывет в капкан, созданный их J-образно изогнутым телом. К моему удивлению, когда змеи атаковали рыбу, находящуюся в этой зоне, они применяли несколько различных видов предупреждающих бросков, выбор которых зависел от расположения добычи. В одном случае, чтобы поймать удирающую рыбу, рептилии даже загибали голову под собственное тело. У меня сложилось впечатление, что щупальценосные змеи способны выбирать из целого набора охотничьих реакций

наиболее подходящую стратегию для каждой конкретной ситуации. Эти упреждающие атаки породили интересный вопрос: могут ли щупальценозные змеи в течение жизни научиться предсказывать действия рыбы в момент С-старта, или же они рождаются уже наделенными такой способностью? На нашу удачу, у нескольких змей появились детеныши. Когда мы протестировали новорожденных особей, позволив им охотиться на живую рыбу, они продемонстрировали идеальные упреждающие атаки, бросаясь в место гипотетического расположения удирающей жертвы (когда она стартовала из нужной позиции), что показало наличие врожденного умения предугадывать ее перемещение.

Эти интересные данные мы опубликовали в прошлом году в журнале *PLoS ONE*. В статье мы озвучили свой вывод, что подобная врожденная способность свидетельствует о длительном эволюционном развитии и совершенствовании навыков охоты на рыбу у щупальценозных змей и затрагивает один из наиболее фундаментальных вопросов биологии, а именно проблему взаимоотношения врожденных и приобретенных компонентов в формировании поведения. Щупальценозные змеи в этом континууме расположены на полюсе жесткой генетической запрограммированности, т.к. даже новорожденные особи владеют всем многообразием охотничьих стратегий. Стабильная реакция рыбы на внезапное возмущение воды обеспечивает условия для развития определенного врожденного поведения (упреждающие броски), которое дает преимущество на фоне другого врожденного поведения (реакция бегства рыбы).

Отсутствие у рыб контрстратегии, возникшей в ходе эволюции, свидетельствует о том, что щупальценозные змеи, как отмечал биолог Стивен Джей Гулд (Stephen Jay Gould), – «редкий враг», эксплуатирующий поведение, которое в большинстве иных случаев вполне адаптивно. У рыб множество естественных врагов, и в большей части случаев лучшая для них стратегия – регистрация возмущений воды и прыжок в противоположную сторону. И лишь наименее удачливые рыбы встречаются со щупальценозной змеей, с которой данная тактика ведет к плачевному результату, поворачивая жертву в сторону хищника, а не от него.

Прибор ночного видения

Вместе с магистрантом Дунканом Лейтчем (Duncan B. Leitch) и младшим научным сотрудником Даниэль Готье (Danielle Gauthier) мы провели серию экспериментов по определению функций щупалец: результаты работы были опубликованы в 2010 г. в *Journal of Experimental Biology*. Изучив анатомию нервных окончаний в этих выростах, их реакцию на разнообразные стимулы и то, с какими зонами коры головного мозга они связаны, мы смогли показать, что щупальца представляют собой высокочувствительные осязательные органы, которые распознают возмущения воды, вызванные движущимися неподалеку объектами. Таким



ОБ АВТОРЕ

Кеннет Катанья (Kenneth C. Catania) – доцент биологического факультета в Университете Вандербильта, стипендиат Фонда Макартуров 2006 г. Он фокусирует свои исследования на сравнительной нейробиологии с упором на изучение сенсорных систем животных.

образом, функция щупалец оказалась именно такой, какую мы и предполагали у засадного хищника: это детектор, помогающий распознать присутствие добычи. Также мы засняли действия змей в инфракрасном освещении, при котором они не могут видеть, и продемонстрировали, что рептилии способны ловить рыбу и без участия зрения. Щупальца позволяют им обнаруживать и ловить добычу ночью или в мутной воде. Вооруженные супердетектором движения и способностью вспугивать жертву в нужном направлении, щупальценозные змеи – воплощение кошмарных снов рыб. ■

Перевод: Т.А. Митина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Tentacled Snakes Turn C-Starts to Their Advantage and Predict Future Prey Behavior. Kenneth C. Catania in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 106, No. 27, pages 11183–11187; July 7, 2009.
- Function of the Appendages in Tentacled Snakes (*Eupetion tentaculatus*). K.C. Catania et al. in *Journal of Experimental Biology*, Vol. 213, No. 3, pages 359–367; February 2010.
- Born Knowing: Tentacled Snakes Innately Predict Future Prey Behavior. Kenneth C. Catania in *PLoS ONE*, Vol. 5, No. 6, e10953; June 16, 2010.

МАСТЕРА



ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ МИМИКРИЯ: ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ

Индонезийский осьминог-имитатор (*Thaumoctopus mimicus*) (справа) может маскироваться под рыбу вроде камбалы (вверху), сводя свои щупальца вместе, становясь плоским и волнообразно двигая телом, чтобы подражать движениям рыбы

МАСКИРОВКИ



Способность животных к мимикрии поразительна и интересна в частности еще и тем, что обеспечивает уникальные возможности по изучению процесса эволюции

Алан Адерем

Шел 1848 г. Молодой британский натуралист по имени Генри Уолтер Бейтс (Henry Walter Bates) в сопровождении товарища, сельского жителя Альфреда Рассела Уоллеса (Alfred Russel Wallace), отправился в Амазонию на поиски следов происхождения видов. Позже, прожив в амазонской сельве 11 лет, он описал местных родственников европейской белой капустницы – бабочек-белянок, которые были раскрашены в яркие цвета и напоминали красно-желтых обитательниц влажного тропического леса – бабочек геликонид. Обнаружив, что геликониды, по видимому, содержат токсин, делающий их несъедобными, Бейтс сделал вывод, что безобидные белянки благодаря сходству с предупреждающей окраской ядовитых геликонид избегают внимания хищников. Когда в 1859 г., т.е. в год выхода книги Чарлза Дарвина «Происхождение видов», Бейтс вернулся в Англию, его открытие бабочек-«пересмешников», как он их называл, стало первым независимым свидетельством, подтверждающим дарвиновскую теорию эволюции путем естественного отбора. Эта теория гласила, что выживают лишь те живые существа, которые способны справиться со всеми воздействиями окружающей среды и оставить наиболее жизнеспособное потомство, в результате чего, спустя несколько поколений, те признаки, которые благоприятствовали выживанию, распространяются в популяции и становятся нормой.

В отличие от Дарвина и Бейтса, в то время большинство биологов были слишком инертны, чтобы осознать важность этого явления. Но сейчас, почти полтора века спустя, мимикрия быстро становится модельной системой для изучения эволюции. Она идеально подходит для подобной задачи, потому что оба фактора – и давление отбора (истребление хищниками), и признаки, на которые действует отбор, – очевидны. В самом деле, мимикрия иллюстрирует процесс эволюции в его наиболее явной форме. Обнаружение новых видов мимикрии также подогрело интерес биологического сообщества к этому феномену. Помимо знакомых со школьной скамьи классических примеров (например, поперечно-полосатой королевской змеи, окраска которой напоминает расцветку кораллового аспиды, или бабочки вице-короля, узоры на крыльях которой повторяют рисунок бабочки-монарха), теперь известны химическая, акустическая и даже поведенческая мимикрия. И, что еще более удивительно, генетический анализ одной из групп мимикрирующих животных выявил механизмы, благодаря которым может происходить видообразование.

За пределами цветовой мимикрии

Изначально термин «мимикрия» применялся для обозначения исключительно визуального сходства, как в случае ярко окрашенных амазонских бабочек, описанных Бейтсом. Но позже выяснилось, что животные могут использовать для введения в заблуждение своих врагов и иные средства, относящиеся к другим модальностям. Например, для насекомых хемокоммуникация зачастую гораздо важнее, чем внешние различия, и многие хищники используют этот химический диалог в своих целях. Интересным примером химической мимикрии может служить другой вид бабочек – голубянка арион (*Maculinea arion*), встречающийся по всей Северной Европе и Азии. В XX в. численность этих бабочек во многих регионах начала резко сокращаться, и в 1979 г. на территории Великобритании голубянка арион окончательно вымерла, несмотря на все попытки ее спасти. И именно в этом году Джереми Томас (Jeremy Thomas) из Оксфордского университета начал понимать, почему провалились все меры по ее сохранению: существование голубянки тесно связано с существованием определенных видов муравьев, запах которых она имитирует.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

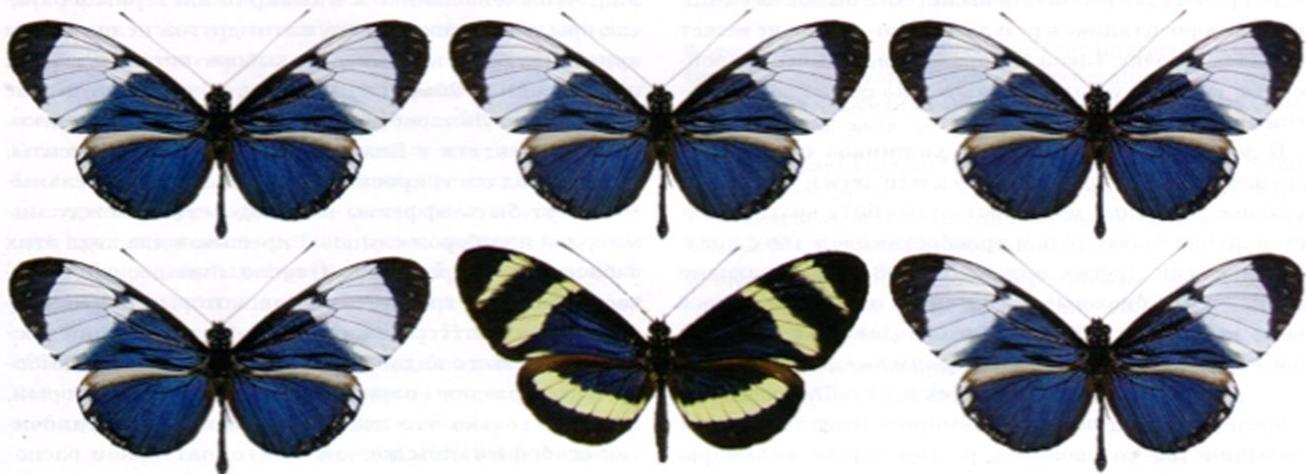
- Мимикрия среди амазонских бабочек стала первым подтверждением теории Дарвина об эволюции с помощью естественного отбора.
- Недавно биологи снова заинтересовались «мастерами притворства» в природе в результате открытия новых типов мимикрии, а также потому, что этот феномен представляет собой идеальную модель для изучения эволюции.
- Генетические исследования и изучение поведения одной из групп мимикрирующих животных на самом деле позволили выявить один из механизмов происхождения новых видов.

**ОБ АВТОРЕ**

Питер Форбс (Peter Forbes) – писатель, автор научно-популярных книг, живущий в Лондоне. Его последняя книга «Ослепительные и обманчивые: мастера камуфляжа и мимикрии» (*Dazzled and Deceived: Mimicry and Camouflage*), получила в этом году Премию Уорвика в области литературы. Это его вторая статья, опубликованная в журнале *Scientific American* (первая – «Самоочищающиеся материалы», ВМН, № 10, 2008).

В Великобритании гусеницы голубянки в начале своего развития питаются чабрецом, растущим на теплых меловых склонах, растительный покров которых благодаря овцам, кроликам и прочим травоядным все время остается довольно коротким. После третьей линьки гусеницы падают с растений на землю и приступают к реализации своей обманной стратегии. Лежащие на земле гусеницы испускают химические сигналы, привлекающие местных муравьев, которые принимают гусеницу за своего собрата. Одураченные муравьи тащат гусеницу под землю, в свой муравейник, где она начинает поедать их личинок, чем и питается следующие десять месяцев, после чего начинает метаморфозу и, в конце концов оказывается на поверхности земли в виде бабочки.

Хотя под обманное влияние запаха гусеницы попадают сразу несколько видов муравьев, развивается успешно она лишь в гнездах одного вида красных муравьев – *Myrmica sabuleti*. А эти насекомые процветают только на меловых склонах с короткой травой, которая не мешает солнечным лучам прогревать почву. Томас выяснил, что по мере сокращения числа травоядных трав становилась все выше, из-за чего число муравейников этого вида муравьев уменьшалось. И когда они практически исчезли, вымерла и бабочка голубянка.



HELICONIUS CYDNO

Бабочки *Heliconius cydno* с мутантной желтой окраской крыльев (вместо нормальной белой) предпочитают спариваться с желтыми особями, потому что ген окраски крыльев у них связан с генами, отвечающими за выбор партнера. В Коста-Рике желтая форма уже оформилась в самостоятельный вид *H. pachinus*

Благодаря исследованиям Томаса ученые смогли в 80-х гг. прошлого века реинтродуцировать бабочку в Великобританию и путем поддержания нужного состояния дерна добились процветания голубянки и красных муравьев уменьшалось на всей территории страны. К 2008 г. на юго-западе Англии насчитывалось 32 колонии, самые крупные из которых характеризовались плотностью заселения от 1 тыс. до 5 тыс. бабочек на гектар. Но одна тайна по-прежнему оставалась неразгаданной: по какой-то причине муравьи не просто терпимо относились к гусеницам, которых они притаскивали в муравейник, а обращались

с ними так, как будто это их королевы, убивая и скармливая гусеницам собственных личинок, если другой еды в муравейнике не оставалось. В 2009 г. Томас определил причину столь странного поведения. В статье для журнала *Science* он описал, что помимо копирования химических сигналов муравьев гусеницы воспроизводят и акустические аналоги. В частности, они подражают тихому звуку, который издает королева муравейника, обеспечивая себе постоянный приток пищи. Сочетание этих двух ключевых сигналов делает гусеницу не просто одним из членов сообщества муравьев, но важнейшим его представителем.

Обманные маневры голубянки – не единственный пример акустической мимикрии. Подобный вид имитации используется также в классическом соревновании между хищником и жертвой – во взаимодействиях летучих мышей и ночных мотыльков. Рукокрылые охотятся ночью с помощью эхолокации, испуская ультразвуковые сигналы и улавливая их эхо, отраженное от предметов окружающей среды. В результате животное

получает ультразвуковое изображение объектов вокруг него, включая всех съедобных мотыльков в пределах досягаемости. Подобный метод обнаружения настолько действенен, что ночные бабочки, чтобы выжить, были вынуждены разработать контрстратегию.

Как и многие дневные бабочки, некоторые ночные мотыльки содержат в своем теле ядовитые вещества, полученные ими из поедаемых растений, из-за чего для летучих мышей они становятся несъедобными. Но если дневные насекомые могут объявить о своей токсичности с помощью предупреждающей окраски, то с хищниками, которые охотятся в темноте, такой способ оповещения не работает. Поэтому бабочки из семейства медведиц выработали особенно изощренное приспособление, снимающее эту проблему: они научились испускать предупреждающие сигналы в том диапазоне ультразвуковых волн, которые воспринимают летучие мыши, благодаря чему рукокрылые, раз встретившись с ядовитой бабочкой, научаются ассоциировать их сигналы с несъедобностью добычи. Далеко не все виды медведиц ядовиты. Но, как обнаружил в своих экспериментах Уильям Коннер (William Conner) из Уэйк-Форестского университета, однажды съев ядовитого мотылька, летучая мышь будет впоследствии избегать всех бабочек-медведиц, издающих похожие звуки, даже если они вполне съедобны.

В арсенале ночных бабочек встречается также и другой трюк. В 2009 г. группа Коннера опубликовала в *Science* отчет об обнаружении механизма защиты, еще более тонко подстроенного под особенности летучих мышей. Испускаемые съедобными мотыльками вида *Bertholdia trigona* ультразвуковые сигналы нару-

шают работу эхолокационной системы, вызывая у хищника дезориентацию, в результате которой он не может поймать бабочку. Такой антирадар аналогичен устройствам, которые устанавливаются на современных военных самолетах.

В дополнение к защите от хищников с помощью специфической окраски, запаха или звука, мимикрирующие животные могут пытаться сбить врага с толку, изменяя форму тела и приобретая сходство с представителями других видов. В 1998 г. работающие в Индонезии биологи сообщили об открытии нового вида небольших осьминогов, обладающего богатейшим арсеналом личин, за которыми он способен скрываться в минуту опасности. Речь идет о *Thaumoctopus mimicus* – индонезийском осьминоге-имитаторе. Как большинство головоногих (в том числе кальмары и каракатицы), индонезийский осьминог может изменять цвет, сливаясь с окружающей средой. Но помимо этого он способен принимать обличье множества морских созданий, обитающих в тех же водах, включая крылатку-зебру, морскую змею плоскохвоста и камбалу, не просто копируя расцветку этих животных, но так изменяя свое поведение, чтобы даже движения и форма тела напоминали эти объекты.

До какого-то момента большая часть информации об этих личинах осьминога оставалась за рамками строгой науки. Но в 2008 г. специалист по осьминогам Роджер Ханлон (Roger T. Hanlon) из Морской биологической лаборатории в Вуде-Холе, штат Массачусетс, опубликовал в *Biological Journal of the Linnean Society* статью, в которой зафиксировал, что осьминог-имитатор на самом деле изображает камбалу, вытягивая свои собранные вместе щупальца в плоскую камбалообразную фигуру и перемещаясь с помощью характерных для камбалы волнообразных движений.

Свидетельства эволюции

Исследования мимикрии по большей части фокусируются на рассмотрении маскирующих сигналов и способов их восприятия. Но в отношении одной группы живых существ – бабочек геликонид, с которыми работал Бейте в 50-х гг. XIX в., – была воссоздана более полная картина, а именно были изучены в том числе и генетические факторы, лежащие в основе ошеломляющей вариативности характерных для них паттернов мимикрии. Вооруженные этими знаниями, ученые смогли подойти к исследованию того, что наверняка больше всего могло бы порадовать Дарвина: к механизмам зарождения нового вида – процесса, при котором одна из популяций определенного вида становится репродуктивно изолированной (т.е. неспособной смешиваться с другими популяциями) и дает начало новому виду животных.

Это открытие своими корнями уходит в исследование, начавшееся около десяти лет назад с работы Криса Джиггинса (Chris Jiggins), сейчас работающего в Кембриджском университете, который опреде-

лил, что в дополнение к мимикрии паттерны в окраске крыльев геликонид служат и другой цели: самцы ориентируются на них при выборе потенциальных партнеров. В 2009 г. Джиггинс в сотрудничестве с Маурицио Линаресом (Mauro Linares) из Андского университета в Колумбии описал эксперименты, которые иллюстрировали, насколько значительными могут быть эффекты взаимодействия между мимикрией и выбором самцов. Скрещивая два вида этих бабочек – *H. melpomene* и *H. cydno*, Линарес сумел вывести гибрид в трех поколениях, который нес на своих крыльях паттерн окраски, соответствующий расцветке третьего вида, *H. heurippa*. В опытах по выбору партнера для спаривания этот гибрид, который, по сути, только что появился, устойчиво предпочитал особей с таким же, как у него, паттерном расположения цветных пятен на крыльях, и не спаривался с теми бабочками, крылья которых имели окраску, совпадающую с расцветкой одной из родительских форм.

В том же году, но несколько позже, Маркус Кронфорст (Marcus Kronforst) из Гарвардского университета опубликовал статью в *Science*, продвигающую это направление исследований еще на один шаг вперед. Он показал, что гены окраски крыльев у геликонид наследуются вместе с генами, отвечающими за выбор партнера. Эта связь объясняет устойчивое предпочтение, которое проявляют искусственно выведенные гибридные бабочки по отношению к своим двойникам. Такая взаимосвязь между окраской крыльев и выбором партнера указывает на механизм, с помощью которого может идти образование нового вида. В заданной популяции бабочек геликонид однажды возникшая мутация, приводящая к появлению удачного паттерна окраски крыльев, может быстро распространиться из-за того, что мутантные насекомые будут предпочитать партнеров с таким же мутантным признаком. Со временем в геномах обеих форм, которые могут скрещиваться между собой, но в целом предпочитают не делать этого, накопятся другие генетические различия, которые в конце концов приведут к стерильности получающегося от перекрестного спаривания потомства. Процесс формирования их репродуктивной изоляции завершится, и там, где раньше обитал один вид, будут встречаться два (или, как в случае бабочек Линареса, три вместо двух).

Работая с двумя популяциями *H. cydno* в Эквадоре и Коста-Рике, Кронфорсту удалось идентифицировать два «конца» этого процесса видообразования. В Эквадоре белые и желтые бабочки представляют собой две расы одного и того же вида, *H. cydno*, разделенного только отличиями в отдельном гене, который меняет цвет крыльев с белого на желтый. Их соплеменники из Коста-Рики, напротив, разошлись до той точки, когда желтая форма уже может квалифицироваться как отдельный вид, *H. pachinus*. Хотя эти два коста-риканских вида все еще могут скрещиваться в неволе, в итоге получаются гибриды с несколькими отличающимися паттернами окраски крыльев, кото-

рые делают их доступными хищникам. Можно предположить, что с течением времени генетические различия между этими двумя видами продолжают накапливаться, так что в итоге при скрещивании они уже вообще не смогут давать жизнеспособное потомство. Еще в 1863 г. Бейтс предсказывал, что «изучение бабочек – существ, созданных, чтобы олицетворять воздушность и фривольность, – несмотря на существующее презрение когда-нибудь будет оценено как одно из наиболее важных ответвлений в биологической науке». Работа Джиггинса, Кронфорста и их коллег материализовала это предсказание. И изучение способности животных к мимикрии без сомнения станет источником еще не одного нового открытия в области механизмов эволюции. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Acoustic Mimicry in a Predator-Prey Interaction. Jesse R. Barber and William E. Conner in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 104, No. 22, pages 9331-9334; May 29, 2007.

■ Mimicry and Foraging Behaviour of Two Tropical Sand-Flat Octopus Species off North Sulawesi, Indonesia. Roger T. Hanlon et al. in Biological Journal of the Linnean Society, Vol. 93, No. 1, pages 23-38; January, 2008.

■ Polymorphic Butterfly Reveals the Missing Link in Ecological Speciation. Nicola I. Chamberlain et al. in Science, Vol. 326, pages 847-850; November 6, 2009.

■ Слайд-шоу о мимикрии животных см. на ScientificAmerican.com/may2011/forbes



www.sciam.ru

- АНОНСЫ
- НОВОСТИ
- СТАТЬИ
- АРХИВ
- ПОДПИСКА

Дьявольский РАК

Контагиозный рак грозит полным уничтожением знаменитому тасманийскому сумчатому дьяволу. Возможно ли появление аналогичного заболевания в человеческой популяции?

Менна Джонс и Хэмиш Маккаллум



НА ГРАНИ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ. Тасманийский сумчатый дьявол – грозный хищник, но с таким врагом, как контагиозный рак, ему не справиться



ОБ АВТОРАХ

Менна Джонс (Menna E. Jones) работает в Австралийском совете по прогнозированию будущего при Университете Тасмании. Ее наблюдения за популяцией тасманийского дьявола, исследование патогенеза контагиозного рака и последствий исчезновения главного хищника Тасмании для биоразнообразия на острове способствовали принятию мер по спасению этого животного.

Хэмиш Маккаллум (Hamish McCallum), много лет занимавшийся экологией дикой природы, сейчас возглавляет Школу по изучению окружающей среды в Университете Гриффита в Квинсленде, Австралия. До этого работал ведущим научным сотрудником в рамках Программы по спасению тасманийского дьявола.

Следы легких укусов на шее молодой самки тасманийского дьявола, лежащей у меня на коленях, свидетельствуют о том, что зверек недавно участвовал в любовных играх. Но они же говорят об одной прискорбной вещи: скорее всего животное погибнет до того, как даст жизнь своему первому потомству.

Тасманийского дьявола я (Менна Джонс) поймала в Национальном парке Фрейсине на восточном побережье Тасмании, райском уголке дикой природы на острове, лежащем к югу от Австралии. Именно здесь в 2001 г. я впервые столкнулась с неприятным заболеванием, при котором на морде животного образуется огромная безобразная опухоль; она не позволяет жертве нормально питаться и обычно приводит к гибели через шесть месяцев после появления. Сегодня почти вся популяция тасманийского дьявола, обитавшего во Фрейсине, уничтожена. Болезнь, впервые зафиксированная в этой части острова в 1996 г. (позже ее назвали контагиозным раком), привела к уменьше-

нию численности популяции дьявола во всей Тасмании на 95%, т.е. поставила вид на грань исчезновения.

К счастью, подавляющее большинство онкологических заболеваний, поражающих людей, не заразно. Вы можете не опасаясь сесть рядом с таким больным где-нибудь в автобусе или другом месте. Некоторые виды рака возникают при участии вирусов или бактерий. Так, папилломавирусы человека бывают причастны к развитию рака шейки матки. Но микроорганизмы – лишь предрасполагающий фактор, а не переносчик заболевания. Совсем другое дело – рак, поражающий тасманийского дьявола. В данном случае инфекционными агентами служат сами раковые клетки.

Быстрое исчезновение популяции сумчатого дьявола побудило биологов заняться поисками ответа на вопрос, каким образом рак становится контагиозным и что нужно предпринять, чтобы прервать страшный процесс. Каждый, кто слышал о ситуации с тасманийским дьяволом, задает себе вопрос: а вдруг когда-нибудь подобное произойдет с человеком? Над этим задум-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Менее чем за 20 лет контагиозный рак распространился в популяции одного из сумчатых Австралии, тасманийского дьявола, настолько широко, что поставил вид на грань исчезновения.
- Контагиозность рака отчасти связана с тем, что животные покусывают друг друга в брачный период, при этом клетки опухоли, обычно находящейся на морде и в ротовой полости, попадают в ранки укушенного и начинают там делиться.
- Большинство животных этого вида генетически близки друг другу, так что их иммунная система не воспринимает клетки другой особи как чужие.
- Авторы обсуждают вопрос появления контагиозного рака в человеческой популяции и приходят к выводу, что в данных условиях это вряд ли возможно.

мываются и биологи. Пока перевес на нашей стороне, но мы должны быть готовы ко всему.

Тропую дьявола

Известен еще один случай рака, передающегося от одной особи другой: венерическая опухоль у собак, по оценкам, впервые появившаяся примерно 10 тыс. лет назад. Заболевание распространяется путем передачи раковых клеток во время спаривания. Контагиозный рак можно воспроизвести в лаборатории. Кроме того, не исключена его случайная передача при трансплантации органов или от матери плоду. Как правило, однако, рак начинается и заканчивается свое развитие в одном организме. Несмотря на его поразительную способность распространяться в другие органы и ткани тела, на пути перехода раковых клеток от одного хозяина к другому существуют различные барьеры. Контагиозный рак смог одолеть тасманийского дьявола в силу стечения ряда неблагоприятных факторов.

Обычный рак возникает в результате накопления в ДНК клетки мутаций, приводящих к утрате контроля над клеточным делением. По мере разрастания опухоль превращается в сложную комбинацию раковых и нормальных клеток. В какой-то момент клеточная масса начинает испытывать недостаток в кислороде и питательных веществах и инициирует образование новых кровеносных сосудов, обеспечивающих ее всем необходимым. Затем некоторые клетки опухоли отрываются от общей массы, попадают в кровоток и лимфатическую систему и обосновываются на новом месте. Так появляются метастазы. Больной чаще всего погибает не от исходной опухоли, а от метастазов, а вместе с ним «умирает» и рак. При таких обстоятельствах опухоль может выжить, только если сменит хозяина.

Однако на пути у раковых клеток встают труднопреодолимые препятствия. Их передача должна происходить чрезвычайно быстро. Клетки не приспособлены к существованию вне организма. Покинув его, они высыхают и погибают через несколько минут. Передача возможна только при прямом контакте с тканями нового хозяина. Но даже если она происходит, раковые клетки должны преодолеть иммунологический барьер. Имунная система высших животных имеет целый ряд механизмов для обнаружения чужеродных агентов и их уничтожения. Она выслеживает клетки, отличные от нормальных клеток организма, и устраняет их. На поверхности клеток «агрессоров» имеются опознавательные знаки – особые белковые молекулы, специфичные именно для данных клеток. Они кодируются различными генами, среди которых – крайне изменчивые гены комплекса гистосовместимости. Есть мнение, что они, появившись на самых ранних этапах эволюции позвоночных, стали столь разнообразными именно для того, чтобы блокировать передачу раковых клеток от одного организма другому.

К несчастью, у тасманийского сумчатого дьявола такой защитный барьер отсутствует. Опухоль-

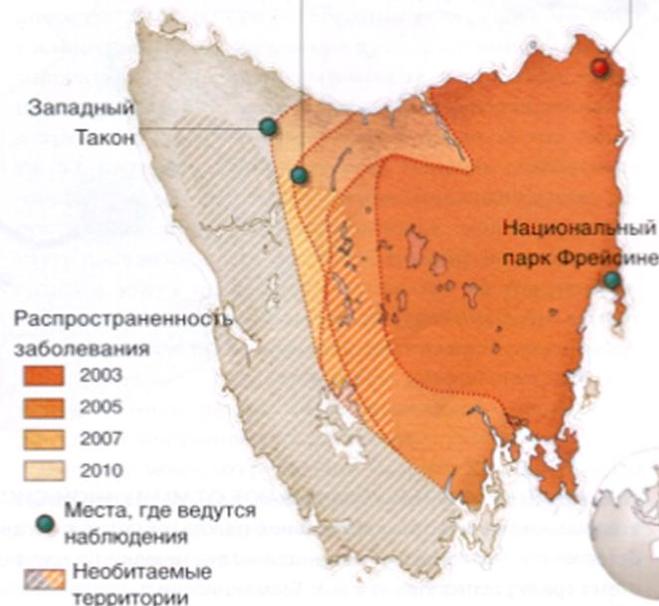
БЫСТРО РАСПРОСТРАНЯЮЩАЯСЯ ЭПИДЕМИЯ

Лицевая опухоль была впервые обнаружена у тасманийского сумчатого дьявола в 1996 г. в одной из популяций на северо-востоке Тасмании.

С тех пор болезнь начала быстро распространяться в глубь острова и на прибрежные западные территории. В находящемся здесь Национальном парке Фрейсине численность тасманийского дьявола уменьшилась на 95%. Двадцатью годами ранее эти животные встречались в большом количестве почти по всему острову за исключением юго-западных регионов с неблагоприятными климатическими условиями. Особи, обитающие на крайнем северо-западе, генетически отличаются от представителей всей остальной популяции и более устойчивы к заболеванию. Авторы и их коллеги наблюдают за ними, надеясь понять причину такой устойчивости и попытаться сохранить редкое животное.



Здесь впервые был обнаружен тасманийский дьявол с лицевой опухолью (1996 г.)



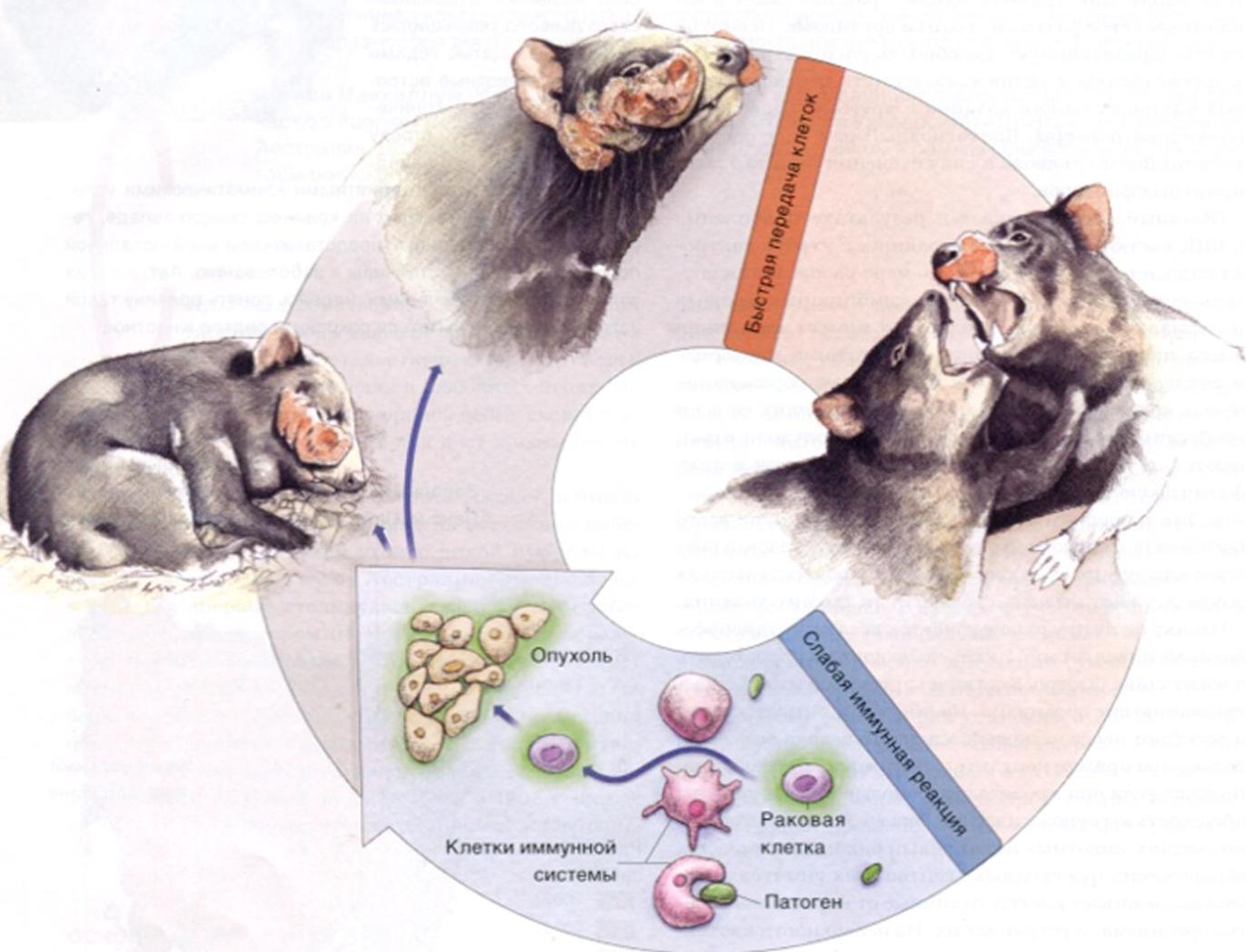
о. Тасмания

КАК РАК СТАЛ ЗАРАЗНЫМ

Опухоль, распространяющаяся сегодня в популяции тасманийского дьявола, берет начало от одной особи и стала контагиозной примерно 15 лет назад. Несчастливое стечение обстоятельств привело к тому, что она приобрела способность передаваться от одного животного другому

РАКОВЫЕ КЛЕТКИ ЛЕГКО ПЕРЕДАЮТСЯ ОТ ОДНОЙ ОСОБИ ДРУГОЙ

На воздухе раковые клетки быстро погибают, поэтому могут передаваться от одного животного другому только при тесном контакте последних. У тасманийского дьявола данный процесс протекает беспрепятственно, поскольку опухоль располагается на морде, ее клетки легко слущиваются и попадают в ранки, которые животные наносят друг другу при спаривании или частых драках



ОПУХОЛЕВЫЕ КЛЕТКИ УСКОЛЬЗАЮТ ОТ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ

У большинства животных попадание раковых клеток в организм вызывает реакцию отторжения, поскольку обычно особи генетически различаются, и их иммунная система сразу распознает чужака. Тасманийский дьявол – особый случай, большинство этих животных сегодня генетически сходны. Их организм почти не реагирует на раковые клетки, попавшие от большого соплеменника, они обосновываются на новом месте и дают начало онкологическому заболеванию. Животные неизбежно погибают от рака, но перед этим успевают заразить многих членов своей популяции

убийца образуется в полости рта или где-то на передней части морды, а животные часто покусывают друг друга во время спаривания или драк и, как правило, именно за морду. В результате раковые клетки легко передаются от больного животного здоровому. У собак аналогичные клетки тоже распространяются при прямом контакте, но только через половые органы во время спаривания. От разросшейся, утраченной плотности опухоли отшелушиваются клетки, что облегчает распространение заболевания.

Далее, если генетическое разнообразие популяции уменьшается, т.е. большинство ее членов обладают одинаковым набором генов, когда-то представленных разными вариантами, то иммунная система животного не воспринимает попавшие в его организм раковые клетки как чужеродные и либо вовсе не атакует их, либо отвечает слабой иммунной реакцией. Популяция тасманийского дьявола отличается крайне низким генетическим разнообразием, и особенно это касается генов главного комплекса гистосовместимости: возможно, причина тому – катастрофическое уменьшение численности популяции в прошлом или какое-то заболевание, по неизвестной причине не затронувшее животных с определенной комбинацией генов. У собак, по-видимому, случилось нечто аналогичное: форма рака, передающегося от животного к животному, возникла в генетически однородной изолированной популяции.

Особые условия, способствующие передаче раковых клеток от одной особи другой, существуют, по-видимому, и в организме беременной женщины – иногда плод онкологической больной тоже оказывается поражен: передача возможна и во время пересадки органов. В обоих случаях опухолевые клетки быстро переходят от донора реципиенту, а иммунная система их не распознает.

Как показал генетический анализ, контагиозные опухоли у всех тасманийских дьяволов восходят к раковым клеткам одного давным-давно умершего предка, и теперь никто не может сказать, что за мутации привели к столь катастрофическим последствиям. Возможно, они затронули клетки тканей морды или прилежащих частей тела, которые постоянно травмировались и воспалялись по описанным выше причинам. Некоторую ясность в этот запутанный вопрос внесла Элизабет Мерчисон (Elizabeth P. Murchison) из британского Института Сенгера в Англии. В статье, опубликованной в 2010 г. в *Science*, она сообщила, что уникальная опухоль происходит от так называемых шванновских клеток, окружающих аксон за пределами центральной нервной системы.

Сочетание факторов, обуславливающих контагиозность опухолей тасманийского сумчатого дьявола и собак, казалось бы, должно приводить к исключительности такого события – тесный многократный контакт, обеспечивающий передачу раковых клеток, в сочетании с низким генетическим разнообразием встречается в природе редко. Однако есть свидетель-

ства, что контагиозный рак распространен в большей степени, чем принято считать. Например, все птицы и многие млекопитающие периодически сражаются друг с другом, а скрещивание в некоторых популяциях происходит между близкими родственниками. В таком случае рак может превращаться в контагиозный не так уж редко, но существует недолго – потому, например, что он уничтожает всех зараженных индивидов, а вместе с ними и самого себя.

Собачий контагиозный рак не укладывается в данную схему, однако не исключено существование других, не известных нам способов его возникновения. Может быть, та его разновидность, которая имеется уже сегодня, ускользает от иммунной системы, но в конце концов подобная «игра в прятки» заканчивается победой иммунитета, а животное становится невосприимчивым к последующим инфекциям. Прояснить ситуацию в мире животных смогут только тщательные генетические исследования, аналогичные тем, что проводятся в отношении собак и сумчатого дьявола.

Что впереди?

Обычно в природе патоген и организм-хозяин какое-то время мирно сосуществуют: организм контролирует размножение патогена, а патоген принимает свои меры для сохранения. Можно ли заметить какие-то признаки подобного поединка между контагиозным раком и тасманийским дьяволом, и как помочь жертве?

Сумчатый дьявол находится под очень сильным давлением отбора, и чтобы сохраниться как вид, должен максимально быстро выработать способы увеличения продолжительности жизни и/или повышения плодовитости. За годы существования контагиозного рака у животных появились такие признаки: они стали размножаться в более молодом возрасте, чем прежде. Раньше самки становились способными к деторождению к трем годам и успевали дать в среднем три помета за пять-шесть лет жизни. Болезнь уменьшила число пометов до одного. Теперь молодые самки, переставшие получать материнское молоко, достигают половозрелости уже в следующие несколько месяцев и могут произвести потомство на год раньше, чем это было всегда. Раннее «вступление в брак» дает им возможность выкормить по крайней мере один, а если повезет – то и два помета, прежде чем заболеть контагиозным раком. Такое изменение в поведении дает шанс популяции сохраниться.

Вместе с моим сотрудником Родриго Хамеде (Rodrigo Hamede) мы занимаемся поиском других признаков эволюции животных, обитающих в изолированных регионах на северо-западе Тасмании. Местная популяция сумчатого дьявола отличается от своих сородичей, живущих в других местах. Ее члены приобрели множество генов, отличных от таковых у животных на востоке, и успешно противостоят контагиозному раку. Болезнь распространена не так широко, а за-

раженные особи живут гораздо дольше. Мы посещаем северо-западные регионы острова несколько раз в году, с тем чтобы проследить тенденции в развитии ситуации, собрать образцы крови и тканей, которые затем переправляем нашим коллегам Кэтрин Белов (Katherine Belov) из Сиднейского университета и Грегу Вуду (Greg Wood) из Научно-исследовательского института Мензиса в Тасмании. Исследуя генетический материал и состояние иммунной системы испытуемых, Белов и Вуд пытаются выяснить, есть ли какая-то комбинация генетических вариантов, обеспечивающая особенно надежную защиту от контагиозного рака. Если мы найдем тасманийского дьявола с жизнестойким геномом, то сможем распространить «хорошие» гены в диких популяциях – например, отселив благополучных животных в другие регионы Тасмании.

Мы также наблюдаем за эволюционными изменениями самих опухолей. Энн-Мари Пирс (Anne-Maree Pearse), генетик, участник программы по спасению тасманийского дьявола, обнаружила несколько новых их разновидностей. Такое известие может быть как хорошим, так и плохим. С одной стороны, некоторые разновидности могут оказаться менее вирулентными. Но с другой – в результате эволюции новые формы рака смогут преодолеть ту резистентность, которую уже выработала популяция сумчатого дьявола.

Эволюция собачьего контагиозного рака дает больше поводов для оптимизма. Как и многие заболевания, вначале он был высоковирулентным (как нынешний контагиозный рак тасманийского дьявола), но затем, эволюционируя вместе с организмом-хозяином, стал менее агрессивен, спасая тем самым и свою жизнь, и жизнь зараженного животного, и распространялся в популяции все шире. Именно этим можно объяснить, почему сегодня собачий контагиозный рак нелетален.

Контагиозный рак не только эволюционирует, он, возможно, манипулирует организмом-хозяином – точно так же, как паразиты манипулируют животными, в которых поселились, стараясь повысить свою способность к распространению. Собачья опухоль стимулирует выработку самкой веществ, повышающих половую рецептивность, и способствует тем самым передаче раковых клеток самцам. Разновидности опухолей, провоцирующие агрессивность, вполне могут наделять своих хозяев преимуществами при отборе, что тоже повышает вероятность передачи. Но возможно и обратное: более спокойные особи будут меньше участвовать в драках и избегут заражения. Мы с большим интересом наблюдаем за ходом эволюционных состояний между животными и болезнью.

Есть надежда, что при наличии необходимых ресурсов и времени тасманийского сумчатого дьявола удастся спасти, и он вновь займет место верховного хищника в исторических местах своего обитания. Его исчезновение привело бы к целому каскаду изменений в экосистеме, например к засилью таких мелких хищников, как кошачьи и лисы. А это, в свою очередь, имело бы по-

следствием исчезновение различных других видов. Такое уже однажды произошло: на материковой части Австралии не стало нескольких видов мелких сумчатых, и теперь Тасмания – их последнее прибежище. Приведут ли все наши усилия к сохранению сумчатого дьявола, зависит от тех знаний, которые мы получим, наблюдая за ситуацией на северо-западе Тасмании.

Представляет ли контагиозный рак угрозу для человечества?

Учитывая, что человечеству свойственно высокое генетическое разнообразие, а поведение людей не имеет ничего общего с поведением тасманийского сумчатого дьявола, можно предположить, что мы не разделим судьбу этого животного. Если даже какого-то человека укусит тасманийский дьявол или собака, больная контагиозным раком, его иммунная система тут же распознает и уничтожит раковые клетки, попавшие в кровь при укусе, и пострадавший не заболеет и не станет резервуаром инфекции.

Однако контагиозный рак может появиться в группе высших обезьян (шимпанзе, горилл или орангутанов), где генетическое разнообразие не столь высоко вследствие немногочисленности популяции. Если животные станут объектом охоты племен, члены которых имеют пониженный иммунитет, то при тесном контакте раковые клетки попадут в организм охотника. Такая ситуация вполне реальна, если учесть, насколько широко распространен среди жителей Африки СПИД, снижающий иммунитет. Впрочем, мы полагаем, что межвидовая передача раковых клеток – не самый вероятный механизм возникновения контагиозного рака у человека, о чем свидетельствует тот факт, что не известно ни одного случая передачи собачьего контагиозного рака от одного вида животного другому (даже близкородственному) в лабораторных условиях.

Впрочем, человеческая популяция может изменять окружающий мир совершенно неожиданным образом. Вирусом иммунодефицита заражены миллионы людей на земном шаре, что может привести к появлению разновидностей рака, ранее редко встречавшихся благодаря защитному действию иммунитета. Такая ситуация крайне благоприятна для появления контагиозного рака. Вероятность этого для популяций с подавленным иммунитетом весьма высока, а в результате эволюции контагиозный рак может выйти за ее пределы. Это уже произошло с собаками: контагиозный рак, возникший в изолированных группах с низким генетическим разнообразием, сегодня распространился на самые разные популяции собак и волков. В настоящее время он не летален, но так было не всегда.

Рак, свирепствующий в изолированных популяциях тасманийского сумчатого дьявола, предоставил биологам редкую возможность исследовать патогенез заболевания, пока оно не угрожает человечеству (напомним, что распространение СПИДа застало нас врасплох). Кроме того, этот печальный опыт в зримой

форме напомнил человечеству о губительности грубого вмешательства в природу. Ведь генетически однородные популяции сумчатого дьявола – дело наших рук. Мы разрушаем природную среду обитания многих животных, и они либо исчезают, либо образуют группы с низким генетическим разнообразием. Глобализация и изменение окружающей среды приводят к распространению среди животных патогенов, с которыми они ранее не сталкивались. Нужно быть готовыми к появлению новых видов рака в популяции диких животных – как контагиозных, так и провоцируемых вирусами и другими микроорганизмами. Нельзя исключить, что они преодолеют межвидовой барьер и даже смогут передаваться человеку. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- To Lose Both Would Look Like Carelessness: Tasmanian Devil Facial Tumour Disease. Hamish McCallum and Menna Jones in *PLoS Biology*, Vol. 4, No. 10, pages 1671-1674; October 17, 2006.
- Conservation Management of Tasmanian Devils in the Context of an Emerging, Extinction-Threatening Disease: Devil Facial Tumor Disease. Menna E. Jones et al. in *EcoHealth*, Vol. 4, No. 3, pages 326-337; September 2007.
- TLife-History Change in Disease-Ravaged Tasmanian Devil Populations. Menna E. Jones et al. in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 105, No. 29, pages 10023-10027; July 22, 2008.
- Transmission Dynamics of Tasmanian Devil Facial Tumor Disease May Lead to Disease-Induced Extinction. H. McCallum et al. in *Ecology*, Vol. 90, No. 12, pages 3379-3392; December 2009.
- Evidence That Disease-Induced Population Decline Changes Genetic Structure and Alters Dispersal Patterns in the Tasmanian Devil. Shelly Lachish et al. in *Heredity*, Vol. 106, No. 1, pages 172-182; January 2011.
- Программа по спасению тасманийского дьявола (инициатива правительств Австралии и Тасмании): www.tassiedevil.com.au/tasdevil.nsf
- Слайд-шоу и видео о тасманийском сумчатом дьяволе: ScientificAmerican.com/jun2011/cancer



БАЙЕС РУЛИТ!

Новая книга прослеживает путь широко применяемой сегодня формулы

Google располагает небольшим парком автомобилей-роботов, намотавших уже тысячи километров по улицам городов Северной Калифорнии, ни разу не сбив пешехода, не проехав на красный свет и не имея надобности спрашивать дорогу. Их способность анализировать огромный объем данных (от видеокамер, радаров, лазерных дальномеров) основана на использовании одной из основных формул элементарной теории вероятностей – формулы Байеса. Она пережила десятилетия полемики и гонений, чтобы в итоге стать краеугольным камнем нескольких наиболее сложных проектов в области робототехники, осуществляемых сегодня в разных частях мира.

Эта формула, открытая английским священником Томасом Байесом (Thomas Bayes), проста: «первоначальное предположение + новые объективные данные = новое, уточненное предположение». Современную форму ей придал французский математик Пьер-Симон Лаплас (Pierre-Simon Laplace), который, пересчитывая уравнение каждый раз, когда получал новые данные, мог выдвигать гипотезы, характеризующиеся очень высокой вероятностью, исходя из менее вероятных. Одним из приложений стало объяснение того, почему в Париже в конце 1700-х гг. мальчиков родилось немного больше, чем девочек. Собрал демографические данные

со всего мира за 30 лет, он пришел к выводу, что соотношение мальчиков и девочек универсально для человечества и определяется законами биологии.

Многие математики-статистики долгие годы критиковали методы Байеса как субъективные. Однако те, кто принимает решения, утверждали, что данные методы



вносят ясность, когда информации не хватает, а возможный исход расценивается как неопределенный. В 1970-х гг. командующий подводным флотом США в Средиземном море Джон Николсон (John Nicholson) использовал компьютерный анализ на основе формулы Байеса для определения наиболее вероятных маршрутов советских подводных лодок. Сегодня математический аппарат Байеса помогает отсортировать спам из электронной почты, оценивать риски для медицинской и государственной безопасности, расшифровывать ДНК и решать многие другие задачи.

А теперь он революционизирует робототехнику, говорит Себастьян

Тран (Sebastian Thrun), директор Лаборатории искусственного интеллекта Стэнфордского университета и руководитель проекта автомобилей-роботов Google. Выражая всю информацию в представлениях теории вероятности, аппарат Байеса позволяет получать надежные оценки на основании скудных и ненадежных свидетельств.

«Беспилотные» автомобили Google обновляют информацию, почерпнутую из карт, пополняя ее данными о дорогах и трафике, получаемыми от датчиков, установленных на их крышах. Команда Google надеется, что использование таких автомобилей поможет со временем вдвое уменьшить количество смертей на дорогах, сократить потребление энергии, теснее вписаться в переполненные трассы и освободить людей, совершающих регулярные поездки, от управления машиной для более продуктивных занятий, например мечтаний о еще лучшем использовании теоремы 250-летней давности. ■

Шарон Берч Макгрейн



БЕРЕЖЕНОГО БОГ БЕРЕЖЕТ

Красный Крест запретил тем, кто страдает синдромом хронической усталости, сдавать кровь, опасаясь распространения инфекции. Но имеет ли на самом деле это состояние вирусную природу?

Патогенез синдрома хронической усталости так и не выяснен, но банки крови должны быть надежно защищены от любой случайности. Летом прошлого года AABB, представитель некоммерческих донорских организаций, посоветовал людям с этим состоянием, длящимся более шести месяцев, воздержаться от донорства. А в декабре Красный Крест пошел еще дальше, вообще запретив пациентам, у которых в ходе предварительной беседы с медицинским персоналом были выявлены признаки синдрома хронической усталости, сдавать кровь в своих центрах.

Такие методы предосторожности предприняты в связи с тем, что имеются подозрения на причастность к развитию синдрома ретровируса XMRV. По данным наделавшего много шума сообщения в одном из номеров *Science* за 2009 г., этот вирус присутствовал у 67% обследованных больных и у 3,7% здоровых из контрольной группы. Однако последующие попытки обнаружить этот вирус как у страдающих синдромом хронической усталости, так и у других людей ни к чему не привели, и было высказано предположение, что данные авторов статьи в *Science* ошибочны, а полученный результат связан с загрязнением проб крови в лаборатории.

Есть ли у банков крови основания для беспокойства в связи с возможным присутствием XMRV в их запасах? Если они и есть, то вряд ли серьезные. До сих пор не известно ни одного случая, чтобы у реципиента после переливания крови появился синдром хронической усталости. Следует учесть также, что

тестирование потенциальных доноров на наличие у них этого синдрома занимает время и отвлекает внимание врачей от действительно серьезной опасности – таких заболеваний, как СПИД или гепатит В, которые уж точно передаются с кровью. По крайней мере так считает Харви Клейн (Harvey Klein), руководитель мероприятий AABB по проверке результатов, изложенных в *Science*.

И все же у экспертов нет единого мнения относительно тестирования донорской крови на XMRV. Первым шагом в этом процессе – если уж на него решиться – должна стать стандартизация метода выявления вируса. Группа специалистов из Национального института сердца, легких и крови (NHLBI) занимается сейчас сравнением методов идентификации патогена, основанных на ДНК-тестировании, с одной стороны, и результатах анализа крови – с другой. Проверяются методики, используемые в разных лабораториях, в том числе относящихся к FDA и Центрам по контролю инфекционных заболеваний. Цель этой работы – найти оптимальный способ тестирования.

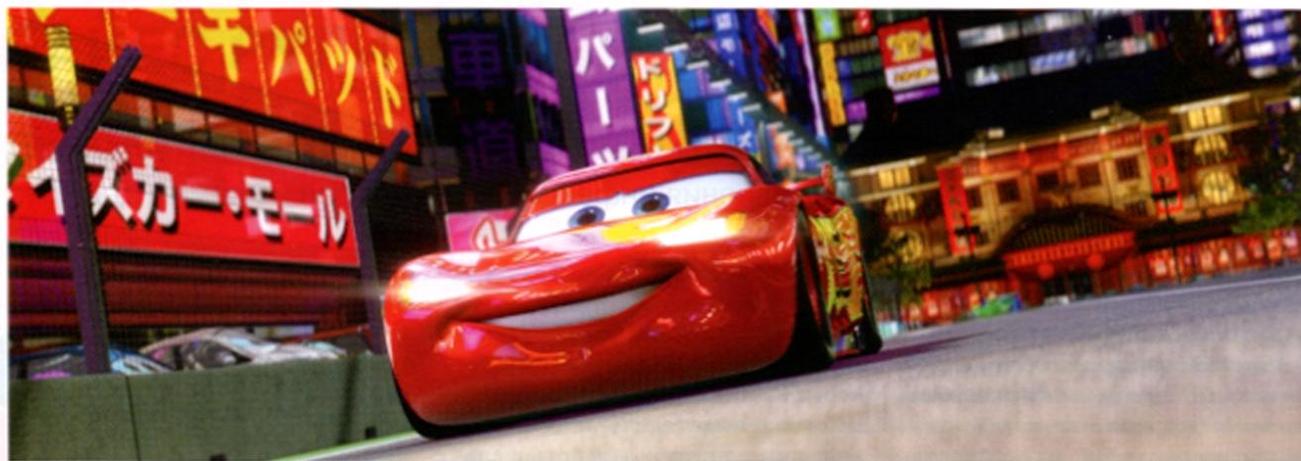
Если тест, «узаконенный на высшем уровне», подтвердит результаты 2009 г., т.е. не оставит никаких сомнений в присутствии вируса в крови страдающих синдромом хронической усталости и отсутствии его у членов контрольной группы, «то мы получим чувствительный, высокоспецифичный метод обнаружения XMRV в пробах крови», – говорит Саймон Глинн (Simone Glynn), руководитель научной группы NHLBI, проводящей исследования.



Следующим шагом должно стать использование теста для проверки проб крови большого числа доноров. Если вирус будет обнаружен, то необходимо проверить всю кровь, хранящуюся в замороженном виде в банках крови и выяснить возможность передачи инфекции во время трансфузии. «И наоборот: если не выявится никаких следов XMRV в пробах от больных с синдромом хронической усталости, которые раньше были сочтены вирусологически положительными, то будет считаться, что этого вируса в крови нет», – говорит Глинн.

«Пока же исключение людей с синдромом хронической усталости из числа доноров – вполне разумная мера», – говорит Иэн Липкин (Ian Lipkin), директор Центра по инфекционным заболеваниям и иммунологии при Колумбийском университете. – Несмотря на то что среди доноров людей с указанным синдромом чрезвычайно мало, рисковать не следует». ■

Нина Бэй



СВЕТ В КОНЦЕ ТРАССЫ

Как Pixar исследует физику света для фильма «Тачки-2»

Несмотря на то что события в фильмах компании Pixar Animation Studios происходят в фантастических мирах, наука и технология, требуемые для создания подобных миров, имеют вполне реальные основы.

Так, для фильма *Cars 2* («Тачки-2»), который вышел в прокат в июне 2011 г., создателям таких фильмов, как *Toy Story* («История игрушек»), *Up* («Вверх») и *WALL-E* («ВАЛЛ-И»), пришлось исследовать сложные пути отражения света от автомобилей. Действие здесь происходит не в захолустном городке, как в первом фильме, а на международных гонках, так что создателям нужно было изображать авто, едущие по различным дорогам с разными поверхностями. Создатели быстро поняли, что имеющаяся у них система трехмерного освещения требует существенной модернизации. «Машины спроектированы и изображены так, чтобы передать уникальное взаимоотношение цвета и света. – говорит член группы подсветки компании Pixar Судип Рангасвами (Sudeep Rangaswamy). – Поэтому нам нужно было исследовать, как от-

ражается свет от быстро движущихся автомобилей и как воздействуют их движение и отражательные характеристики на окружающий фон».

Исследовательская группа Pixar изучила характеристики поглощения света автомобильными красками, углеродным волокном и хромом, а также интенсивность света стандартных светодиодных автомобильных фар, их дальность действия и способность пронизывать тьму. Полученная информация была заложена в алгоритмы, которые рассчитывают и воспроизводят в реальном времени частоту, световую температуру и цвета отражающих, поглощающих и цветоизменяющих материалов.

Полученные результаты были введены в машину освещения – программу, позволяющую аниматорам создавать сцены, освещаемые с любого направления, как это делает кинорежиссер при съемке в реальной обстановке. Машина освещения объединена с виртуальной кинокамерой, и это позволяло режиссеру Джону Лассетеру (John Lasseter) создавать сцены с любой «точки съемки». «Новая машина освещения позволяет свету со сцены правильно взаимодействовать с персонажами, ко-

торых режиссер помещает в эту сцену, – говорит Рангасвами. – Например, мы воспроизвели для фильма деловой центр Токио со всей световой рекламой. Машина создала эти источники света с помощью своего искусственного разума и поддерживала их, обеспечивая правильное освещение».

В итоге, когда Молния Маккуин мчится по улице, свет уличных фонарей и световых реклам, отражающийся от красной краски его автомобиля, бросает красный отсвет на мчащийся рядом другой автомобиль и отражается в лужах, мимо которых проносится машина, – и при этом аниматору не нужно самому «вручную» создавать эти эффекты от сцены к сцене. Эта новая технология подсветки будет оставаться в составе патентованного инструментария Pixar и использоваться для создания новых фильмов еще долгое время после того, как «Тачки-2» укатят за горизонт. ■

Джон Скотт Левински



ОТ АЭС К «АТОМНОМУ ПАРКУ»?

Будущее японской АЭС «Фукусима-1»

Спустя четверть века после трагедии на Чернобыльской АЭС тысячи тонн бетона отгораживают ее работников и посетителей от опасно высокого уровня радиации из-за скрытой в фундаменте «лужи» расплавленного ядерного топлива. Напротив, через 30 с лишним лет после аварии на АЭС «Три-Майл-Айленд» вблизи Гаррисберга (штат Пенсильвания) рядом с частично разрушенным реактором его близнец, окруженный жилыми домами, продолжает работать. Со временем эта АЭС будет остановлена и демонтирована, а ее территория очищена.

Оба сценария (продолжение эксплуатации с последующей очисткой и остановка с захоронением) – возможные пути развития событий на последней аварийной АЭС – «Фукусима-1». На этой японской атомной электростанции произошло частичное расплавление активных зон не менее трех из ее шести реакторов и двух из семи хранилищ отработанного топлива. «У вас есть несколько поврежденных реакторов, и вы легко можете найти два или три варианта того, что делать с ними», – говорит Курт Келлер (Kurt Kehler), вице-президент компании CH2M HILL в Энглвуде (штат Колорадо).

Судьба «Фукусимы-1» будет в конечном итоге определяться тем, насколько сильно расплавилось топливо, насколько глубоко проникло загрязнение на территории АЭС и сколько средств готово выделить правительство на рекультивацию. По оценкам компании Tokyo Electric Power (TEPCO), которой принадлежит станция, по крайней мере в одном реакторе топливо расплавилось полностью. Это означает, что топливные стержни могли образо-



вать «лужу» примерно как в Чернобыле, что потребует создания массивной стальной конструкции для ее удержания. Хуже того, радиоактивному загрязнению подверглись территории в радиусе до 30 км от поврежденной станции и даже больше, захватив такие удаленные селения, как Иитатэ, которое стало настолько «грязным», что необходимо или забросить его, или целиком снять там слой грунта и заменить его новым. Пришлось эвакуировать около 80 тыс. жителей подобных населенных пунктов.

Правительство Японии требует демонтажа станции, а TEPCO хотела бы возобновить работу неповрежденных реакторов, если это будет возможно. К сожалению, может оказаться, что ни то ни другое не осуществимо: если топливо действительно образовало лужу, уро-

вень радиации может оказаться недопустимо высоким для работ по демонтажу, и придется осуществлять захоронение реакторов, как это было сделано в Чернобыле. И подобно жителям Украины и Белоруссии, которые так и не смогли вернуться в зону отчуждения, жители городов вблизи АЭС «Фукусима-1», возможно, также больше не увидят свои дома. Короче говоря, территория вокруг этой атомной электростанции может на долгие годы остаться запретной зоной, а местным фермерам и рыбакам не суждено заняться своим привычным делом. Список непредвиденных «атомных заповедников» пополнится еще одной единицей и станет очередным напоминанием об опасностях ядерной энергетики. ■

Дэвид Биелло



НЕУДЕРЖИМЫЕ СОРНЯКИ

Правительство США тратит миллионы долларов на борьбу с захватчиком, распространяющимся как пожар

Как единичное растение императа цилиндрическая, или когонова трава, непритязательна, ее даже можно назвать пасторальной. Однако образуя глухие заросли, она превращается в мощную силу, видоизменяющую леса, и становится монокультурой. Растение укоренилось на десятках тысяч акров земель в Алабаме, Миссисипи и Джорджии, а также захватила миллион акров во Флориде и быстро распространяется далее. «Когонова трава может стать большей угрозой, чем кудзу (пуэрария) или жимолость японская», – говорит Стивен Инло (Stephen Enloe), специалист по растениям-колонистам из Обернского университета в Алабаме.

Императа не только образует толстую подстилку из стеблей и листьев, практически исключая возможность роста местных видов растений, но также и горит жарче, чем они. После прогорания уходящие вглубь на 15-30 см корневища дают новые ростки, и происходит полное восстановление за один месяц после пожара. Такая жизнеспособность несет серьезную угрозу лесам, особенно сосновым, на которые опирается вся промышленность юга. Согласно подсчетам, только в Алабаме убытки по лесоматериалам составили более \$7,5 млн в год.

Внимая озабоченности ученых и других заинтересованных лиц, федеральное правительство потратило миллионы долларов, предусмотренных Законом

о реинвестировании и восстановлении, на борьбу с нашествием сорняков. Эти фонды используются для выявления и очищения районов, зараженных когоновой травой, как поясняет Стивен Пекот (Stephen Pecot) из Алабамского центра контроля когоновой травы.

Эффективных способов борьбы с императой существует очень мало, поэтому ученые заняты разработкой новых. Исследователи проводят испытания гербицидов, устанавливают оборудование для картирования на расстоянии больших зараженных участков и выявления зарождающегося наступления, которое может быть скрыто деревьями или кустами, а также изучают генетические особенности, чтобы лучше понять, как распространяются растения по территории США.

В работе, опубликованной в майском номере *American Naturalist*, сообщалось, что такие растения, как императа, лучше всего растут на богатой азотом почве, поэтому предполагается, что снижение содержания азота в почве, например путем размножения разлагающих азот микробов, даст хорошие результаты. «Можно проявить настойчивость и заняться этим, но необходимо приложить много сил, чтобы достичь желаемого уровня», – говорит Стивен Инло. ■

Кэрри Мэдден

СЕНТЯБРЬ 1961



РАЗГОВОР НЕРВНЫХ КЛЕТОК. «До сих пор мы ничего не говорили о торможении, хотя оно проявляется во всех частях нервной системы и представляет собой один из наиболее интересных режимов нервной деятельности. Торможение возникает, когда нервный импульс действует на следующую клетку как тормоз, препятствуя ее возбуждению сигналами, которые могут поступить в это же время по другим каналам. Импульс, передаваемый по тормозящему аксону, электрически неотличим от импульса, передаваемого по возбуждающему аксону. Однако вызываемый им в синапсе физико-химический эффект должен быть иным». – Бернард Кац (Berthard Katz), лауреат Нобелевской премии 1970 г. по физиологии и медицине.

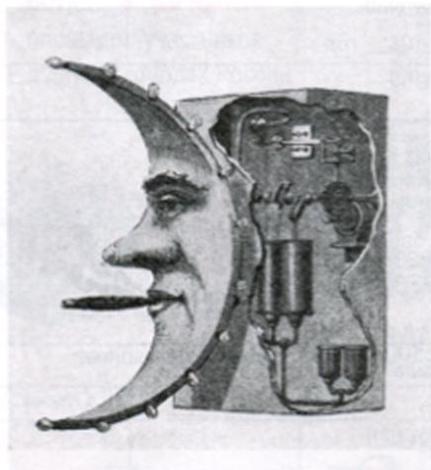
СЕНТЯБРЬ 1911



ТУРБИНА ТЕСЛЫ. Читателям *Scientific American* будет интересно узнать, что Никола Тесла, знаменитый своим вкладом в развитие электротехники в пору ее отрочества, по образованию – инженер-механик и в прошлом несколько лет посвятил совершенствованию термодинамического преобразования.

Результатом его теоретических и экспериментальных исследований стал совершенно новый тип первичного двигателя. Основой парового двигателя Теслы служит набор плоских стальных дисков, насаженных на вал и вращающихся внутри кожуха. Высокоскоростной поток пара подается по периферии дисков, проходит между ними по свободным спиральным каналам и выходит через выпускной порт в центре. Для передачи кинетической энергии пара дискам и через них валу Тесла использовал здесь вязкостные и адгезионные свойства пара: притяжение его к поверхностям дисков. **Примечание:** тонкие стальные пластины не выдерживали требуемых высоких температур и скоростей; новые материалы, например углеродное волокно или керамика, могут возродить интерес к этой компактной конструкции.

НОВШЕСТВО В РЕКЛАМЕ ТАБАКА. Большинство людей полагают, что монополистом в рекламе табака выступает деревянная фигура индейца.



КУРЯЩИЙ ПОЛУМЕСЯЦ: МЕХАНИЧЕСКАЯ НОВИНКА В РЕКЛАМЕ СИГАР, 1911 г.

Однако у него появился конкурент – кукла, как бы курящая сигару. Сигара, разумеется, не настоящая, а дым создает скрытый горшок с горящим табаком. С помощью мехов этот дым периодически подается к губам «курильщика». Одна из наиболее сложных подобных конструкций – «курящий полумесяц» (на рис.), вогнутый лик которого обрамлен лампами накаливания. Лампа установлена и на кончике сигары. **ЛОШАДИ И ЖАРА.** Управление здравоохранения Нью-Йорка, которое отвечает за вывоз павших лошадей, сообщило, что за шесть жарких рабочих дней в июле в городе пало 1026 лошадей (в среднем по 171 в день). Потеря этих животных обошлась городу больше чем в полмиллиона долларов. По мнению экспертов, деньги лучше потратить на приобретение достаточного количества электрических транспортных средств, которые были бы задействованы на всех работах, выполнявшихся лошадьми, и делали бы это эффективнее и экономичнее»

СЕНТЯБРЬ 1861



ВЫДЕЛЕН КОКАИН. Немецкий химик Альберт Ниман (Albert Niemann), проводивший недавно эксперименты с листьями коки, выделил из них алкалоид, который предложил назвать кокаином. Чистый кокаин представляет собой крупные бесцветные кристаллы призматической формы. Он имеет щелочную реакцию и горький вкус. Будучи помещенным на язык, он вызывает выделение слюны и ощущение холода. Несколько немецких химиков и врачей рекомендовали заменить кофе в европейских армиях листьями коки, которые, как известно, позволяют довольно долго сохранять жизненные силы в отсутствии обычной пищи.

МОРСКАЯ ДИСЦИПЛИНА. Британский торговый корабль «Звезда Востока» (*Star of the East*), шедший из Бомбея в Ливерпуль, потерпел крушение в Мозамбикском проливе. В ходе официального расследования кораблекрушения первым из свидетелей был опрошен парусный мастер с этого корабля. Он сказал, что судно следовало примерно в миле от берега. Когда представитель правительственной Торговой палаты Тиндолл спросил его: «Вам не кажется странным, что корабль оказался так близко от берега?», тот ответил: «Нам не разрешалось думать. Думать на корабле имели право только капитан и кок». Ответ был исчерпывающим, и после этой краткой демонстрации морского права Тиндолл больше не вмешивался в процесс. ■

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 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, кор. 46, офис 138, редакция журнала «В мире науки»;

■ по электронной почте podpiska@sci.am.ru, info@sci.am.ru;

■ по факсу: +7(495) 939-42-66

Стоимость подписки на второе полугодие 2011 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.sci.am.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
2011 г.												
2010 г.												
2009 г.												
2008 г.												
2007 г.												
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Ка. _____

Телефон _____

E-mail: _____

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка
Россия ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 3010181040000000225
ИНН 7701059492; КПП 770101001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Плательщик

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка
Россия ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 3010181040000000225
ИНН 7701059492; КПП 770101001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Плательщик

■ **ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ
НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ»
МОЖНО:
В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ
ПО КАТАЛОГАМ:
"РОСПЕЧАТЬ",
ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС
81736 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ,
19559 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
И ОРГАНИЗАЦИЙ;
"ПОЧТА РОССИИ"
ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС
16575 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ,
11406 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
И ОРГАНИЗАЦИЙ;
АП ИНТЕР-ПОЧТА
ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 4626
WWW.INTERPOSTA.RU
КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724
WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:
ООО «УРАЛ-ПРЕСС»,
WWW.URAL-PRESS.RU
СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ
ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО «МК-ПЕРИОДИКА»,
WWW.PERIODICALS.RU
РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:
ООО «АГЕНТСТВО «КНИГА-СЕРВИС»,
WWW.AKC.RU**



7—9
октября



Министерство
образования
и науки РФ



Департамент науки,
промышленной политики
и предпринимательства
города Москвы



МГУ имени
М.В. Ломоносова

2011

ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ



ВХОД
свободный

**В ПРОГРАММЕ
ФЕСТИВАЛЯ:**

НАУЧНЫЕ

эксперименты
новейшие разработки техники
экскурсии по лабораториям

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ

лекции ведущих ученых
интерактивные выставки
кинопоказы
интеллектуальные соревнования
удивительные экспонаты «Зазеркалья»
театр занимательной науки
science-art

80 ПЛОЩАДОК МОСКВЫ:

Вузы, музеи, научные центры
РАН и РАМН, окружные
центральные площадки,
инновационные компании,
бизнес-инкубаторы, арт-центры

БОЛЕЕ **100**
площадок-участников
в других городах России



Центральная выставочная
площадка Фестиваля:
Павильон No.2,
зал 4, 5
ЦВК «Экспоцентр»



Центральная
площадка Фестиваля:
Фундаментальная
библиотека МГУ
и 1-й учебный корпус
МГУ на новой
территории

ПОПУЛЯРНЫЕ И УВЛЕКАТЕЛЬНЫЕ

площадки для детей
познавательные игры
концерты
арт-выставки
шоу и представления

ПРИКОСНИСЬ К НАУКЕ

www.festivalnauki.ru

Телефон для справок: +7 (495) 939-55-57 info@festivalnauki.ru

генеральный спонсор:





журнал
«В МИРЕ НАУКИ»
для iPad и iPhone

Интерактивная версия журнала **«В МИРЕ НАУКИ»** —
это эксклюзивные публикации
о последних достижениях мировой науки
и технопредпринимательства, доступные
вам в любое время и в любом месте

