ФИЗИКА ЧАСТИЦ
Как глюоны связуют материю

МЕДИЦИНА
Нет проклятию Альцгеймера

БИОЛОГИЯ
О чем беседуют клетки

ежемесячный научно-информационный журнал

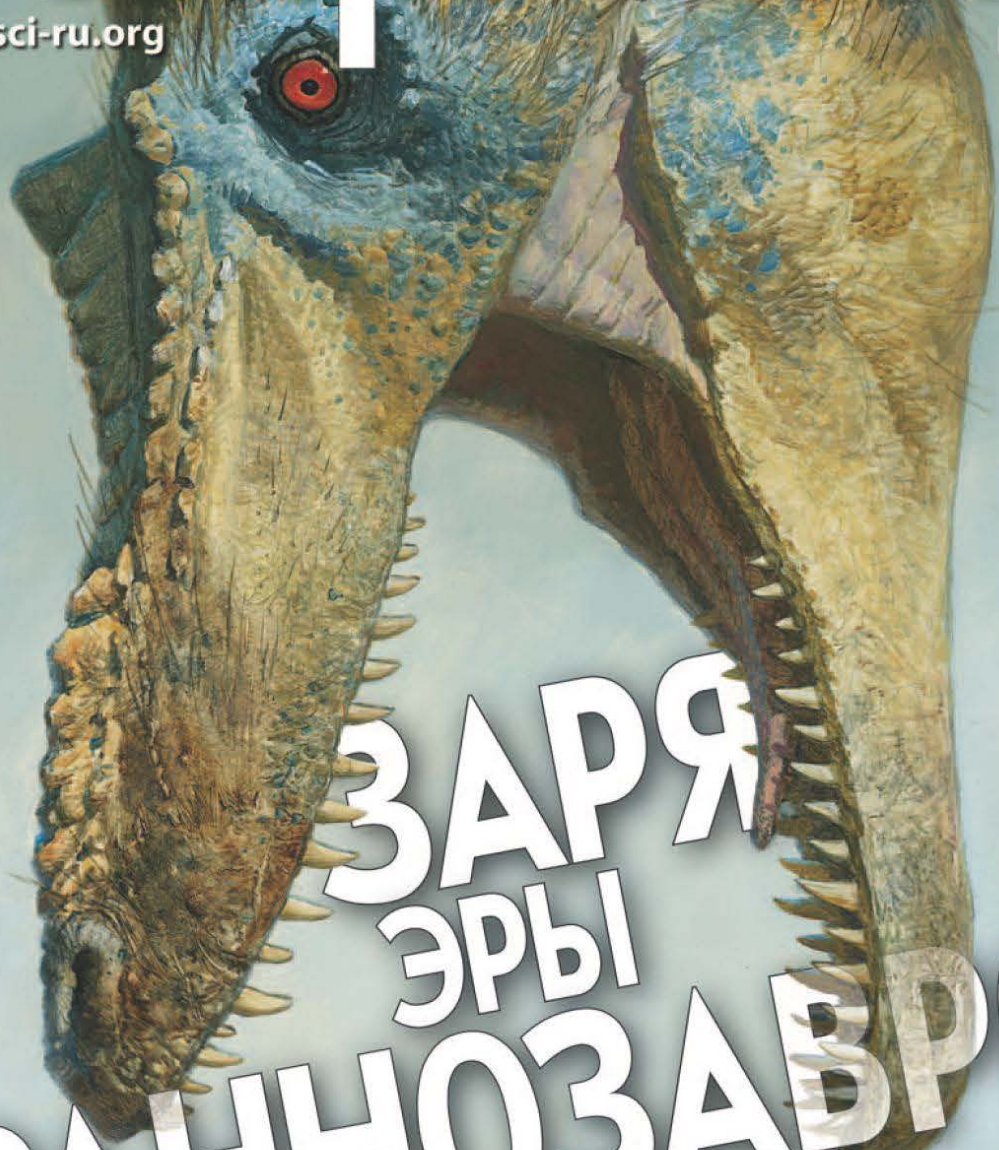
SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки

www.sci-ru.org

№7 2015

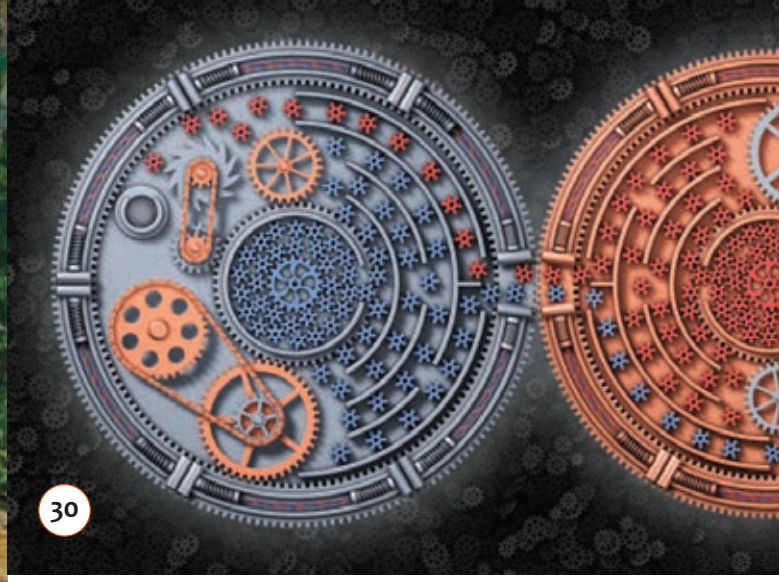
12+



ЗАРЯ ЭРЫ ТИРАННОЗАВРОВ

20 открытий: новый взгляд на царя динозавров

ISSN 0208-0621



СОДЕРЖАНИЕ

Июль 2015

Главные темы номера

Наука и общество

ДЖЕЙМС УОТСОН: РОССИЯ — ЭТО СТРАНА ОБРАЗОВАННЫХ ЛЮДЕЙ 4

Алексей Торгашев

Самый знаменитый ученый нашего времени приехал в столицу России, чтобы во второй раз получить ту же самую награду

Палеонтология

ВЗЛЕТ ТИРАННОЗАВРОВ 12

Стивен Брюсатт

Недавние ископаемые находки ставят знаменитого динозавра на место

Геохимия

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОТКРЫТИЙ 22

Валерий Чумаков

Спектр работ ГЕОХИ РАН узким не назовешь — от опреснения воды до новой теории происхождения планет. О наиболее интересных исследованиях рассказывает директор института академик ***Эрик Галимов***

Биология

СВЕТСКИЕ БЕСЕДЫ КЛЕТОК 30

Росс Джонсон, Пол Лампе и Дейл Лэрд

Соседние клетки обмениваются информацией через каналы в плазматических мембранах. Нарушения в этой «переговорной системе» могут приводить к самым разным патологиям

Нейронауки

КОД БЕХТЕРЕВОЙ 40

Елена Кокурина

Выдающийся ученый, академик, научный руководитель Института мозга человека РАН, который теперь носит ее имя, она знала о мозге, пожалуй, больше любого ныне живущего исследователя

Психология

ДОМАШНИЕ ЖИВОТНЫЕ: ЗАЧЕМ МЫ ИХ ЗАВОДИМ? 50

Дейзи Юхас

Домашние питомцы нужны нам потому, что у человека есть врожденный интерес к другим видам животных, но кроме того есть еще много социальных причин

Биология

РОВЕСНИКИ ДИНОЗАВРОВ ЖДУТ СПАСЕНИЯ 60

Екатерина Головина

Осетровые рыбы, на свою беду всегда пользовавшиеся большим успехом у гурманов всего света, находятся сейчас под угрозой уничтожения

Медицина

СНЯТЬ ПРОКЛЯТИЕ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА 66

Гэри Стикс

Группа колумбийских семей — носителей редкой мутации, неизбежно приводящей к болезни Альцгеймера, привлекла пристальное внимание ученых: есть надежда, что удастся найти способы борьбы с этим страшным недугом

Физика элементарных частиц

КЛЕЙ, НА КОТОРОМ ДЕРЖИТСЯ МИР 76

Раджу Венугопалан, Томас Ульрих и Рольф Энт

Известно, что частицы, называемые глюонами, сохраняют протоны и нейтроны в неизменном виде — и таким образом удерживают Вселенную от разрушения; однако как именно они делают это, до сих пор неизвестно

Физика

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ: НАУКА — ВНЕДРЕНИЕ — КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ 86

Виктор Фридман

Сверхпроводимость была открыта более века назад, однако лишь сравнительно недавно вышла за пределы исследовательских лабораторий и начала проникать в разные отрасли промышленности

Океанография

ВОЛНЫ РАЗРУШЕНИЯ 96

Марк Харрис

Ученые исследуют разрушение большими морскими волнами арктического льда, чреватое разнообразными последствиями для климата и экологии планеты

Спутниковая фотосъемка

НОЧНОЙ ДОЗОР 104

Стивен Миллер

Установленные на спутниках датчики, способные видеть в темноте, — большое подспорье для метеорологов, пожарных, поисковых служб и ученых

Разделы

От редакции 3

50, 100, 150 лет тому назад 75

Технофайлы 108

Книжное обозрение 110

ежемесячный научно-информационный журнал
SCIENTIFIC AMERICAN
В мире науки

Основатель и первый главный редактор журнала «В мире науки / *Scientific American*», профессор СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ КАПИЦА

НАШИ ПАРТНЕРЫ:

Российская Академия Наук

Телекоминвест

PETER SERVICE

Сибирское отделение РАН

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

РОСАТОМ

очевидное невероятное

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

Главный редактор: **В.Е. Фортов**
Первый заместитель главного редактора: **А.Л. Асеев**
Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»: **С.В. Попова**
Заместитель главного редактора: А.Ю. Мостинская
Зав. отделом естественных наук: В.Д. Ардаматская
Зав. отделом российских исследований: О.Л. Беленицкая
Выпускающий редактор: М.А. Янушкевич
Обозреватели: В.С. Губарев, Ф.С. Капица, В.Ю. Чумаков
Администратор редакции: О.М. Горлова

Научные консультанты: акад. Э.М. Галимов; к.б.н. Н.С. Мюге; д.т.н. В.И. Панцырный; акад. В.П. Смирнов; проф. Л.М. Фишер

Над номером работали: М.С. Багоцкая, О.Л. Беленицкая, А.Н. Божко, С.В. Гогин, Е.В. Головина, Е.В. Кокурина А.П. Кузнецов, А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, А.Ф. Торгашев, В.П. Фридман, Н.Н. Шафрановская, С.Э. Шафрановский

Верстка: А.Р. Гукасян
Дизайнер: Я.В. Крутий
Корректура: Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета НП «Международное партнерство распространения научных знаний»: **В.Е. Фортов**

Заместитель директора НП «Международное партнерство распространения научных знаний»: В.К. Рыбникова
Финансовый директор: Л.И. Гапоненко
Главный бухгалтер: Е.Р. Мещерякова

Адрес редакции: Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138; Тел./факс: 8 (495) 939-42-66; E-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru
Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

Отпечатано: В ЗАО «ПК «ЭКСТРА М», 143405, Московская область, Красногорский р-н, г. Красногорск, автодорога «Балтия», 23 км, владение 1, д. 1
Заказ №7 15-06-00370

© 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

Авторские права НП «Международное партнерство распространения научных знаний». © Все права защищены. Некоторые из материалов данного номера были ранее опубликованы Scientific American или его аффилированными лицами и используются по лицензии Scientific American. Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции. При цитировании ссылка на «В мире науки» обязательна. Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов и не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.
Торговая марка **Scientific American**, ее текст и шрифтовое оформление являются исключительной собственностью Scientific American, Inc. и использованы здесь в соответствии с лицензионным договором.

ДЖЕЙМС УОТСОН В МОСКВЕ: ВОЗВРАЩЕНИЕ НОБЕЛЕВСКОЙ МЕДАЛИ

17 июня в Москве в Президентском зале Российской академии наук лауреату Нобелевской премии выдающемуся ученому Джеймсу Уотсону была возвращена Нобелевская золотая медаль, специально приобретенная на аукционе известным российским бизнесменом и меценатом Алишером Усмановым.

Некоторое время назад Джеймс Уотсон продал свою медаль на аукционе *Christie's*, пожертвовав вырученные деньги на научные исследования. Алишер Усманов выкупил ее, чтобы вернуть законному владельцу.

Я хочу публично поблагодарить Алишера Усманова за благотворительную деятельность и за большой вклад в поддержку науки в России.

Джеймс Уотсон — живая легенда нашего времени, его имя навсегда вписано в историю нашей цивилизации. Это человек, который раскрыл тайну жизни.

В начале 50-х гг. прошлого века Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик открыли знаменитую двойную спираль ДНК, тем самым начав новую эру в науке. Сегодня это открытие — основа молекулярной биологии, современной медицины и используется во многих других важных приложениях.

В 1962 г. Джеймс Уотсон, Фрэнсис Крик и Морис Уилкинс были награждены Нобелевской премией за исследования в области физиологии и медицины. История этого открытия описана в автобиографической книге Джеймса Уотсона «Двойная спираль». Должен сказать, она оказала сильное влияние на меня. Джеймс Уотсон и сейчас активно занимается исследованиями в области онкологических заболеваний.

Мне особенно приятно, что возвращение Нобелевской медали выдающемуся ученому произошло именно в нашей стране с ее богатой научной историей и традициями. Это событие еще раз подтверждает, что наука — область деятельности, в которой стираются границы стран и континентов. ■

Владимир Фортов,
президент Российской академии наук,
главный редактор журнала
«В мире науки / Scientific American»

ДЖЕЙМС УОТСОН:

РОССИЯ — ЭТО СТРАНА ОБРАЗОВАННЫХ ЛЮДЕЙ

Самый знаменитый ученый нашего времени приехал в Москву во второй раз получить Нобелевскую медаль

Материал подготовлен на основе эксклюзивного интервью Джеймса Уотсона и открытой лекции «От структуры ДНК к лечению онкологических заболеваний», прочитанной в Российской академии наук

В Шереметьево Дж. Уотсона встречали 40 телекамер

Очередь на открытую лекцию Дж. Уотсона

В.Е. Фортов приглашает в Президентский зал РАН

Счастливый обладатель медали

Многие слушают стоя

Не всем хватило места в зале

17 июня, Москва. У здания академии наук стоит очередь примерно километровой длины, мечтающая посмотреть на живую легенду — 87-летнего Джеймса Уотсона, великого ученого нашего времени, который открыл двойную спираль ДНК в 1953 г., за что и получил Нобелевскую премию в 1962 г. вместе с соавторами Фрэнсисом Криком и Морисом Уилкинсом. (Четвертый автор открытия, Розалинда Франклин, к сожалению, умерла на момент присуждения премии.)

Уотсон не был бы легендой, если бы «всего лишь» открыл структуру ДНК. Были работы с рибосомами, с раковыми клетками, был проект «Геном человека», по поводу которого злословили: мол, непродуктивная трата средств... Кстати, его сняли с должности руководителя проекта буквально через четыре года после начала. Почему? Об этом на лекции в здании РАН рассказал сам ученый. Потому что он был против патентования генов как лекарств. Сейчас с этим никто не спорит.

Потом Уотсон последовательно ссорился с коллегами, мужчинами, женщинами и т.д. Вздорили с ним из-за его желания узнать, как все устроено в природе. В 2007 г. Уотсон сказал в одном из интервью, что расы не равны по интеллектуальным способностям. Как пример он приводил афроамериканцев и говорил, что не видел у них

ПРЯМАЯ РЕЧЬ

Я знаю вашу страну, люблю вашу литературу и музыку. В свое время меня очень тронул концерт Чайковского, который я слышал. В 1961 г. я приехал сюда впервые, чтобы принять участие в конгрессе по химии. На меня тогда произвели впечатление ваши ученые, и я по-прежнему считаю, что Россия — это страна образованных людей.

У нас есть еще 100, может быть 200 лет на то, чтобы найти ответы на серьезные вопросы современной биологии, а тем более физики.

Проблема в том, что мы можем вылечить только самое начало рака, потому что те лекарства, которые существуют сейчас, эффективны на протяжении одного года или двух лет. Эпителиальный путь развития рака приводит к тому, что химические реакции в начале заболевания и в конце, которые убивают человека, совершенно разные. И лекарства, которые существуют у нас сейчас, не могут бороться с ними на финальной стадии. Самое главное, на чем стоит сконцентрироваться, — это поиск эффективного лекарства от рака на поздних стадиях.

На встречу с ученым аккредитовано более 60 СМИ

Заинтересованная аудитория

Академики А.С. Спирин и В.А. Садовничий

Дж. Уотсон дает интервью Эвелине Закамской для программы «Мнение» на телеканале «Россия 24»

выдающихся успехов в науках. И неплохо бы, размышлял Уотсон, увидеть, как влияет на интеллект популяционная генетика. За это ему была устроена серьезная обструкция.

В один из прошлых приездов в Москву ученый рассказывал, как добывает деньги на работу своего центра *Cold Spring Harbor Laboratory (CSHL)*, — это постоянный труд по привлечению инвестиций. После последних неполиткорректных высказываний Уотсона его перестали звать на встречи и, соответственно, он не мог уже работать в прежнем режиме. В прошлом году он решил продать свою Нобелевскую медаль. Очередной эксцентричный поступок, чтобы привлечь внимание и заработать денег на любимые университеты и научные центры. На аукционе медаль купил российский олигарх Алишер Усманов за $4,8 млн с тем, чтобы вернуть ее Уотсону.

Медаль Уотсону вручали в Москве. И очередь у здания РАН стояла как раз для того, чтобы посмотреть на это событие: как второй раз одну и ту же награду вручают одному и тому же человеку. Но не только. Люди пришли посмотреть на Джеймса Уотсона, человека необыкновенных обаяния ума, любопытства, доброжелательности и, разумеется, отсутствия запретов для мысли. Он хочет знать, как устроена ДНК, отчего есть курильщики с пятидесятилетним стажем без всяких признаков болезни, чем отличается интеллект одной расы от другой, мужчины от женщины, как лечить рак и психические генетические расстройства…

Большая часть людей в помещение президиума РАН не вместились и Уотсона не увидели. Но у журналистов была возможность встретиться с ним в гостинице *Four Seasons* «Москва» за несколько часов до лекции и задать несколько вопросов.

Есть прогноз, что в ближайшие пять лет, возможно, мы найдем препарат, который сможет излечивать большинство видов рака. Я надеюсь, что мне уже не придется доживать до 100 лет, чтобы увидеть эти препараты. Может быть, когда я доживу всего лишь до 93, я уже смогу увидеть эти результаты.

Я хочу сказать о важности физических упражнений, потому что они дают реакцию, необходимую для разрушения раковых клеток, — это реакция окисления.

Если бы сейчас я приступал к каким-то новым исследованиям, мне было бы интересно изучать человеческий мозг и понимать, каким образом гены контролируют поведение человека. Это то, чем стоит сейчас заниматься исследователям, студентам, которые еще только получают свои ученые степени.

В юности я не ходил на предметы, которые вели зануды и скучные учителя. Пусть учителя не обижаются, я не посещал эти курсы.

В.А. Садовничий вручил Дж. Уотсону медаль Московского университета

Студенты конспектируют лекцию

М.П. Кирпичников (слева) и К.В. Анохин

Фотография на память

Слушают...

...и фотографируют

— Господин Уотсон, что вы чувствуете в связи с тем, что Нобелевская медаль возвращается к вам после того, как вы были вынуждены ее продать?

— Возвращая медаль, российское общество говорит мне спасибо за мою научную деятельность, книги и продвижение науки во всем мире. Конечно, приятно, когда тебя уважают. Мне всегда нравились российский народ и российская культура. Я очень рад вернуться в Москву, это красивый город.

У меня замечательное настроение, и я пребываю в нем с тех пор, как выставил медаль на аукцион. Конечно, я продал ее не ради себя. Медаль пролежала в банковском сейфе 51 год, так что я ее почти и не видел. Теперь же она навсегда останется частью моего наследия.

Я продал медаль, потому что хотел поблагодарить учреждения, в которых я учился и работал. Они помогли мне прожить полноценную жизнь. Иначе у меня бы это не получилось. Я послал деньги в университеты и лаборатории. Я, конечно, говорю и о *Cold Spring Harbor Laboratory (исследовательский центр, которым Джеймс Уотсон долгое время руководил и где сейчас продолжает работать. — Примеч. ред.)*, куда я тоже направил средства. В *CSHL* всегда учились студенты из разных стран. Там работают замечательные ученые со всего мира и обучаются талантливые студенты из России. Мне Россия нравится все больше и больше. Я ратую за истину, здравый смысл и достойное поведение, и ваша страна очень богата в этом плане, в плане культуры. Я уважаю тягу россиян к знаниям и новым открытиям.

Я очень рад, что медаль возвращается. Это стало возможным благодаря невероятной щедрости Алишера Усманова. Я хотел бы поблагодарить

ПРЯМАЯ РЕЧЬ

В начале 1980-х гг. ученые начали задаваться вопросом потенциального секвенирования всей ДНК человека. В человеческом геноме существует примерно 3 млрд пар оснований. Тогда стоимость работы с одной такой парой оснований составляла $1. Таким образом, весь наш проект потребовал бы вложения $3 млрд. И при существовавших у нас в 1980-х гг. технологиях это заняло бы у нас 15 лет. Это составляло 2% от всего бюджета, который тогда выделялся на биологические исследования. Но вопрос был не только в том, дадут ли нам эти деньги и сможем ли мы их использовать, но и в том, есть ли у нас люди для такой работы. Вскоре меня назначили главой этого проекта. Я пробыл на этом посту всего четыре года. После того как я отказал в идее выдачи патентов в связи с изучением ДНК, меня обвинили в том, что я противопоставляю себя всей индустрии, и я потерял работу. Но я успел за эти четыре года найти достаточно людей и знал, что проект будет успешен и без меня.

На балконе нет свободного места

Внимательные слушатели

Студенты и преподаватели

Автографы великого ученого...

...и селфи

...на прощание

российскую нацию, советскую нацию, за то, что она дала миру Алишера. Он необыкновенный человек. Он знает жизнь и принимает правильные решения, основываясь на знании. Моя мать ставила знание выше всего — не бога, не любовь, а знание.

— Какого, по вашему мнению, самого большого открытия стоит ожидать от исследований генома человека?

— Геном — это сама жизнь. На протяжении последних 40 лет мы пытаемся найти лекарство от рака. Информация о геноме позволяет нам понять, каким именно образом появляется рак. В большинстве случаев она ничего не говорит нам о том, как его лечить. А наша цель — именно излечение людей. Я посвятил этому делу бóльшую часть своей жизни. Я уже говорил, что мы подходим к разгадке все ближе, и скоро мы сможем лечить множество разных видов рака, которые до сих пор считаются неизлечимыми. Я надеюсь, что науку ожидает еще один триумф. Думаю, информация о генах человека способствует расширению знаний человечества.

Россия всегда уважала знания. Я учился в университетах, которые также уважают силу знаний. Я развиваюсь, постигая новое, возможно, больше, чем некоторые другие. Встречаюсь с разными людьми, они дают мне много советов. Я рано начал читать. Когда я рос, книги были моими лучшими друзьями. Просто хочу сказать, что вклад в развитие человечества можно сделать посредством накопления знаний. Конечно, есть и другие способы, например через любовь, но в нашем случае мы развиваемся, получая новые знания.

— Вы упомянули рак. Как бы вы охарактеризовали текущее состояние науки? Как скоро мы сможем найти лекарство?

Никогда не будьте самым умным в аудитории. Потому что это прекрасно, когда есть люди вокруг, к которым вы можете тянуться. Безусловно, я не боюсь людей, которые умнее меня, потому что именно так наш мир движется к прогрессу.

Великие ученые ставят перед собой великие вопросы, и мозг — один из таких вопросов, который еще только предстоит исследовать. Возможно, мы получим какие-то результаты в следующем году, а может быть в следующем веке.

Я впервые заинтересовался проблемой рака и неконтролируемым ростом клеток в 1947 г., когда младшему брату моего отца поставили страшный диагноз — рак. В это время я поступил в школу при Индианском университете в Блумингтоне и там изучал курс молекулярной биологии. Самое интересное для меня тогда было понять, вызывают ли вирусы рак — и если вызывают, то какие именно.

Что касается меня и Крика, мы просто родились в удачное время.

Мне 87 лет, и я не думаю, что доживу до ста. Но нам не нужно больше ждать 50 или даже десять лет. В настоящее время тестируются два препарата, которые могут стать лекарствами от некоторых видов рака. Если нам повезет, пройдет еще года два и у нас будет такое лекарство. Для этого нужны открытия не только в области ДНК, но и во всей биохимии. Каким образом растут и размножаются раковые клетки? Какие в них происходят химические реакции? Это очень сложная задача. Некоторые считают, что каждый вид рака особенный и что нужны сотни различных способов лечения. Но в действительности у большого количества видов рака много общего. С биохимической точки зрения у нормальных клеток нет определенных параметров, а у раковых есть, и теоретически мы можем остановить ненормальный метаболизм и развитие рака. Я не был раньше оптимистично настроен по отношению к лекарству от рака, но теперь я полон оптимизма. Думаю, мы наконец-то начали понимать, что к чему. Большинство из вас могут сказать: «Я вам не поверю до тех пор, пока вы кого-нибудь не вылечите». Нам нужно доказать, что мы можем вылечить, например, рак груди, который в данный момент неизлечим. Но мы уже знаем, почему он появляется, и сейчас разрабатывается препарат для лечения этой болезни. Сейчас я гораздо более оптимистично настроен, чем шесть месяцев назад.

Знание структуры ДНК полезно, но препарат — это задача химии. Думаю, в настоящее время самые важные ученые в данной области — химики, а не генетики

Конечно, есть множество других аспектов жизни, например психические заболевания. У моего сына шизофрения, и пока мы не можем ее вылечить. Эту проблему быстро не решить. И меня больше волнует вопрос не о том, как вылечить шизофрению, а о том, как людям жить с этим заболеванием. Мы не хотим обращать внимание на эту проблему. Но нужно что-то делать, накапливать знания о ней. Мозг — сложнейший орган. Для того чтобы понять, как вылечить рак, нужно понять, как работает одна клетка. В случае с шизофренией необходимо понять, как работает большая область мозга, что в ней ненормально.

— Семь лет назад вы встречались с профессором Сергеем Капицей и сказали, что настало время, когда мы сможем понять поведение человека. Что зависит от генов, а что от воспитания? Наблюдается ли в этой области какой-либо прогресс на протяжении последних семи лет? И такой же вопрос касается психических заболеваний, о которых вы только что сказали.

— Многие люди, включая Иосифа Сталина, не хотели, чтобы генетика стала важной наукой. Сталину не нравились гены, потому что их невозможно изменить. А людей изменить было возможно. Многие люди, у которых есть дети, думают, что их характер зависит от родителей, а не от генов... Но это по-прежнему очень сложная проблема. Я старомоден, до сих пор думаю, что гены очень важны. Многие говорят, что это не так, и я не могу с ними спорить, потому что мы на самом деле пока не знаем, как устроен мозг и как он работает. Конечно, мы хотим это выяснить. Но большая ошибка говорить, что мы все одинаковые, в то время как у нас разные гены. Моя вера в гены сильна, и я просто хочу, чтобы появилось больше доказательств. Некоторые люди не хотят знать ответ, а я хочу. Теперь у нас появился такой шанс.

Нельзя игнорировать рак, потому что он нам не нравится. Он от этого не перестанет существовать. Так же и с генетикой личности. Нельзя говорить, что чего-то нет, просто потому что вы не хотите осложнять себе жизнь.

С момента открытия спирали ДНК наука сделала колоссальный шаг вперед и сейчас развивается гораздо быстрее, но некоторые вещи остались прежними. Говорили, например, что раз мы полетели на Луну, значит сможем остановить рак через десять лет. Но я понимал, что это невозможно. Я был в составе первой комиссии Белого дома по программе рака и заявил об этом. Меня исключили из состава этой комиссии. Они не хотели меня слышать. С тех пор прошло уже 40 лет...

— А что вы можете сказать о психических заболеваниях?

— Раньше мы считали, что генов, отвечающих за них, довольно мало. Но теперь мы знаем, что существуют сотни таких генов. Если они функционируют неправильно, это приводит к болезни. Причина, по которой психические заболевания столь распространены, заключается в том, что вариантов их развития очень много. Генов тысячи, и если хотя бы один из них работает неправильно, это может привести к психическому заболеванию. Около 5% всех больных такими болезнями детей на планете рождается у здоровых родителей. Такова частота мутаций.

Если вы знаете, что с геном что-то не так, это не значит, что вы нашли лекарство. А нам нужны препараты. Я надеюсь, они рано или поздно появятся. Конечно, знание структуры ДНК полезно, но препарат — это задача химии. Думаю, в настоящее время самые важные ученые в данной области — химики, а не генетики. Одной только генетики недостаточно.

— Но ведь теперь у генетиков есть *CRISPR/Cas9* — система редактирования генома. Предлагаются медицинские приложения и даже идут дискуссии, можно ли экспериментировать с геномом человека в целом...

— Да, в настоящее время ведутся дебаты о том, допустимо ли изменять людей. Мой ответ: да. Потому что если у вас плохие гены и вы можете «выключить» их, это будет замечательно. Я думаю, регулирование таких работ будет большой ошибкой.

— Пол Берг выступает за запрет таких работ, по меньшей мере временный. Почему мы не слышим вашего голоса в этой дискуссии?

Автограф для читателей журнала «В мире науки»

(Пол Берг — нобелевский лауреат, организатор Асиломарской конференции 1975 г., на которой ввели временный запрет до разработки правил работы с рекомбинантными ДНК; сейчас выступает за остановку работ по изменению репродуктивных клеток человека и редактированию человеческого генома в целом. — Примеч. ред.)

— Я выступал против регулирования исследований ДНК в 1970-х гг. Тогда ограничили работы во всех направлениях кроме использования генетики в сельском хозяйстве. Многие и сейчас считают, что практика изменения генов опасна. В Европе действует принцип предосторожности: совершать определенные действия можно только будучи уверенным в том, что они безопасны. Но человеческая цивилизация вообще не смогла бы развиться таким образом! Кто-то должен рисковать. Иначе Колумб никогда бы не пересек Атлантический океан и люди никогда бы не отправились в космос. Но космос мы все же покорили. Если некоторые люди готовы рискнуть своей жизнью, это их выбор. Первые космонавты знали, на что идут. Теперь же полеты в космос безопасны. Я считаю, что принцип предосторожности разрушит современное общество. Если ему следовать, не будет никакого развития, все останется как есть. Я не придерживаюсь этого принципа. Если вы понимаете, как функционирует ДНК, вы можете изменить ее. Если вы хотите это сделать, вы это сделаете. Недавно в Вашингтоне прошла встреча, на которой была изобретатель этого метода Эммануэль Шарпантье *(одна из авторов техники редактирования генов CRISPR/Cas9. — Примеч. ред.)*, очень талантливая женщина, ученый из Франции. Теперь все пользуются этим методом. Я считаю, что если мы можем с его помощью улучшить людей и излечить генетические заболевания, то это прекрасно!

Наука должна развиваться дальше, это никому не вредит. Мне не нравится, когда вера указывает, как мне себя вести. Мы можем победить болезни, но если мы остановим развитие, то рано или поздно поймем, что сражались не с тем врагом. Жизнь без риска невозможна, я полагаю. ■

Подготовил Алексей Торгашев, научный журналист

GURNEY

{ВЗЛЕТ} ТИРАННОЗАВРОВ

Недавние ископаемые находки ставят знаменитого ти-рекса на место

Стивен Брюсатт

Маленькие тираннозавры дилуны защищают останки своей добычи от посягательств другого тираннозавра, ютиранна, в первобытном лесу, что раскинулся 125 млн лет назад на территории современного Китая

Illustration by James Gurney

ОБ АВТОРЕ

Стивен Брюсатт (Stephen Brusatte) — палеонтолог, сотрудник Эдинбургского университета (Шотландия), занимающийся изучением анатомии и эволюции динозавров. Брюсатт — автор более 70 научных статей и пяти книг о динозаврах, один из создателей программы «Прогулки с динозаврами» на BBC.

В один из жарких летних дней 2010 г. экскаваторщик, копавший котлован для будущего здания в Ганьчжоу на юго-востоке Китая, внезапно почувствовал, что ковш его машины наткнулся на какой-то твердый предмет. Спускаясь в яму, рабочий, по-видимому, готовился к худшему, ожидая увидеть перед собой пласт непробиваемой горной породы, старый водопровод или какое-нибудь другое досадное препятствие, которое неизбежно замедлило бы строительные работы. Но когда пыль осела, оказалось, что причиной задержки работ стало нечто совсем иное — груда костей, многие из которых отличались поистине гигантскими размерами.

В тот памятный день строительные работы все-таки пришлось прервать: находка костей оказалась важным палеонтологическим открытием. Китайский строитель наткнулся на почти полный скелет нового причудливого вида динозавров, состоявшего в тесном родстве со знаменитым королевским тираннозавром, или попросту ти-рексом *(Tyrannosaurus rex)*. Несколько лет спустя китайские коллеги пригласили меня исследовать найденный экземпляр, и в мае 2014 г. мы пришли к выводу, что он представляет собой последнее звено фамильного древа тираннозавров. Поскольку официальное научное название этого динозавра — цяньчжоузавр китайский *(Qianzhousaurus sinensis)* — выговорить довольно трудно, а одной из его характерных особенностей была сильно вытянутая морда, мы без долгих раздумий дали ему прозвище Пиноккио-рекс.

Цяньчжоузавр — один из нескольких новых видов тираннозавров, открытых на протяжении последнего десятилетия и сильно изменивших наши представления об этой группе рептилий. Долгое время в центре внимания ученых находился лишь ти-рекс — гигантский монстр длиной около 13 м и весом в 5 т, открытый палеонтологами более века назад. Однако его эволюционная история оставалась для исследователей загадкой. В XX в. ученые обнаружили нескольких близких родственников ти-рекса, обладавших такими же впечатляющими размерами, и наконец поняли, что ти-рекс не был чем-то исключительным: все эти крупные хищники представляли собой своеобразную ветвь родословного древа динозавров. Палеонтологи пытались выяснить, когда возникли тираннозавры, какие рептилии были их предками и как им удалось достичь столь впечатляющих размеров и в конце концов обосноваться на вершине пищевой пирамиды. Но вплоть до наших дней все эти вопросы оставались без ответа.

За последние 15 лет ученые открыли около 20 новых видов тираннозавров, обнаруженных в самых разных частях света, включая пустыни Монголии

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Ти-рекс и прочие гигантские тираннозавры известны палеонтологам уже многие десятилетия. Но из-за скудости ископаемого материла ученые долгое время ничего не знали ни о времени возникновения этих динозавров, ни об их предках.
- Недавние находки позволили исследователям заполнить некоторые пробелы в понимании этой харизматичной группы рептилий.
- Выяснилось, что родословная группы тираннозавров гораздо древнее, а ее видовое разнообразие — гораздо выше, чем считалось ранее.
- Кроме того, некоторые их представители отличались весьма необычными анатомическими признаками.

и мерзлую арктическую тундру. Данные находки и позволили палеонтологам собрать из отдельных кусочков семейное древо тираннозавров. Результаты вызвали у них сильное удивление: оказалось, что на протяжении большей части своей эволюционной истории тираннозавры были в основном небольшими, величиной с человека, хищными рептилиями, а громадных размеров и экологического господства они достигли лишь за последние 20 млн лет эры динозавров, начавшейся около 250 млн лет назад и охватившей триасовый, юрский и меловой периоды. Прославленный же «король динозавров», ти-рекс, на самом деле даже не входил в число по-настоящему гигантских хищных динозавров, а всего-навсего был последним представителем некогда невероятно разнообразной группы тираннозавров, которому удалось дожить до столкновения Земли с астероидом 66 млн лет назад — события, завершившего эру динозавров и открывшего эпоху млекопитающих.

Если «царственный тиран» вселяет в нас ужас даже в своем привычном обличье, попробуйте вообразить его в образе проворного, смышленого и покрытого перьями небожителя!

Рождение звезды

Изучение родословной тираннозавров началось с открытия существа, которое в 1905 г. Генри Фэрфилд Осборн (Henry Fairfield Osborn) назвал королевским тираннозавром (тираннозавром рекс). В начале XX в. Осборн был одним из самых именитых американских ученых: он занимал пост президента Американского музея естественной истории в Нью-Йорке и Американской академии искусств и наук, его фотографии регулярно появлялись на обложках журнала *Time*. Поскольку Осборн использовал свой авторитет и положение для популяризации идей евгеники и расового неравенства, сегодня его имя нередко замалчивается. Но он безусловно был талантливым палеонтологом и блестящим научным администратором, одним из самых удачных поступков которого было решение послать на американский Запад известного палеонтолога Барнума Брауна (Barnum Brown) на поиски ископаемых останков динозавров. В 1902 г. этот «охотник за динозаврами» и сделал одно из самых выдающихся открытий в истории палеонтологии: в пустынной местности штата Монтана он обнаружил кости гигантского плотоядного динозавра.

Когда через несколько лет появилось описание рептилии, Осборн назвал его *Tyrannosaurus rex*, что в переводе с греческого буквально означает «королевский ящер-тиран». Ти-рекс вызвал настоящую сенсацию в прессе и на некоторое время стал главным героем газетных и журнальных заголовков по всей стране. Так Браун и Осборн познакомили мир с одним из крупнейших наземных хищников, когда-либо обитавших на нашей планете.

Вскоре ти-рекс превратился во всемирную знаменитость: он стал героем многочисленных фильмов и главным экспонатом музейных собраний по всему миру. Но за громкой славой ящера-тирана таилась глубокая тайна: на протяжении почти всего XX столетия ученые имели лишь самые смутные представления о том, какое место ти-рекс занимает в общей картине эволюции динозавров, настолько сильно он отличался своими размерами и иными характеристиками от других известных науке хищных ящеров.

Между тем за несколько последних десятилетий палеонтологи обнаружили ряд близких родственников ти-рекса, обитавших на планете примерно в то же самое время — в конце мелового периода. Их останки были найдены в Северной Америке и Азии и имели возраст от 66 до 84 млн лет. Эти тираннозавры — альбертозавр *(Albertosaurus)*, горгозавр *(Gorgosaurus)* и тарбозавр *(Tarbosaurus)* — обладали большим сходством с ти-рексом: все они были кровожадными хищниками, ходили на двух задних конечностях, занимали самую вершину пищевой пирамиды и жили в самом конце эры динозавров. Но, несмотря на обилие найденных костей, останки ящеров так и не пролили свет на происхождение тираннозавров.

Скромные начинания

Некоторые из последних открытий, позволивших заполнить серьезные пробелы в представлениях об эволюции тираннозавров, были сделаны в совершенно неожиданных местах. Чтобы отыскать окаменелости древних ящеров, отважные палеонтологи обычно отправлялись в самые глухие уголки пустынь западной части Северной Америки, Аргентины, Монголии или Сахары и, храбро бросая вызов палящему зною, пыли и ядовитым змеям, извлекали кости животных из их «каменных гробниц». Сегодня останки динозавров (в том числе и тираннозавров) ученые находят по всему свету — даже на Крайнем Севере России, где зимой палеонтологам приходится мириться с пронизывающим до костей холодом, а летом — с сыростью и полчищами мошкары.

Один из таких палеонтологов — мой коллега из Зоологического института РАН в Санкт-

ПЕСТРОЕ СЕМЕЙСТВО

Последние ископаемые находки позволили ученым заполнить существенные пробелы в родословной тираннозавров. Они свидетельствуют о том, что эти динозавры отличались невероятным разнообразием форм, но в гигантских монстров, подобных ти-рексу, они превращались очень медленно.

Персонажи

1 *Kileskus*
Обнаруженный в Центральной Сибири, этот маленький вид — наряду с найденным в Англии *Proceratosaurus* — представляет собой древнейшего из всех известных сегодня видов тираннозавров

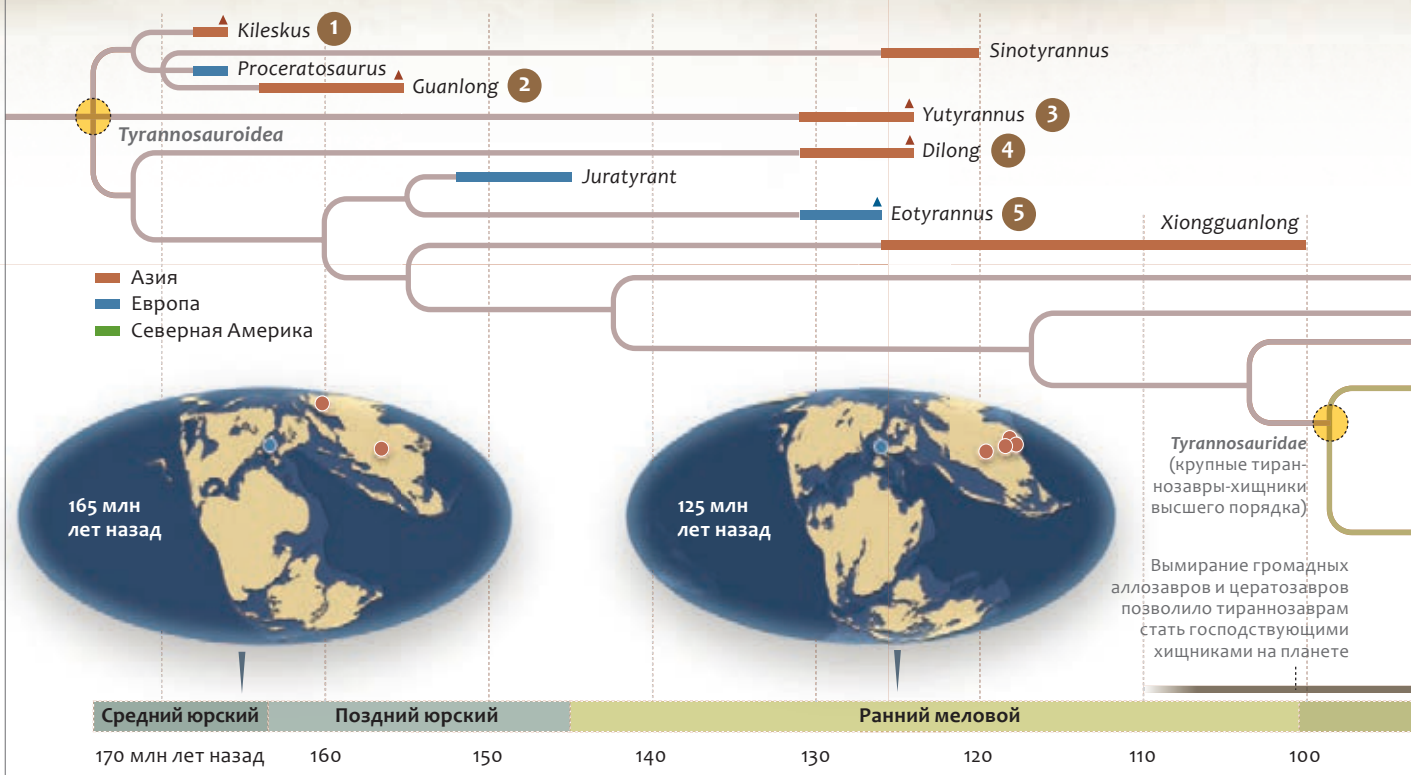
2 *Guanlong*
На голове этого китайского тираннозавра возвышался костный гребень, служивший, по-видимому, для привлечения половых партнеров и запугивания соперников

3 *Yutyrannus*
Тело этого крупного тираннозавра из Китая было покрыто пуховыми перьями. Таким образом, перьевой покров был свойствен не только маленьким видам тираннозавров

4 *Dilong*
Самый маленький из тираннозавров, найденный в Китае длинноногий дилун был отличным бегуном

5 *Eotyrannus*
Кости этого тираннозавра с длинными пальцами на «руках» обнаружены на о. Уайт у южного побережья Англии

От крошечных прародителей...



6

Qianzhousaurus
Прозвищем Пиноккиорекс этот тираннозавр обязан сильно удлиненной морде

7

Nanuqsaurus
Самый северный из известных видов тираннозавров, этот арктический вид, по-видимому, уменьшился в размерах из-за скудости кормовых ресурсов

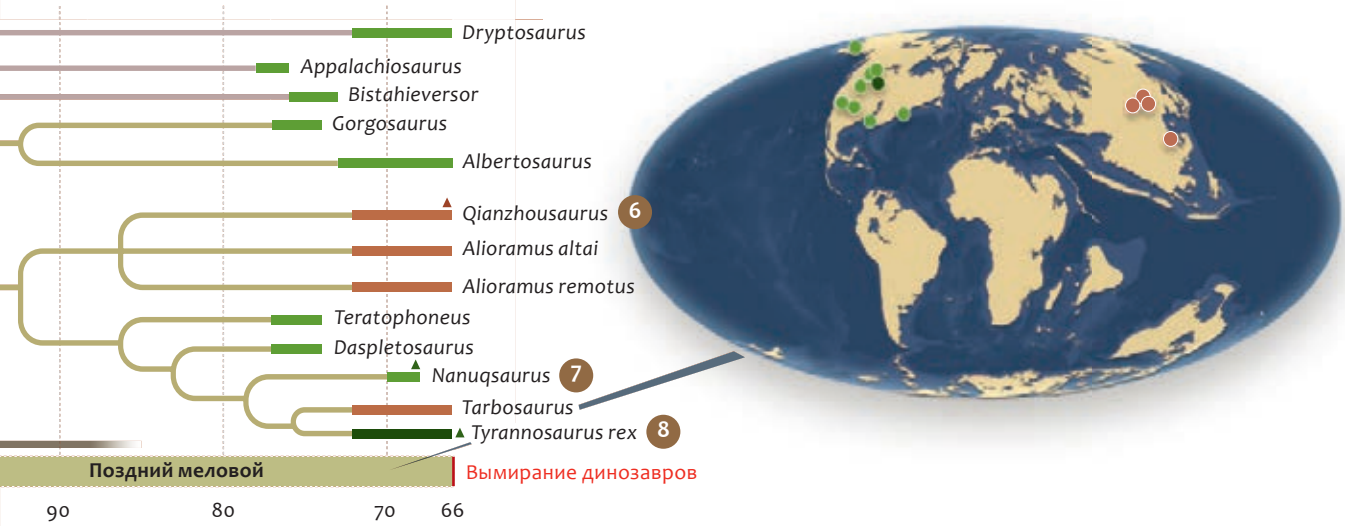
8

Tyrannosaurus rex
«Король-тиран» был одним из крупнейших хищников, когда-либо обитавших на Земле; размерами тела он уступал лишь нескольким дальним сородичам

... до хищных повелителей суши

Биогеография тираннозавров

Последние ископаемые находки тираннозавров указывают на то, что эта группа динозавров была распространена гораздо шире, чем считалось ранее: их останки обнаружены в США, Великобритании, Китае, России и, возможно, в Австралии. Тираннозаврам удалось так широко расселиться по планете, поскольку они появились на Земле в то время, когда континенты еще не успели окончательно обособиться друг от друга и животные могли легко перемещаться из одних частей света в другие.



SOURCE: PLATE TECTONIC AND PALEOGEOGRAPHIC MAPS BY C. R. SCOTESE, PALEOMAP PROJECT, 2009 (*maps*)
Illustration by Todd Marshall (dinosaurs), Graphics by SW Infographics

«Длинноносый» цяньчжоузавр, *найденный в Китае в 2010 г. на одной из строительных площадок, жил бок о бок с гораздо более крупными тираннозаврами; охотиться на мелких жертв ему помогали проворство и быстрые ноги*

Петербурге Александр Аверьянов. В 2010 г. группа ученых под его руководством сообщила о находке в Красноярском крае (Центральная Сибирь) окаменелых костей сравнительно небольшого плотоядного динозавра, обитавшего на Земле задолго до ти-рекса — примерно 170 млн лет назад, т.е. в середине юрского периода. Длина его тела составляла 5–6 м, а высота — около 3 м. Ученые назвали динозавра «килеск» (*Kileskus*; от хакасского слова «килески» — «ящерица»). Килеск оказался важным ключом к пониманию эволюции всей группы тираннозавров в целом.

На первый взгляд килеск не представлял собой ничего интересного. Выглядел он совершенно иначе, чем ти-рекс. Если бы ти-рекс жил на территории современной России в середине юрского периода, ему ничего не стоило бы раздавить килеска как муху даже своими слабыми «руками». Но килеск обнаруживает несомненное сходство с другим небольшим хищным тираннозавром, гуаньлуном *(Guanlong)*, жившим примерно на 10 млн лет позднее на территории Китая и описанным палеонтологами в 2006 г. Так, верхнюю часть головы обоих этих динозавров украшал причудливый костный гребень. А гуаньлун в свою очередь обладал рядом признаков, которые свойственны лишь тираннозаврам (например, сросшимися носовыми костями). Такие характеристики свидетельствуют не только о тесном родстве скромного килеска с гуаньлуном, но и о том, что эти динозавры составляли основу эволюционного древа, давшего начало великому ти-рексу.

Открытие килеска и гуаньлуна позволило ученым сделать поразительные выводы о начальных этапах эволюции тираннозавров. Оказывается, на старте своего существования эта группа динозавров была представлена отнюдь не массивными суперхищниками, как полагали многие исследователи после открытия первых тираннозавров, а плотоядными рептилиями средних и даже мелких размеров, скромно жившими в тени аллозавров, цератозавров и прочих гигантских хищников, состоявших с тираннозаврами лишь в отдаленном родстве. Кроме того, родословная тираннозавров оказалась гораздо древнее, чем могли предполагать палеонтологи. Они появились на Земле в те далекие времена, когда суперконтинент Пангея еще не успел окончательно расколоться на несколько частей и животные могли довольно свободно перемещаться из одних частей суши в другие. Это объясняет, почему ранние виды тираннозавров были найдены в России и Китае, а виды, появившиеся немного позднее, — в США, Великобритании и, возможно, даже в Австралии (таксономическое положение некоторых австралийских хищных динозавров составляет сегодня предмет научных дискуссий). Все эти находки свидетельствуют также о том, что для достижения своего могущества тираннозаврам потребовалось невероятно длительное время: прародительские формы тираннозавров и ти-рекс разделены гораздо большим отрезком времени (по меньшей мере 100 млн лет), чем ти-рекс и люди (примерно 66 млн лет).

COURTESY OF JUNCHANG LÜ Chinese Academy of Geological Sciences' Institute of Geology

Пернатые рептилии

Пусть тираннозавры превращались в гигантов чрезвычайно медленно, это не означает, что столь же медленными темпами шла их эволюция. Все больше научных данных указывают на то, что эта группа динозавров сильно увеличила свое разнообразие задолго до появления таких колоссов, как тарбозавр и ти-рекс. Яркое свидетельство тому — палеонтологические находки в провинции Ляонин на северо-востоке Китая.

За два последних десятилетия крестьяне этой области собрали тысячи скелетов динозавров. В результате многочисленных извержений вулканов 120–130 млн лет назад останки погибших животных быстро покрывались слоем пепла и грязи, что позволило им сохраниться в мельчайших деталях до наших дней. Среди многочисленных динозавров, чьи кости были найдены в этих «Помпеях мелового периода», внимание ученых привлекли два вида тираннозавров. В 2004 г. мой коллега Сюй Син (Xu Xing) из пекинского Института палеонтологии позвоночных и палеоантропологии назвал одного из этих динозавров дилуном *(Dilong)*. Существо величиной с золотистого ретривера обладало длинными передними конечностями для ловли добычи, гибким скелетом и длинными задними ногами, позволявшими ему развивать высокую скорость. Второй вид, описанный Сином в 2012 г. и названный им ютиранном *(Yutyrannus)*, отличался совсем иным складом. Животное длиной 8–9 м и весом около 1 т, похоже, находилось на самой вершине пищевой пирамиды или вблизи от нее. Поскольку скелеты обоих тираннозавров были обнаружены в одной и той же горной породе, они, по-видимому, жили бок о бок приблизительно 125 млн лет назад. Находка дилуна и ютиранна, обладавших сросшимися носовыми костями и прочими признаками, характерными для тираннозавров, свидетельствует о том, что к концу мелового периода эта группа динозавров уже успела породить множество новых видов, занявших на суше самые разные экологические ниши, и что некоторые из них уже начали «экспериментировать» с укрупнением размеров тела.

Дилун и ютиранн важны для палеонтологов и еще по одной причине. Долгое время ученые считали динозавров массивными, тяжеловесными и неуклюжими рептилиями, покрытыми чешуей или костным панцирем. В последние годы, однако, было открыто несколько видов динозавров, покрытых пуховыми перьями и представлявших собой гораздо более динамичных и смышленых существ, чем считалось прежде. Иными словами, эти динозавры больше напоминали птиц, нежели рептилий. Дилун и ютиранн были тираннозаврами, вполне подходившими под такое описание. Кожа обоих видов была покрыта густыми пуховыми перьями, которые сильно отличались строением от маховых перьев с толстым стержнем, образующих крылья современных птиц, и представляли собой примитивные нитевидные структуры, похожие на волосы. Летать тираннозавры конечно же не могли. Перья служили им не для полета, а, скорее всего, для теплоизоляции и поведенческих демонстраций. Наличие перьев у этих тираннозавров и многих других разновидностей динозавров наводит на мысль, что, вполне вероятно, и огромный ти-рекс был оперенным существом. И если этот «царственный тиран» вселяет ужас даже в своем привычном обличье, попробуйте вообразить его в образе проворного, смышленого и покрытого перьями небожителя!

В середине мелового периода численность аллозавров и цератозавров, долгое время оккупировавших вершины пищевых пирамид, сильно сократилась, и роль хищников высшего порядка на северных континентах планеты перешла к тираннозаврам

Восхождение к власти

Последние находки из России, Китая и других частей света указывают на то, что с середины юрского до начала мелового периода положение тираннозавров на планете было вполне благополучным. Не относясь к числу плотоядных властителей земной суши, в то время они представляли собой стабильную группу быстроногих смышленых хищников. А затем картина резко изменилась. Где-то в середине мелового периода (85–110 млн лет назад) экосистемы, населенные динозаврами, подверглись радикальной трансформации. Численность аллозавров и цератозавров, долгое время оккупировавших вершины пищевых пирамид, сильно сократилась, и роль хищников высшего порядка на северных континентах планеты перешла к тираннозаврам. Поскольку ископаемые останки динозавров, относящиеся к середине мелового периода, попадаются крайне редко, истинные причины такого «переворота» остаются загадкой для ученых и по сей день. Одно из возможных объяснений — массовое вымирание

видов примерно 94 млн лет назад вследствие потепления климата и сильного колебания уровня океана.

Оказавшись на верхушке пищевой пирамиды, тираннозавры вступили в эру процветания. На протяжении последних 20 млн лет мелового периода эти многотонные рептилии с крошечными «руками» и огромным черепом безраздельно господствовали в Северной Америке и Азии. Своими мощными челюстями они легко перегрызали кости крупных жертв. Росли они с фантастической скоростью: за день их детеныши прибавляли в весе по нескольку килограммов! Но жили рептилии недолго: до сих пор не найдено ни одного тираннозавра, который в момент смерти был бы старше 30 лет.

Открытия, сделанные в последние годы, пополнили семейство тираннозавров новыми видами и во многом прояснили эволюционную историю этой харизматичной группы рептилий, но не дали ответа на ключевые вопросы, связанные с ее происхождением: где возникли тираннозавры и когда они появились на планете?

Зато в Европе и на южных материках планеты, где процветали другие группы крупных хищных динозавров, тираннозавров, похоже, не было вовсе. Причина, скорее всего, кроется в изменении глобального климата и расположения континентов в середине мелового периода. В то время условия жизни на Земле сильно отличались от тех, в которых эволюционировали небольшие ранние тираннозавры. Материки раздвинулись сильнее и заняли положение, напоминающее современное. Кроме того, значительно повысившийся уровень океана разделил Северную Америку на две части, а Европу превратил по сути дела в группку небольших островков. Суша Земли стала сильно раздробленной. В результате животные, господствовавшие в одной части света, не могли конкурировать с животными, обитавшими в других регионах, по очень простой причине: они элементарно не могли туда добраться.

Непреходящее разнообразие

В тех частях света, где «пришли к власти» мегатираннозавры вроде ти-рекса, могучие хищники, казалось бы, со временем должны были вытеснить своих более слабых и изящных сородичей. Удивительные ископаемые находки, сделанные в последние годы, опровергают данное предположение. Они указывают на большое разнообразие тираннозавров во всей пищевой пирамиде — даже в те несколько последних миллионов лет мелового периода, когда на суше безраздельно властвовали тирекс и подобные ему кровожадные монстры.

Наглядный пример тому — обнаруженный в Китае «длинноносый» Пиноккио-рекс *(Qianzhousaurus)*. Когда в 2013 г. мой коллега Цзюньчан Лю (Junchang Lu) из Института геологии Китайской академии геологических наук впервые показал мне фотографии найденного экземпляра, я был попросту ошарашен. Перед моим взором предстал тираннозавр, живший в конце мелового периода, но разительно отличавшийся от прославленного ящера-тирана. Он был заметно меньше ти-рекса — примерно 8–9 м длиной и весом около тонны, а его длинный, узкий и изящно скроенный череп не шел ни в какое сравнение с широким и массивным черепом-костедробилкой его знаменитого кузена.

Лю пригласил меня принять участие в изучении новой китайской находки, потому что прежде мне уже доводилось исследовать останки двух необычных длиннорылых тираннозавров. Первым из этих существ был динозавр, чей неполный скелет был найден советскими палеонтологами еще в 1970-х гг. Ученые назвали его «алиорам» *(Alioramus remotus)* и предположили, что он представляет собой аберрантный вид тираннозавров с удлиненным черепом. Но в годы холодной войны изучить этот образец смогли лишь немногие специалисты, а потому вопрос о том, действительно ли найденное существо было новым необычным видом или же представляло собой всего-навсего молодую особь одного из хорошо известных видов тираннозавров, тарбозавра *(Tarbosaurus)*, долгое время оставался спорным. Несколько десятилетий спустя, в начале 2000-х гг., совместная монгольско-американская экспедиция, возглавляемая сотрудником Американского музея естественной истории Марком Нореллом (Mark Norell), обнаружила более полный и хорошо сохранившийся образец алиорама. Позднее, когда я начал работать под руководством Норелла над своей докторской диссертацией, он привел меня в музейную лабораторию, показал мне этот скелет и предложил

заняться его изучением. В 2009 г. мы пришли к выводу, что имеем дело с новым видом тираннозавров — алиорамом алтайским *(Alioramus altai)*. Скелет отличался от скелета тарбозавра, но, поскольку он принадлежал детенышу, нельзя было исключать и вероятность того, что своеобразие его признаков стало результатом незавершенности роста и развития животного.

В палеонтологии дебаты такого рода длятся порой десятилетиями и прекращаются лишь с находками нового ископаемого материала. В нашем случае сомнения разрешились всего через несколько лет — благодаря неожиданной удаче экскаваторщика. Скелет цяньчжоузавра, найденный в Ганьчжоу, отличался такими же удлиненной передней частью черепа, изящным сложением и сравнительно небольшими размерами, что и скелет алиорама, но он явно принадлежал гораздо более взрослой и зрелой особи.

Цяньчжоузавр не был единственным мелким тираннозавром, жившим бок о бок с сородичами-тяжеловесами. За два месяца до того, как мы опубликовали описание цяньчжоузавра, американские палеонтологи Энтони Фьорилло (Anthony Fiorillo) и Роналд Тикоски (Ronald Tykoski) из Музея природы и науки им. Перо в Далласе, штат Техас, обнаружили у Северного полярного круга, в вечной мерзлоте Аляски, еще более причудливого тираннозавра позднего мелового периода — нанукзавра *(Nanuqsaurus)*. Найдено лишь несколько черепных костей этого ящера, обладающих огромным сходством с соответствующими костями тирекса, но отличающихся от них одной особенностью: они примерно вдвое меньше. Можно было бы предположить, что кости принадлежали детенышу ти-рекса, если бы не одно важное обстоятельство: они соединялись друг с другом по полностью сформированным, окостеневшим швам, что характерно только для взрослых животных. Это навело Фьорилло и Тикоски на смелую мысль, что арктические тираннозавры, по-видимому, уменьшились в размерах из-за скудости пищевых ресурсов в местах их обитания. Тот же самый фактор — дефицит корма — заставил превратиться в карликов и многих современных островных животных.

Печальный конец

Открытия, сделанные в последние годы, пополнили семейство тираннозавров новыми видами и во многом прояснили эволюционную историю этой харизматичной группы рептилий, но не дали ответа на ключевые вопросы, связанные с ее происхождением. Где возникли тираннозавры и когда они появились на планете? Могло ли это произойти в начале юрского периода — отрезка времени, от которого до нас дошли лишь скудные останки динозавров?

Открытым остается и вопрос о том, населяли ли тираннозавры с середины юрского до середины мелового периода южные континенты планеты. Все их ископаемые останки (за исключением одной таинственной кости, найденной в Австралии) были обнаружены на северных материках. Однако, как известно, с середины юрского до середины мелового периода многие группы динозавров были широко распространены по всей планетарной суше; не исключено, что так обстояло дело и с тираннозаврами. Множество загадок связаны и с биологией этих рептилий. Какие перья покрывали кожу таких гигантов, как ти-рекс, и зачем цяньчжоузавру и алиораму были нужны длинные морды?

Изучая останки ранних динозавров, появившихся на Земле более 170 млн лет назад, трудно даже вообразить, каким образом этим тщедушным хищным существам в конце концов удалось достичь господствующего положения на значительной части планетарной суши. Для эволюционного успеха они явно не были предназначены. Более 80 млн лет им пришлось жить в тени более крупных хищников в ожидании своего часа — глобальных изменений окружающей среды, открывших для них возможность достичь верхушки пищевой пирамиды и превратиться в кровожадных властителей суши. Но однажды, примерно 66 млн лет назад, когда тираннозавры находились на вершине власти, Земля столкнулась с астероидом, и тираннозавры вымерли. Громадная сила и выносливость не смогли спасти их от разбушевавшихся пожаров, мощных землетрясений и прочих катастрофических последствий этого события, расчистившего путь для победоносного марша по планете млекопитающим. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Tyrannosaur Paleobiology: New Research on Ancient Exemplar Organisms. Stephen L. Brusatte et al. in Science, Vol. 329, pages 1481–1485; September 17, 2010.

■ A Diminutive New Tyrannosaur from the Top of the World. Anthony R. Fiorillo and Ronald S. Tykoski in PLOS ONE, Vol. 9, No. 3, Article No. e91287; March 12, 2014.

■ A New Clade of Asian Late Cretaceous Long-Snouted Tyrannosaurids. Junchang Lü et al. in Nature Communications, Vol. 5, Article No. 37898; May 7, 2014.

■ Рассказ Стивена Брюсатта о тираннозаврах см. по адресу: ScientificAmerican.com/may2015/tyrannosaurs

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОТКРЫТИЙ

Спектр работ ученых Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского узким никак не назовешь — от опреснения воды до новой теории происхождения планет. О наиболее интересных исследованиях и наработках нам рассказал директор ГЕОХИ РАН академик ***Эрик Михайлович Галимов***

— Мы уже почти 100 лет знаем, что если звезды зажигают, значит это кому-нибудь нужно. Если планеты и спутники формируются, значит и это кому-то нужно. Эрик Михайлович, но зачем нам надо изучать геологию наших спутников и других планет?

— Геологию изучают для того, чтобы пользоваться дарами Земли — полезными ископаемыми. Без знания Солнечной системы, того, как образовались Луна и другие планеты, мы не можем исчерпывающе ответить на вопрос: что представляет собой наша планета? Для стратегических решений нам нужно разглядеть скрытые от нас ранние страницы образования Земли, и в этом нам помогает Луна. Как говорил В.И. Вернадский, Землю нельзя познать вне контекста знаний о Солнечной системе.

Справка

Эрик Михайлович Галимов

✓ Родился во Владивостоке.

✓ Академик РАН (с 1994 г.), член президиума РАН (с 2002 г.), директор Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (с 1992 г.), почетный профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Комитета по метеоритам (с 2003 г.)

✓ Главный редактор журнала «Геохимия» (с 2005 г.), член редколлегии международных журналов *Astrobiology, Chemical Geology* и *Isotopes in Environment and Health Studies*, председатель научного совета по геохимии РАН (с 1993 г.), член бюро совета РАН по космосу (с 1994 г.), президент Международной ассоциации геохимии и космохимии (2000–2004), председатель Международной рабочей группы по исследованию Луны (1996–2000), почетный член ряда зарубежных академий и научных обществ.

✓ Автор более 500 научных публикаций, монографий (три переизданы в США), одного открытия (ядерно-спиновый изотопный эффект, совместно с А.Л. Бучаченко, Ю.Н. Молиным и Р.З. Сагдеевым), имеет несколько изобретений.

Происхождение Луны

— Одна из проблем, которой занимается наш институт, — возникновение системы «Земля — Луна». Она в определенной степени также связана с программой космических исследований: что мы должны изучать при помощи космических аппаратов. Постановка этой проблемы важна для того, чтобы космическая деятельность не сводилась просто к решению инженерных задач, а чтобы за этим стояла серьезная наука. Проблема образования системы «Земля — Луна» в этом смысле первостепенна.

— А в чем проблема? Сейчас даже школьнику известно, что Луна откололась от Земли примерно 4 млрд лет назад после столкновения с «ударником» — «бродячей» планетой размером примерно с Марс.

— Вы говорите о так называемой гипотезе мегаимпакта, которая была выдвинута в 1970-х гг. и до последнего времени действительно была популярна. Она многое объясняла, укладывалась в динамическую модель. Компьютерное моделирование показывало, что это вполне возможно, поэтому она стала парадигмой. Но эта гипотеза имеет много слабых мест. Близость состава Земли и Луны, их изотопная схожесть вроде бы подтверждали, что Луна была когда-то частью Земли. Однако позже выяснилось, что в результате удара выбрасывается не часть Земли, а сам «ударник». Его вещество по изотопному составу должно отличаться от вещества Земли. То есть Луна в этом случае должна иметь изотопный состав, не похожий на земной. Состав Солнечной системы достаточно разнородный, и маловероятно, чтобы чужеродное космическое тело по изотопному составу оказалось точно похожим на Землю. В результате возник достаточно серьезный кризис всей гипотезы мегаимпакта.

— Получается, Луна от нас не отрывалась? Но откуда же она тогда взялась, да еще такая на нас похожая?

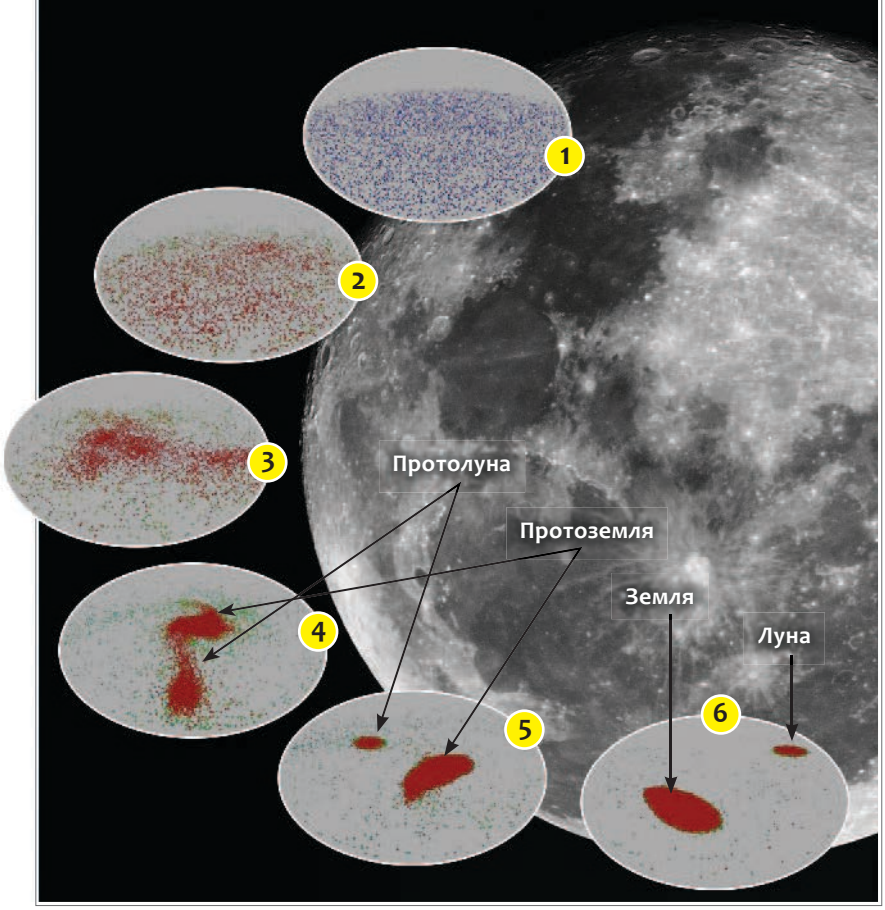
— Мы считаем, что Луна и Земля образовались как планетная пара из единого газопылевого облака, как образуются двойные звезды. Когда оно стало коллапсировать, сжиматься, вращательный момент привел к фрагментации и образованию двух сгустков. Один

стал потом Землей, а другой — Луной. Кстати, идея фрагментации когда-то давно уже высказывалась, но в другой версии. Считалось, что, когда Земля еще была огненно-жидкой, в районе современного Тихого океана от нее в результате вращения оторвалась часть и стала Луной. Тихий океан действительно сопоставим по размеру с Луной. Но потом оказалось, что в этой схеме недостаточно вращательного момента, имеющегося у системы «Земля — Луна». Для фрагментации газопылевого облака также недостаточно имеющегося вращательного момента, если рассматривать чисто гравитационный процесс. Но в нашей модели есть одна замечательная деталь: когда происходит сжатие пылевого облака, частицы, из которых оно образовано, нагреваются и испаряются. Если учесть этот процесс в уравнениях динамики, то оказывается, что вращательного момента достаточно для фрагментации, как показывает компьютерное моделирование. При этом разрешается целый ряд узловых трудностей. Поскольку это одно вещество, то понятно, что изотопный состав Луны и Земли — а это главный критерий — одинаков.

Основы

ОБРАЗОВАНИЕ ЗЕМЛИ И ЛУНЫ

Фрагментация облака испаряющихся частиц в процессе рождения планеты и ее спутника (компьютерное моделирование, масса и момент современной системы «Земля — Луна»)



— Но ведь химический состав планет различен. У Луны почти нет железа. Ведь мегаимпакт как раз и говорит о том, что удар вырвал кусок земной коры, бедной железом. У вас же химия должна получиться одинаковой.

— Нет. В процессе испарения легко испаряющиеся элементы, в том числе, кстати, железо, теряются. Поэтому образовавшиеся высокотемпературные фрагменты были обеднены железом и легко летучими элементами. Эксперименты показали, что, если выпаривать первичное вещество (так называемого хондритового состава), получается почти точный химический состав Луны. Первоначально оба зародыша — и будущая Земля, и будущая Луна — имели высокотемпературный состав. В динамике гравитационного коллапса известно правило: если при фрагментации пылевого облака один из фрагментов больше другого, то почти все оставшееся вещество садится на более крупный фрагмент. Поэтому Земля, возникшая из более крупного фрагмента, приобрела в конечном счете исходный хондритовый состав, а Луна сохранила высокотемпературный химический облик. Детальные расчеты, основанные на анализе изотопных систем, показали, что процесс фрагментации произошел где-то через 50 млн лет после возникновения Солнечной системы. Земля образовалась через 120 млн лет после возникновения Солнечной системы.

— То есть сначала было пылевое облако, через 50 млн лет началась фрагментация, образовались два зародыша. Один из них так и остался в зародышевом состоянии и стал Луной, а второй продолжал формироваться. Его формирование закончилось еще через 70 млн лет образованием Земли.

— Именно. И никакого мегаимпакта не было. Из этого можно делать выводы о том, в каких условиях возникали жизнь, океан, первичная атмосфера и т.д. Но наша модель требует объяснения того, как сформировались те огромные сгущения газа и частиц, из которых образовались система «Земля — Луна», да и другие планеты, если обобщать эту гипотезу. Сейчас наш институт работает

над этим. Мы пока в пути, законченной теории образования еще нет. Но если мы ее получим и она будет успешной, тогда считайте, что у нас появилась совершенно новая концепция образования планет.

— И это будет настоящий прорыв.

— Вероятно, да. Кстати, широко признанная сейчас, в том числе на Западе, твердофазная теория аккумуляции, говорящая об образовании Земли из холодных твердых частиц, тоже возникла в нашей стране.

Как это работает

Происхождение алмазов

— Но все-таки образование Луны — это что-то от нас, нашей жизни, далекое. Образование других планет — еще дальше...

— Все в мире связано. На основе этих исследований и полученной теории можно уже выводить что-то более конкретное и полезное в хозяйстве. Например, наша концепция об образовании алмазов в процессе кавитации.

— Кавитация — это схлопывание пузырьков. Алмазы — сверхкрепкая форма углерода. Где связь?

— Пузырек возникает, когда в жидкости возникает разрежение. Если у вас вода в трубе быстро движется в соответствии с законом Бернулли, давление падает. Происходит разрежение, и образуются пузырьки пара. Как только труба расширяется, скорость движения падает и пузырьки схлопываются. Этот момент схлопывания пузырьков и есть кавитация. В процессе кавитации давление увеличивается в десятки тысяч раз. У вас было атмосферное давление, а стало, хотя и на короткое время, 20 тыс. атмосфер. При таком давлении пузырьки ломают лопасти гребных винтов мощных судов. Кавитация — сугубо вредное явление, с которым всегда боролись. Мы же довольно давно выступили с полезной идеей о возможности кавитационного синтеза алмазов.

— Алмазам для образования требуется высокое давление, появляющееся как раз при схлопывании кавитационных пузырьков. Уместно ожидать, что такая возможность существует?

Метеориты, найденные в различных регионах России

— Гипотеза была высказана в отношении кимберлитовых алмазов. Как образуется алмазоносная кимберлитовая трубка? Из мантии с огромных глубин идет узкий, иногда всего лишь метровый, подводящий канал. По этому каналу поднимается горячий флюид. Все это течет из глубины с огромной скоростью. Когда до поверхности остаются сотни метров, давление поднимается настолько, что выбрасывает все осадочные породы. Образовавшаяся трубка взрыва заполняется веществом, которое через этот канал и несет алмазы. Канал переменного сечения — не труба, там есть узкие места, где жидкость идет очень быстро, потом — в расширении — медленно. Быстро происходит разрежение, образуются пузырьки, которые потом и схлопываются. Давление получается

чрезвычайное высокое, и при наличии углерода возможно образование алмазов. Наша гипотеза и соответствующая теория давно были опубликованы в журнале *Nature*. Так что приоритет бесспорен.

— Как же из таких пузырьков образуются камни весом в несколько карат?

— Большие алмазы сразу не получаются, тут важно образование зародыша. Если есть зародыш, то дальше алмаз может наращиваться и при гораздо меньших давлениях.

— Но это только гипотеза?

— Уже нет. Мы сделали установку, в которой имитировали процесс кавитации. Заполнили ее углеродосодержащей жидкостью — бензолом. И получили в ней алмазы! Они, конечно, маленькие, наноалмазы, потому что и сама установка небольшая, пузырьку в ней негде вырасти.

— Установка — масштаб 1:1000, и алмазы соответствующие?

— Совершенно верно. Наша технология имеет большую перспективу и в чисто практическом смысле. Наноалмазы — идеальное средство доставки лекарственных препаратов непосредственно к больному органу. Есть раковая опухоль. Чтобы ее разрушить, нужно доставить к ней радиоактивный изотоп. Сейчас его выстреливают достаточно точно, но все равно ткани вокруг разрушаются. А наноалмазы позволяют доставить препарат точно в то место, которое надо обработать. Они инертны и легко проникают через клеточные мембраны. Проблема только в том, чтобы эти наноалмазы были в наличии.

— Можно взять большой алмаз, грубо говоря, стукнуть по нему и наколоть много мелких. А их — растереть до наноразмеров...

— Нет, это уже будут не те алмазы, они потеряют кристаллический вид. Они не работают так, как надо. При кавитационном синтезе возникают правильные кристаллики. На них легко посадить все, что угодно: изотопы, лекарственные препараты... И ученые, и медики уже умеют это делать без особенных проблем. Мы строим сейчас в институте пилотную установку, которая будет делать, как мы надеемся, наноалмазы в достаточных количествах. Уместно сказать, что кавитационный синтез алмазов — от идеи и теоретического обоснования до экспериментального воплощения — целиком отечественный продукт.

Происхождение жизни

— Ваши работы дают дополнительное знание о том, как формировалась Земля.

— Фундаментально важен вопрос, была ли на ранней Земле восстановительная обстановка. Этот вопрос тесно связан с проблемой происхождения жизни. Раньше считалось, что все очень просто: если есть вода, есть источник энергии, какая-то предварительная органика, значит налицо все условия для появления жизни. Но нет, жизнь более требовательна к условиям возникновения. Она должна появиться в так называемой восстановительной среде. Углерод может быть связан с кислородом, это будет среда нейтральная, типичный пример — углекислота *(CO_2)*, а может быть связан с водородом, и это восстановительная среда, типичный пример — метан *(CH_4)*. Органические соединения возникают в такой среде — восстановительной.

Наноалмазы — идеальное средство доставки лекарственных препаратов непосредственно к больному органу. Чтобы разрушить раковую опухоль, нужно доставить к ней радиоактивный изотоп. Наноалмазы позволяют доставить препарат точно в то место, которое надо обработать

Геология не дает оснований считать, что среда была восстановительной. Главный буфер — мантия. В соприкосновении с ней все должно быть окисленным, т.е. углерод превращается в углекислоту, а никак не в метан. И три, и четыре миллиарда лет назад было так же, это можно увидеть по составу пород.

— А мы знаем всю геологическую историю Земли?

— В том и дело, что нет. Неизвестными остаются первые 500 млн лет. У нас нет тех пород. Все породы, которые младше 4 млрд лет, есть. Земле 4,5 млрд лет, значит, первые полмиллиарда мы не знаем. Теоретически можно представить, что сегодняшняя окисленная мантия возникла в ходе эволюции. Первоначально была среда, которая поддерживала именно метан. То есть это была восстановленная мантия, а потом она стала окисленной. Мы показали, что эволюция окислительно-восстановительного потенциала могла происходить в процессе наращивания железного ядра Земли. Железо в мантии находится в форме окиси *FeO*. При наращивании ядра металлическое железо уходило в ядро, а кислород возвращался в мантию, постепенно окисляя ее до того уровня,

который мы наблюдаем. У нас в институте в нескольких лабораториях ведутся экспериментальные и теоретические работы в этом плане.

Есть и другие геохимические проблемы, связанные с происхождением жизни, которыми занимается наш институт. Скажем, калий-натриевый парадокс.

— В чем он состоит?

— Для того чтобы образовался пептид, т.е. белок, должна возникнуть связь в среде с солевым составом, в котором калия больше, чем натрия. А земной океан содержит больше натрия, чем калия. Эволюция придумала способ. На клеточной мембране имеется так называемый насос, белок, который лишний натрий из клетки выбрасывает, а калий оставляет. Все идет замечательно, но возникает вопрос: а как вообще этот механизм образовался? Ведь не с насоса началось происхождение жизни? Как могли возникнуть пептиды в среде, где преобладал натрий? Это и есть калий-натриевый парадокс.

Жизнь очень требовательна к условиям возникновения. Ей нужна восстановительная среда, чтобы был тепловой источник, вода, причем просто океан не годится. Нужно, чтобы было то влажно, то сухо. Жизнь не так легко возникает, но если уж она появилась и прошла стадию генетического кода, ее так просто не уничтожишь

— С одной стороны, у нас в среде всегда было больше натрия, а с другой стороны, жизнь не может возникнуть в такой среде?

— Тогда появилась идея, что натрий всюду преобладает над калием, потому что у нас сегодня углекислая среда. А мы уже договорились, что в самом начале среда была восстановительная. Хочу подчеркнуть, что это наша научная школа: первичная среда была восстановительная, т.е. углерод был ближе к водороду, чем к кислороду. Если среда восстановительная и CH_4 в ней больше, чем CO_2, оказывается, что в этом случае калия будет больше, чем натрия. Все сходится. Разрешение калий-натриевого парадокса состоит в том, что среда была восстановительной, когда жизнь только зарождалась. Поэтому и калия было больше. Получается ситуация, когда решение одного парадокса подтверждает решение парадокса параллельного. Потом геологическая эволюция привела к тому, что у нас изменился состав мантии. Мы уже живем на другой Земле. Но пока она эволюционировала, жизнь успела приспособиться к изменениям.

— Когда стало больше натрия, к тому времени она уже придумала насос.

— Жизнь обладает исключительной способностью к адаптации, если она успела пройти стадию образования генетического кода. Жизнь очень требовательна к условиям возникновения. Ей нужна восстановительная среда, чтобы был тепловой источник, вода, причем просто океан не годится. Нужно, чтобы было то влажно, то сухо. Жизнь не так легко возникает, но если уж она появилась и прошла стадию генетического кода, ее так просто не уничтожишь.

— Получается, что и на Марсе можно найти жизнь? Условия сейчас уже, конечно, далеко не комфортные, но если там когда-то что-то жило, то за миллиард лет оно должно было приспособиться.

— Вода на Марсе существовала, все условия были. Жизнь могла зародиться, но прошла ли она стадию генетического кода? Если не успела, то ее уже нет. Если успела, то в латентной форме она, где-то за что-то зацепившись, обязательно существует. Жизнью на Марсе мы тоже занимаемся.

Происхождение технологий

— Интересные у вас темы. В который раз убеждаюсь в правоте выдающегося ученого Льва Арцимовича, называвшего науку «лучшим способом удовлетворения личного любопытства за государственный счет».

— В науке работать очень интересно. Я знаю все, что делает институт, но не перестаю удивляться и восхищаться. Вот если я скажу, что у нас разработан метод опреснения воды, вы усмехнетесь: «Подумаешь! Это всем давно известно». Кувейт в гигантских количествах производит пресную воду, при этом соленая вода выбрасывается в Персидский залив, а пресная идет на орошение и прочие вещи. Это хорошо для Кувейта. Но у нас могут быть другие ситуации. Одна из проблем разработки кимберлитовых трубок: при этом скапливается соленая вода, которую нужно куда-то деть. Если вы будете ее просто откачивать в среду, то загубите природу, это экологически невыгодно. Здесь нужно поступать как-то иначе.

— Смею предположить, что тут как раз хорошо подходит ваш метод. Но в чем он состоит?

— У нас в институте разработана система, основанная на новом принципе. Соленую воду,

от которой вам надо избавиться, вы превращаете в пресную, но и соль при этом из нее не выбрасываете, а превращаете в порошки. По своему химическому составу они бывают достаточно ценные: там содержатся в серьезных пропорциях магний, йод, бор и т.д. Среда остается чистой, вода — в вашем распоряжении, и еще есть порошок на продажу. Это то, что сделано у нас прямо сейчас.

— Промышленное продолжение у этой технологии уже есть?

— У нас сейчас идут переговоры, все это не очень просто. Не нужно ждать, чтобы ученые продвигали свои идеи. Их должен подхватывать человек, у которого мышление по-другому устроено. Это тоже великий талант — уметь продвигать уже созданное. Когда мы сами пытаемся это сделать, у нас не получается. В освоении рынка, умении продвинуть есть свои секреты, свой профессионализм, и нужно, чтобы этим занимались специалисты. Но это одна из реальных работ, которую мы уже можем предложить.

— Она ведь не единственная?

— Очень большим спросом пользуются редкие металлы: ниобий, тантал и т.д. У нас есть лаборатория, которая очень профессионально, на мировом уровне занимается вопросами щелочного магматизма. Руды, которые несут эти минералы, породы, связаны как раз со щелочным магматизмом. Его изучение, понимание, как образуются рудоносные тела, в том числе минерал эвдиалит, который обогащен этими стратегическими металлами, — все это помогает извлекать настоящее богатство фактически из отходов. И это тоже наша работа. Сегодня в этой области мы тоже находимся на передовых рубежах.

— Молодые ученые к вам, наверное, рвутся?

— Нет, конечно. Что ни говорить, сейчас потребительский момент весьма существен. Раньше ученые довольствовались скромными возможностями. Сегодня совсем другое положение. Люди хотят жить нормально: чтобы были квартира, машина, поездки за границу. Нельзя обвинять молодежь в том, что она не идет в науку — просто потому, что здесь нет возможности жить нормально. Замечательные студенты говорят «извините» и уходят. У меня была способная аспирантка, два месяца назад защитила кандидатскую диссертацию, я на нее рассчитывал. Тоже ушла. Я даже разговаривать с ней не захотел, потому что она меня предала. Но где-то я ее понимаю.

— А вы бы дали ей зарплату побольше, она бы осталась.

— Это тоже одно из заблуждений. Большую зарплату нужно давать профессорам, старым ученым, чтобы молодой человек видел: мне все это надо пройти, чтобы так жить. Если сейчас им это дать, они все равно уйдут туда, где еще лучше. Это системный вопрос.

Справка

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ) РАН

Один из крупнейших институтов Российской академии наук. В первые годы после войны институт занимался проблемами атомной энергетики, здесь решались фундаментальные вопросы радиохимии, разделения трансурановых элементов, поиска уранового сырья. С приходом космической эры ГЕОХИ РАН стал головным в области исследования Луны и планет. В институте были разработаны научные приборы, которые устанавливались на космические аппараты, направлявшиеся к Луне и Венере и принесшие первые сведения об их вещественном составе. ГЕОХИ РАН располагает мощной аналитической базой, имеет большой опыт радиогеохимических исследований.

Институт — ведущая организация в области геохимии углерода, элемента, поведение которого глубже всего отражает взаимодействие живой и неживой природы, включая процессы нефте- и газообразования, синтеза алмазов, эволюции биосферы.

— Эрик Михайлович, среди всего множества исследований вашего института которое вдохновляет вас больше всего?

— Это связано с нашими исследованиями по биологическому фракционированию изотопов. В этом направлении мы работаем уже десятки лет. Надо сказать, что основы теории поведения изотопов в системах органических соединений, в том числе биологических, были созданы у нас *(академик Эрик Галимов удостоен международной медали Альфреда Трейбса с формулировкой «За выдающийся вклад в органическую химию изотопов». — Примеч. ред.).* Сейчас мы проводим очень интересные эксперименты. Результаты могут быть значительными. Но сначала надо все тщательнейшим образом проверить. Когда мы впервые получили кавитационные алмазы, у нас были желающие моментально сказать: «Вот оно!» Но мы этого не сделали и более двух лет добивались точного доказательства. Иногда люди спешат обрадовать себя и других, а в результате информация оказывается ложной. Быть терпеливым — тоже важная черта ученого. ■

Беседовал Валерий Чумаков

СВЕТСКИЕ

Соседние клетки обмениваются информацией через каналы

системе» могут приводить к самым разным патологиям —

Росс Джонсон, Пол Лампе и Дейл Лэрд

Illustration by Peter Kraemer

БЕСЕДЫ КЛЕТОК

в плазматических мембранах. Нарушения в этой «переговорной

от потери слуха до сердечно-сосудистых заболеваний

ОБ АВТОРАХ

Росс Джонсон (Ross G. Johnson) — почетный профессор генетики, клеточной биологии и биологии развития Миннесотского университета. Занимается исследованием щелевидных контактов с 1960-х гг., когда эти структуры были только открыты.

Пол Лампе (Paul D. Lampe) — один из руководителей Программы трансляционных исследований; работает в отделе здравоохранения и биологии человека в Онкологическом центре Фреда Хатчинсона в Сиэтле.

Дейл Лэрд (Dale W. Laird) — профессор клеточной биологии, заведующий кафедрой щелевидных контактов Университета Западной Онтарио.

Мы узнаем новости по телефону, через *Twitter*, *Facebook* или *LinkedIn*. Живые клетки тоже получают информацию, и для этого у них есть масса возможностей. Одни секретируют гормоны, которые распространяются по всему телу с кровью; другие высвобождают особые вещества, передающие сигналы от одного нейрона другому. Но почти все они общаются со своими ближайшими соседями напрямую, через многочисленные каналы, соединяющие их содержимое.

Впечатляющее свидетельство такой межклеточной коммуникации было получено в середине 1960-х гг., когда в одну из тесно прилегающих друг к другу клеток ввели флуоресцирующее вещество. Глядя на клеточную массу в микроскоп, ученые увидели, что флуоресценция быстро распространяется на все большее число клеток, пока, наконец, они все не начинают светиться. Уже было известно, что ионы могут передавать электронные сигналы от одной клетки к другим, соседним. Но распространение молекул красителя, которые все же больше по размерам, чем ионы, подтвердило давнюю догадку, что в клеточных мембранах есть каналы, по которым молекулы перемещаются между соседними клетками.

Сегодня мы знаем, что такие каналы пронизывают клеточные мембраны в тканях всех животных, в том числе и человека, выполняя множество жизненно важных функций. Каналы, называемые щелевидными контактами, участвуют в синхронизации сокращений клеток сердечной мышцы и матки во время родов. Кроме того, они опосредуют адаптацию глаза к разной освещенности и даже играют свою роль в формировании органов в процессе эмбрионального развития.

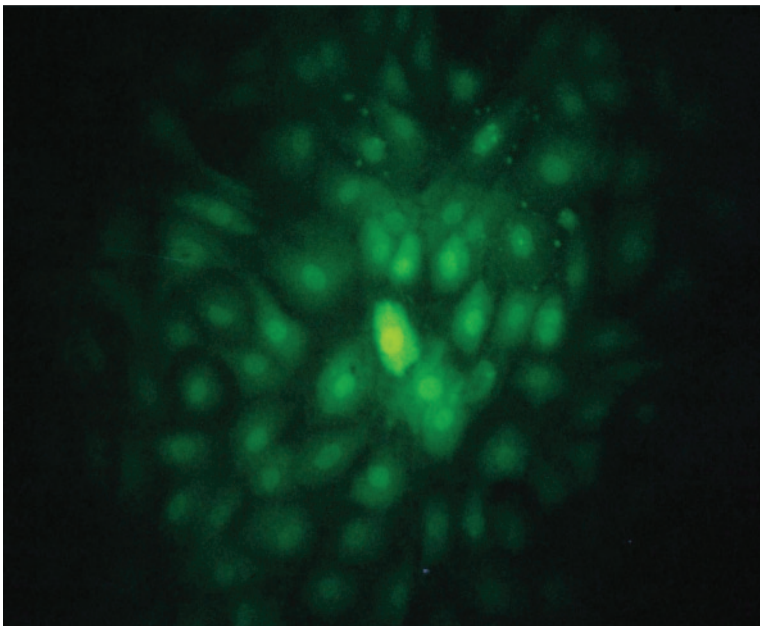
Более 20 лет назад выяснилось, что нарушения в структуре или работе щелевидных контактов причастны к развитию ряда заболеваний, в частности к потере слуха, катаракте, кожным патологиям и даже некоторым видам рака. Единственная

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Клетки обмениваются информацией со своими ближайшими соседями через щелевидные контакты — структуры, напрямую соединяющие их цитоплазмы. Такие «беседы» играют важную роль во многих процессах — от синхронизации сокращений клеток сердечной мышцы до способности воспринимать звуки.
- Щелевидные контакты состоят более чем из 100 тыс. специфических белков, которые при этом постоянно обновляются. Тщательно регулируемая перестройка позволяет клеткам быстро реагировать на различные воздействия.
- Мутации в генах, кодирующих эти белки, приводят к разнообразным патологиям — заболеваниям кожи, эпилепсии, глухоте. Выяснение взаимосвязи мутаций и нарушений сборки и функционирования щелевидных контактов поможет в поисках новых лекарственных средств.

мутация, приводящая к нарушению структуры какого-нибудь важного белка щелевидного контакта между клетками внутреннего уха, может сопровождаться потерей слуха на 40%. И заболеваний аналогичной этиологии обнаруживается все больше. Некоторые из них, в частности одна из разновидностей эпилепсии у детей, выявлены в последние несколько лет.

Вникая в детали строения щелевидных контактов, мы постепенно узнаем, какие нарушения в их сборке и функционировании приводят к тому или иному заболеванию. Все это позволяет находить новые способы устранения многих расстройств, возникающих в результате утраты коммуникативных связей между клетками.



Краситель, введенный *в одну из клеток в культуре (в центре), быстро распространяется по всей клеточной массе через посредство щелевидных контактов*

COURTESY OF MICHAEL ATKINSON AND JUDSON SHERIDAN University of Minnesota

Наведение мостов

В те времена, когда проводились первые эксперименты с введением красителя в одну из клеток ткани и наблюдением за распространением флуоресценции на соседние клетки, никто не задумывался о медицинской стороне вопроса. В 1960–1970-х гг. цитологи занимались в основном поисками новых свидетельств загадочного общения соседних клеток друг с другом и выяснением деталей коммуникативных связей. Еще до обнаружения щелевидных контактов и их наименования физиологи выяснили, что обмен информацией с помощью молекул происходит в самых разных органах и у разных животных — от кальмаров и электрических рыб до человека с его широчайшим спектром клеток разного типа. Проведенные эксперименты однозначно показали, что клетки обмениваются разнообразными молекулами в местах тесного физического контакта между плазматическими мембранами.

К концу 1960-х гг. цитологии сконцентрировались на выяснении структуры каналов и их формирования. Микроскопические исследования показали, что у плазматических мембран есть плоские протяженные области, в пределах которых соседние клетки сближаются друг с другом до расстояния всего в несколько нанометров, образуя систему, которая теперь называется щелевидным контактом. Такое наименование утвердилось после того, как обнаружилось, что этот узкий зазор — не пустое пространство, он заполнен структурами, соединяющими клетки друг с другом.

Для того чтобы выяснить, какую роль играют эти плоские мембранные участки в межклеточной коммуникации, один из нас (Росс Джонсон) решил посмотреть, что происходит при их образовании. Вместе с коллегами из Миннесотского университета он аккуратно отделил друг от друга клетки опухоли печени, выращенные в культуре, а затем смешал их. В течение одной минуты на мембранах появились уплощенные участки — но только в местах соединения клеток. Данное наблюдение подтвердило высказанное ранее предположение, что образование щелевидного контакта происходит при сотрудничестве примыкающих друг к другу клеток. По мере расширения уплощенных участков возрастала и сила межклеточного тока, т.е. ускорялся обмен ионами.

Изолировав мембраны слипшихся клеток, чтобы рассмотреть их более прицельно, Джонсон с сотрудниками увидели некие образования, напоминающие крупные частицы, которые концентрировались в уплощенных участках. Как выяснилось позже, образования представляли собой те самые каналы — «строительные блоки» щелевидных контактов. Каждый канал образован белковыми молекулами, называемыми коннексинами. Все они принадлежат к одному обширному семейству белков, идентифицированному в конце 1980-х гг.

Шесть молекул коннексина образуют полуканал — структуру, напоминающую по форме бублик. Он встроен в наружную мембрану клетки. Два гексамерных комплекса (полуканала) соседних клеток соединяются конец-в-конец и образуют протяженный канал, соединяющий содержимое обеих клеток. Каждый щелевой контакт представляет собой комплекс из сотен и даже тысяч каналов.

Создание таких поистине грандиозных в масштабах клетки коммуникативных агрегатов —

трудоемкое мероприятие. Один щелевидный контакт может содержать до 10 тыс. каналов, а поскольку каждый из них состоит из двух полуканалов, образуемых шестью молекулами коннексина, для формирования контакта может потребоваться 120 тыс. подобных молекул. Сердечная мышца состоит из миллиардов клеток, и каждая из них сообщается с несколькими соседями через щелевидные контакты. Эти колоссальные конструкции — настоящее чудо молекулярной инженерии *in vivo*.

Что еще более удивительно: щелевидные контакты — это не раз и навсегда заданные и даже не долгоживущие конструкции, они постоянно распадаются и образуются вновь. При этом половина молекул коннексина обновляются каждые два часа. В течение суток каждый щелевидный контакт в сердечной мышце скорее всего разрушается и все его каналы заменяются новыми. Чтобы коммуникативные связи между клетками не исчезали, процессы должны быть четко скоординированы. Выяснением механизмов координации мы и занялись. В частности, мы решили выяснить, как контролируется процесс сборки и разрушения каналов.

Молекулярная застежка-молния

Мы набросали план нашего сотрудничества, попивая кофе в перерывах между докладами на конференции по щелевидным контактам, проходившей в Асиломарском конференц-центре в Пасифик-Гров, штат Калифорния. Это было в 1991 г.; один из нас (Пол Лампе) работал в лаборатории Джонсона в Миннесотском университете и занимался исследованием регуляции сборки щелевидных контактов. Последний член нашего трио (Дейл Лэрд) был постдоком в Калифорнийском технологическом институте, где только что синтезировал набор антител, специфически связывающихся с коннексинами. С помощью этих антител мы могли установить, какие участки коннексиновых молекул играют ключевую роль в образовании и функционировании щелевидного контакта.

Антитела, полученные Лэрдом, распознавали один конкретный тип коннексинов, *Cx43*. В геноме человека содержатся гены, кодирующие 24 разных коннексинов, и каждый тип клеток вырабатывает свой набор этих белков. Клетки кожи синтезируют до девяти разных коннексинов. В организме человека наиболее распространен коннексин *Cx43*; он присутствует в клетках кожи, сердца, головного мозга, легких, костной ткани и многих других.

Как и все прочие коннексины, *Cx43* состоит из четырех пронизывающих клеточную мембрану сегментов-якорей. «Хвост» молекулы, погруженный в цитоплазму, содержит набор элементов, которые, как мы выяснили позже, участвуют в регуляции активности коннексина и встраивания

Основы

ОБРАЗОВАНИЕ И РАСПАД ЩЕЛЕВИДНЫХ КОНТАКТОВ

Клетки постоянно формируют новые щелевидные контакты взамен старых. Процесс формирования начинается с синтеза специфических белков — коннексинов *(1)*; они образуют так называемые полуканалы *(2)*, которые встраиваются в плазматическую мембрану одной клетки *(3)* и соединяются с полуканалами соседней *(4)*. Через образуемые в результате полноразмерные каналы цитоплазмы клеток сообщаются между собой. Каналы постоянно разрушаются и образуются вновь *(5 и 6)*.

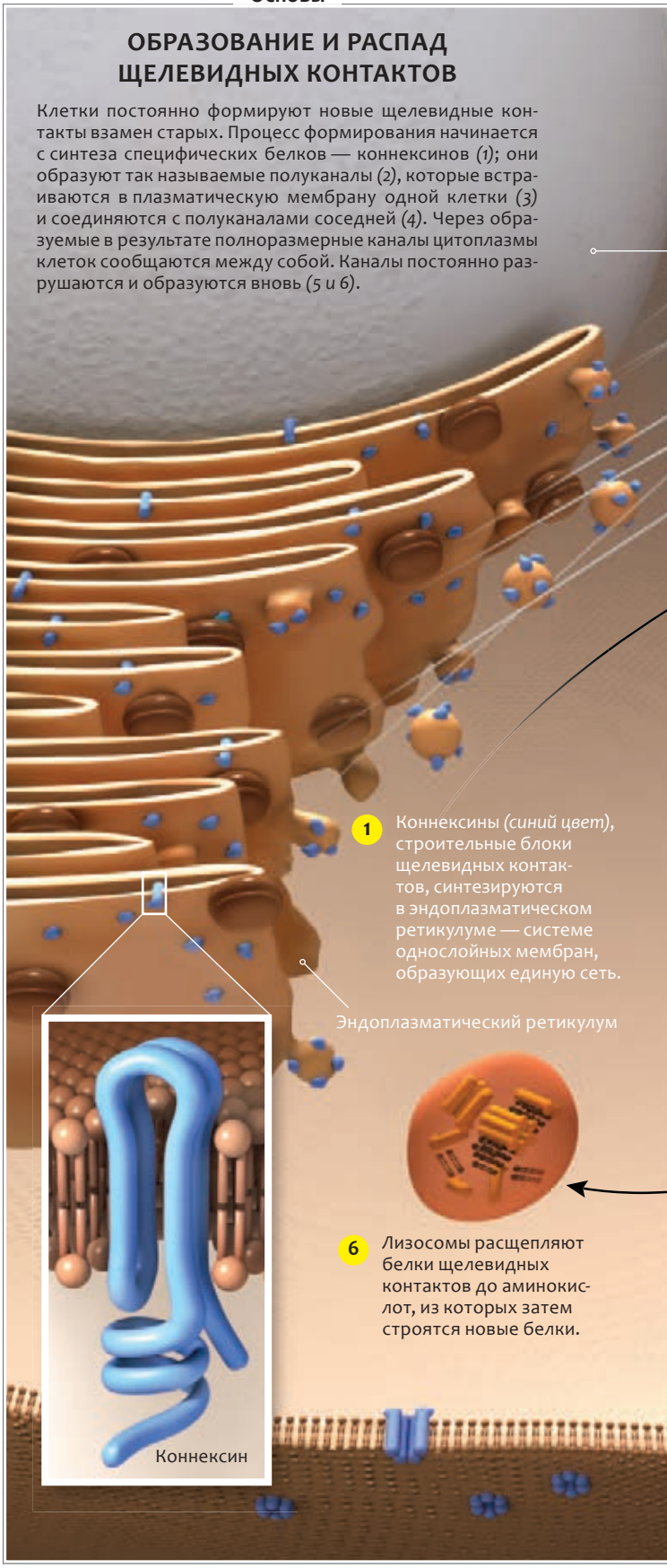
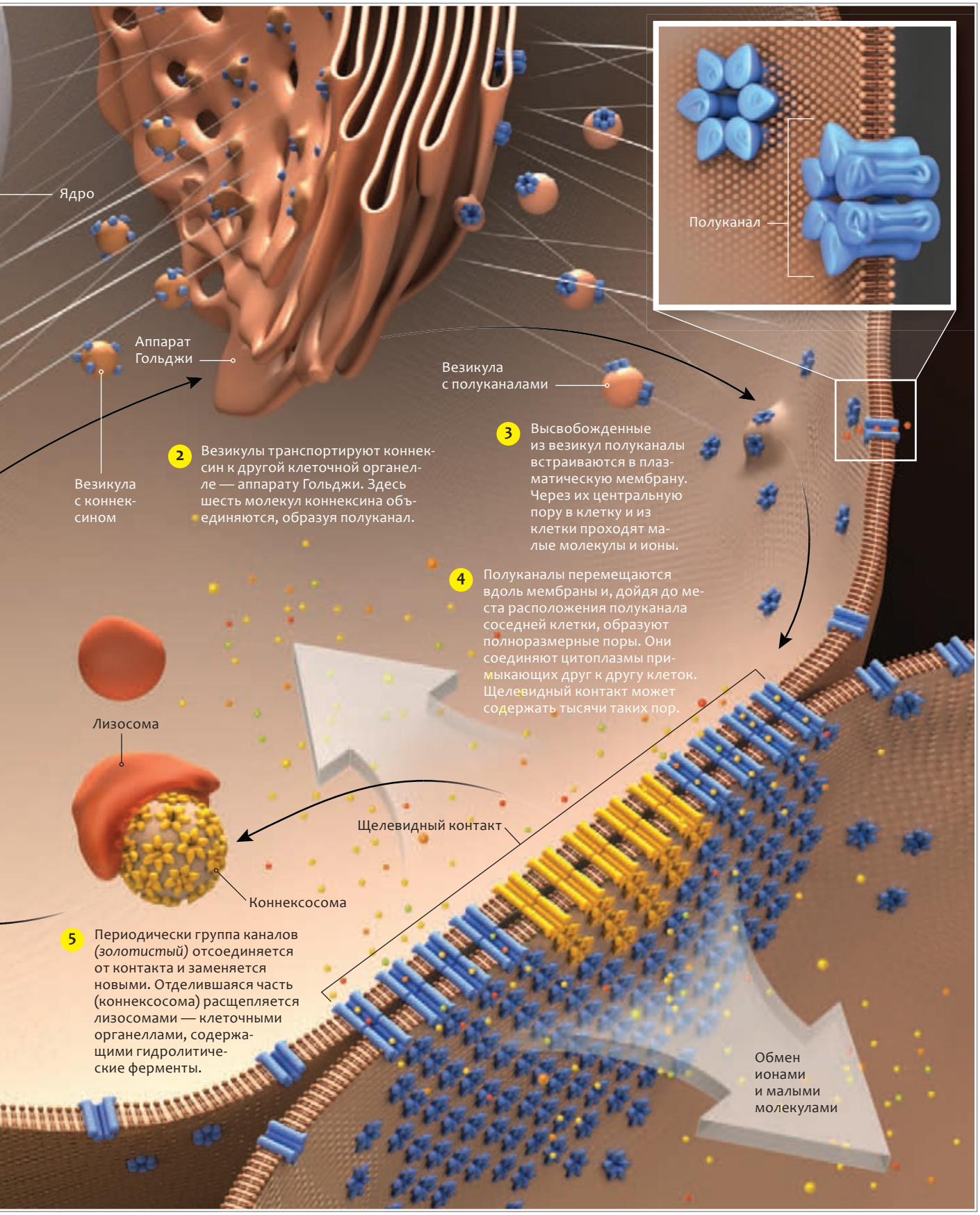


Illustration by Emily Cooper


Ядро
Полуканал
Аппарат Гольджи
Везикула с полуканалами
Везикула с коннексином
2 Везикулы транспортируют коннексин к другой клеточной органелле — аппарату Гольджи. Здесь шесть молекул коннексина объединяются, образуя полуканал.
3 Высвобожденные из везикул полуканалы встраиваются в плазматическую мембрану. Через их центральную пору в клетку и из клетки проходят малые молекулы и ионы.
4 Полуканалы перемещаются вдоль мембраны и, дойдя до места расположения полуканала соседней клетки, образуют полноразмерные поры. Они соединяют цитоплазмы примыкающих друг к другу клеток. Щелевидный контакт может содержать тысячи таких пор.
Лизосома
Щелевидный контакт
Коннексосома
5 Периодически группа каналов (*золотистый*) отсоединяется от контакта и заменяется новыми. Отделившаяся часть (коннексосома) расщепляется лизосомами — клеточными органеллами, содержащими гидролитические ферменты.
Обмен ионами и малыми молекулами

его в каналы. Две петли, образуемые при пересечении белком плазматической мембраны, выступают в межклеточное пространство. С некоторыми из этих внеклеточных сегментов связываются антитела Лэрда.

Разумно было предположить, что петли выполняют роль зубцов застежки-молнии, зацепляясь друг за друга и соединяя мембраны соседних клеток. Чтобы проверить данную гипотезу, мы снова разъединили контактирующие клетки, а затем смешали их, создав подходящие для воссоединения условия, только в данном случае добавили в среду антитела Лэрда. Теперь щелевидные контакты вообще не образовывались; ни межклеточного транспорта красителя, ни уплощенных участков не наблюдалось. Присоединившиеся к петлям антитела не позволяли молекулам коннексина соседних клеток соединяться друг с другом.

Исследования показали, что сцепление коннексинов играет ключевую роль в формировании щелевидных контактов. Но чтобы отследить поведение коннексинов в реальном времени, нужны были особые методы.

По следам коннексина

В 1994 г. мы — авторы этой статьи — встретились на другой конференции, проходившей в Американском обществе клеточной биологии в Сан-Франциско. Обсуждая вечерами разные научные проблемы, мы заинтересовались неким белком, флуоресцирующим в зеленой области *(GFP)*, применение которого в качестве чрезвычайно полезного инструмента в молекулярно-биологических исследованиях принесло открывшим его ученым Нобелевскую премию. Один из докладов конференции был посвящен применению данного белка в качестве маркера для отслеживания превращений соединения, интересующего авторов, и это навело нас на мысль прикрепить *GFP* к коннексину, чтобы пронаблюдать за его перемещениями.

Мы начали с того, что присоединили *GFP* к «хвостам» молекулы. К счастью, это не помешало им правильно встроиться в мембрану и образовать функционирующий щелевидный контакт. Так мы получили прецизионный инструмент для наблюдения за поведением коннексина. Эту работу Лэрд продолжил в Университете Западной Онтарио.

Вначале мы фотографировали клетки, содержащие модифицированный коннексин, каждые десять минут. Но белок перемещался так быстро, что уследить за ним мы не успевали. Уменьшение интервала до двух минут тоже ничего не дало, и в конце концов мы стали делать снимки каждые несколько секунд. Так мы смогли наблюдать не только за перемещением коннексина, но и за транспортировкой полуканалов внутри клетки вдоль микротрубочек. Обнаружилось, что щелевидные контакты небольших размеров могут объединяться, а крупные — разделяться, т.е. происходит своего рода ремоделирование контактов по мере роста клеток, во время их перемещения, деформации и деления.

Используя более изощренные методы наблюдения за поведением коннексинов, наши коллеги увидели, что щелевидные контакты увеличиваются в размерах путем присоединения полуканалов по их периметру, так что центральная часть структуры представляет собой самую «старую» ее часть. «Долгожители», по-видимому, со временем уступают место «молодым», что объясняет, почему щелевидные контакты остаются стабильными даже при утрате части коннексинов.

В ходе экспериментов на живых клетках мы столкнулись с еще одним, пожалуй, наиболее интересным фактом: клетка подает сигнал к кластеризации щелевидных контактов, когда партнерша, по существу, отделяется от нее под действием внешних воздействий (на это же указывали результаты электронно-микроскопических исследований, проведенных ранее другими учеными). Радикальный маневр мгновенно прерывает всякое взаимодействие между клетками, когда необходимость в нем отпадает. Такая масштабная элиминация щелевидных контактов происходит, например, в клетках стенки матки после родов, уничтожая коммуникационные сети, которые координируют процесс сокращения органа.

Все под контролем

Следующим нашим шагом стало выяснение механизма управления этим грандиозным событием. Согласно полученным ранее данным, в качестве регулятора здесь выступают белки под названием протеинкиназы. Присоединив фосфатную группу к белку-мишени, они изменяют его активность или локализацию в клетке.

Мы поставили перед собой задачу установить, что именно происходит с молекулой коннексина при фосфорилировании. Исследования возглавил Лампе, ставший в 1994 г. заведующим лабораторией в Центре исследований онкологических заболеваний Фреда Хатчинсона в Сиэтле. Изучая шаг за шагом небольшие сегменты *Cx43*, Лампе с коллегами выяснили, что за время жизни этот коннексин претерпевает до 15 актов фосфорилирования в разных местах хвостовой части. Такая информация позволила нам составить что-то вроде регуляторного кода, контролирующего образование щелевидных контактов, которые содержат *Cx43*. Связывание специфической протеинкиназы с определенным участком «хвоста» коннексина приводит к ускорению сборки *Cx43*-контактов; другие протеинкиназы, взаимодействующие с другими участками, напротив, подавляют процесс, уменьшают функциональность или размер контакта.

Располагая регуляторным кодом, мы можем тестировать различные ткани тела человека, чтобы выяснить, как изменение профиля фосфорилирования при тех или иных заболеваниях сказывается на сборке и функционировании щелевидных контактов. В сотрудничестве с другими научными коллективами мы пытаемся проследить изменение коммуникативных связей через щелевидные контакты во время преодоления клетками сердечной мышцы последствий кислородного голодания, связанного с инфарктом, или процесс мобилизации клеток кожи при заживлении раны. В обоих случаях обнаружилось повышение уровня фосфорилирования в специфической части «хвоста» *Cx43*, что сопровождалось кратковременным резким увеличением размера щелевидных контактов в исследованных тканях. Это приводило к усилению межклеточных взаимодействий — что очень важно в первые минуты после травмы — и способствовало сохранению функциональности клеток сердечной мышцы и миграции клеток кожи к месту повреждения.

Выяснение генетических аспектов сборки и функционирования щелевидных контактов прокладывает путь к разработке высокоспецифичных лекарственных средств, нивелирующих последствия мутаций в коннексиновых генах

Вся эта информация открыла дорогу к разработке лекарственных средств, которые повышают или понижают активность соответствующих протеинкиназ. Правда, пользоваться данными средствами нужно с осторожностью, поскольку увеличение числа щелевидных контактов может быть полезным на одной стадии заболевания и вредным — на другой. У людей, страдающих диабетом, заживление ран происходит медленно вследствие длительной выработки избыточных количеств *Cx43*. И когда у таких людей возникает повреждение роговицы глаза, сверхпродукция коннексинов может спровоцировать воспаление и образование рубцов вместо того чтобы ускорить заживление.

Следующие шаги на пути к практическому применению всей информации о биологии щелевидных контактов невозможны без понимания сути процессов агрегации коннексинов в различных тканях при разных условиях и выяснениях причин, по которым эти процессы нарушаются при тех или иных заболеваниях. Весьма полезными здесь могут быть генетические данные, в частности выявление мутаций в генах коннексинов.

Разрыв коммуникативных связей

Первое неопровержимое генетическое свидетельство причастности коннексинов к развитию одной из патологий появилось в середине 1990-х гг. Было показано, что мутации в гене *Cx32* становятся причиной заболевания периферической нервной системы Шарко — Мари — Тута. При этой патологии в миелиновой оболочке нервных волокон исчезают щелевидные контакты, в результате чего происходят демиелинизация нервов и их деградация. Болезнь проявляется, среди прочего, слабостью и атрофией дистальных мышц ног. В дальнейшем были выявлены другие мутации в генах коннексинов, и сегодня идентифицированы 14 связанных с ними заболеваний. Помимо нейродегенеративных патологий это потеря слуха, эпилепсия, сердечно-сосудистые и кожные заболевания, катаракта и целый спектр дефектов развития. Удивительно, что если какая-то мутация затрагивает коннексины двух разных органов, то один из них может пострадать, а другой нет.

Одно из возможных объяснений данного феномена состоит в том, что в некоторых тканях потерю функциональности одних коннексинов восполняют другие интактные коннексины, так что межклеточная коммуникативность остается на прежнем уровне. Такой компенсаторный механизм работает не во всех тканях. Возможен и другой вариант: один конкретный коннексин выполняет в разных тканях неодинаковые функции. Члены различных коннексиновых семейств могут взаимодействовать друг с другом, приводя к образованию гибридных каналов, которые обеспечивают распространение разных молекулярных сигналов — важных для одних органов и несущественных для других.

Однако есть коннексины, дефекты в которых сказываются на множестве разных тканей. Так, у больных с окулодентодигитальной дисплазией *(ODDD)*, связанной с мутациями в гене *Cx43*, возникает широкий спектр аномалий: уменьшение размера глаз, недоразвитость зубов, деформация скелета в области головы, образование перепонок между пальцами рук и ног. А у некоторых индивидов, кроме того, образуются грубые мозоли на ладонях и подошвах стоп. Недавние исследования «жизненного цикла» коннексинов внесли некоторую ясность в вопрос различий последствия мутаций в генах коннексинов у разных людей.

У больных с *ODDD* в генах *Cx43* обнаружено 70 мутаций, и сейчас мы выясняем, что именно происходит с соответствующими коннексинами и как это сказывается на формировании щелевидных контактов. Лэрд с коллегами обнаружил, что многие мутации приводят к тому, что коннексины, транспортируясь к клеточной мембране обычным путем, не образуют функционального щелевидного контакта; молекулы красителя не подходят к нему, а это означает, что либо канал неправильно собран, либо он не пропускает сигнальные молекулы. Так или иначе, межклеточные связи нарушаются.

Исследования работы полуканалов помогут идентифицировать другие мишени для лекарственных препаратов, которые могли бы облегчить состояние больных с *ODDD* и другими заболеваниями

Другие *ODDD*-мутации приводят к тому, что коннексины даже не доходят до клеточной мембраны. У их носителей возникают еще более серьезные патологии. Это наводит на мысль, что коннексиновые полуканалы — не просто компоненты щелевидных контактов; они выполняют определенную работу, и когда она остается незавершенной, возникают более серьезные по своим медицинским последствиям проблемы. Возможно, если полуканал не связывается со своим партнером, клетки пропускают внутрь молекулы, отличные от тех, которые проходят через полноценные каналы. Такой феномен получил экспериментальное подтверждение, добавив еще один штрих к нашим представлениям о роли коннексинов в межклеточной коммуникации. Дальнейшие исследования работы полуканалов помогут идентифицировать другие мишени для лекарственных препаратов, которые могли бы облегчить состояние больных с *ODDD* и другими заболеваниями, обусловленными мутациями в коннексиновых генах.

Выведывание секретов

Выяснение генетических аспектов сборки и функционирования щелевидных контактов прокладывает путь к разработке высокоизбирательных лекарственных средств, противостоящих последствиям мутаций в коннексиновых генах. Зная, например, что данная мутация приводит к нарушению сборки щелевидного контакта, но не затрагивает транспорт коннексинов к поверхности клетки, можно попытаться найти вещество, которое восстанавливало бы способность коннексинов к образованию функционального канала. Это позволило бы «реанимировать» коммуникативные связи между клетками, не прибегая к полной замене мутантного коннексина с использованием генной терапии, которая пока не вошла в повседневную медицинскую практику и сопряжена с большим риском.

Генетика не только создает предпосылки к идентификации новых мишеней для лекарственных веществ, но и служит инструментом изучения биологии щелевидных контактов. Так, мы пока недостаточно хорошо знаем, какие вещества перетекают из клетки в клетку через щелевидные контакты. В клетках сердечной мышцы это ионы, а о переносчиках сигналов в тканях слухового аппарата или в коже нам почти ничего не известно. Если мы выясним, чем различаются коннексиновые каналы и как нарушения их сборки и функционирования провоцируют те или иные заболевания, то сможем глубже проникнуть в тайну межклеточной коммуникации. О чем на самом деле «переговариваются» клетки и как эти «беседы» регулируют сборку и активность столь крупных систем, как щелевидные контакты, — вот фундаментальные вопросы, на которые нам предстоит ответить. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Trafficking, Assembly, and Function of a Connexin43-Green Fluorescent Protein Chimera in Live Mammalian Cells. Karen Jordan et al. in Molecular Biology of the Cell, Vol. 10, No. 6, pages 2033–2050; June 1, 1999.

■ Gap Junction Assembly: Roles for the Formation Plaque and Regulation by the C-Terminus of Connexin43. Ross G. Johnson et al. in Molecular Biology of the Cell, Vol. 23, No. 1, pages 71–86; January 1, 2012.

■ Mutants, Mice & Melanomas. Interview with Dale W. Laird in International Innovation, No. 115, pages 22–24; October 2013.

■ Specific Cx43 Phosphorylation Events Regulate Gap Junction Turnover in Vivo. Joell L. Solan and Paul D. Lampe in FEBS Letters, Vol. 588, No. 8, pages 1423–1429; April 17, 2014.

УЛИЧНЫЙ НАУЧНЫЙ КВЕСТ

Заходи на сайт

www.naukatv.ru

и участвуй!

РЕКЛАМА

Спрашивайте у операторов платного телевидения

www.naukatv.ru www.facebook.com/nauka20

STREET ADVENTURE 16+

КОД
Бехтеревой

«Через восемь лет после начала работы в этом направлении (да еще прибавим перед этим два-три года раздумий) я вообще не понимаю — как это я решилась задать мозгу такой вопрос: ‘‘Скажи мне, как же я думаю?!’’»

Н.П. Бехтерева

Мне выпало совершенно невообразимое счастье общения с Н.П. Бехтеревой. Мы познакомились, когда я только начинала работать научным журналистом, и Наталья Петровна благосклонно отнеслась к моему первому интервью с ней. А после этого начался многолетний диалог. Она повлияла на жизнь и судьбу многих людей, в том числе и на мою. Без нее не было бы этой книги — и не только потому, что она стала главной героиней. Просто она все время побуждала меня делать больше, чем я делала, в частности писать книги. Внушала силу и уверенность, что получится, но одновременно внедряла мысль, что это непременно должно быть сделано. Иначе жизнь будет неполноценной. Таким образом она способствовала самореализации многих людей.

Обложка книги

Благодаря ей работа над этой книгой шла легко и спокойно, несмотря на трудность задачи. Эти несколько месяцев прошли в состоянии необъяснимого счастья, перехода в какое-то иное пространство, когда не существовало ничего вокруг. Ее уже не было в живых, но наш диалог, общение, ее голос, мысли на время вернулись и обрели реальность.

Всей своей жизнью и всей своей наукой она говорит нам: вы можете сделать гораздо больше, чем делаете. Ваш МОЗГ позволяет это. Вашему мозгу это НУЖНО.

Она сама уже многое рассказала людям о себе. Цель этой книги — постараться восполнить возможные пробелы и увидеть ее жизнь со стороны. Может быть, это поможет кому-то, как помогло мне.

Елена Кокурина

В материале использованы фотографии из личного и семейного архивов Н.П. Бехтеревой, архива фонда «Петербургская фотолетопись»

Наталья Петровна Бехтерева, академик, научный руководитель Института мозга человека РАН, который теперь носит ее имя, знала о мозге, пожалуй, больше любого ученого, живущего на Земле сегодня. И сама использовала «свою науку», добившись настоящего умения управлять собственным организмом. Как ей это удавалось? Ответ на этот вопрос читатель может найти в книге Елены Кокуриной «Наталья Бехтерева. Код жизни» (издательство «Бослен», 2015 г.).

На долю внучки великого ученого и психиатра Владимира Бехтерева выпало немало трудностей: арест родителей, детский дом, блокада. Несмотря на это, ей удалось с отличием окончить медицинский институт, в возрасте 34 лет защитить докторскую диссертацию, что было практически невозможным для женщины в то время, заняться изучением мозга человека и завоевать безусловный международный авторитет в этой области.

В книге отражены различные периоды жизни великого ученого: стажировка в Англии в 1960-е гг., которая определила ее путь в науке, работа с вживленными в мозг электродами, открытие фундаментального механизма деятельности мозга — «детектора ошибок».

Но не меньшего интереса заслуживают исследования, которым она посвятила последние годы жизни: поиск и объяснение механизмов творчества, озарения, гениальности, долголетия. Как знания о мозге превратились в рецепты управления организмом, которые доступны практически каждому человеку.

Управление организмом

Удивительно, что люди с разным уровнем образования, разными обстоятельствами жизни, разных профессий находили в книгах, лекциях Н.П. Бехтеревой, беседах с ней свой собственный пласт знаний, ответы на вопросы, которые их занимали, беспокоили, мучили. Кто-то — решение своей проблемы, кто-то — руководство к действию, кто-то — утешение в горе и пример для подражания, а кто-то обретал свою истину. Потому что мозг — это человек, а наука — это жизнь, и наоборот; и гениальность ученого — ее гениальность — состоит в том, что в ее собственной судьбе все это крепко сплелось, образуя новую сущность, благодаря чему она и достигла таких высот.

Наташа с братом Андреем

Научные проблемы, к которым она обращалась в последние 10–15 лет жизни, пыталась подступиться, найти объяснение с позиций естественной, материальной науки (другой она никогда не признавала), касаются буквально каждого человека, живущего на Земле, и при этом составляют очень «тонкую материю». Природа творчества, озарений, гениальности, продление жизни. Занимает это всех, а спросить ведь не у кого. Серьезные профессиональные ученые боятся подобных тем как огня, оставляя это бескрайнее поле шарлатанам. Она не боялась, потому что была настоящим исследователем, жаждавшим получить ответ.

«Для меня гениальность — способность находить правильные решения сложных проблем по минимуму выведенной в сознание информации. А иногда этот базис информации в сознании очень трудно обнаруживается или как будто бы не обнаруживается вообще. "Почему это так? — Я просто так думаю, вот и все". Решения "ниоткуда" помимо определенного склада ума требуют и определенного настроя, психического состояния. Это как бы состояние "приема". Причем оно не является чем-то экзотическим, не слишком отличается от нормы. Близкое состояние (а кто знает, может быть, именно оно) описано у Стейнбека в его заме-

чательной и трагической "Жемчужине". Для того чтобы найти жемчужину, нужно хотеть найти ее; но не слишком сильно хотеть — можно спугнуть удачу. А что произойдет, если хотеть чего-либо — в том числе и проникновения в явления природы — очень страстно? Чаще всего эмоции заслонят разум, мозг не окажется оптимальным детектором истины, в том числе и логически оправданной. А изредка... Изредка человек может оказаться как бы в другом измерении (которого, как пишет Хокинг, нет): он видит, слышит, обоняет то, что окружающим обычно не дано».

(Н.П. Бехтерева)

В научных работах Н.П. Бехтеревой есть уже более глубокие и детальные проработки подобных феноменов, с точки зрения того, как устроен мозг, какие механизмы здесь задействованы и т.д. Например, она впервые среди экспериментальных исследователей поставила задачу изучения мозговых механизмов творчества и в 1998 г. возглавила в институте специальную лабораторию, куда взяла в основном молодых аспирантов. Цель исследований — понять, увидеть, что происходит в человеческом мозге в момент решения творческой задачи.

Она постоянно использовала «свою науку», знания о мозге, добытые в течение десятилетий работы. Это не были эксперименты на себе, подобно тем, что проводили медики начала прошлого века и даже позже, чтобы проверить действие созданного лекарства или вакцины. Это было настоящее умение управлять своим организмом, основанное на знании, которое стало естественным и гармоничным, как музыка.

В 2003 г. случился инсульт, к счастью, не тяжелый, но были и реанимация, и несколько недель в клинике. При выписке врач настоятельно рекомендовал полный покой, а она вместо этого взялась за новую книгу. Работала каждый день по жесткому графику, говорила: «Это и есть мое лечение». В буквальном смысле. Через несколько месяцев при повторном исследовании — МРТ сосудов мозга — врачи не поверили своим глазам, столь значительным было улучшение. Никакой мистики, как она объяснила лечащему врачу, — напряженная умственная работа способствовала активации нейронов, образованию новых связей в мозге, что в конечном счете привело к нормализации всех его функций.

Она пользовалась своей наукой для улучшения самочувствия автоматически в повседневной жизни, уже не прилагая к этому специальных усилий. Изредка окружающим тоже удавалось пользоваться этой наукой. У автора этих строк однажды в аэропорту в ожидании пересадки на другой самолет упало давление. Шум в ушах, все плывет перед глазами, ноги не слушаются, нет сил даже позвать на помощь. Вдруг вспомнилась фраза из недавнего с ней разговора: «Единственный способ, который может мне помочь, когда другой помощи нет, — начинаю думать». Оказалось, что заставить себя думать можно в любом состоянии, если делать это целенаправленно. Например, придумать заголовок к будущей статье. Сначала это были беспомощные попытки, но постепенно начали возникать варианты заголовка, их мысленная редактура, поиск слов на замену... Этот процесс начал доминировать, кровь буквально побежала по жилам, и силы вернулись. Может ли так получиться у всех и всегда, когда это необходимо, как научиться «вызывать» это состояние и можно ли помочь другому человеку в него погрузиться? Она считала, что можно:

«Количественное накопление данных о возможностях и запретах мозга, о двуединстве — по крайней мере многих, если не всех, его механизмов — сейчас на грани перехода в качество — на грани получения возможности целенаправленного воспитания человека с новыми возможностями. Однако переход от познания закономерностей природы к разумному пользованию ими не всегда быстрый, не всегда легкий и всегда тернистый».

(Н.П. Бехтерева)

В эфире радиостанции «Эхо Москвы»

Благодаря Н.П. Бехтеревой представители власти интересовались исследованиями мозга. А уж в Петербурге — особенно. С Анатолием Собчаком...

«Во время исследований мы наблюдаем, что происходит в мозге при самых разных действиях — простых и сложных. Когда человек начинает делать что-то новое, то сначала "включается" весь мозг, но постепенно различные его области отключаются и в рабочем состоянии остаются только те из них, которые необходимы для данной деятельности. Экономный режим освобождает мозг для чего-то большего. Но далеко не все люди пользуются этой возможностью в полной мере».

(Н.П. Бехтерева)

Интеллектуальная нагрузка и долгожительство

В последние годы Н.П. Бехтерева занималась проблемой продления жизни, исследуя роль интеллектуальной нагрузки, ее влияние на состояние всего организма.

Нужно было найти прямую связь, «мостик» между мыслью и физическим состоянием, и определить, какой вид интеллектуальной нагрузки может оказать влияние: разгадывание кроссвордов, сочинение художественных текстов, а может быть, решение математических задач.

Ответы на эти вопросы частично дали уже начатые ее лабораторией исследования механизмов творчества. Но только частично. Можно сказать, новая задача изменила угол зрения на эти исследования, добавила еще один аспект. Постепенно сложилась «рабочая гипотеза», которую она не успела как следует проработать и которая остается открытой сегодня и ждет серьезных, масштабных исследований.

Еще несколько десятилетий назад известный ученый-физиолог Евгений Николаевич Соколов доказал, что мозг живых существ функционирует по «меченым линиям». Он исследовал низших животных и обнаружил, что работа их мозга запрограммирована. Нейронная сеть у них формируется таким образом, что нервные импульсы в мозге распространяются, как поезда по рельсам, с остановками в нужных местах. У человека мозг устроен гораздо сложнее, но и у нас есть подобные «меченые линии». Именно по ним «проходят» привычные действия, доведенные до автоматизма: когда мы, входя в комнату, протягиваем руку к выключателю, садимся за стол, берем привычные предметы.

Исследования механизмов творчества в Институте мозга человека РАН с применением электроэнцефалограммы (ЭЭГ), позитронно-эмиссионного (ПЭТ) и магнитно-резонансного (МРТ) томографов показали, что в этих случаях во многих зонах мозга (практически в каждой!) задействуются какие-то участки. Испытуемым-добровольцам задавали специальные тесты разной сложности (например, составить рассказ из связанных и из не связанных по смыслу слов) и наблюдали, что происходит в этот момент в мозге. Оказалось, что творческая деятельность задействует почти весь мозг, включает зоны, имеющие отношение к самым разным процессам, — здесь и память, и эмоции, и собственно креативность, и многое другое. Таким образом, когда происходит «нестереотипная деятельность», мозг работает в полную силу и живет полноценной жизнью.

Если же человек каждый день стоял за конвейером, потом приходил домой, ложился на диван, смотрел телевизор — и так всю жизнь, т.е. «ходил по меченым линиям» и никак не компенсировал эту «недозагрузку» мозга, то в старости он будет испытывать не только затруднения с памятью и другие интеллектуальные проблемы, но и, скорее всего, проблемы физические.

«Сравните город, в котором живут люди, действует инфраструктура, горят огни, и заброшенную деревню, где осталось несколько стариков, доживающих свой век. Так вот, мозг человека, который не решает сложных задач и не занимается творческой деятельностью, — это и есть заброшенная деревня»

(Н.П. Бехтерева).

При решении сверхзадач в мозге даже немолодого человека могут образовываться новые связи и образуются, как теперь экспериментально

доказано, новые нейроны — нервные клетки! Формирующиеся нейронные сети начинают работать и не только поддерживают хорошую интеллектуальную форму, но и влияют на многие процессы в организме.

Мозг, по стойкому убеждению Н.П. Бехтеревой, имеет отношение ко всему происходящему в организме. Пример, основанный на экспериментальных исследованиях: в процессе творчества в мозге человека активируются участки, важные для эмоциональной деятельности, в том числе в структурах гипоталамуса, влияющих на эндокринную систему, которая напрямую связана с процессами старения. Кстати, геронтологи — специалисты, изучающие процессы старения, — обычно не принимали во внимание «интеллектуальную составляющую». Традиционные необходимые условия долгожительства — генетика, образ жизни (в основном физические нагрузки и питание) и окружающая среда.

«Шли с периферии. А мозг действительно может очень многое, хотя далеко не все. Образ жизни "работников умственного труда" — часто ужасный, физическая активность низкая, режим питания неправильный, вредные привычки. Мозг пытается компенсировать это, но не всегда со всем справляется. Эти люди, хоть и живут дольше, но объективно не здоровы. Я ведь еще во многом сужу и по себе, и по тем, кого наблюдаю вокруг. Поэтому лучший вариант — это когда с детства и думаешь, и в теннис играешь. Если объединить физическую и умственную нагрузки, можно довольно долго и хорошо жить».

(Н.П. Бехтерева)

Гениальность состоит в том, что «рецепт» подходит абсолютно всем, не только работникам умственного труда. «Просто надо пробовать нетривиально решать свои проблемы, даже бытовые. В жизни каждого человека происходит очень много всего, что может задействовать мозг, заставить его придумать нечто неординарное». Сколько раз ей удавалось «программировать» знакомых людей на решение сверхзадач — так, что у них получались деяния, представлявшиеся абсолютно невозможными, даже невероятными!

Сверхзадача для каждого

Журналисты, незнакомые люди при встречах и в письмах постоянно спрашивали ее о собственном рецепте сохранения интеллектуальной формы. Помимо простых (для нее), необходимых рутинных действий: учить одно стихотворение в день (для тренировки памяти), читать беллетристику на английском (для поддержания языка), вообще избегать стандартного чтения, постоянно расширять свой кругозор — новые книги, новые фильмы, новое общение, — она сформулировала, пожалуй, наиболее важный рецепт, который подходит для каждого: решать «сверхзадачи».

...и с Валентиной Матвиенко

«Что такое сверхзадача? Это то, что (постепенно или вдруг) стало очень важно; очень нужно; чего безумно хочется; или, наконец, чего не избежать. Но выполнение ее нельзя купить, нельзя украсть — нельзя даже взять напрокат. Сверхзадачу можно выполнить, только включив свой творческий потенциал. И далее, по принципу положительной обратной связи — творческая задача (сверхзадача) — мысль — активирует возможности мозга; мысль развивается, обрастает деталями — мозговой творческий потенциал активируется, и вот уже не сразу, но скоро — думать становится легко и приятно, мысль обрастает не только деталями, но и творческой радостью, эмоцией. Нерешаемая, невыполнимая вчера задача становится решаемой, выполнимой — такой, или почти совсем такой, какими были задачи ''раньше'', тогда, когда проблемы ''быть или не быть'' (могу или не могу) не было. Человек открыл, казалось бы, не просто закрытую, а забитую дверь — в свое возрождение, возвращается в свой рабочий возраст. Сверхзадачи иногда (да, в общем, и нередко) ставит сама жизнь, они возникают перед нами, вызывая вопрос: ''принять или не принять''. И сверхзадачу можно принять — или, зная ее потенции, смоделировать. А также иногда (хотя и нечасто) нельзя не принять. Сверхзадачу нельзя решить по стереотипу, матрицы стереотипа нет, ее надо решать заново».

(Н.П. Бехтерева)

Гениальность состоит в том, что «рецепт» подходит абсолютно всем, не только работникам умственного труда. «Просто надо пробовать нетривиально решать свои проблемы, даже бытовые. В жизни каждого человека происходит очень много всего, что может задействовать мозг, заставить его придумать нечто неординарное», — объясняла она окружающим.

Сколько раз ей удавалось «программировать» знакомых людей на решение сверхзадач — так, что у них получались деяния, представлявшиеся абсолютно невозможными, даже невероятными!

Люди, в ушах которых уже постоянно звучала ее фраза: «Решите для себя, что это надо сделать, — и делайте», начинали все чаще и чаще задумываться над сказанным, взвешивать возможности, потом — уже целенаправленно — искать их, совершать определенные действия. Какие-то из них были бесполезными, другие становились началом цепочки других действий, а затем и событий, в конце концов приводивших к результату. Возникала обратная связь, когда жизнь «отвечала» на запрос, а со стороны часто казалось, что

В рабочем кабинете в Институте мозга человека РАН

человеку просто повезло, представилась счастливая возможность, подвернулся случай и т.д. Сама она решала сверхзадачи постоянно, на разных уровнях, и всегда принимала те вызовы, что ставила перед ней жизнь. Собственно, вся ее жизнь в науке и была постоянным решением сверхзадач, на привычном, стереотипном уровне она не работала никогда. Но этого ей было мало.

Однажды, идя по улице Некрасова, она увидела очередь из девушек и женщин с нотами в руках — ей было тогда около 30 лет, и она уже прочно утвердилась в науке. Оказалось, это очередь на прослушивание по пению в музыкальную школу им. Н.А. Римского-Корсакова, которую оканчивала Галина Вишневская. Попросила у кого-то ноты и тоже встала в очередь, и ее приняли. «У Натальи Петровны было ''немаленькое сопрано''», — говорила Катюша, преподаватель, которая в течение многих лет приходила к ней регулярно, несколько раз в неделю. Занявшись чем-то, она уже не бросала начатое, стараясь, насколько это было возможно, достичь профессионализма. Впоследствии обретенные навыки могли пригодиться в самый неожиданный момент. В самый глухой период застоя, в середине 1970-х гг., Бехтерева поехала в составе нашей делегации на международный

конгресс в Мюнхен. Вечером прием, а скорее «пивной ужин», все расслабились, веселятся, и только наша русская группа сидит тихо, все скованны, стесняются. И вдруг она поднимается, идет на сцену к микрофону и начинает петь. «Я потом пожалела об этом, — вспоминала она с привычным своим юмором, — очень испугалась за нашего куратора из КГБ, боялась, что у него прямо за ужином случится сердечный приступ».

В повседневной жизни, быту она была одновременно и нестандартна, и удивительно адекватна. Она могла говорить с любым человеком обо всем. У нее не было внутренних барьеров. Что можно придумать, чтобы сохранить семью приятельницы? У кого лучше получается борщ и почему («Мы с вами, Раечка, что-то не так делаем»)? Она любила готовить (даже не то что любила, а относилась к этому очень серьезно), и вместе с Раисой Васильевной они творили настоящие чудеса — солянку и щавелевый суп. Добротно и, как говорится, «на всю жизнь».

С возрастом ей становилось все труднее принимать гостей, но она так и не сумела отказаться от главного (после науки) своего удовольствия — общения с людьми. Круг их был очень широк: ее «крепость», квартира на Кронверкской, была городом в городе, Петербургом в Петербурге — и вовсе не из-за размеров, а благодаря мощной концентрации энергетики, образованной знаниями, глубиной познания, духовностью самой хозяйки и бывавших там людей. Причем часто эти люди могли быть совершенно несовместимыми друг с другом, но для каждого у нее находилась своя волна. Сначала ужин по-домашнему, на кухне, потом — чай в гостиной под «Венецианской свадьбой» (Италия, XVI в.). Это полотно знает, наверное, все тайны мира…

Часто перебирая в памяти расписание недели (ежедневником она не пользовалась), НП — так ее называли близкие — не могла найти свободного вечера.

«Завтра придут «мои гении»» *(два молодых политолога, создавшие нестандартную систему управления государством. — Примеч. ред.),* потом племянница — у нее проблемы с сыном, отец Геннадий — к его приезду мы давно готовились, Невзоров…» — и так до бесконечности.

Ну и, конечно, вне конкуренции было общение с ее молодыми ученицами-сотрудницами (главная четверка «девчонок» — Маша Старченко, Наташа Шемякина, Юля Бойцова и Жанна Нагорнова) — для домашних семинаров был выделен специальный день, четверг. Обсуждались и текущие рабочие дела, и новые книги, и жизнь. Однажды НП попалась книга писателя Анатолия Тосса «Американская история» — автор, живущий в США бывший ученый, написал захватывающий, драматичный роман о гениальности в науке и неизбежных жертвах, которые приходится ей приносить.«Это может научить науке лучше, чем все мои слова», — НП не успокоилась, пока все в лаборатории не прочли книгу.

«Они приходят ко мне и иногда говорят: “Мы не хотим вас задерживать”. А у меня ничего более интересного, чем разговор с ними, наверное, и быть не может. Потому что они сейчас реализуют то, что я придумала, и додумывают сами, мне интересно следить за их мыслью, мне интересно смотреть, что получается из того, что я придумала. Очень интересно посмотреть, что не получается. Мне казалось, что будет так, а оказывается иначе. Мне интересно понять, почему это иначе.... Мне вообще свойственно увлекаться людьми. Вот сейчас у меня, наверное, уже мое последнее поколение аспирантов <…>, а на столе лежит текст вступительного экзамена в аспирантуру к нам новой девочки. Но, боже мой, — какой текст! Я сейчас только начала его читать и все думаю: “Кому достанется такой бриллиант!” Ну, пока алмаз, скажем…».

(Н.П. Бехтерева)

В восьмидесятилетнем возрасте она освоила компьютер, научилась пользоваться Интернетом и электронной почтой. После этого сотрудники института потеряли покой, поскольку НП, имевшая бесплатный доступ к крупнейшим международным научным журналам, начала раз в неделю рассылать всем дайджест наиболее важных, с ее

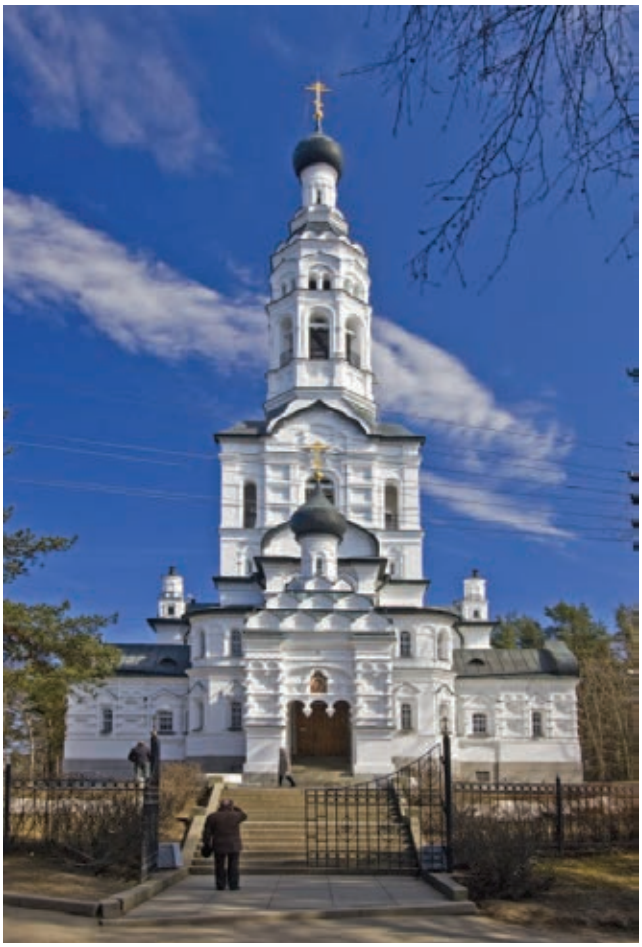
Любимый кот Тим был ее музой

точки зрения, статей со своими комментариями, оценками. Причем это касалось не только нейронаук, исследований мозга, но и генетики, молекулярной и клеточной биологии, даже информатики, — без этих знаний, по ее мнению, физиологи уже не могли работать. Она сама придумала себе эту новую обязанность и не пропускала ни одной недели. Если находила что-то особенно интересное (а работала она в основном в поздние часы), то просто не могла ждать до утра и звонила не только своим молодым аспирантам, но и всем, кому, с ее точки зрения, эта информация была необходима. «Вы читали в последнем номере *Nature* статью о последних исследованиях с микроРНК?» Сотрудник на другом конце провода отвечал, что это не его область и что он совершенно в этом не разбирается.

«Ничего, это очень просто. Я сейчас объясню, нам нужно знать лишь самое важное…»

…Когда мы смотрим на гигантов, то пытаемся найти, нащупать их корни. Современная наука предлагает в качестве объяснения формулу: генетика плюс окружающая среда, т.е. условия становления и жизни. Сама Наталья Петровна Бехтерева, которая очень много размышляла об этих вещах, добавляла в эту комбинацию еще одно ключевое звено — целеустремленность в реализации данного природой таланта и… что-то еще, что приходит из «Зазеркалья». Этим словом она обозначила пока не подвластные научному объяснению явления, свойства нашего мозга, позволяющие преодолеть установленные природой преграды. Ее собственная жизнь стала лучшей иллюстрацией этой выведенной ею формулы. ■

Подготовила Елена Кокурина



Храм Казанской иконы Божией Матери, Зеленогорск, Ленинградская область. Наталья Петровна часто бывала здесь.

ОБ АВТОРЕ

Елена Кокурина — научный журналист и писатель. Работала в «Общей газете», «Московских новостях», журналах «Русский *Newsweek*» и «В мире науки / *Scientific American*».

Сейчас занимается организацией международных исследовательских проектов в области биотехнологий, выступает координатором проекта «Регенерация дыхательных путей и легкого» гранта правительства РФ. Об этом повествует другая ее книга — «Мегагрант».

Книга «Наталья Бехтерева. Код жизни» названа в числе лауреатов конкурса Ассоциации книгоиздателей России «Лучшие книги года» (2015) в номинации «Лучшая книга мемуарно-биографического и историко-документального характера “Диалог со временем”».

Всё, всем, всегда доступно

Номера журнала за все годы читайте в любом удобном для вас формате

ПОДПИСКА

12 или 6 номеров журнала в год, рассказывающих о последних открытиях в мире науки, медицины и технологий

АРХИВЫ НА DVD

Более 360 номеров журнала и более 5000 статей для поиска нужной информации. 1983–2014 гг.

ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

Мгновенный доступ к текущему номеру и архиву с января 2012 г. с вашего iPad

www.sciam.ru/projects/dvd-electronic-catalogue

ежемесячный научно-информационный журнал SCIENTIFIC AMERICAN В мире науки

МАТЕРИАЛ ПРЕДОСТАВЛЕН НАШИМИ КОЛЛЕГАМИ ИЗ ЖУРНАЛА SCIENTIFIC AMERICAN MIND (ГЕРМАНИЯ)

ДОМАШНИЕ ЖИВОТНЫЕ

ЗАЧЕМ МЫ ИХ ЗАВОДИМ?

Мы заводим домашних питомцев потому, что у человека есть врожденный интерес к другим видам животных, но кроме того есть еще много социальных причин

Дейзи Юхас (Daisy Yuhas) — помощник редактора *Scientific American Mind.*

Когда мне исполнилось десять лет, мне подарили щенка. Я была потрясена и расплакалась от счастья. Сколько я себя помнила — всегда хотела собаку. На протяжении последующих 14 лет Хэппи, наш бигль, покорил сердца всех, кому довелось с ним общаться. Когда он умер, мы оплакивали его как близкого человека.

В Америке больше половины семей держат домашних животных в качестве компаньонов. И неважно, покрыты ли эти животные чешуей, шерстью, перьями или у них плавники вместо ног, люди обычно относятся к ним как к членам семьи. В 2014 г. американцы потратили на домашних животных $58 млрд и огромное количество времени.

Вот уже 50 лет психологи пытаются разобраться в причинах нашей привязанности к животным, понять, почему мы тратим столько сил, заботясь о них. В ходе этих исследований антрозоологи — специалисты, изучающие отношения человека с животными, — узнали много нового про человеческую социальность. Изучая наши отношения с животными, можно разобраться в том, как самоидентификация, воспитание, ощущение поддержки и привязанности влияют на отношения между людьми. Антрозоолог Паулин Беннетт (Pauleen Bennett) из Университета им. Ла Троба в Австралии считает, что эта область исследований относится к сфере человеческой психологии, поскольку животные удовлетворяют наши потребности в социальных связях.

Отчасти наш интерес к другим животным имеет врожденные причины; дети уже с раннего возраста интересуются животными

Хотя причины приобретения домашних животных могут различаться так же сильно, как золотистый ретривер отличается от золотых рыбок, ученые выделили некоторые наиболее частотные механизмы, связывающие людей с их питомцами. Определенные биологические и социальные факторы вызывают у нас неосознанную потребность завести животное. Кроме того, эмоциональная связь с домашним питомцем снижает у людей уровень стресса и вносит разнообразие в их жизнь. Чем больше мы узнаем о наших домашних животных, тем лучше сможем разобраться в том, что такое человеческая привязанность.

Врожденная потребность?

Отчасти наша потребность в общении с животными имеет врожденные причины. В 2013 г. психолог Ванесса Лобью (Vanessa LoBue) из Ратгерского университета вместе с коллегами показала, что если малышам в возрасте одного-трех лет предоставить выбор, они предпочитают больше времени проводить во взаимодействии с живыми животными — рыбками, хомяками, змеями, пауками или гекконами, — чем с неживыми игрушками.

У людей даже есть специализированные нервные клетки, которые избирательно реагируют на живых животных. В Алленовском институте исследований головного мозга в Сиэтле работает группа исследователей под руководством Кристофа Коха (Christof Koch), который также выступает консультантом в журнале *Scientific American Mind*. В миндалине — зоне мозга, отвечающей за эмоции, — эти ученые в 2011 г. нашли нейроны, которые реагируют преимущественно на изображения животных. Таким образом, становится понятна нейронная основа мощной эмоциональной реакции, которую вызывают у нас животные.

По-видимому, многие животные привлекают внимание людей своей милой мордочкой, вызывая у них родительские чувства. Ученые, изучающие поведение, давно заметили, что у людей, по-видимому, есть врожденная положительная реакция на черты, характерные для человеческих младенцев: большие глаза, широкий лоб и увеличенные пропорции головы по отношению к телу.

Чтобы понять, как влияют на людей милые детские черты, психолог Хироши Ниттоно (Hiroshi Nittono) со своими коллегами из Университета Хиросимы провел серию экспериментов, результаты которых были опубликованы в 2012 г. В исследовании участвовали 132 студента, они должны были находить определенную цифру среди других цифр или с помощью пинцета вынимать маленькие объекты из отверстий. Потом участникам показывали серию фотографий и затем снова повторяли задание на внимательность или ловкость.

Оказалось, что у студентов, которые рассматривали фотографии взрослых животных или пищи, то есть того, что оценивалось как приятное, но не вызывающее умиления, качество выполнения задания не улучшилось. А те студенты, которым показали фотографии детенышей животных, во второй раз выполнили оба задания лучше. Это значит, что изображение детеныша заставляет сосредоточиться и действовать аккуратнее. Можно предположить, что люди настраиваются на присутствие младенца, которому может потребоваться бережная забота. Очевидно, детеныши животных и человеческие младенцы вызывают у нас одни и те же инстинктивные реакции.

Биолог Эдвард Осборн Уилсон (E.O. Wilson) считал, что наш интерес к животным проистекает из того, что он называл «биофилией», т.е. из врожденной склонности сосредоточиваться на живом и процессах, имеющих отношение к жизни; и современные открытия говорят в пользу этой идеи.

Должно быть, люди держат самых разных животных — от тарантулов до саламандр — потому, что их привлекают все живые существа.

Тем не менее Уилсон признавал, что наш интерес к животным зависит от общественных традиций и личного опыта. Например, собаки пользуются популярностью во многих западных странах, но считаются нечистыми в традиционных исламских обществах. Психолог Гарольд Херцог (Harold A. Herzog) из Западно-Каролинского университета утверждает, что именно среда определяет то, каких животных люди заводят. В 2013 г. Херцог с коллегами опубликовали статью, в которой при помощи записей Американского клуба собаководства проанализировали колебания популярности пород собак с 1926 по 2005 г. Они не обнаружили никакой связи популярности породы со здоровьем, долголетием или поведенческими особенностями, такими как агрессивность или хорошая дрессируемость. Изменения популярности были резкими и походили на колебания моды. В 2014 г. Херцог с двумя соавторами показали, что фильмы с участием собаки конкретной породы создают популярность этой породе на срок до десяти лет. За десять лет, предшествовавшие выходу фильма «Невероятное путешествие» с лабрадором в главной роли, в Американском кинологическом клубе в год регистрировали в среднем 452 лабрадора; в течение десяти лет после выхода фильма их число в среднем составляло 2223 в год.

Херцог считает, что и других животных люди могут заводить просто потому, что их завел кто-то еще, таким образом проявляется наша склонность подражать окружающим. В качестве примеров он приводит кратковременное увлечение черепахами в США, декоративными карпами в Японии и то, что он в шутку назвал «эпидемией ирландских сеттеров».

По мнению ряда ученых, животные вызывают у нас умиление потому, что некоторые особенности их внешности, например большие глаза и плавные очертания морды, похожи на черты человеческого младенца

Люди лучше справлялись с заданиями, при выполнении которых требовались внимательность и аккуратность, после того как им показали фотографии милых звериных детенышей

Полезные друзья

Но даже если подражание влияет на выбор животного, большинство людей заводят питомца для того, чтобы с ним общаться. И это настоящая дружба, несмотря на наличие финансовых затрат. Некоторые чувства человека к животным переживаются так же, как и чувства к другим людям. Лори Пелли (Lori Palley) из ветеринарного отдела Массачусетской клинической больницы вместе с коллегами в 2014 г. опубликовала результаты исследования, в котором с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии оценивали активность мозга 14 матерей, когда они смотрели на фотографии своих детей или собак или же на фотографии чужих детей и собак. Оказалось, что мозг женщин очень схоже реагирует на фотографии своих детей или собак и совсем иначе — на чужих. Это значит, что материнские чувства возникают и по отношению к животным. Следовательно, домашнее животное помогает людям удовлетворить их потребность заботиться о малыше.

Питомцы могут играть и другую роль, успокаивая и создавая ощущение безопасности. В 1960-х гг. детский психолог из Йешива-университета Борис Левинсон (Boris Levinson) заметил, что когда он брал на занятия своего пса Джингла, сложные, замкнутые дети становились разговорчивыми и позитивно воспринимали психотерапию. После того как было сделано это наблюдение, ученые стали выяснять, могут ли домашние питомцы улучшать состояние своих владельцев. В 1980 г. биолог Эрика Фридман (Erika Friedmann) из Пенсильванского университета показала, что владельцы животных чаще выживают в течение года после сердечного приступа, чем люди, не имевшие животных, — возможно, потому что

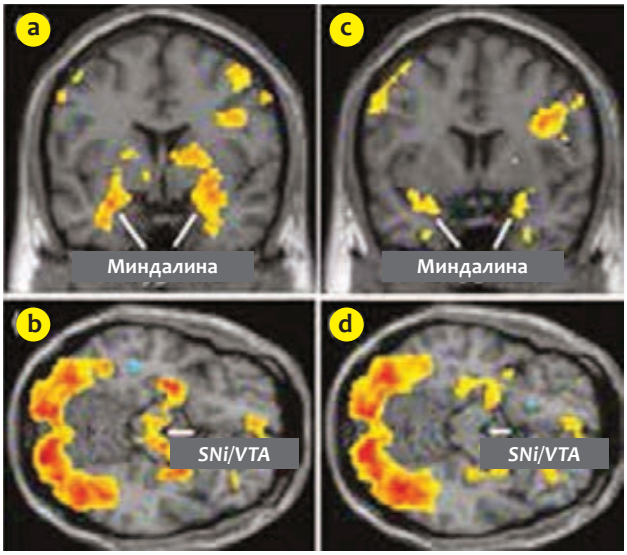
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Человек заводит животных и потому, что они вызывают у него умиление, и потому, что следует культурным традициям.
- В общении с животным человек может черпать мощную социальную поддержку, но это зависит от того, насколько сильна привязанность между владельцем и питомцем.
- Владельцы считают, что животные делают их жизнь счастливее и придают ей смысл.

животные могут способствовать снижению стресса у хозяев. Когда эти работы попытались повторить, результаты получались неоднозначные, а «пет-терапию», которая благодаря Левинсону получила интенсивное развитие, критиковали, утверждая, что оценки ее эффективности в лечении психологических проблем сильно завышены.

Тем не менее некоторые люди могут получать психологическую поддержку от своих животных и именно поэтому их держат. В 2012 г. психолог Сигал Зилча-Мано (Sigal Zilcha-Mano), работавшая тогда в Школе психологии Междисциплинарного центра в Герцлии, вместе с коллегами опубликовала работу, в которой 285 владельцев кошек и собак ответили на вопросы, касающиеся эмоциональной связи с домашними животными. Потом 120 участникам предложили пройти сложный тест и, чтобы оценить силу стресса, регистрировали, как у них повышалось кровяное давление. Оказалось, что те владельцы, которые во время теста были со своими питомцами или думали о них перед тестом, испытали меньший стресс. Однако сила такой поддержки зависит от того, насколько хозяин привязан к животному. Чем сильнее связь владельца с питомцем, тем большую эмоциональную поддержку он от него получает.

По-видимому, сила привязанности между животными и людьми зависит и от некоторых гормонов. В 2012 г. биолог Линда Хэндлин (Linda Handlin) из Университета Шевде вместе с коллегами опубликовала работу, в которой они измеряли уровень окситоцина (гормона, отвечающего за привязанность) и кортизола (гормона, связанного со стрессом) у десяти женщин — владелиц лабрадоров, а затем оценивали, как эти данные соотносятся с тем, что владельцы говорят о своих отношениях с собакой. Хозяева, у которых отмечался высокий уровень окситоцина и низкий — кортизола, как правило, сильнее связаны со своим питомцем. Например, у тех, кто часто целует свою собаку, содержание окситоцина было выше, а у женщин, которые говорили, что со страхом думают о том, что их собака может умереть, уровень кортизола был ниже, возможно потому, что собаки помогали им снизить стресс.



В исследованиях, проведенных в Массачусетской клинической больнице, наблюдалась активность в одних и тех же областях мозга, и в том числе в миндалине, когда женщины смотрели на своих детей (a, b) и на собак (c, d). Однако совпадение было не полное. Некоторые области среднего мозга, а именно черная субстанция и вентральная покрышка (SNi/VTA), были активны, только когда матери смотрели на детей.

Оказалось, что у людей, которые часто целуют свою собаку, выше содержание окситоцина — гормона, обеспечивающего привязанность

Наличие у человека социальных проблем может способствовать усилению привязанности к животному. В 2012 г. психолог Андреа Битз (Andrea Beetz) из Ростокского университета в Германии и ее коллеги попросили 47 мальчиков в возрасте 7–11 лет, у которых были трудности с формированием привязанности к другим людям, рассказать историю группе незнакомых взрослых, а затем пройти тест по математике. При этом 24 ребенка были с собаками, десять в сопровождении доброжелательного взрослого, а оставшиеся — с игрушечной собачкой. Оказалось, что самый низкий уровень кортизола был у детей, которых сопровождала живая собака, а самый высокий — у тех, кого сопровождал человек. Вероятно, присутствие человека заставляло ребенка нервничать сильнее. Кроме того, у тех детей, которые гладили сопровождавшую их собаку, уровень стресса, оценивающийся по содержанию кортизола в слюне, был ниже. Это значит, что коммуникация с животным может защищать от стресса тех, кому сложно общаться с людьми. Битз говорит, что взаимодействовать с животными может быть намного проще, чем с людьми, поскольку они быстрее прощают, не спорят и их легче обнять.

Проделки животных

Однако домашние любимцы не только заменяют одиноким людям близкого человека. Многие владельцы, не имеющие никаких проблем с общением, тем не менее получают от наличия питомца много психологических преимуществ. В 2012 г. Беннетт рассказала о предварительных данных, полученных студентом-психологом из Университета Монаша Джорданом Шааном (Jordan Schaan),

FROM: "PATTERNS OF BRAIN ACTIVATION WHEN MOTHERS VIEW THEIR OWN CHILD AND DOG: AN FMRI STUDY," BY LUKE E. STOECKEL ET AL., IN PLOS ONE, VOL. 9, NO. 10, ARTICLE NO. E107205; OCTOBER 3, 2014

который опрашивал 37 владельцев собак, успешных в профессиональной и личной жизни и сильно привязанных к своим животным. (Эти люди имели образование, средства и были удовлетворены имеющимися романтическими отношениями.) Отвечая, что хорошего они получают от собаки, владельцы упоминали смешные проделки питомца, чувство ответственности за благополучие другого существа, новый опыт и новые отношения: щенок может быть, например, прекрасным поводом познакомиться с соседями.

Кроме того, многие владельцы домашних животных рассказали, что питомцы помогают им вести более простой и здоровый образ жизни. Беннетт и Шаан обнаружили, что успешные люди, которых они исследовали, относятся к собакам как к партнерам, с которыми можно выстроить идеальные отношения. Люди понимают, что собаки дают им безусловную любовь и всегда прощают, тогда как человеческие существа чаще расстраивают друг друга. Беннет говорит: «В животных есть что-то очень настоящее и честное, чего нам так не хватает в отношениях с людьми».

Беннетт и другие антрозоологи признают, что владельцы проецируют некоторые свои особенности на животных. Хозяин может «прочесть» в поведении питомца что-то свое, что совсем не соответствует намерениям животного. Однако такие проекции очень интересны для психологии: в них проявляются наши собственные социальные потребности и желания. Отношение к животным дает очень любопытный материал для изучения человеческой эмпатии, заботы и даже принятия решений. Это особенно ценно, если учесть, насколько разными бывают питомцы и как сильно они отличаются от нас.

Исследования взаимоотношений человека с домашними животными еще только начинаются. Но без них невозможно понять весь спектр человеческих отношений и переживаний. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Pets in the Family: An Evolutionary Perspective. James A. Serpell and Elizabeth S. Paul in The Oxford Handbook of Evolutionary Family Psychology. Edited by Todd K. Shackelford and Catherine A. Salmon. Oxford University Press, 2011.

■ Biology, Culture, and the Origins of Pet-Keeping. Harold A. Herzog in Animal Behavior and Cognition, Vol. 1, No. 3, pages 269–308; August 2014.

■ Toward a Psychology of Human-Animal Relations. Catherine E. Amiot and Brock Bastian in Psychological Bulletin, Vol. 141, No. 1, pages 6–47; January 2015.

■ Can Animals Aid Therapy? Scott O. Lilienfeld and Hal Arkowitz, Facts and Fictions in Mental Health; SA Mind, June/July 2008.

■ The Social Genius of Animals. Katherine Harmon; SA Mind, November/December 2012.

СКАЖИ МНЕ, КТО ТВОЙ ПИТОМЕЦ, И Я СКАЖУ, КТО ТЫ

Существует ли типичный кошатник или змеевладелец? Пока непонятно

Карен Шрок Симринг

Большинство из нас считают, что по нашим питомцам можно многое сказать о нас самих: иначе зачем мы размещаем их фотографии на своих футболках и в социальных сетях? Некоторые ученые действительно пытаются выяснить, можно ли судить о нашей личности, убеждениях или образе жизни по тому, какое животное мы выбрали. Мы обобщили имеющиеся исследования и показали самые интересные моменты с помощью инфографики.

В США чаще всего домашних животных заводят:

Семьи
В том числе пары с детьми или без детей; неженатые мужчины или женщины, живущие с детьми или другими родственниками

Семьи из пяти и более человек

Люди, работающие полный рабочий день

Люди с высоким уровнем социальности и эмпатии***

Люди, у которых есть свой собственный дом

Люди, живущие в юго-восточной области США
(Алабама, Кентукки, Миссисипи и Теннесси)

Пять штатов, в которых самый высокий процент людей, держащих животных:
Вермонт (70,8%), Нью-Мексико (67,6%), Южная Дакота (65,6%), Орегон (63,6%), Мэн (62,9%).

Забавная статистика: независимо от того, какой у вас питомец, в восьми из десяти случаев о нем заботится женщина

Люди, которые чаще всего домашних животных не заводят:

Имеют ученую степень

Живут в городских районах

Ценят чистоту и аккуратность в доме***

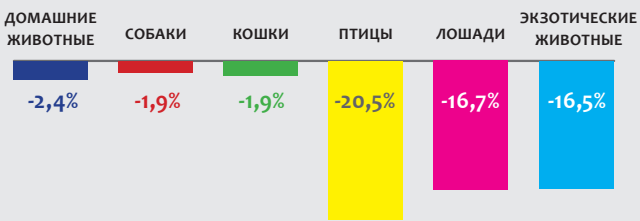
Считают себя независимыми

Живут в среднеатлантических штатах
(Нью-Йорк, Нью-Джерси, Пенсильвания)

Пять штатов, где самый низкий процент людей, держащих животных:
Массачусетс (50,4%), Нью-Йорк (50,6%), Нью-Джерси (50,7%), Юта (51,2%), Небраска (51,3%).

Число владельцев домашних животных снижается

С 2006 г. на 2,4% снизилось количество владельцев домашних животных, специалисты считают, что в этом виноват экономический кризис.



*** По данным из научной статьи

ЧТО МОЖНО СКАЗАТЬ О ВАС, ГЛЯДЯ НА ВАШЕГО ПИТОМЦА

ВЛАДЕЛЬЦЫ СОБАК ЧАЩЕ:

Занимают руководящие должности
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ)

Живут вместе с другими членами семьи
(ПО СРАВНЕНИЮ С ДРУГИМИ ЛЮДЬМИ)

Не имеют высшего образования
(ПО СРАВНЕНИЮ С ТЕМИ, КТО НЕ ДЕРЖИТ СОБАК)

Работают профессором, медсестрой, специалистом в области информационных технологий, профессиональным военным или ведущим развлекательных программ
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ, КОТОРЫЕ ТОЖЕ РАБОТАЮТ ВЕСЬ ДЕНЬ)

Считают своих питомцев членами семьи
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ)

Экстраверты, покладистые и добросовестные***
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ КОШЕК)

Берут питомца из приюта
(ПО СРАВНЕНИЮ С ДРУГИМИ ИСТОЧНИКАМИ)

Живут в штатах Арканзас, Нью-Мексико, Кентукки, Миссури или Западная Виргиния
(ПО ДАННЫМ О МЕСТЕ ЖИТЕЛЬСТВА ВЛАДЕЛЬЦА)

ВЛАДЕЛЬЦЫ КОШЕК ЧАЩЕ:

Разведены, вдовцы или живут отдельно
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ)

Живут в квартире
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ)

Более невротичны и ищут новых впечатлений***
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ СОБАК)

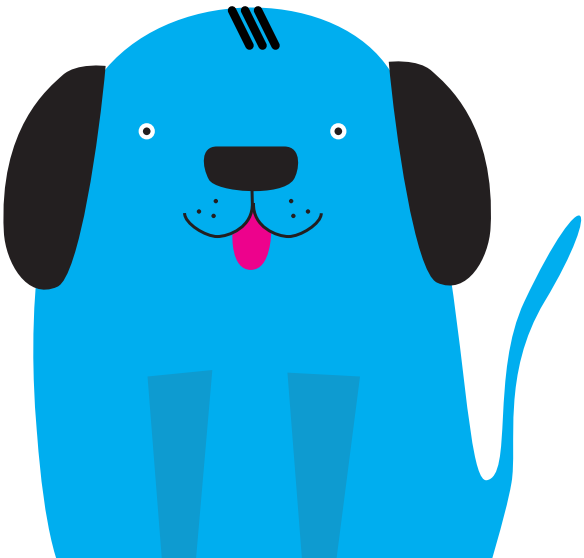
Имеют высшее образование***
(ПО СРАВНЕНИЮ С ТЕМИ, КТО НЕ ДЕРЖИТ КОШЕК)

Менее склонны к доминированию***
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ)

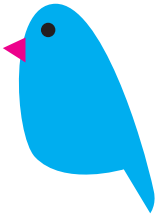
Живут в штатах Вермонт, Мэн, Орегон, Южная Дакота или Вашингтон
(ПО ДАННЫМ О МЕСТЕ ЖИТЕЛЬСТВА ВЛАДЕЛЬЦА)

Работают врачами, агентами по продаже недвижимости, лаборантами в научном или медицинском учреждении, операторами у станка или сиделками
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ, ТОЖЕ РАБОТАЮЩИМИ ЦЕЛЫЙ ДЕНЬ)

СРЕДИ ХОЗЯЕВ КРОЛИКОВ ЧАЩЕ ВСТРЕЧАЮТСЯ ИНТРОВЕРТЫ И НЕВРОТИКИ, ЧЕМ СРЕДИ ХОЗЯЕВ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ, ПО КРАЙНЕЙ МЕРЕ ПО ДАННЫМ ОДНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ***



*** По данным из научной статьи



ХОЗЯЕВА ПТИЦ ЧАЩЕ:

Бывают безработными
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ)

Считают себя вежливыми и заботливыми
(ПО СРАВНЕНИЮ С ХОЗЯЕВАМИ ЛОШАДЕЙ, ЧЕРЕПАХ И ЗМЕЙ)

Живут ближе к западному побережью (Калифорния, Орегон, Вашингтон и Невада)
(ПО ДАННЫМ О МЕСТЕ ЖИТЕЛЬСТВА ВЛАДЕЛЬЦА)

Женщины склонны к доминированию

Социально открыты и экспрессивны
(ПО СРАВНЕНИЮ С ХОЗЯЕВАМИ ЛОШАДЕЙ, ЧЕРЕПАХ И ЗМЕЙ)

ХОЗЯЕВА ЛОШАДЕЙ ЧАЩЕ:

Имеют ученую степень
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ)

Более настойчивые и замкнутые, менее добросердечные и воспитанные
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ЧЕРЕПАХ, ЗМЕЙ И ПТИЦ)

Мужчины агрессивны и склонны к доминированию, женщины не агрессивны и добродушны
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ЧЕРЕПАХ, ЗМЕЙ И ПТИЦ)

Имеют свой дом
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ)

Живут в штатах Техас, Оклахома, Арканзас или Луизиана
(ПО ДАННЫМ О МЕСТЕ ЖИТЕЛЬСТВА ВЛАДЕЛЬЦА)

Живут в сельской местности
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ)

Состоят в браке
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ)

ХОЗЯЕВА ХЛАДНОКРОВНЫХ ЭКЗОТИЧЕСКИХ ЖИВОТНЫХ:

Мужчины значительно менее любезны, чем женщины или те мужчины, которые держат обычных животных.

Женщины гораздо более открыты для новых впечатлений, чем мужчины или те женщины, которые держат обычных животных.

Хозяева змей к тому же чаще...

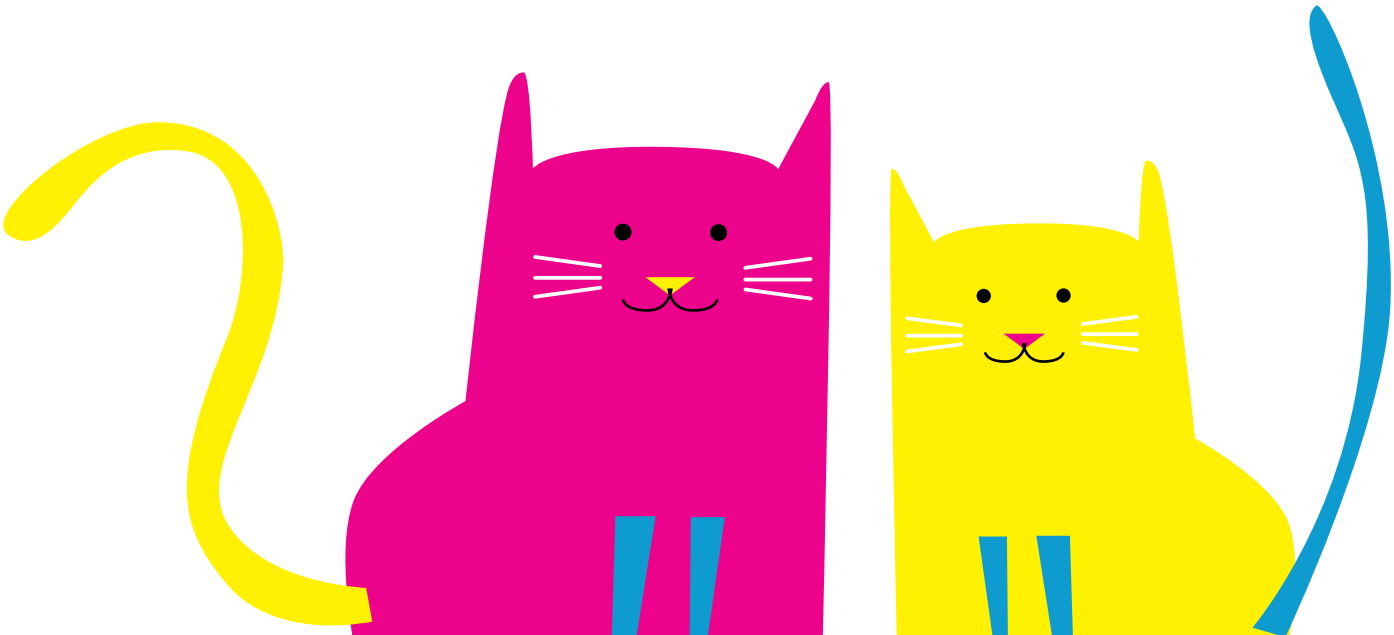
Считают себя более расслабленными и непредсказуемыми
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ЛОШАДЕЙ, ЧЕРЕПАХ И ПТИЦ)

Менее традиционны и сильнее стремятся к новизне
(ПО СРАВНЕНИЮ С ХОЗЯЕВАМИ ЛОШАДЕЙ, ЧЕРЕПАХ И ПТИЦ)

Хозяева черепах чаще...

Трудолюбивые, надежные и преуспевающие
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ЛОШАДЕЙ, ЗМЕЙ И ПТИЦ)

Считают себя более здравомыслящими и целеустремленными
(ПО СРАВНЕНИЮ С ВЛАДЕЛЬЦАМИ ЛОШАДЕЙ, ЗМЕЙ И ПТИЦ)



А теперь несколько слов от наших читателей

Перед тем как написать эту статью, мы спросили читателей *Scientific American Mind*, каких домашних животных они предпочитают. Более 2 тыс. человек откликнулись и приняли участие в нашем интернет-опросе, и некоторые результаты довольно сильно отличаются от данных, приведенных на предыдущих страницах.

Наш опрос подтвердил то, что уже было известно благодаря другим исследованиям: мы заводим тех животных, которые отражают то, как мы себя воспринимаем. Например, если мужчина хочет выглядеть круто, он может завести собаку, которая поможет ему создать этот образ. Некоторые люди с гордостью держат кролика или пуделя потому, что это их семейная традиция. Кто-то может держать менее популярных животных, таких как пауки или змеи, считая, что люди не понимают его так же, как не понимают и его питомцев.

Мы привели некоторые интересные данные о том, как описывают себя наши читатели, держащие более одного типа домашних животных. Мы также поместили несколько примеров из сотен ярких ответов, которые мы получили, задав вопрос: «Что делает вас собачником, кошатником, ни тем и ни другим или обоими одновременно?» Другие результаты этого исследования см. по адресу: *www.ScientificAmerican.com/Mind/pet-survey*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ХОЗЯЕВА ЗМЕЙ по сравнению с владельцами других животных, описывая себя, чаще говорили про «чистоту и аккуратность» и, как это ни удивительно, считали своих питомцев «членами семьи».

ВЛАДЕЛЬЦЫ РЫБОК называли себя спокойными и эмоционально устойчивыми.

ВЛАДЕЛЬЦЫ КРОЛИКОВ описывали себя как теплых, отзывчивых людей, открытых для новых впечатлений.

ХОЗЯЕВА ЛОШАДЕЙ считали себя надежными и ответственными.

ВЛАДЕЛЬЦЫ ХОМЯЧКОВ чаще имели ученую степень.

ОБЛАДАТЕЛИ МОРСКИХ СВИНОК наименее склонны считать себя экстравертами.

ХОЗЯЕВА НЕОБЫЧНЫХ ЖИВОТНЫХ обычно содержат целый зверинец. Например, более половины хозяев среди тех, у кого есть хорек, держат шесть и более животных. А владельцы собак, наоборот, чаще держат всего одно животное.

БОЛЕЕ ПОЛОВИНЫ ВЛАДЕЛЬЦЕВ КОШЕК любят и кошек, и собак. Но хозяева собак чаще любят только собак.

Помимо 12 популярных видов домашних животных, о которых мы спрашивали, участники нашего опроса сообщили, что держат огромное количество разных видов, начиная от цыплят и заканчивая экзотическими насекомыми и сахарной сумчатой летягой, которая относится к поссумам.

«Я начинала как собачница. Через некоторое время кошка исправила это недоразумение»

«Собаки как живые Будды — сочувствующие создания, живущие только настоящим»

«Меня поражает, насколько кошки дикие, они живут в соответствии со своими инстинктами»

«Даже булыжник в коробке — тоже член семьи. У нас нет дискриминации»

«У меня кошка и собака, каждая из них занимает свое место в моей душе»

«Когда вам наконец удается победить кошку, это того стоит»

«Каждой одинокой маме нужна огромная медведеподобная собака-защитник, которая может напугать кого угодно и любит обниматься»

«У меня посттравматический стрессовый синдром. Кошки помогают мне справиться с повышенной тревожностью, потому что они первыми реагируют на такие вещи. Когда я их глажу, я прихожу в умиротворенное состояние»

«Большинству людей нужны и кошки, и собаки»

В современной фауне насчитывают всего 27 видов осетровых, но, по-видимому, уже и эта цифра завышена

РОВЕСНИКИ ДИНОЗАВРОВ ЖДУТ СПАСЕНИЯ

Осетровые рыбы, на свою беду пользовавшиеся во все времена большим успехом на столах у гурманов всего света, находятся сейчас под угрозой уничтожения

О видах рыб, которые в самое ближайшее время могут быть полностью истреблены человеком, рассказывает **Николай Сергеевич Мюге**, заведующий лабораторией молекулярной генетики ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии.

— Осетровые — это очень древняя группа рыб. Но ведь их ареал до недавних времен был весьма широк?

— Да, по своей морфологии эти рыбы не менялись со времен динозавров. Осетровых никогда не перепутаешь с другими рыбами. Многие из них — рекордсмены размеров, но при этом их позвоночник состоит из хряща, а развитие икры больше напоминает развитие икринок лягушки, чем других рыб. В современной фауне насчитывают всего 27 видов осетровых, но, по-видимому, уже и эта цифра завышена.

В России основным местом обитания осетровых всегда были Азово-Черноморский и Каспийский бассейны. Есть осетровые и в реках Сибири. И совершенно особая группа осетровых обитала в бассейне Аральского моря.

— На рынках во многих городах можно без проблем купить икру и осетрину. Правда, на вопрос о происхождении товара многие продавцы предпочитают отмалчиваться.

— Конечно. Ведь больше чем наполовину то, что лежит на прилавках рынков, — продукция браконьерства. Каспийские осетровые начали катастрофически падать в численности с начала 90-х гг. в связи с расцветом браконьерства. Свою роль сыграли и провалы в работе осетровых заводов, которые тогда находились не в лучшем состоянии. Плюс, конечно, нарушения среды обитания при работах нефтяников на шельфе Каспия — основной зоне откорма осетров. Большой неприятностью для каспийских осетров стало вселение в начале 2000-х гг. гребневика мнемиопсиса, который просто съел каспийский планктон, вызвав колоссальные нарушения в пищевых цепях. Управы на этого вселенца до сих пор не нашлось. В Черном море десятью годами ранее была та же ситуация, но туда из Средиземного моря вслед за мнемиопсисом пришел другой хищный гребневик — берое. Про берое известно, что он с удовольствием питается мнемиопсисом. Он его успешно там съел, доведя экосистему Черного моря до какого-то баланса. А в Каспии гребневику берое не нравится низкая соленость, чем мнемиопсис и пользуется. Так что проблема остается.

Во всех странах Каспийского региона сейчас запрещен промышленный лов осетровых. Если они «провалятся» за критическую численность, мы можем потерять их так же, как уже потеряли другие виды.

— А что происходит в бассейне Аральского моря?

— Печальная судьба этого моря хорошо известна. Великая среднеазиатская река Амударья теряется в песках, не дотекая до пересыхающего Аральского моря. Река Сырдарья дотекает до Арала и сейчас. Казахстан построил дамбу, позволившую сохранить часть моря, называемую теперь Малый Арал. В Аральском море когда-то обитал удивительный осетр под названием шип, который обитал еще и в Каспийском и в Черном морях. А во впадающих в Аральское море реках водились небольшие осетры длиной всего 20–25 см, плоские, с очень маленькими глазками, с интересной формы головой, напоминающей узкую лопату. В Сырдарье жил сырдарьинский лжелопатонос, а в Амударье известны два вида — большой амударьинский и малый амударьинский лжелопатоносы. Такой выразительный облик обусловлен тем, что это создание держится вблизи самого дна, в очень мутной воде. Вода этих двух азиатских рек коричневого цвета, и видимость в ней нулевая. Лопатоносы держатся в струях течения и ловят все, что к ним приплывает. Видимо, такая форма тела и головы нужна для того, чтобы с наименьшими энергозатратами находиться у дна на течении. А чтобы

Знаменитый амударьинский лжелопатонос — совсем небольшого размера; эти рыбы содержатся в аквариумах Хорезмской академии Мамуна в Хиве (Узбекистан)

вовремя почувствовать хищника, который может приблизиться сзади, у них на хвостах есть длинная тонкая чувствительная нить длиной с размер тела. Она стелется по течению и улавливает любое движение позади лопатоноса. Лопатоносы — единственные среди осетровых, у кого есть такая нить. Атака хищника может лишить лопатоноса этого украшения, но зато сам он останется жив. К слову, врагов-хищников у них немного. В этих реках встречаются крупные сомы, и еще к ним при советской власти завезли щук, которым местные жители, никогда щук не знавшие, придумали новое имя и называют «утконосами».

— Что за странное название — «лжелопатонос»?

— В Северной Америке в мутных реках, впадающих в Мексиканский залив, обитают рыбы, которых ученые описали раньше и назвали лопатоносами. Поначалу американских лопатоносов и азиатских лжелопатоносов записали в одно семейство благодаря их несомненному морфологическому сходству. Однако генетический анализ показал, что это сходство обусловлено конвергенцией — развитием у разных систематических групп похожих признаков в сходных условиях окружающей среды. Как показали данные исследования ДНК, амударьинский лжелопатонос — ближайший родственник севрюги. Когда-то, когда Аральское море соединялось с Каспийским и у них была общая фауна осетровых, предки лжелопатоносов из моря переселились в Сырдарью и Амударью и сформировались вот такие удивительные создания — шутка эволюции. Так что приставка «лже-» в названии дана систематиками, чтобы отличать уроженцев Азии от другого рода — американских лопатоносов.

Весной 2015 г. экспедиция ВНИРО на реку Урал занималась поисками ранее неизвестных естественных нерестилищ каспийских осетров

Когда Аральское море стало исчезать, первым вымер аральский шип. Но его успели вселить в озеро Балхаш и акклиматизировать там. Балхашская популяция аральского шипа пока еще существует

— Известно ли, каково современное состояние их популяций? Их тоже съели?

— Браконьерам лжелопатоносы никогда не были особенно интересны. Сама рыба небольшая, и икры в ней очень мало. Местное население их ловило иногда, причем в том числе и потому, что существовало интересное поверье: если женщина не может зачать ребенка, она непременно должна съесть эту необычную рыбу. Главная же причина — деградация местообитаний, высыхание Аральского моря, обмеление и загрязнение пестицидами питающих его рек.

Когда Аральское море стало исчезать, первым вымер аральский шип. Но огромная удача — то, что его успели вселить в озеро Балхаш и акклиматизировать там. Балхашская популяция аральского шипа пока еще существует.

А лжелопатоносы... Начиная с 1960-х гг. никто не описывает в научной литературе встреч сырдарьинского лжелопатоноса. Специалисты считают этот вид исчезнувшим. Два года назад у нас была экспедиция, совместная с казахскими учеными. Мы проехали вдоль Сырдарьи, от Аральска до границы Узбекистана, заезжали в Кызылкум, куда уходят каналы, построенные в советское

время для орошения. Опрашивали местных жителей, и старики отвечали: «В детстве видели». А молодежь пожимала плечами. Правда, есть один участок реки, где несколько человек рассказали, что недавно встречали такую рыбу. Это вселяет надежду, что еще есть шансы спасти этот вид от полного вымирания.

— А как обстоят дела с амударьинским лжелопатоносом?

— Совместная с американцами экспедиция нашла его в среднем течении Амударьи в конце 1990-х гг. на территории Туркменистана. Оттуда даже были привезены образцы для генетического анализа. Но проводить исследования на территории Туркменистана сейчас достаточно проблематично.

В последние годы группа ихтиологов под руководством московского энтузиаста Алексея Черняка искала амударьинского лжелопатоноса еще в Таджикистане на реке Вахш, и с помощью местных жителей они его там нашли. В прошлом году в Хиве на базе Хорезмской академии Мамуна (научного заведения, расположенного в Хиве и считающего себя продолжателем знаменитейшей арабской школы IX–X вв.) были поставлены баки для воды, в которые заселили пойманных лжелопатоносов. Эти рыбы успешно перезимовали в условиях неволи. Теперь специалисты пытаются размножить их в искусственных условиях, используя методы размножения осетровых, разработанные для других видов. Насколько мне известно, успехом это пока не увенчалось. В 70-х гг. этих рыб пытались размножить в Московском зоопарке и тоже безуспешно. Стабильное разведение в неволе, введение в аквакультуру — залог сохранения этого вида от вымирания.

— Печальная картина. А как обстоят дела с другими видами осетровых?

— Есть еще три вида осетровых, которые находятся на грани полного вымирания. Это шип, который, вероятно, полностью исчез как вид в Черном и Азовском морях, а есть ли он еще в Каспийском море — вопрос. В этом году два шипа чудесным образом пришли в реку Урал на нерест, их удалось поймать и поселить на осетровом рыборазводном заводе в Атырау. Оба оказались самцами. На основе этих особей есть надежда сделать искусственное доместицированное стадо, если в ближайшие год-два будет поймана и самка. Видимо, этот вид мы теряем, потому что ни один осетровый завод его сейчас не размножает и не выпускает молодь в естественную среду, как делают это для осетра, севрюги и белуги. А численность природной популяции шипа столь мала, что вряд ли две особи разного пола смогут встретиться на одном нерестилище и оставить потомство.

Еще один вид — атлантический осетр, который в прежние времена заходил в Ладожское озеро и даже доходил на нерест по Черному морю до Грузии. Этот вид практически исчез в природе, есть только несколько особей во Франции, и попытки французских ихтиологов размножить эту рыбу пока безуспешны.

Третий вид, который мы сейчас теряем, — это сахалинский осетр, который пока ловится в количестве одной-двух особей в год всего на одной небольшой речке, впадающей в Охотское море. И больше его никто нигде не видел за последние несколько десятилетий, хотя раньше этот вид был обычен в районе Сахалина и Японии.

Атлантический осетр практически исчез в природе. Есть только несколько особей во Франции, и попытки французских ихтиологов размножить эту рыбу пока безуспешны

— Есть ли какой-то выход из сложившейся ситуации?

— Исчезающие виды может спасти искусственное разведение, аквакультура. Но сохранение природных популяций — задача гораздо более сложная. Надо сказать, что в какой-то момент в Америке существовала та же проблема, что и у нас. Осетровые исчезали повсеместно. У них была создана большая национальная программа по восстановлению озерного осетра. И им это удалось вплоть до того, что эта рыба сейчас разрешена к спортивной рыбалке в Великих озерах.

И, конечно, необходимо, чтобы ни на рынках, ни в магазинах не было места нелегальной продукции браконьерства. Все должно быть сертифицировано, иметь четко определенное происхождение из хозяйств, где разводят товарную рыбу. Необходимо ввести систему маркировки икры на внутреннем рынке, аналогичную той, что установлена конвенцией *CITES* для перевозки икры через границы. Технологии сейчас это вполне позволяют. В спорных случаях можно привлекать генетический анализ. Тогда каждый участник рынка будет точно знать, кто производитель той или иной партии икры или осетрины. Если этого не сделать, государство и дальше будет безуспешно бороться с браконьерами, чья продукция востребована на рынке, а ученые продолжат вновь и вновь подсчитывать потери в живом мире. ■

Беседовала Екатерина Головина

Хотите знать о науке больше?

Полный архив выпусков журнала «В мире науки» — на сайте издания по адресу: www.sciam.ru/projects/dvd-electronic-catalogue

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки** | АРХИВ

Дочь и мать: 17-летняя Каролина бросила учебу, чтобы ухаживать за своей 53-летней матерью Иоландой, страдающей в течение многих лет от наследственной формы болезни Альцгеймера

МЕДИЦИНА

СНЯТЬ ПРОКЛЯТИЕ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

Группа колумбийских семей, члены которых — носители одной редкой мутации, с неизбежностью приводящей к болезни Альцгеймера, привлекла пристальное внимание ученых: есть надежда, что удастся найти способы борьбы с этим страшным недугом

Гэри Стикс

Photography by Juan Arredondo

ОБ АВТОРЕ

Гэри Стикс (Gary Stix) — старший редактор журнала *Scientific American*.

В 2007 г. Алехандра была обычной 16-летней девушкой. Она училась в средней школе в Медельине, одном из самых крупных колумбийских городов, а в свободное от занятий время ее можно было встретить в компании подружек в популярных среди молодежи районах города.

Затем ее мать Иоланда стала терять память. Спокойная рассудительная женщина, поздоровавшись с гостем, могла снова тут же сказать ему «здравствуйте» — и так много раз. К 45 годам у Иоланды диагностировали болезнь Альцгеймера (обычно данная патология проявляется гораздо позже). Для Алехандры это означало конец беззаботной жизни. На нее легли все тяготы по уходу за матерью, которая становилась все более беспомощной.

Сейчас Алехандре 24 года; она давно перебралась в муниципалитет Капакабана, в 18 км от Медельина, и живет на верхнем этаже блочного дома вместе с тетей и двумя дядями, девятилетней дочерью Луной и 17-летней сестрой Каролиной, которая вынуждена была оставить учебу, чтобы помогать ухаживать за двумя больными — матерью, которая не говорит и не ходит, и 56-летним дядей с таким же диагнозом.

Каждый день девушки готовят еду для своих больных и кормят их через трубочку. Сами моют их, сажают на стул и укладывают в кровать. Они проделывают это по много раз в день, не имея возможности отдохнуть. «Когда-то я строила планы, — говорит Алехандра. — Я хотела выучиться на медицинскую сестру. Все рухнуло, и сейчас я ощущаю себя старухой».

Алехандра догадывалась, какое будущее ожидает ее саму, задолго до того как матери был поставлен диагноз. В детстве она видела, как мать ухаживала за бабушкой, тоже страдавшей болезнью Альцгеймера. Судьбу Алехандры разделяют многие

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Нейробиолог из Колумбии обнаружил 26 расширенных семей, члены которых страдают наследственной формой болезни Альцгеймера. Многие из них проживают в сельской местности в колумбийском департаменте Антьокия.
- Носителей роковой мутации *paisa* больше тысячи, и все они заболеют в возрасте от 40 до 50 лет. Эта группа людей идеально подходит для проведения клинических испытаний нового типа.
- Участники испытаний, проходящих в Медельине, получают экспериментальный препарат задолго (иногда за 15 лет) до появления симптомов болезни.
- Если попытки предотвратить болезнь, а не лечить уже заболевших увенчаются успехом, это коренным образом изменит ситуацию с миллионами ее жертв по всему земному шару.

Ежедневные заботы: *почти весь день Алехандра посвящает уходу за своей матерью Йоландой, и у нее совсем не остается времени на общение с девятилетней дочерью Луной (на фото справа, нарядно одетая в честь первого причастия, с бабушкой)*

из проживающих в этом уголке Колумбии. Ее семья — одна из 26 расширенных семей (т.е. семей, которые включают абсолютно всех — а не только ближайших — родственников), проживающих в департаменте Антьокия, члены которых несут роковую мутацию *paisa* (так называют обитателей данного региона). Это — дамоклов меч, нависший над местными жителями. Мутация локализована на хромосоме 14 и прослеживается до времен нашествия конкистадоров в XVI в. Когда ребенок получает от матери или отца мутантный ген, в 40–50 лет его с неизбежностью настигает страшный недуг.

Такая форма «семейной» болезни поражает примерно 1% из более чем 35 млн людей по всему земному шару с диагнозом «болезнь Альцгеймера». (Проблема привлекла к себе внимание общественности, после того как Джулианна Мур получила премию «Оскар» за главную роль в фильме «Все еще Элис»: ее героиня стала жертвой болезни в молодости.) Однако среди многочисленных семейств Медельина и его окрестностей раннее проявление болезни Альцгеймера — отнюдь не редкость: носители мутации *paisa* — 20% из более чем 5 тыс. членов 26 семейств. Все они вероятнее всего заболеют, не достигнув 50 лет.

Столь высокая заболеваемость в Антьокии вызывает большой интерес у специалистов по всему миру. Многолетние поиски средств против страшного недуга ни к чему не привели, и это наводило на мысль, что, возможно, лечение следует начинать задолго до появления симптомов. Все усилия теперь направлены на поиски способов предупреждения заболевания. Вместо того чтобы лечить тех, у кого налицо все признаки деменции, врачи и фармацевты занялись тестированием потенциальных лекарств, назначая их тем носителям мутации, которые пока здоровы, и наблюдая за их состоянием.

Проведение подобных испытаний в среднестатистической популяции — долговременное и дорогое мероприятие, поскольку трудно предсказать, когда у того или иного испытуемого разовьется болезнь, тем более что этого может вообще не случиться. Другое дело — жители Антьокии. Из их числа сегодня и набирают добровольцев для участия в испытаниях.

Лекарство или плацебо? *36-летняя Орфа получает либо то, либо другое, раз в две недели оставляя работу на кофейной плантации и отправляясь в Антьокийский университет*

Предыстория

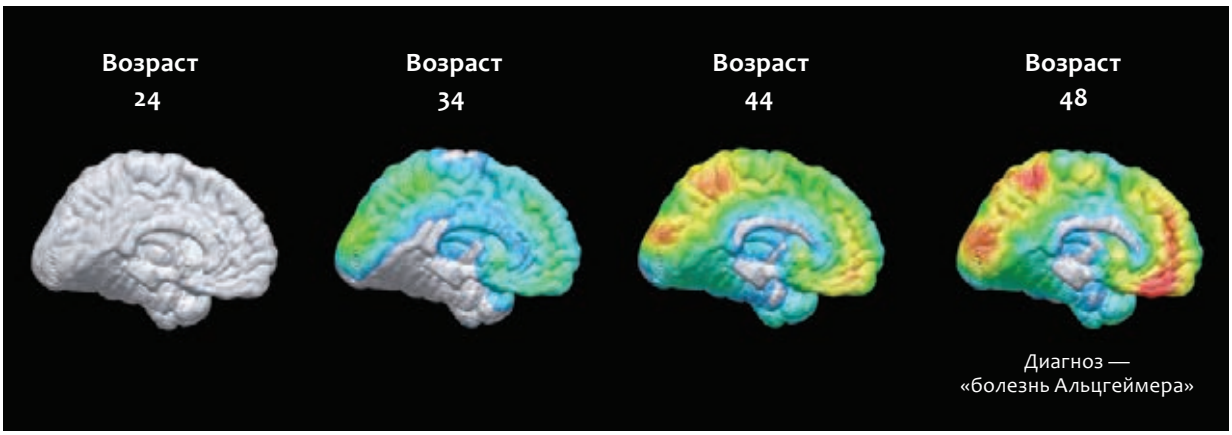
Переносу акцента с лечения уже заболевших на поиски превентивных мер способствовали достижения последних лет в исследовании самого́ патологического процесса. Проводимые сейчас клинические испытания включают сканирование головного мозга с помощью магнитно-резонансной и позитронно-эмиссионной томографии (МРТ и ПЭТ) — в дополнение к биопсии спинного мозга — для выявления предвестников заболевания. Это позволяет обнаруживать патологические изменения в головном мозге иногда за несколько десятков лет до официальной постановки диагноза.

Кроме того, с помощью новых методов можно выяснить результативность (или ее отсутствие) препаратов, оказавшихся неэффективными на поздних стадиях, в случае их применения задолго до появления симптомов. Если симптомы при периодическом сканировании не обнаруживаются и никаких когнитивных расстройств не наблюдается, это означает, что, возможно, препарат останавливает развитие патологического процесса. Предсказуемость возраста, в котором проявляется болезнь Альцгеймера у жителей Антьокии, несущих мутацию *paisa*, делает последних особенно ценным объектом для клинических испытаний в рамках превентивной стратегии.

Центральной фигурой в испытаниях стал Франсиско Лопера (Francisco Lopera), 63-летний нейробиолог, который начал свои наблюдения за жителями Антьокии задолго до того, как стало ясно, насколько они важны для исследования патогенеза болезни Альцгеймера. В отрочестве Лопера жил в городе Ярумаль, откуда были родом многие семейства — носители *paisa*. Он помнил соседей — совсем еще не старых людей, — страдающих деменцией. Защитив в конце 1980-х гг. докторскую диссертацию в Бельгии, он понял, что как исследователь может достичь бо́льшего, работая в Колумбии, а не в одном из европейских институтов. К тому времени он обнаружил первое семейство, члены которого, по его предположению, страдали наследственной формой болезни Альцгеймера. В 1987 г. Лопера вернулся в Колумбию, получив позицию нейробиолога в Антьокийском университете, и начал системные обследования семей, в которых наблюдались случаи данного заболевания.

Сегодня Лопера руководит университетской группой нейробиологов, которая уже построила

Мозг под наблюдением



ТЩАТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

Тестирование методов предотвращения болезни Альцгеймера стало возможным благодаря применению современных технологий, в числе которых — сканирование головного мозга, регулярный анализ биоптатов спинного мозга, проверка когнитивных способностей. Специальным образом модифицированная позитронно-эмиссионная томография позволяет следить за образованием в головном мозге носителей мутации *paisa* — губительных белков бета-амилоидов (*выделены цветом*). Наблюдения начинаются задолго до появления симптомов болезни. У членов тех же семейств, не несущих мутацию, отложений бета-амилоидов не выявлено (*не показано*). Другой метод — магнитно-резонансная томография (*фото внизу*) — может выявить «усыхание» головного мозга за десять лет до постановки диагноза.

COURTESY OF ERIC M. REIMAN Banner Alzheimer's Institute (brain scans)

разветвленные генеалогические древа 26 семей. В Колумбии у него гораздо более обширное поле деятельности, чем в Европе, но работа сопряжена с серьезным риском. Чтобы поддерживать постоянный контакт со своими подопечными, он вынужден забираться в отдаленные уголки региона, охваченного непрекращающейся войной между регулярной армией Колумбии и многочисленными отрядами повстанцев. Часто в таких вылазках его группу сопровождает вооруженный конвой.

Простой интерес к необычной форме болезни Альцгеймера вылился в установление ее природы и полномасштабные исследования. Вместе с Кеннетом Козиком (Kenneth S. Kosik) из Гарвардской медицинской школы, Элисон Гоут (Alison Goat) из Университета Вашингтона в Сент-Луисе и другими исследователями из США Лопера в 1995 г. установил точное положение мутации *paisa* на хромосоме 14.

Искать новый подход к борьбе с болезнью Альцгеймера заставили неудачи многочисленных клинических испытаний с участием больных, которым уже поставили диагноз. Из 413 подобных испытаний, проведенных с 2002 по 2012 г., более 99% не дали результатов. Удавалось достичь лишь временного смягчения симптомов, но все равно болезнь в конце концов побеждала.

Все это привело исследователей к мысли, что, по-видимому, у пациентов на начальных стадиях заболевания нейроны уже начинают отмирать и связи между клетками мозга прерываются. К тому времени, когда у пациента начинаются проблемы с памятью, никакие лекарства помочь не могут.

26 колумбийских семейств с их более чем 1 тыс. членами — носителями мутации *paisa* как нельзя лучше подходят для тестирования превентивной терапии. Благодаря предсказуемости времени появления симптомов у таких людей можно начинать лечение за 10–15 лет до этого срока и оценивать результативность принимаемых мер.

Преимущества данного подхода были столь очевидны, что к нему проявили интерес многие исследователи, в частности группа из Института Баннера по изучению болезни Альцгеймера в Финиксе, штат Аризона, которая позже, в 2010 г. привлекла к работе крупнейшие фармацевтические компании. Институт Баннера сотрудничал с компанией *Genentech* и Антьокийским университетом при тестировании кренезумаба, моноклонального антитела, которое предположительно способствует удалению из организма фрагментов токсичного бета-амилоидного белка. Участники проекта получили более $100 млн от *Genentech*, Фонда Баннера и Национальных институтов здравоохранения США.

Клинические испытания

Испытание под названием *Alzheimer's Prevention Institute* интересно в нескольких отношениях. Оно

проходит не в одном из медицинских центров, а, можно сказать, в полевых условиях. Ни Лопера, ни Антьокийский университет не имеют опыта в такого рода мероприятиях и сами составляют протоколы. «Мало кто думал, что проект удастся осуществить в условиях Латинской Америки, — говорит Лопера. — Но Фонд Баннера поверил в нас, и это очень воодушевляло».

В конце 2013 г. небольшая группа пациентов в возрасте от 30 до 40 лет стала получать препарат. Цель Лоперы и его коллег на этом этапе состояла в проверке его переносимости. Далее было набрано 100 добровольцев — носителей мутации *paisa*; никто из них не знал, получает он плацебо или лекарство. Каждый участник должен будет проходить тестирование в течение пяти лет при периодическом сканировании головного мозга и анализе биоптатов спинного мозга, чтобы выяснить, отсрочивает ли препарат появление бета-амилоидных бляшек. Для проверки когнитивных функций предполагается проводить специальное психологическое тестирование.

Если обнаружится, что кренезумаб изменяет в лучшую сторону ход патологического процесса, это будет означать настоящий прорыв в лечении

Добровольные участники: *Хуго, 40 лет (слева), и Гудиела, 47 лет (вверху), с воодушевлением восприняли известие о тестировании превентивных методов борьбы с болезнью Альцгеймера: даже если им самим это не поможет, полученные данные могут пригодиться в будущем, когда подрастет следующее поколение*

больных. Далее предполагается проверить, работает ли препарат в тех случаях, когда у пожилого, внешне здорового человека, не несущего мутацию, при сканировании головного мозга обнаруживаются первые признаки патологии.

Работе Лоперы помогло то, что он и его коллеги долгие годы общались с членами 26 семей — носителями мутаций. Это облегчило набор добровольцев и позволило в дальнейшем обеспечить их участие в столь длительных испытаниях. Лопера опекал своих пациентов как добрый дядюшка. Когда в ноябре прошлого года посетившие Медельин журналисты вознамерились обнародовать имена пациентов, с которыми они встречались, он категорически запретил это делать, объяснив, что публичность может навредить как самим пациентам, так и их родственникам. Например, это может помешать им в устройстве на работу и получении страховки.

Члены 26 колумбийских семейств, которые хорошо помнят трагическую историю своих предков, уходящую в глубь веков, с энтузиазмом встретили известие о начале испытаний. Шехнааз Сулиман (Shechnaas Suliman), руководитель проекта со стороны *Genentech*, ожидает, что его участники, несмотря на необходимость совершать длительные поездки от мест проживания до Антьокийского университета, будут более дисциплинированными, чем европейцы или американцы. Ее уверенность подкрепляется ответственным отношением к тестированию местных жителей. Один из них, 40-летний мужчина по имени Хуго, чья профессия — отлов диких лошадей для богатых заказчиков, каждые две недели приезжает в Медельин из городка Эль-Ретиро, находящегося в 30 км от университета. Что ему вводят, кренезумаб или плацебо, не знают ни он сам, ни средний медицинский персонал.

«Даже если я окажусь в числе тех, кто получал плацебо, я не сочту, что делал это напрасно», — говорит он. Отец и дед Хуго умерли от этой страшной болезни, четверо из дядей — носители губительной мутации, двум из них уже поставили диагноз. Хуго помнит, как его больной отец целыми днями начищал обувь родных и страшно беспокоился, когда хотя бы на секунду терял из виду жену. «Жить с этим очень тяжело, — говорит он. — Но такой груз мы получили от далеких предков и должны быть готовы нести его».

Проводимые клинические испытания — луч надежды для Хуго и его родных. «Мы верим в нашего

доктора и рассчитываем на положительный результат. Это поможет если не нам, то нашим детям», — говорит он.

Несмотря на трагичность медицинской истории их семей Хуго и несколько других носителей мутации *paisa*, собравшиеся вместе в один из хмурых ноябрьских деньков, воплощали собой стойкость и взаимную поддержку. Они делились друг с другом наблюдениями за мельчайшими деталями поведения, которые могли бы служить предвестниками болезни. Я спросил 47-летнюю сестру Хуго Гудиелу, боится ли она деменции. «По правде говоря нет; беспокоиться должен тот, кому предстоит заботиться обо мне», — ответила она, рассмеявшись.

Инфраструктура, созданная в Медельине, пригодится для проверки новых подходов в борьбе с болезнью Альцгеймера и в ее предотвращении. Медельин уже стал международным центром по изучению патогенеза болезни Альцгеймера — и когда-нибудь, возможно, именно здесь совершится революция в этой области медицины

Первые свидетельства результативности терапии появятся не раньше 2018 г., а испытания завершатся в 2021 г. Никаких гарантий для кренезумаба нет. Тестирование его в США в середине 2014 г. на больных со слабыми и умеренными симптомами положительного результата не дало. Впрочем, последующий детальный анализ показал, что у больных на ранних стадиях некоторое улучшение все-таки наблюдалось. В частности по данной причине американские исследователи присоединились к своим колумбийским коллегам, чтобы посмотреть, не даст ли результатов терапия, начатая задолго до появления первых симптомов.

Но даже если кренезумаб потерпит поражение в Колумбии, это все равно еще не конец. Проводимое сейчас клиническое испытание — лучший способ проверить адекватность бета-амилоидной гипотезы, отметившей свой 30-летний юбилей. Если результаты никак не обнадежат Хуго, Гудиелу и членов других 26 семейств (и если аналогичные испытания, начатые в США, тоже будут безуспешными), тогда нейробиологам придется искать альтернативы бета-амилоидной гипотезе. Возможно, всему виной другие токсичные белки, а может быть и биохимические процессы, вызывающие воспаление тканей головного мозга.

В любом случае инфраструктура, созданная в Медельине, пригодится для проверки новых подходов в борьбе с болезнью Альцгеймера и в ее предотвращении. Предсказуемость времени начала заболевания у пациентов с мутацией *paisa* по-прежнему представляется большим подспорьем в проведении клинических испытаний в будущем. Медельин уже стал международным центром по изучению патогенеза болезни Альцгеймера — и когда-нибудь, возможно, именно здесь совершится революция в этой области медицины.

Это крайне важно для города, в котором проживает так много нуждающихся в социальной поддержке людей. Медицинская помощь должна иметь адресный характер, а не быть деперсонифицированной, как часто происходит в США и Европе. Хуго хорошо помнит непродолжительные прогулки с больным отцом, который без сопровождения мог бы не найти дорогу домой. Тесные родственные связи, обычно устанавливаемые между членами семей, где есть носители мутации *paisa*, способствуют регулярности посещений пациентами госпиталя, где они раз в две недели получают препарат и проходят сканирование головного мозга. Может статься, давнее нашествие конкистадоров обернется благом для миллионов людей по всему земному шару, страдающих болезнью Альцгеймера. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Стикс Г. Болезнь Альцгеймера: надежда умирает последней // ВМН, № 8–9, 2010.

■ Phoenix: Vision of Shared Prevention Trials Lures Pharma to Table, Part 1. Gabrielle Strobel in Alzforum. Published online February 25, 2010. www.alzforum.org/news/conference-coverage/phoenix-vision-shared-prevention-trials-lures-pharma-table

■ Alzheimer's Prevention Initiative: A Plan to Accelerate the Evaluation of Presymptomatic Treatments. Eric M. Reiman et al. in Journal of Alzheimer's Disease,

■ Vol. 26, Supplement No. 3, pages 321–329; October 2011.

■ Origin of the PSEN1 E280A Mutation Causing Early-Onset Alzheimer's Disease. Matthew A. Lalli et al. in Alzheimer's & Dementia, Vol. 10, No. 5, Supplement, pages S277–S283; October 2014.

ИЮЛЬ 1965

Муха — источник заразы? Сегодня установлено, что комнатные мухи выступают носителями более 100 различных патогенных организмов. Однако все имеющиеся свидетельства — лишь косвенные. Репутацию комнатных мух можно сравнить с репутацией человека, обвиняемого в убийстве лишь потому, что его видели стоящим возле жертвы с заряженным пистолетом в руке. В большинстве случаев убедительно доказать, что «стреляла» именно подозреваемая муха, невозможно. Инфекции, в распространении которых обвиняются эти насекомые, могут на самом деле передаваться еще тремя другими способами: через пищу, пальцы или фекалии.

Фермент в 3D. Специалистам по рентгеновской кристаллографии удалось определить трехмерную структуру фермента лизоцима. Впервые он был обнаружен в слезах, где играет роль мягкого антисептика. Оказалось, что лизоцим способен растворять мукополисахариды, содержащиеся в клеточных стенках некоторых бактерий. Определение структуры лизоцима позволило провести эксперименты, которые дали возможность выявить участки молекулы лизоцима, отвечающие за его способность разрушать клеточные стенки бактерий. Работа была выполнена в Королевском институте в Лондоне. Рентгеновское исследование позволило получить изображение молекулы лизоцима с разрешением 2 *Å*.

ИЮЛЬ 1915

Работницы войны. В качестве трамвайных кондукторов в Берлине и в других городах Германии скоро станут привычными женщины в необычной униформе: юбке, кепи и жакете. Робкие поначалу, они быстро освоились с ролью, исполнять которую они были призваны в военное время. Сегодня они продают билеты, объявляют остановки и отвечают на вопросы пассажиров не менее бойко, чем их коллеги мужчины. Поскольку в Германии ничего не делается как попало, эти женщины вначале должны были пройти такую же теоретическую и практическую подготовку, как и мужской персонал.

Хлопок для пушек. Для воюющих стран хлопок — важнейшая субстанция. В прошлом военные использовали его в основном в качестве сырья для текстильной промышленности, и лишь очень малая его доля шла на производство бездымного пороха. Хлопок — основной компонент для производства всех видов бездымного пороха на основе нитроцеллюлозы. Каким бы странным это ни казалось, сегодня в Германии на производство бездымного пороха идет больше хлопка, чем на все прочие нужды. Самой большой неожиданностью нынешней войны стал огромный расход артиллерийских боеприпасов. На каждый пушечный выстрел расходуется в среднем примерно 2 кг хлопка. Общее суточное потребление хлопка в Германии составляет около 450 т.

Развитие общественного транспорта: *рабочие строят метро в Нью-Йорке, 1915 г.*

Железные дороги и метро. Еще 50 лет назад, когда впервые встал вопрос о строительство метро в Нью-Йорке, главный инженер компании *Croton Aqueduct* Альфред Крейвен (Alfred V. Craven) решительно высказался против. По иронии судьбы главным инженером организации *Public Service Commission*, которая строит сегодня еще 80 км железных дорог и линий уже доказавшего свой успех метрополитена *(на илл.)*, назначен его племянник и тезка Альфред Крейвен (Alfred Craven).

ИЮЛЬ 1865

Паровой вертолет. Сегодня в Хобокене, штат Нью-Джерси, по заказу правительства США строится новый тип летательного аппарата. «Вентилятор» диаметром 6 м, вращающийся с определенной скоростью, будет способен поднять 6 т и будет обладать достаточным запасом мощности. Аппарат будет представлять собой увеличенный вариант детской игрушки. Мы каждый день видим уличных продавцов игрушек, которые, потянув за шнурок, раскручивают вентилятор на палочке, и он взлетает на высоту до 9 м, после чего, продолжая вращаться, медленно опускается на землю. Правительственная «игрушка» будет иметь сигарообразный корпус из меди с железным каркасом. Масса полностью оснащенной конструкции с экипажем будет составлять около 6 т. ■

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Клей, на котором держится мир

Уже несколько десятилетий назад физики выяснили, что частицы, называемые глюонами, сохраняют протоны и нейтроны в неизменном виде — и таким образом удерживают Вселенную от разрушения; однако детали того, как именно глюоны делают это, до сих пор, как это ни странно, неизвестны

Раджу Венугопалан, Томас Ульрих и Рольф Энт

Illustration by Maria Corte

ОБ АВТОРАХ

Раджу Венугопалан (Raju Venugopalan) возглавляет Теоретическую группу по ядерной физике в Брукхейвенской национальной лаборатории, где он изучает взаимодействия кварков и глюонов высоких энергий.

Томас Ульрих (Thomas Ullrich) работает в Брукхейвенской национальной лаборатории с 2001 г., при этом одновременно ведет научные исследования и преподает в Йельском университете. Он принимал участие в ряде экспериментов по поиску и изучению кварк-глюонной плазмы сначала в CERN, а затем в Брукхейвене. Его нынешние усилия сфокусированы на создании электрон-ионного коллайдера.

Рольф Энт (Rolf Ent) с 1993 г. работает в Национальной лаборатории ускорителей им. Томаса Джефферсона в Ньюпорт-Ньюсе, штат Виргиния, заместителем директора по экспериментальной ядерной физике. Некоторое время был официальным представителем Национальной лаборатории по ряду экспериментальных исследований в области кварк-глюонной структуры адронов и атомных ядер.

Древние греки считали, что атомы — мельчайшие частицы материи во Вселенной. Ученые в XX в. расщепили атом, получив еще более мелкие составные части: протоны, нейтроны и электроны. В свою очередь, было показано, что протоны и нейтроны состоят из еще более мелких частиц, получивших название «кварки», которые удерживаются вместе с помощью «клейких» частиц, названных соответственно глюонами *(gluon от англ. glue — «клей». — Примеч. пер.)*. Данные частицы, как мы теперь знаем, — действительно фундаментальны, но оказалось, что даже эта картина неполна.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Материя, которая формирует наш мир, на фундаментальном уровне состоит из частиц, называемых кварками, которые удерживаются вместе «клейкими» частицами, соответственно получившими название «глюоны». Физики достигли огромных успехов в понимании механизма функционирования кварков и глюонов, но ряд таинственных загадок остаются до сих пор.
- Не ясно, например, каким образом кварки и глюоны вносят свой вклад в массу протонов и нейтронов или же каким образом они передают этим частицам свой спин. По-видимому, и кварки и глюоны обладают странным «цветовым» зарядом, но ни протоны, ни нейтроны «цвета» не имеют.
- Будущие эксперименты, которые позволят гораздо детальнее, чем когда-либо ранее, рассмотреть строительные блоки материи, возможно, помогут физикам лучше понять, как взаимодействуют кварки и глюоны.

Экспериментальные методы, позволяющие заглянуть внутрь протонов и нейтронов, открывают внутри них настоящий «симфонический оркестр». Каждая из этих частиц состоит из трех кварков и различного числа глюонов, а также из того, что мы называем морем кварков: пар «кварк — антикварк» (кварки в сопровождении своих партнеров из антиматерии, антикварков), которые непрерывно рождаются и исчезают. Но протоны и нейтроны — не единственные частицы, состоящие из кварков, найденные во Вселенной. В минувшую половину столетия в ходе экспериментов на ускорителях получено буквально полчище других частиц, состоящих из кварков и антикварков, которые вместе с протонами и нейтронами называются адронами.

Несмотря на все знание глубинных причин и взаимосвязей — и хорошее понимание того, каким образом отдельные кварки и глюоны взаимо-

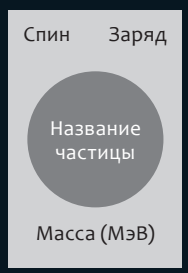
действуют друг с другом, — физики, к нашему разочарованию, не могут полностью объяснить, каким образом кварки и глюоны порождают весь диапазон характеристик и свойств, демонстрируемых протонами, нейтронами и другими адронами. Например, сложение масс кварков и глюонов внутри протонов не дает в сумме полную массу протонов, порождая загадку: откуда же берется недостающая масса? Более того, интересно выяснить, сколько именно глюонов выполняют работу по связыванию кварков и почему это связывание зависит, по-видимому, от специального типа «цветового» заряда кварков. Мы не понимаем также, каким образом вращение протона — измеряемая величина, называемая спином, — получается из спинов кварков и глюонов внутри него: это еще одна загадка, поскольку спины более мелких частиц не просто суммируются для получения результирующего спина.

Если бы физики смогли найти ответы на эти вопросы, мы бы в конце концов начали понимать, как функционирует материя на своем фундаментальном уровне. Выявление основных загадок, затуманивающих картину взаимодействия кварков и глюонов (более подробно мы поговорим о них ниже), само по себе стало бы ключевым шагом к пониманию физики материального мира на его самых тонких уровнях. Ведущаяся сегодня работа и программы на будущее, включая исследования, сфокусированные на изучении экзотических конфигураций кварков и глюонов, вероятно, помогут пролить свет на эти загадки. А если удача улыбнется нам, то мы уже скоро сможем увидеть свет в конце туннеля.

Строительные блоки природы

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Ядра внутри всех атомов Вселенной содержат всего лишь две известные фундаментальные частицы: кварки и глюоны. Глюоны принадлежат к категории частиц, называемых бозонами (*справа*), которые, за исключением бозона Хиггса, служат переносчиками сил природы. Глюоны переносят самую мощную из всех сил — силу сильного взаимодействия, ответственную за связывание в единое целое кварков внутри протонов и нейтронов. Помимо бозонов, другие известные фундаментальные частицы во Вселенной относят к классу фермионов (*слева*), который включает в себя лептоны, такие как электрон, и кварки. Кварки бывают шести видов, или, как говорят физики, «ароматов», но кварки лишь двух ароматов, «верхний» и «нижний», компоненты протонов и нейтронов обнаружены в природе в большом количестве.



Откуда берется масса протона?

Загадочная история с массой — один из самых дебатируемых вопросов, очевиднее всего демонстрирующий, почему исследования кварков и глюонов столь сложны.

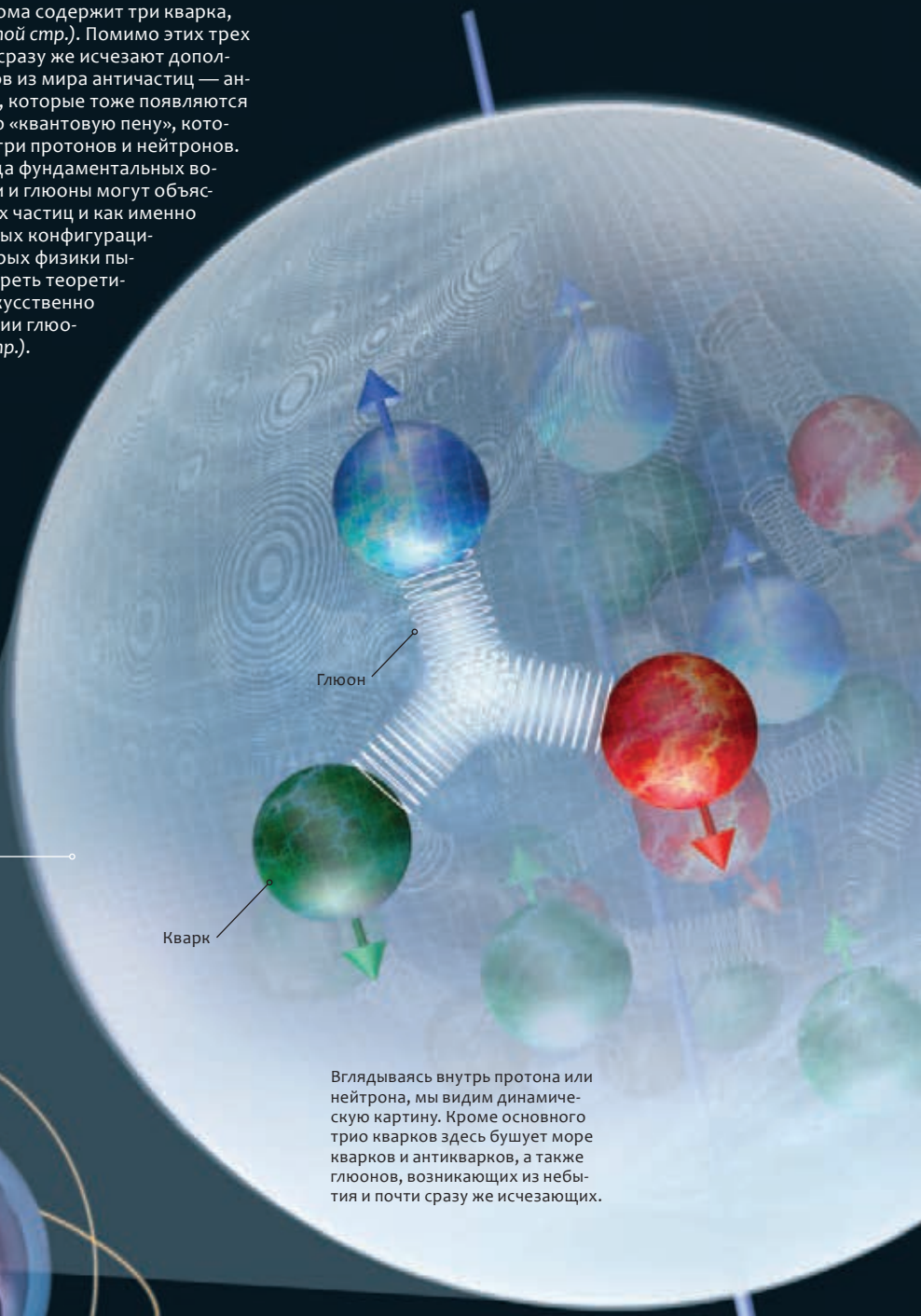
У нас есть вполне четкое понимание того, каким образом кварки и лептоны (класс элементарных частиц, который включает и электроны) обретают свою массу. Этот механизм возникает из бозона Хиггса, частицы, под гром фанфар открытой в 2012 г. на Большом адронном коллайдере (БАК), и связанного с ним поля Хиггса, которое пронизывает все пространство. Когда частицы пролетают через это поле, их взаимодействие с этим полем

СТРАННОСТИ КВАРКОВ И ГЛЮОНОВ

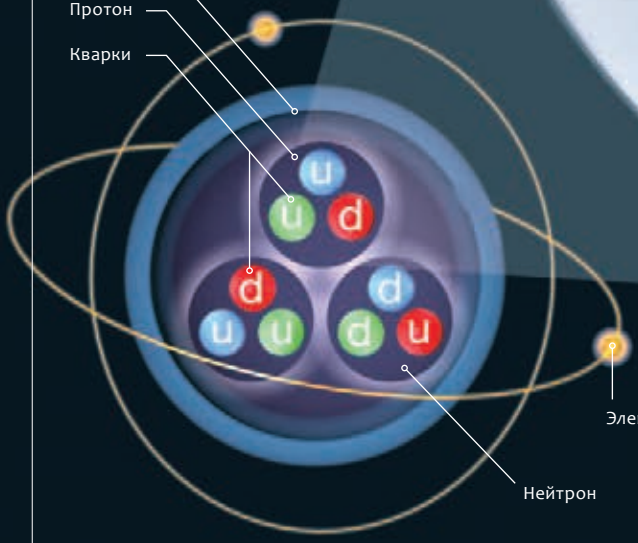
Каждый протон или нейтрон внутри атома содержит три кварка, удерживаемых вместе глюонами *(на этой стр.)*. Помимо этих трех основных кварков рождаются и почти сразу же исчезают дополнительные пары кварков и их двойников из мира античастиц — антикварков, а также фантомы— глюоны, которые тоже появляются и пропадают, создавая так называемую «квантовую пену», которая непрерывно меняет ландшафт внутри протонов и нейтронов. Эта какофония усложняет решение ряда фундаментальных вопросов, скажем, каким образом кварки и глюоны могут объяснить массы и спины своих родительских частиц и как именно глюоны удерживают кварки в стабильных конфигурациях. Один из способов, с помощью которых физики пытаются решить эти загадки, — рассмотреть теоретические свойства и даже попытаться искусственно воспроизвести необычные конфигурации глюонов и кварков *(на противоположной стр.)*.

Строение атома: две теории

В классической картине атома *(показано ниже)* электроны вращаются по орбитам вокруг ядра, состоящего из протонов и нейтронов, каждый из которых образован из трех кварков. Но на изображении справа показана квантовая пена — более соответствующее действительности представление о внутреннем строении субатомных частиц.



Вглядываясь внутрь протона или нейтрона, мы видим динамическую картину. Кроме основного трио кварков здесь бушует море кварков и антикварков, а также глюонов, возникающих из небытия и почти сразу же исчезающих.



На полный спин протона или нейтрона *(стрелка)*, возможно, влияют составляющие его частицы, а также их орбитальное движение.

Экзотические состояния материи

Физики построили теории, а в ряде случаев и экспериментально создали необычные комбинации кварков и глюонов помимо хорошо известных протонов и нейтронов. Эти экзотические состояния дают новые возможности для изучения взаимодействий, которые, вероятно, имеют место между кварками и глюонами, — потенциально полезных для разрешения основополагающих загадок материи.

Глюболы и их родственники

Теоретические модели дают основания предполагать, что кварки и глюоны, сочетаясь, могут порождать не только протоны и нейтроны, но и другие частицы. Например, возможно, что существуют «глюболы» *(a)* — частицы, состоящие из одних лишь глюонов, а также «гибридные частицы», представляющие собой связанные состояния «кварк – антикварк – глюон» *(b)*, или даже «тетракварки» — частицы, в которых два антикварка связаны с двумя кварками *(c)*. Существуют все больше доказательств, что тетракварки уже были обнаружены, хотя глюболы и частицы-гибриды все еще ждут своего открытия.

Насыщенные состояния

Когда протоны и нейтроны ускоряются до релятивистских скоростей, глюоны в них начинают множиться. При большой скорости энергия протона возрастает и глюоны расщепляются на дочерние пары, энергия каждой из которых слегка меньше, чем у родительской. Новые глюоны, в свою очередь, порождают другие дочерние с еще немного меньшей энергией. В конце концов в протоне достигается «максимальная населенность», предел, когда внутри протона уже не может поместиться больше глюонов, — теоретическое состояние, получившее название «конденсат цветного стекла». Достаточно веские признаки существования такого состояния были получены на ускорителях элементарных частиц, но убедительного подтверждения этого до сих пор нет.

Имитация Вселенной юного возраста

Когда космос был молод, он был слишком горяч, чтобы могли образоваться атомы или даже стабильные протоны и нейтроны. Кварки и глюоны роились свободно в беспорядочном круговороте. В построенных на Земле ускорителях в последнее время удается воспроизвести такое состояние, называемое кварк-глюонной плазмой *(в представлении художника, внизу слева)*, сталкивая ядра атомов со скоростями, близкими к скорости света. Изучая процесс остывания плазмы, физики могут узнать не только о поведении кварков и глюонов, но и о ранней эволюции нашей Вселенной.

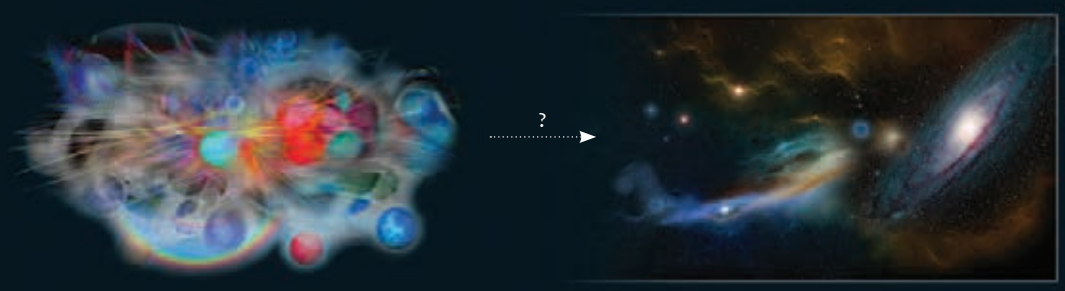


Illustration by Moonrunner Design

наполняет их массой. Часто говорят, что механизм Хиггса служит причиной возникновения массы в наблюдаемой Вселенной. Это утверждение, однако, не соответствует действительности. Масса кварков составляет лишь 2% массы протона и нейтрона. Остальные 98%, как мы полагаем, возникают в основном из-за воздействия глюонов. Но каким образом глюоны способствуют возникновению массы протона и нейтрона, совсем не очевидно, поскольку сами они массы не имеют.

Ключ к решению этой загадки дает известное уравнение Альберта Эйнштейна, связывающее массу частицы с остальной ее энергией. Обращая это уравнение следующим образом: $m = E/c^2$, мы замечаем, что можно сказать, что масса *(m)* покоящегося протона возникает из его энергии *(E)*, выраженной в единицах скорости света *(c)*. Поскольку основной вклад в энергию протона дают глюоны, теоретически, чтобы рассчитать массу протона, требуется лишь выяснить суммарную энергию глюонов.

Однако вычислить энергию глюонов трудно, отчасти потому что их суммарная энергия порождается несколькими различными факторами. Энергия свободной частицы (не связанной с другими) — это энергия ее движения. Однако кварки и глюоны почти никогда не существуют изолированно, сами по себе. Их существование в виде свободных частиц — прежде чем они соединятся друг с другом, образуя другие субатомные частицы, и в буквальном смысле исчезнут из виду — длится невообразимо короткое время (менее 3×10^{-24} секунды). Более того, энергия в глюонах возникает не только из их движения; она неотделима от энергии, которую они тратят, связываясь вместе с кварками в долгоживущие частицы. Следовательно, для разрешения загадки массы необходима бóльшая ясность в понимании того, каким именно образом глюоны «склеивают» кварки. Но и здесь тоже глюоны расставили барьеры, препятствующие расшифровке их загадок.

Как глюоны склеивают кварки?

С одной стороны, ответ на вопрос, каким образом глюоны склеивают кварки, довольно прост: они используют для этого силы сильного взаимодействия. Но сила эта сама по себе таит загадки.

Сила сильного взаимодействия — одна из четырех фундаментальных сил природы вместе с гравитационной и электромагнитной силами, а также силой слабого взаимодействия (последняя ответственна за радиоактивный распад). Из этих четырех сил она самая сильная (отсюда и ее название). Кроме того что она связывает воедино кварки, образуя адроны, сила сильного взаимодействия также связывает вместе протоны и нейтроны в атомные ядра, преодолевая гигантское электромагнитное отталкивание, которое наблюдается между одинаково заряженными протонами в ядре. Каждая из фундаментальных сил природы, как полагают, связана с определенной частицей, так называемым переносчиком взаимодействия. Так же как фотон, фундаментальная единица света, — переносчик сил электромагнетизма, глюон — переносчик сил сильного взаимодействия.

До сих пор все верно. Но сила сильного взаимодействия иногда ведет себя неожиданным образом. Согласно квантовой механике, расстояние, на котором действует сила, обратно пропорционально массе ее переносчика. Так, например, пространственный диапазон действия электромагнитных сил не ограничен; свободный электрон на Земле теоретически испытывает легкое отталкивание со стороны электрона, расположенного на другой стороне Луны. Следовательно, фотоны, которые переносят силы между электронами, не имеют массы. В противоположность электромагнитным силам диапазон действия сил сильного взаимодействия не выходит за пределы ядер атомов. Из этого факта должно было бы следовать, что глюоны очень массивны. Однако, как оказалось, глюоны массы не имеют.

Странность сил сильного взаимодействия состоит также и в том, что они, по-видимому, притягивают кварки тем сильнее, чем больше те удаляются. В противоположность этому электромагнитная сила притяжения (или отталкивания) между двумя магнитами сильнее всего, когда они находятся рядом друг с другом, и слабеет, когда они удаляются друг от друга. Впервые физики наблюдали кварки в 1960-е гг. в экспериментах в Стэнфордском центре линейных ускорителей (сегодня Национальная лаборатория ускорителей СЦЛУ), в ходе которых высокоэнергетические электроны сталкивались с мишенями из протонов. Иногда электроны проходили насквозь, но в других случаях они сталкивались с чем-то твердым и отражались назад. Их отраженная скорость и направление показывали наличие и расположение кварков внутри протонов. Эти эксперименты по так называемому «глубоконеупругому рассеянию» (ГНР) показали, что кварки слабо притягивают друг друга на коротких расстояниях; однако на больших дистанциях никаких свободных кварков не наблюдалось, из чего следует предположение, что они должны сильно притягивать друг друга.

Чтобы получить представление о том, как работают силы сильного взаимодействия, вообразите два кварка, связанных друг с другом пружинами. Когда они расположены рядом друг с другом, натяжение пружины ослабевает и кажется, что кварки не испытывают никаких воздействий. Когда они отодвигаются дальше друг от друга, силы механического напряжения пружины удерживают их вместе. Эта сила притяжения между кварками соответствует весу 16 т при удалении

примерно равном размеру протона. Но что случится, если внешняя сила будет действовать, сжимая кварки, в направлении противоположном действию притяжения сил сильного взаимодействия? Пружина разорвется. Еще одна загадка, которой мы не можем полностью найти объяснение, — как именно происходит этот разрыв, и это центральный момент загадки, каким образом глюоны склеивают кварки внутри атомного ядра, а не вне его.

Почему некоторые частицы имеют цвет?

В 1970-е гг. физики выдвинули теорию, получившую название «квантовая хромодинамика» (КХД), которая математически описывает силу сильного взаимодействия. Так же как электромагнитная сила «привязана» к электрическому заряду частицы, сила сильного взаимодействия, согласно КЭД, «привязана» к свойству, получившему название «цветовой заряд». Понятие цвета помогает прояснить, почему силы сильного взаимодействия ведут себя столь отлично от электромагнитных сил. Но при этом оно рождает ряд новых проблем — например, почему у некоторых частиц есть цвет, а у других нет и, следовательно, они «дальтоники».

Число глюонов и кварков внутри всем хорошо известного протона может значительно изменяться

Согласно КЭД, как кварки, так и глюоны несут цветовой заряд. Все «цветные» частицы взаимодействуют, обмениваясь глюонами, а это подразумевает, что не только кварки посылают туда и обратно глюоны, но и сами глюоны тоже обмениваются глюонами друг с другом. Это допущение квантовой хромодинамики — значительный отход от электромагнетизма. Фотоны не взаимодействуют друг с другом, как это ясно и понятно можно показать, пересекая один световой пучок другим в запыленной комнате. Физики полагают, однако, что взаимодействие глюонов друг с другом — основная причина того, почему силы сильного взаимодействия ослабевают на близкой дистанции. Глюон может временно превратиться либо в пару «кварк — антикварк», либо в глюонную пару, прежде чем снова предстать перед нами в виде одного глюона. Флуктуации «кварк — антикварк» делают силу взаимодействия между цветовыми зарядами сильнее, тогда как флуктуации глюонных пар ее уменьшают. Поскольку в КХД такие глюонные осцилляции происходят чаще, чем обмен между кварками, они и одерживают победу. (Физики Дэвид Гросс, Фрэнк Вилчек и Дэвид Политцер получили Нобелевскую премию 2004 г. по физике за это открытие.)

За десятилетия, прошедшие со времени открытия КЭД, эксперименты во всем мире подтвердили обоснованность притязаний этой теории на роль одного из столпов стандартной модели физики элементарных частиц. Однако многие детали КЭД остаются неуловимыми. Странно, например, то, что, хотя каждый из трех кварков в протоне несет один из трех цветовых зарядов, скажем, красный, зеленый и синий, сам протон не имеет суммарного цветового заряда. Аналогичным образом и кварк, и антикварк в адроне, получившем название «ϖ-мезон» (часто называемом также «пион»), оба несут цветовые заряды, но пион бесцветен. Цветовая нейтральность адронов аналогична электрической нейтральности атомов. Но если нулевой суммарный электрический заряд атомов — понятное следствие нейтрализации положительного заряда протонов отрицательными зарядами электронов, каким образом цветные кварки и цветные глюоны комбинируются, чтобы получились бесцветные адроны, КЭД ответа не дает.

КЭД должна также объяснить, каким образом протоны и нейтроны преодолевают мощное электромагнитное отталкивание между протонами, чтобы держаться вместе внутри ядер атомов. Но, несмотря на некоторый прогресс, вывести законы ядерной физики из КЭД — задача очень непростая. Это препятствие остается, поскольку уравнения КЭД невероятно трудно решать при больших *(с точки зрения фемтомира. — Примеч. пер.)* расстояниях, когда взаимодействие между кварками и глюонами становится очень сильным. К тому же у нас нет математического доказательства того, как уравнения КЭД обеспечивают то, что цветные кварки и глюоны удерживаются внутри бесцветных адронов. Загадка цветового удержания, или, как говорят, конфайнмента, в буквальном смысле представляет собой «вопрос на миллион» — это одна из шести проблем, за решение которых Математический институт Клэя установил награду размером $1 млн.

Почему число глюонов не растет до бесконечности?

Поразительное следствие КЭД состоит в том, что число глюонов и кварков внутри всем хорошо известного протона может значительно изменяться. В дополнение к трем основным кваркам вокруг как светлячки носятся, вспыхивая и тут же угасая, глюоны, число которых постоянно изменяется. Здесь же образуются и снова исчезают пары «кварк — антикварк». Результат — «квантовая пена» рождающихся и умирающих частиц. Физики полагают, что, когда протоны и нейтроны достигают экстремальных скоростей, глюоны внутри протонов расщепляются на пары новых глюонов, каждый со слегка меньшей энергией, чем

у родителей. Дочерние глюоны, в свою очередь, рождают новых дочерей с еще меньшей энергией. Такое расщепление глюонов напоминает поведение вышедшей из-под контроля машины для попкорна. Теория утверждает, что этот процесс мог бы продолжаться бесконечно, однако мы знаем, что этого не происходит.

Если бы глюоны продолжили порождать новые, у машины для попкорна сорвало бы крышку — другими словами, протон стал бы нестабильным и разрушился. Но поскольку материя очевидно стабильна (мы существуем), ясно, что нечто должно сдерживать этот каскад лавины, — но что? Одна из идей заключается в том, что природе удается установить знак максимальной населенности, когда глюонов становится так много, что они начинают перехлестываться друг с другом внутри протона. Сильные самовоздействия заставляют их отталкиваться друг от друга, и глюоны с меньшей энергией рекомбинируют, образуя глюоны с большей энергией. Когда рост числа глюонов сходит на нет, глюоны достигают стабильного равновесного состояния — одинакового числа актов деления и рекомбинации, называемого глюонным насыщением, приводя тем самым машину для попкорна под контроль.

Это гипотетическое состояние глюонного насыщения, часто называемое «конденсат цветного стекла», стало бы дистиллированной сущностью некоторых из самых сильных сил во Вселенной. До сих пор у нас есть только намеки на существование такого состояния, и его свойства еще полностью не выяснены. Изучая это состояние с использованием экспериментов по глубоконеупругому рассеянию с энергией большей, чем это возможно сегодня, физики смогут «с близкого расстояния» изучать глюоны в их самой плотной, экстремальной форме. Возможно, поле силы, ограничивающее количество глюонов, которые могут образоваться внутри конденсата цветного стекла, — это то же самое удерживающее поле, что скрепляет протоны в первом случае? Если это так, то наблюдение одного и того же поля в различных обстоятельствах, может статься, даст нам новое понимание того, каким образом глюоны порождают это поле.

Откуда берется спин протона?

Еще одна загадка из мира кварков и глюонов: какой вклад вносят их спины в суммарный спин их родительских частиц? Все адроны имеют спин, который есть квантовая аналогия энергии вращения волчка вокруг его оси. Адроны с различными спинами в поле мощных магнитов прецессируют и закручиваются в различных направлениях.

Эксперименты по изучению спина протона показывают, что вклад кварков составляет приблизительно 30% его полной величины. Где прячется оставшаяся часть спина этих адронов? Многочастичная картина протона как бурлящего моря из кварков и глюонов непосредственно предполагает, что остальная часть спина, вероятно, вносится глюонами. Но эксперименты по бомбардировке поляризованными протонами (когда их спины ориентированы вдоль направления движения или строго в противоположную сторону) других поляризованных протонов показывают, что спин глюонов составляет всего лишь 20% спина протона, а значит, 50% спина все еще где-то прячутся.

Недавно физики открыли еще одно экстремальное состояние материи, получившее название «кварк-глюонная плазма». Эта плазма — самая горячая материя, которая когда-либо была создана на Земле, с температурой более чем триллион градусов Цельсия

Небесная аналогия иллюстрирует возможное решение этой проблемы. Момент импульса Солнечной системы состоит из суммы моментов импульса, связанных с вращением планет вокруг их осей, а также вызванных их орбитальным движением вокруг Солнца. Чтобы понять, насколько важно это орбитальное движение, мы должны нанести на карту как скорости, так и расположение кварков и глюонов внутри протона. Один из нас (Рольф Энт) участвует в проведении экспериментов по глубоконеупругому рассеянию электронных пучков очень большой интенсивности. По уровню детализации мы двигаемся от простых фотографий к трехмерным фильмам, показывающих материю на субфемтометровых (менее одной квадриллионной доли метра, 10^{-15} м) расстояниях.

Экзотические состояния материи

Чтобы понять истинную природу взаимодействий кварка и глюона, мы должны изучить их не только лишь в знакомых конфигурациях протона, нейтрона и других хорошо известных частиц, но также и во всех возможных их формах. КХД допускает существование экзотических адронных состояний помимо протона и нейтрона. Моделирование дает основания предполагать, что могут существовать и другие «бесцветные» адроны, такие как «глюбол» (состоящий исключительно из глюонов),

«молекулы», состоящие из двух пар «кварк — антикварк», или сущности, представляющие собой гибриды, классифицируемые как связанное состояние «кварк — антикварк — глюон». Экспериментальные свидетельства существования этих экзотических адронов ограничены, до сих пор удалось обнаружить всего лишь несколько кандидатов на молекулу тетракварка *(экзотический адрон, состоящий из двух кварков и двух антикварков. — Примеч. пер.)*. Однако эта ситуация, возможно, уже в скором времени радикально изменится благодаря ряду экспериментальных исследований, ведущихся сейчас во всем мире. Особенно следует отметить специальную установку, названную «Глю-Х», которая начинает работу в Национальной лаборатории ускорителей им. Томаса Джефферсона в Ньюпорт-Ньюсе, штат Виргиния.

Недавно физики открыли еще одно экстремальное состояние материи, получившее название «кварк-глюонная плазма». Она образуется, когда ядра атомов сталкиваются со скоростями, близкими к скорости света. Теоретики подозревают, что, когда летящие с огромными скоростями нейтроны и протоны двух ядер сталкиваются друг с другом, их конденсаты цветного стекла рушатся, разрушая цветовое удержание кварков и глюонов и высвобождая энергию конденсатов, и образуют бешеный рой кварков и глюонов. Эта плазма — самая горячая материя, которая когда-либо была создана на Земле, с температурой более чем триллион градусов Цельсия. Поразительно, но это вещество течет, почти не испытывая сопротивления, — почти в 20 раз меньше, чем вода.

Кварк-глюонная плазма очень сильно напоминает раннюю Вселенную. Ученые создали такую плазму в Брукхейвенской национальной лаборатории на Релятивистском коллайдере тяжелых ионов и в *CERN* на Большом адронном коллайдере и наблюдают сегодня самые мелкие и совершенные ручьи. Исследуя такую плазму, когда она остывает, двое из нас (Раджу Венугопалан и Томас Ульрих) и другие физики получают более четкую картину того, как эволюционировала Вселенная. А устроив разрушение протонов и нейтронов и превращение их в плазму таким способом, ученые могут изучать цветовое удержание в обратной последовательности в надежде открыть секреты того, как склеиваются друг с другом кварки и глюоны.

Дальнейшие шаги

В идеале физики хотели бы полностью картографировать расположение, характер движения и спины глюонов и кварков внутри протона и нейтрона. Такие карты помогли бы нам рассчитать вклад, который кварки и глюоны делают в полную массу и спин из родительских частиц. Эти карты позволят получить беспрецедентное проникновение в тайны поведения кварков и глюонов, которые скрепляют воедино протоны и нейтроны. Построение подобных изображений потребует «кварк-глюонного фемтоскопа» — инструмента для глубоконеупругого рассеяния, чего-то вроде микроскопа, который будет вглядываться во Вселенную в масштабах порядка одной тысячной радиуса протона. В США Лаборатория им. Джефферсона и Брукхейвенская лаборатория ищут средства и одобрение правительства на сооружение фемтоскопа, в котором электроны будут сталкиваться с поляризованными протонами и ядрами свинца. В противоположность предыдущим экспериментам, в которых быстролетящие электроны сталкивались с неподвижными ядрами мишеней, оба типа частиц, прежде чем столкнуться лоб в лоб, будут ускоряться в этой машине почти до скорости света.

Электрон-ионный коллайдер (ЭИК), который пока существует только на бумаге, достигнет беспрецедентного уровня интенсивности, т.е. частицы в сталкивающихся пучках будут упакованы столь плотно и их число будет столь велико, что столкновения будут происходить с большей частотой, чем когда-либо ранее. Увеличение числа столкновений до количества в 1 тыс. раз больше, чем на предыдущем ГНР-коллайдере, позволит ученым получить множество отдельных фотографий внутреннего устройства протонов и нейтронов.

За четыре десятилетия, прошедшие со времени формулировки квантовой хромодинамики, физики сделали довольно много шагов в объяснении того, почему силы сильного взаимодействия ведут себя так, а не иначе, и в понимании того, где имеются пробелы в наших знаниях о динамике кварков и глюонов. Однако мы еще не вписали главы, которых недостает для того, чтобы создать простую и логически последовательную историю о том, каким образом глюоны — эти клейкие частицы — склеивают наш мир. Техника, разрабатываемая сегодня, дает нам надежду, что по прошествии еще 40 лет мы наконец-то разгадаем важнейшую загадку, как устроена материя на ее фундаментальном уровне. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Райордэн М., Зэйц У. Первые микросекунды // ВМН, № 8, 2006.

■ Reliable Perturbative Results for Strong Interactions? H. David Politzer in Physical Review Letters, Vol. 30, No. 26, pages 1346–1349; June 25, 1973.

■ Ultraviolet Behavior of Non-Abelian Gauge Theories. David J. Gross and Frank Wilczek in Physical Review Letters, Vol. 30, No. 26, pages 1343–1346; June 25, 1973.

**Доктор физ.-мат. наук,
академик РАН
Валентин Пантелеймонович
Смирнов**

ВЫСОКО-ТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХ-ПРОВОДИМОСТЬ:

наука, внедрение, коммерциализация

Сверхпроводимость была открыта более века назад, однако лишь сравнительно недавно она вышла за пределы исследовательских лабораторий и начала завоевывать свое место под солнцем, постепенно проникая в различные отрасли промышленности. Особенно перспективным выглядит применение высокотемпературной сверхпроводимости в энергетике. Научно-исследовательские центры по всему миру включились в эту «энергетическую гонку», где одну из лидирующих позиций по праву занимает Россия и, в частности, госкорпорация «Росатом». Сегодня мы беседуем с ведущими специалистами «Росатома» в области электрофизики и высокотемпературной сверхпроводимости ***Валентином Пантелеймоновичем Смирновым, Леонидом Михайловичем Фишером*** *и* ***Виктором Ивановичем Панцырным***

Валентин Пантелеймонович Смирнов, заместитель генерального директора, научный руководитель по электрофизическому блоку АО «Наука и инновации»: *«То, что нам сегодня кажется совершенно фантастичным, завтра будет применимо в быту»*

— После критического периода в развитии нашей страны, ее науки и техники мы потеряли производство низкотемпературной сверхпроводимости. Счастье, что в этот момент у нас был проект создания международного термоядерного реактора *ITER*. В соответствии с международными обязательствами наша страна должна была поставить значительное количество низкотемпературного сверхпроводника. Поистине героические усилия были предприняты Институтом неорганических материалов, Научно-исследовательским институтом электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова (НИИЭФА), Курчатовским институтом, Научно-исследовательским институтом космического приборостроения (НИИКП). В результате мы сегодня в России производим сверхпроводник мирового уровня.

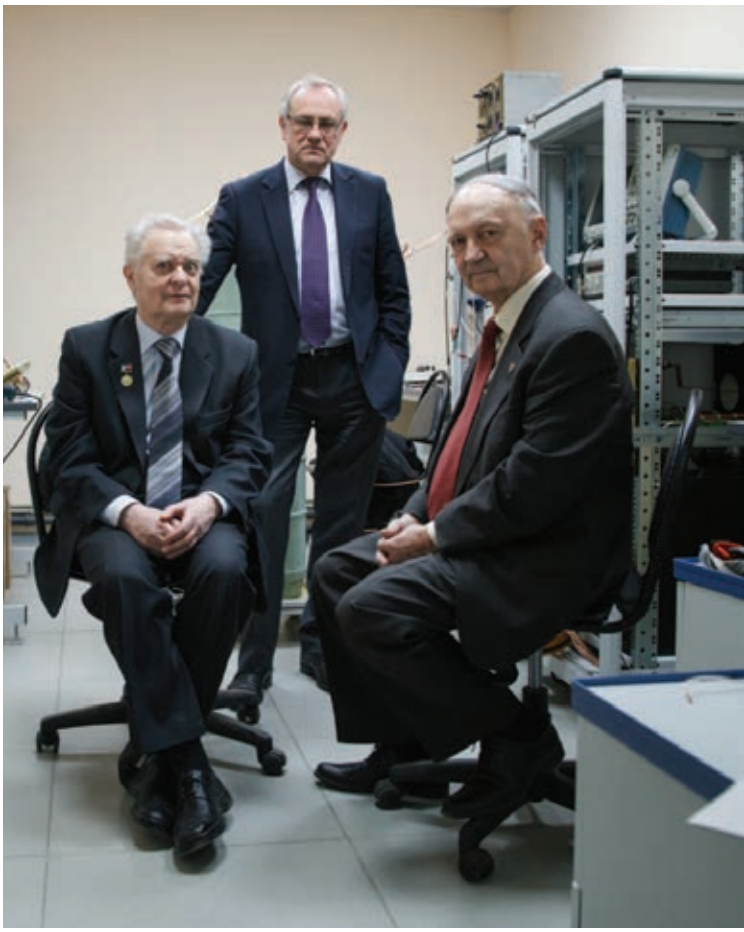
Свои обязательства в *ITER* мы успешно выполняем и готовы идти дальше, потому что эта часть оказывается востребованной не только в медицине, на томографах, но и в создании таких уникальных машин, как суперколлайдер в Швейцарии.

— На текущий момент ситуация выправилась?

— Физика и техника на месте не стоят, поэтому в свое время было открыто явление высокотемпературной сверхпроводимости. Здесь температура работающего сверхпроводника должна быть не в пределах от десяти до четырех абсолютных градусов, а на уровне 75 градусов, т.е. это температура жидкого азота. Технически это сразу дает колоссальное облегчение, потому что меньше энергии тратится на охлаждение и поддержание этой температуры. А азот как хладагент намного дешевле, чем гелий, который используется в случае низкотемпературной сверхпроводимости.

Объединенные усилия «Росатома» и Курчатовского института позволили создать федеральную целевую программу по ускоренному развитию высокотемпературной сверхпроводимости у нас в стране. Координация этой программы была поручена «Росатому».

НИИ технической физики и автоматизации (НИИТФА) — очень важное для госкорпорации «Росатом» предприятие, которое занимается высокотемпературной сверхпроводимостью. Другая значительная работа выполняется в НИИ электрофизической аппаратуры в Санкт-Петербурге. В эту программу входят целый ряд институтов и организаций и прежде всего НИЦ «Курчатовский институт», которому поручено создание опытной линии по производству сверхпроводящей ленты размером до 100 м.



Слева направо: Леонид Михайлович Фишер, Виктор Иванович Панцырный, Валентин Пантелеймонович Смирнов

Недавно это оборудование было получено и установлено в Курчатовском институте. Таким образом, благодаря усилиям и «Русского сверхпроводника», который курирует программу, НИЦ «Курчатовский институт» и НИИЭФА мы имеем широкомасштабный стенд, чтобы создавать ВТСП-проводники второго рода и отрабатывать оптимальную технологию.

Кроме того, в России создаются и частные организации, которые тоже заняты этой проблемой, — например, «СуперОкс». Наша задача в рамках кооперации состоит в том, чтобы в широком масштабе решить проблему создания требуемых сверхпроводников, найти способы существенного уменьшения их стоимости, чтобы мы могли продвигать высокотемпературную сверхпроводимость для практического использования в промышленности и науке.

— Кто еще с вами работает?

— Помимо названных институтов нужно упомянуть Федеральную сетевую компанию (ОАО ФСК ЕЭС), Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара (ВНИИНМ), Московский авиационный институт (МАИ). У нас значительный научно-технический потенциал. Результатом, который мы ожидаем в течение ближайших лет, будет внедрение в практику высокотемпературной сверхпроводимости.

— Каким будет практическое применение этих исследований?

— Сам по себе сверхпроводник обеспечивает передачу электроэнергии без потерь. Конечно, это очень существенно, потому что до 10% и больше вырабатываемой электроэнергии тратится на ее передачу. Но есть еще одно обстоятельство. Если мы говорим об электроснабжении мегаполиса, сверхпроводник предлагает еще одно важное преимущество. Осуществляя связь между частями мегаполиса по передаче электроэнергии, можно использовать сверхпроводящие линии и экономить очень дорогую городскую площадь. Такие работы уже начались и ведутся группой предприятий во главе с Энергетическим институтом (ЭНИН) в Москве, а в Петербурге готовится линия, соединяющая две части энергосистемы путем передачи энергии по каналу, проложенному через центр города. Это колоссальная вещь!

Производством сверхпроводника будут заниматься три института: НИИТФА, который готовит подложку, НИИНМ, который создает соответствующие материалы, и НИИЭФА — это финишное формирование лент. После этого вступает в действие Институт кабельной промышленности, который должен изготавливать эти кабели из сверхпроводящих лент.

Существует еще одна большая проблема: как ввести в холодную зону энергию из теплой зоны. Это так называемые токовводы. Ими занимаются НИЦ «Курчатовский институт» и другие организации.

Далее возникает вопрос по существенному сокращению массогабаритных характеристик электротехнических устройств. В этой области первое место принадлежит МАИ, который рассматривает различные типы электрогенераторов, электродвигателей. И здесь главное преимущество высокотемпературной сверхпроводимости состоит не в сокращении потерь, а в очень резком уменьшении массогабаритных характеристик приборов.

— Что означает высокотемпературная сверхпроводимость для науки?

— Прежде всего, она дает нам возможность по-новому — более экономично и эффективно — строить магнитные системы для физических приборов. К ним могут относиться термоядерные установки, где замена низкотемпературной сверхпроводимости на высокотемпературную сверхпроводимость существенна с точки зрения эксплуатации. Кроме того, потенциально высокотемпературная сверхпроводимость позволит получить бóльшие напряженности магнитных полей, чем могла бы обеспечить низкотемпературная сверхпроводимость. Это важно для плазменных термоядерных установок.

Необходимо также решить вопрос о применении магнитных систем на основе ВТСП для лучевой терапии. Вы знаете, что одна из точек горячего интереса в настоящее время — создание ускорителей для протонной и ионной терапии. Создаются очень сложные системы, позволяющие облучать больного по многим направлениям, снижая тем самым нагрузку на здоровые ткани. Эти системы, которые называются «гантри», выполненные на основе высокотемпературной сверхпроводимости, будут гораздо более легкими и удобными в применении.

— Что нужно для скорейшего внедрения этой технологии на практике?

— Необходимо искать способы удешевления технологии и оптимизации производства высокотемпературных сверхпроводников. Мы сможем делать это только тогда, когда создадим широкомасштабное производство.

Учитывая перспективы высокотемпературной сверхпроводимости, мы сейчас готовимся к следующей стадии работы в этой области. Главное условие

Дмитрий Федорович Алферов (главный научный сотрудник АО «НИИТФА»), Александр Исаакович Будовский (старший научный сотрудник АО «НИИТФА»)

ее продолжения — коммерциализация приборов, которые мы создали. Развитие техники и физики высокотемпературной сверхпроводимости не стоит на месте. Люди ищут новые составы, новые способы. К сожалению, сегодня перед нами такой задачи нет. Но мы надеемся, что и в академии наук, и в вузах будут проводиться подобные работы, и тогда наши технологии и устройства на основе высокотемпературной сверхпроводимости не будут отставать, а даже в определенном смысле опередят мировое развитие этого направления.

— Может ли высокотемпературная сверхпроводимость найти применение в бытовой технике, или масштаб все-таки не тот?

— Самым простым будет сказать — нет, на кухне высокотемпературная сверхпроводимость не найдет себе места. Но это взгляд сегодняшний. История развития физики и техники показывает: часто то, что нам сегодня кажется совершенно фантастичным, завтра или послезавтра будет применимым в быту.

Проблема, которую могли бы решить высокотемпературные сверхпроводники, — это создание накопителей энергии. Энергию можно произвести, но ее нужно потребить в определенный момент. Если моменты оптимального производства и оптимального потребления не совпадают, вы должны где-то запасать эту энергию, чтобы иметь возможность ее использовать впоследствии. Высокотемпературная сверхпроводимость дает относительно дешевый способ создания таких накопителей. Например, я поставлю на даче солнечную батарею. Дальше мне нужно нагревать свои собственные водяные батареи в доме. Солнце ночью не светит, и именно ночью мне нужно обогревать дом. Почему бы не предположить, что в недалеком будущем я смогу иметь такой накопитель, который позволит это сделать? Конечно, есть другие способы решения этой проблемы — аккумуляторы и т.д. Но почему бы и нет?

Когда-то говорили, что солнечная энергетика — это недостижимо, это дорого. Но сегодня мощность солнечных батарей в Германии сравнялась с мощностью работающих атомных станций. Для ветряков сверхпроводимость тоже была бы полезна, по крайней мере в двух отношениях: во-первых, генераторы на основе ВТСП существенно легче и поднять их в небо оказывается проще и дешевле; во-вторых, это накопители энергии, о которых я говорил.

Сосуд Дьюара для жидкого азота

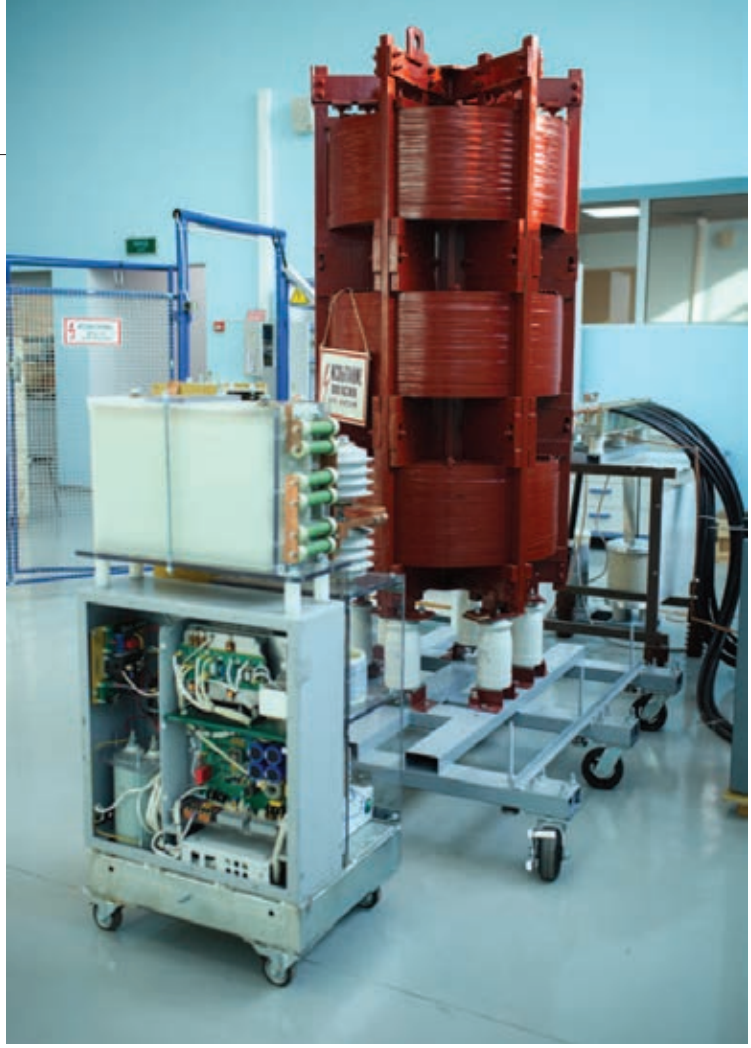
Леонид Михайлович Фишер, директор научно-производственного отделения сверхпроводниковых ограничителей тока АО «НИИТФА»: *«Мы разрабатываем то, что вообще мало кто делает, и в этом смысле идем впереди планеты всей»*

— В рамках программы прикладной сверхпроводимости мы начали работу по созданию сверхпроводниковых ограничителей тока короткого замыкания. В этом году она заканчивается опытными образцами этого нового вида оборудования. Особенность сверхпроводниковых ограничителей тока — то, что они фактически не имеют аналогов в обычном исполнении, поэтому интерес к ним велик во всем мире. Такое оборудование разрабатывается в США, Германии, Корее, в других странах. Наша особенность состоит в том, что мы разрабатываем сверхпроводниковые ограничители постоянного тока, а это вообще мало кто делает. В этом смысле мы идем впереди планеты всей.

Прежде чем создавать сверхпроводниковые ограничители тока, мы должны взять соответствующую сверхпроводниковую ленту, которая сейчас производится преимущественно в Соединенных Штатах, Японии и Южной Корее. Сейчас ведутся работы в НИИТФА, связанные с получением сверхпроводниковых лент второго поколения, чтобы

добиться их более дешевого исполнения. Это расширит диапазон прикладных исследований и применений этого оборудования.

Типичная 12-миллиметровая лента имеет токонесущую способность, исчисляемую 500–600 ампер. Лучшая лента доходит до 1 тыс. А. Это означает, что эти ленты в состоянии пропускать постоянный ток такой величины без сопротивления. Если ленты включены параллельно, то и ток увеличивается пропорционально количеству применяемых лент. Если ток превышает критическое значение, сверхпроводимость разрушается и соответствующая лента переходит в резистивное состояние. Возникают термические потери. Но фактически это означает, что если в электрическую цепь включено такое устройство, при токах меньше критического оно не вносит никаких потерь в электрическую сеть. В случае превышения током некоего фиксированного значения появляется сопротивление, которое может ограничивать токи короткого замыкания. Ток может превысить заданную величину, когда в системе есть неполадки, приводящие к режиму короткого замыкания и разрушению аппаратуры. Поэтому сверхпроводники ограничивают токи короткого замыкания на требуемую величину.



Высоковольтная лаборатория: испытательный стенд для сверхпроводникового ограничителя тока (СОТ)

Особенность нашей конструкции — то, что за счет применения модульного типа построения мы можем создавать ограничители тока на различные значения минимальных токов, на различный уровень напряжения. В частности, сейчас в рамках программы мы завершаем работу по созданию сверхпроводникового ограничителя тока напряжения 3,5 кВ и 2 кА номинального тока. Наши токоограничители имеют оригинальную конструкцию и оригинальные решения для работы на постоянном токе. Фактически ни одна действующая компания не разрабатывает ограничители постоянного тока с такой степенью надежности, как у нас.

Перспективы есть, поскольку интерес к этим материалам проявляют, в частности, предприятия железнодорожного транспорта, где многие поезда используют для движения постоянный ток и часто возникают режимы короткого замыкания. Поэтому облегчаются жизнь и работа соответствующей отрасли народного хозяйства.

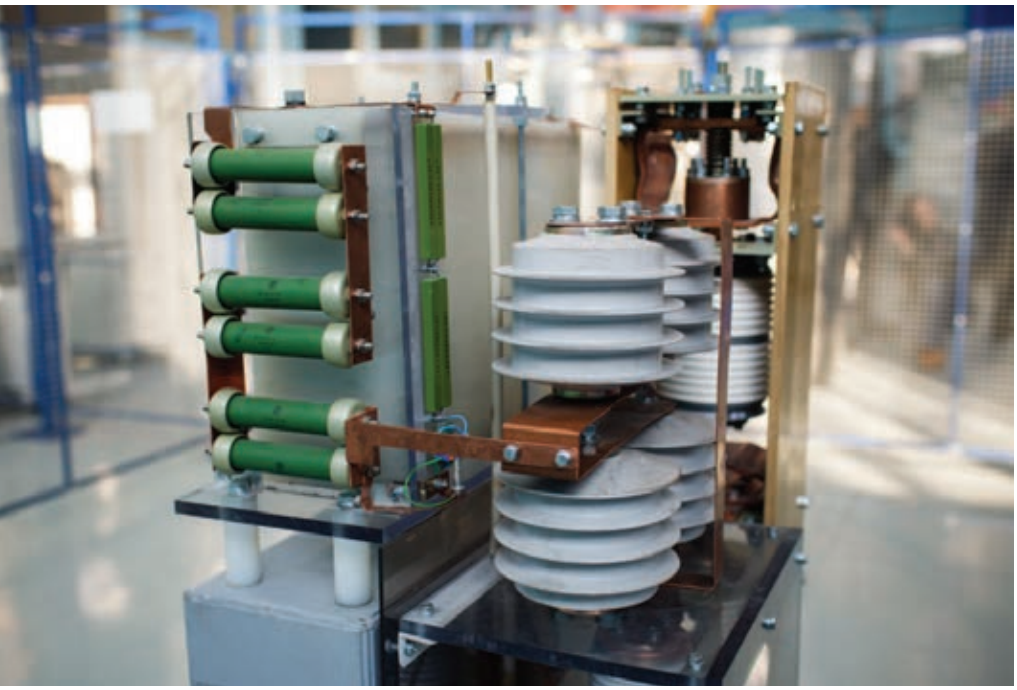
При этом оказывается, что существующие способы защиты системы от токов короткого замыкания дают большие потери, поскольку там не применяется сверхпроводимость. Ее применение позволит существенно снизить потери, в чем и состоит экономический эффект.

В настоящее время мы готовим материалы и оборудование, а также разрабатываем технику применительно к требованиям системы железных дорог, где мы планируем начать испытания в соответствующем режиме в этом году. В следующем году мы планируем опытную эксплуатацию.

Наряду с постоянным током в системе железнодорожного движения применяются токи и переменные. Там может быть даже больше проблем с ограничением тока короткого замыкания, поскольку речь идет о более высоком напряжении — порядка 27 кВ.

Основываясь на опыте, который мы приобрели при разработке, сделанной для системы постоянного тока, можно непосредственно переходить к работе над экспериментальными, а затем опытными образцами — уже на переменное напряжение для системы железных дорог. Сейчас новые железные дороги строятся на переменном токе, поэтому там есть место для применения сверхпроводниковых ограничителей тока. Вице-президент РЖД В.А. Гапанович поддержал это направление.

Особенность нашей работы — применение разработанного в том числе нашим коллективом оригинального коммутатора постоянного тока. Это



Быстродействующий вакуумный выключатель

ограничивает количество материала, необходимого для создания токоограничителя. Надо иметь в виду, что стоимость токоограничителя в значительной мере определяется ценой сверхпроводящей ленты и соответствующего криогенного обеспечения. Это и определяет эффективность применения сверхпроводимости.

Мы тесно сотрудничаем с различными организациями России — госкорпорацией «Росатом», Российской академией наук, Федеральной сетевой компанией и др.

Виктор Иванович Панцырный, управляющий директор АО «Русский сверхпроводник»: *«Исследования могут дать неожиданные, взрывные результаты»*

— Россия — лидер по производству низкотемпературных сверхпроводников. У нас одно из лучших в мире промышленных производств — Чепецкий механический завод. Сейчас создается новое отечественное производство высокотемпературных сверхпроводников. Цель — ликвидировать отставание от западных производителей сверхпроводниковой ленты, которое у нас существует сегодня.

Были предусмотрены две стадии процесса. Мы приобрели лицензию на технологию и поставили экспериментальную линию в Курчатовском институте, способном на высоком уровне провести исследования тонкой структуры высокотемпературного соединения и поднять токонесущую способность. Есть огромный потенциал, чтобы реально увеличить техническую привлекательность этих лент. Токонесущая способность, которая сейчас составляет порядка трех мегаампер на квадратный сантиметр, может быть увеличена еще в четыре-пять раз. Это приведет к тому, что такой сверхпроводник не только станет интересен для изготовления прототипов или каких-то новых устройств, но и войдет в широкие технику и промышленность.

Итак, Курчатовский институт будет заниматься исследованиями, разработкой лент; вторая же часть программы — это создание крупномасштабного производства для обеспечения развития сверхпроводниковой индустрии в России. Речь идет об установках, которые позволят выпускать не стометровые, а километровые куски ленты с достаточно высокой токонесущей способностью.

Материаловедческие исследования дадут возможность не только достичь нового уровня свойств такой ленты, но и проводить исследования по поиску новых классов сверхпроводников. Низкотемпературная сверхпроводимость развивалась эволюционно в течение долгого времени — с 1911 по 1986 г. В 1986 г. появились новые классы сверхпроводников. Это и класс MgB_2, классы пниктидов на основе железа, это и иттриевые керамики, висмутовые керамики, таллиевые керамики, керамические сверхпроводники перовскитного класса, что привело к повышению критической температуры сверхпроводников до 150° *К*. Здесь тоже большой потенциал: ведь никто не запрещал поднять температуру перехода в сверхпроводимость вплоть до комнатной. Такие перспективы фундаментальных исследований тоже имеют право на жизнь, и они будут проводиться.

Наша программа ориентирована на индустрию, промышленность, на создание новых устройств с применением достаточно высокого уровня качества сверхпроводниковых материалов, которые мы сегодня имеем и массовое производство которых собираемся начать в ближайшие годы.

Уже создан пилотный образец энергетического сверхпроводящего ограничителя тока, где природные качества сверхпроводника позволяют создать новый класс энергетического оборудования. Идут работы также над созданием генераторов для

ветроэнергетики. В рамках нашего проекта мы начали с 50-киловаттной машины, а завершаем генератором мегаваттного класса, который представляет интерес для установки его на ветроэнергетическом оборудовании.

— Какие применения могли бы найти высокотемпературные сверхпроводники в промышленности уже в ближайшем будущем?

— Стратегия развития энергетики предусматривает переход на инновационный путь. Возобновляемые источники энергии — тренд, который сейчас начинает преобладать во всех странах мира, поэтому развитие сверхпроводниковой индустрии крайне важно, особенно когда мы разрабатываем ветроэнергетические установки для северных районов, которые имеют максимальный потенциал развития ветровой энергии по нашему побережью Северного моря и Арктики. Сейчас прорабатывается возможность создания такой установки на сверхпроводниках. Она будет легче, компактнее.

Еще одна область — сверхпроводниковые электродвигатели. Мы начинали с 5 кВт, довели сейчас до 200-киловаттных двигателей малого объема, которые перспективны для установок на муниципальном транспорте. Еще более мощные установки интересны для судовых установок. Там мы можем создать малые, компактные, мощные сверхпроводниковые установки. Первые серьезные прототипы будут реализованы уже в 2015 г.

— Вы затронули очень интересную тему: «комнатная» сверхпроводимость. Судя по всему, наметились какие-то подвижки?

— Сложно сказать. Создание сверхпроводников нового класса — перовскитного типа — было абсолютно непредсказуемо. Перовскит — это керамики: иттрий, барий, медь, кислород. Они сейчас уже стали основой высокотемпературной сверхпроводимости. Народ изучал эти перовскитные соединения на основе лантана, они лежали у кого-то, исследованные, в шкафах, но никто даже не догадался померить температуру перехода этих соединений, потому что предполагалось, что это оксиды и от них нечего даже ожидать сверхпроводимости.

Сейчас поисковые исследования идут широким фронтом. Это и металлоорганические соединения, и фуллерены, и графены, которые тоже в сочетании с другими материалами пытаются использовать для поиска новых сверхпроводников. Возможно, это будет не просто вещество, а искусственно созданная комбинация или композиционный материал, тем более сейчас идет развитие *3D*-аддитивных технологий. Можно представить себе, что исследования, которые ведутся практически повсеместно во многих центрах мира, способны дать неожиданные, взрывные результаты.

— Открытие такого плана, наверное, произвело бы революцию в энергетике?

— Не обязательно. Есть вероятность того, что будут созданы сверхпроводники, которые могут иметь температуру перехода при комнатном состоянии, но они могут не обладать при этом высокой токонесущей способностью. Все зависит от того, какова природа этого соединения и какие у него будут возможности именно для использования в электротехнике. Новый сверхпроводник, возможно, появится как эффект, который будет полезен для квантовых компьютеров или еще чего-то, что не требует высокой токонесущей способности.

— В чем самая большая трудность, связанная с высокотемпературными сверхпроводниками, которые потребовали бы совершенно новых технологий?

— Если в случае с низкотемпературными сверхпроводниками можно было металлургическими путями получать проволоку, которая содержит большое количество волокон, то здесь необходимо, чтобы каждое микронного размера зернышко на длине в километр имело строго определенную ориентацию в пространстве. Как только два соседних зерна у нас разориентировались буквально

Высоковольтные конденсаторы

Строительство линии для производства ВТСП-2

на семь-восемь градусов — все, в этом месте пропадает сверхпроводимость и передача тока невозможна. Поэтому здесь каждый из классов соединений имеет свои ограничения.

Ведь мы имеем и таллиевые, и ртутные соединения, которые работают уже при температуре 150° *К*, но мы используем тот сверхпроводник, температура перехода которого 90° *К*. Этого достаточно, чтобы применять жидкий азот. Здесь разные вещи: температура перехода — это физический параметр, а токонесущая способность часто связана со строением и организацией самого материала, то есть с его микроструктурой. Поэтому здесь всегда могут быть неожиданные открытия.

Например, MgB_2 открыт достаточно поздно. Сейчас его можно использовать только при водородных температурах, но у него тоже есть своя ниша. Сверхпроводимость состоит из нескольких классов материалов, каждый из которых имеет свою специфическую область применения, свои преимущества. Высокая температура совершенно не обязательно гарантирует, что это будет более интересный материал для всей электротехники и энергетики.

— Несколько серьезны затраты на охлаждение сверхпроводника в сравнении с экономией на потерях энергии?

— Если мы говорим о больших энергетических мощностях, которые передаем по кабелю (это мегаватты и гигаватты), то там затраты на охлаждение составляют очень маленькую величину, она пренебрежимо мала по сравнению с тем, что мы экономим на отсутствии потерь.

Криогеника крайне быстро развивается. Медицинские томографы стали уже обычной установкой. Они не требуют специального обслуживания. А в них температура жидкого гелия, и таких установок выпускаются 3–4 тыс. в год. Они стоят уже практически во всех клиниках, и никто даже не задумывается, что там температура близка к абсолютному нулю.

Установка для ожижения азота — это компактное устройство. Можно уже представить такую картину: на конечной станции маршрута автобуса стоит небольшая будка, которая производит из воздуха жидкий азот и нарабатывает нужное количество для того, чтобы обеспечить движение автобуса или троллейбуса с электродвигателем на сверхпроводниках. ■

Подготовил Виктор Фридман

СПРАВКА

Валентин Пантелеймонович Смирнов

Заместитель генерального директора, научный руководитель по электрофизическому блоку АО «Наука и инновации», доктор физико-математических наук, академик РАН.

✓ Родился в Московской области; в 1961 г. окончил МФТИ и начал свою трудовую деятельность в РНЦ «Курчатовский институт».
✓ с 1999 г. — директор Института ядерного синтеза Российского научного центра «Курчатовский институт». В настоящее время — заместитель генерального директора, научный руководитель электрофизического блока АО «Наука и инновации».
✓ Один из пионеров создания современной мощной импульсной техники. Идеолог и руководитель сооружения одного из крупнейших в мире генератора наносекундных импульсов «Ангара-5». Осуществляет научное руководство работами по импульсному термоядерному синтезу на основе *Z*-пинчей.
✓ Лауреат Государственных премий СССР и РФ, лауреат премии Ханнеса Альфвена Европейского физического общества.
✓ Автор и соавтор более 250 научных публикаций и обладатель ряда патентов.
✓ Сфера научных интересов: термоядерная энергетика, электрофизика, физика плазмы, плазменные технологии, радиационные технологии.

Леонид Михайлович Фишер

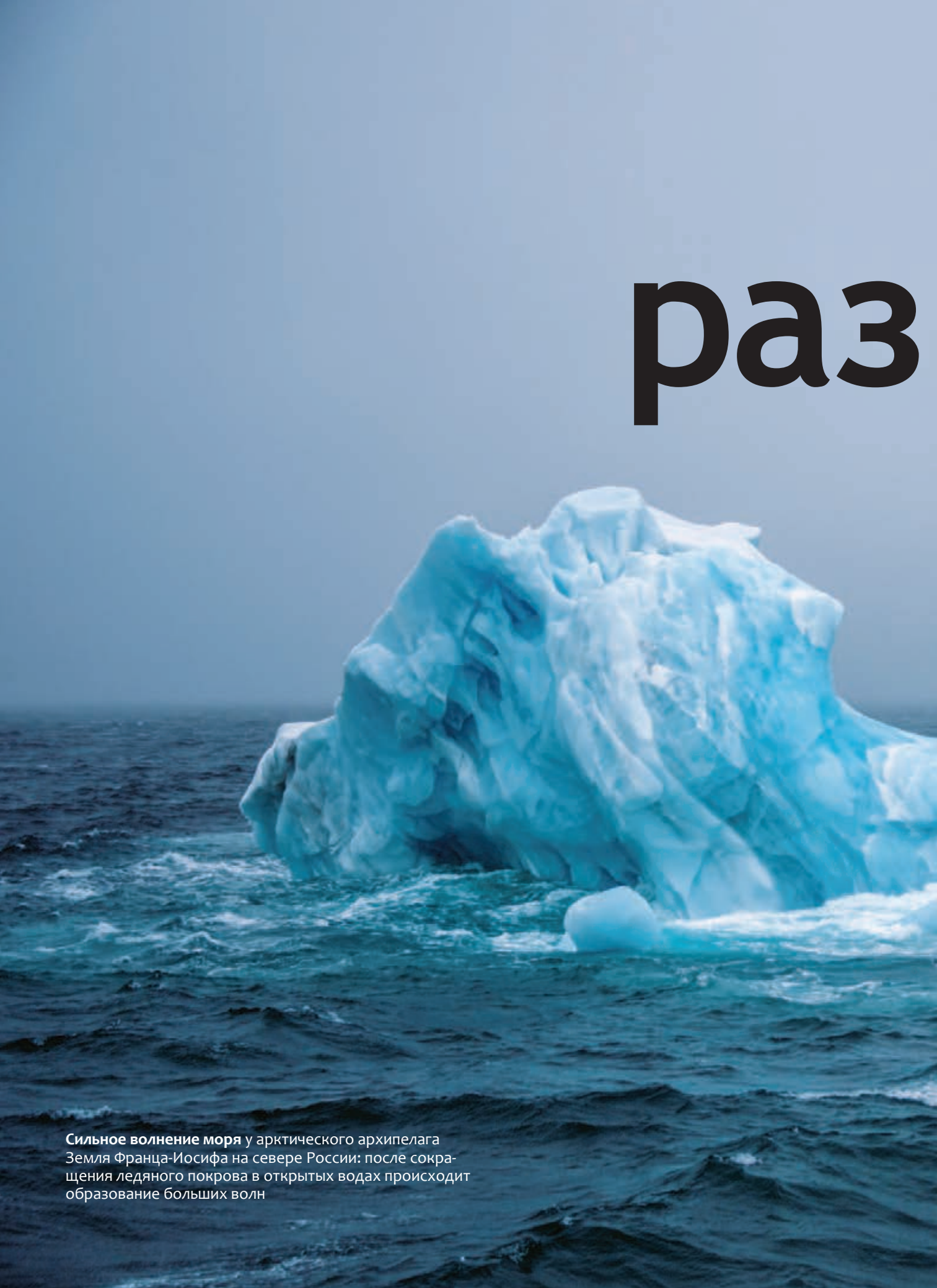
Директор научно-производственного отделения сверхпроводниковых ограничителей тока госкорпорации «Росатом».

✓ Родился в Москве; в 1964 г. закончил МФТИ и получил квалификацию инженера-физика по специальности «Физика низких температур и криогенная техника».
✓ В 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Эффект Шубникова — де Гааза в висмуте и графите под высоким давлением» и получил ученую степень кандидата физико-математических наук; в 1977 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Допплероны в металлах» и получил ученую степень доктора физико-математических наук; в 1995 г. получил звание профессора.
✓ С 2013 г. — директор центра и директор НПО в Научно-исследовательском институте технической физики и автоматизации (АО «НИИТФА») госкорпорации «Росатом» РФ.
✓ Сфера научных интересов: магнитные явления, физика твердого тела, физика низких температур, физическая и прикладная сверхпроводимость.
✓ Хобби: чтение художественной и научной литературы.

Виктор Иванович Панцырный

Директор АО «Наука и инновации», управляющий директор АО «Русский сверхпроводник», доктор технических наук, действительный член АЭН РФ.

✓ В 1972 г. окончил Московский государственный институт стали и сплавов. Затем работал в НИИ неорганических материалов им. А.А. Бочвара, где занимался металловедением композиционных материалов, разработкой сверхпроводников для международного проекта экспериментального термоядерного реактора *ITER*, а также разработками наноструктурных особо прочных высокоэлектропроводных материалов для применения в импульсных магнитных системах.
✓ С 1998 г. — заместитель директора отделения композиционных материалов ВНИИНМ им. А.А. Бочвара, главный научный сотрудник.
✓ С 2011 г. — директор АО «Русский сверхпроводник», управляющей компании по проекту «Сверхпроводниковая индустрия».
✓ Сфера научных интересов: прикладная сверхпроводимость, материаловедение композиционных, наноструктурных материалов.
✓ Хобби: теннис.



раз

Сильное волнение моря у арктического архипелага Земля Франца-Иосифа на севере России: после сокращения ледяного покрова в открытых водах происходит образование больших волн

ОКЕАНОГРАФИЯ

Волны рушения

Ученые исследуют разрушение большими морскими волнами арктического льда, чреватое разнообразными последствиями для климата и экологии планеты

Марк Харрис

ОБ АВТОРЕ

Марк Харрис (Mark Harris) — писатель, рассказывающий о проблемах науки и техники; проживает в Сиэтле.

Лето 2014 г. в Чукотском море выдалось странным. Арктические воды, обычно большую часть года покрытые льдом, на этот раз удивительным образом оказались лишены ледяного покрова. Его было так мало, что после безуспешных попыток найти льдины, с которых они могли бы добывать корм, 35 тыс. моржей расположились вдоль береговой линии северо-западной части Аляски. Как-то сентябрьским утром, находясь в исследовательском плавании на борту судна *Norseman II*, в сотнях километрах от берега, океанограф Джим Томсон (Jim Thomson) заметил еще одну странную вещь: некоторые из его товарищей по экспедиции страдали от качки.

Морская болезнь может считаться вполне обычным делом для плавания при сильном волнении, но только не здесь, где Чукотское море соединяется с морем Бофорта, поскольку в этом удаленном районе обычно не бывает места для образования волн. Однако теперь тут была открытая водная поверхность с огромными, почти пятиметровой высоты волнами, которые бросали судно вверх и вниз, с шумом обрушиваясь на его палубы. Море было настолько бурным, что капитан не рискнул плыть против волн и вынужден был уходить, развернувшись к ним кормой. Томсон, закаленный моряк, наслаждался штормовой погодой, в то время как его коллеги-исследователи с трудом перемещались по судну и выглядели так, словно могли в любой момент лишиться съеденного обеда. Он приехал сюда искать волны — и вот они, прямо перед ним.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Изумляя ученых, морской лед Арктики тает быстрее, чем прогнозировалось моделями глобального потепления.
- Причиной могут быть огромные, не виданные ранее волны. Некоторое сокращение площади льда создает место, где образуются и набирают силу такие волны.
- Большие бушующие волны могут и дальше разрушать лед, создавая новое открытое водное пространство и еще большее количество волн.
- Открывшееся недавно водное пространство морей Арктики может влиять на погодную ситуацию в отдаленных районах мира, вызывать береговую эрозию и угрожать национальной безопасности.

«Они были больше любых, что когда-либо измеряли, обсуждали или вообще могли представить себе в Арктике», — вспоминает Томсон. За несколько месяцев до этого он задействовал небольшой парк водных роботизированных устройств для ведения мониторинга этих морей, а в тот самый день пытался подобрать одно из них. «Фактически примерно за шесть часов до того, как этот роботизированный буй был поднят на борт, мы зафиксировали максимальные за весь год показатели высоты волн», — добавляет он.

Подобные волны могут дать ответ на очень важный и тревожный вопрос: почему так быстро исчезает сегодня арктический лед? Ведь климатические модели, строившиеся на основе данных глобального потепления, прогнозировали более низкие темпы сокращения его объема. Либо эти модели были ошибочными, либо сегодня происходит что-то новое. Как считают Томсон и другие исследователи, это «что-то новое» имеет отношение к волнам. Вызванное изменением климата таяние арктического льда создавало дополнительные открытые пространства, где росли и набирали силу волны, которые начинали бить по многолетнему паковому льду, окончательно разбивая его на мелкие куски. В 2012 г. Томсон устанавливал здесь аналогичные роботизированные буи, и один из них был поднят такой волной на высоту 7,6 м.

Появление новых, огромного размера волн в этом регионе может оказать глубокое, преобразующее мир воздействие. Арктические воды

PRECEDING PAGES: ANDY MANN National Geographic

Море без волн: *плотно покрытое льдинами, море Бофорта в Арктике спокойно и неподвижно, однако по нему трудно плавать судам — даже такому кораблю береговой охраны США*

окружают Северный полюс Земли, проходя от моря Бофорта и Чукотского моря выше Канады и Аляски; через Чукотское, Восточно-Сибирское моря, море Лаптевых, Карское и Баренцево моря у берегов России; к Норвежскому и Гренландскому морям севернее Атлантического океана. Состояние ледяного покрова столь обширного региона может влиять не только на среду обитания моржей, но также на направление морских течений и даже на атмосферное струйное течение, определяя климатические условия в тысячах километрах отсюда. Теперь, когда лед перестает защищать кромку суши в этом регионе, хрупкая вечная мерзлота, которая составляет значительную часть береговой линии, также может оказаться в опасности.

Именно такие возможные последствия побудили Томсона и 100 других исследователей вернуться в 2014 г. в Арктику, располагая сетью устройств дистанционного зондирования — наиболее совершенной из всего, что когда-либо использовалось в здешних холодных водах. Цель ученых состояла в проведении эксперимента стоимостью во многие миллионы долларов, который должен был помочь выяснить, как именно отразится образование столь огромных волн на будущем этого самого загадочного океана мира.

Незащищенность с севера

Исследователи много лет ощущали отсутствие каких-то крайне важных сведений об Арктике. Какими бы тщательными ни были их расчеты, ежегодное частичное разрушение полярного ледникового купола происходило быстрее и в куда большей степени, чем обещала любая из имевшихся моделей, — даже при условии введения поправок на глобальное потепление. В 2007 г. Жюльен Струве (Julienne C. Stroeve), климатолог из Национального центра данных о снеге и льдах в Боулдере, штат Колорадо, обратила на это внимание в своей статье, отмечая, что ни одна — или очень немногие — из арктических моделей Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) не предсказывала происходящего в реальной действительности отступления арктического льда. Как указывает Струве, даже после корректировки этих моделей темпы сокращения льда все равно опережали прогнозы: «Недавнее таяние превышает средние показатели по всем моделям, которые, по существу, не отражают происходящее».

Точные климатические модели Арктики для нас крайне важны. По мнению ученых Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории, сокращение морского льда в Арктике

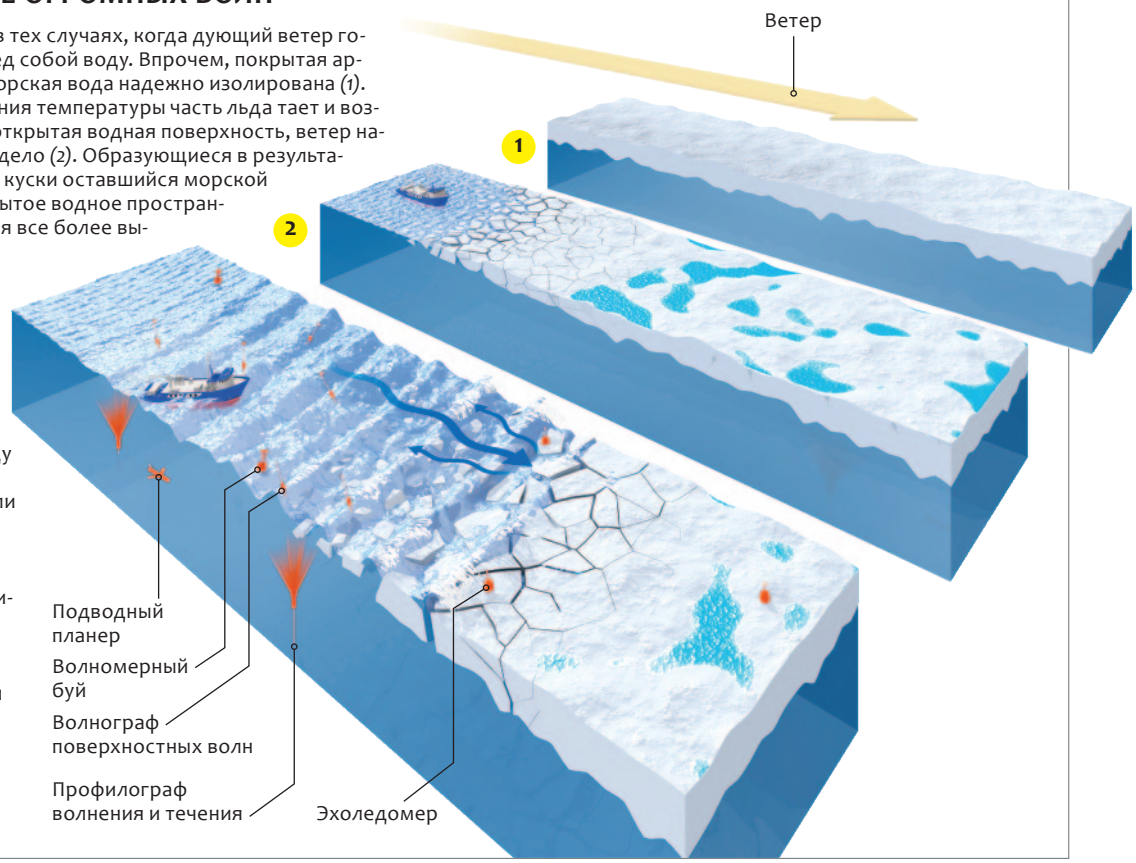
Изучение зоны таяния: *в 2014 г. исследователи установили в Арктике, к северо-востоку от Аляски, целую сеть автономных измерительных устройств — это должно было помочь выяснить, почему морской лед исчезает быстрее, чем ожидалось; возможно, важную роль в этом играют большие волны, разбивающие лед*

DANIEL J. COX Getty Images (ice); SOURCE: NASA VISIBLE EARTH (globe data)

Ледовый эффект

ОБРАЗОВАНИЕ ОГРОМНЫХ ВОЛН

Волны образуются в тех случаях, когда дующий ветер гонит и собирает перед собой воду. Впрочем, покрытая арктическим льдом морская вода надежно изолирована (1). Когда из-за повышения температуры часть льда тает и возникает небольшая открытая водная поверхность, ветер начинает делать свое дело (2). Образующиеся в результате волны ломают на куски оставшийся морской лед, расширяя открытое водное пространство, где образуются все более высокие волны (3).



В 2014 г., чтобы проследить связь между льдом и волнами, ученые использовали различные показанные здесь устройства, включая буи и средства дистанционного зондирования, для измерения параметров волн, подводные планеры для наблюдения за паковым льдом, сенсоры для определения толщины морского льда и пр.

означает, что скрываемая обычно под этим льдом тепловая энергия может высвобождаться в атмосферу. Такое поднимающееся тепло способно нарушать атмосферное струйное течение — стремительный высотный поток воздуха, который, например, в США позволяет быстрее долетать на самолете с запада на восток, чем наоборот. Как считают некоторые ученые, такое струйное течение выступает в роли своеобразного барьера, который препятствует движению на юг очень холодного арктического воздуха и может создавать экстремальные погодные условия под названием «полярный вихрь». Именно это стало причиной жестоких холодов, от которых в последние две зимы страдали города на восточном побережье США.

Учитывая отступление и таяние арктического льда, исследователи из Вудс-Холского океанографического института измерили количество пресной воды в море Бофорта и установили, что сейчас оно на 25% более пресноводно, чем было 40 лет назад. Если пресная вода от таяния полярного ледникового купола окажется в Северной Атлантике, это может существенно нарушить существующие океанические течения. По неизвестным до сих пор причинам нечто подобное уже происходило с этим куполом в 1970-е гг., когда его таяние с южной стороны расстроило течения, помогавшие поддерживать температурный баланс в регионе. Некоторые ученые считают, что в прошлом подобные нарушения уже становились причиной чрезвычайно быстрых климатических изменений — так, некое произошедшее примерно 12 тыс. лет назад событие вызвало согревание ледяного щита Гренландии примерно на 8° *C* за какие-то несколько десятилетий.

Кроме того, исчезновение морского льда ускоряет происходящую сегодня в Арктике береговую эрозию. На долю берегов, где скованная вечной мерзлотой подпочва встречается с открытой водой, приходится примерно 1/3 всей береговой линии на нашей планете. «Лед — единственное, что скрепляет эти берега: оставшись без защиты в виде морского льда, они могут очень быстро размываться», — указывает Юг Лантюи (Hugues Lantuit), геоморфолог из Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера в Германии. Действительно, некоторые участки берега вдоль моря Бофорта уже отступают сегодня со скоростью до 30,5 м в год.

Подобная эрозия может уничтожать целые поселения, разрушать экосистемы, вызывать затопление участков суши, а также способствовать подкислению вод Мирового океана и глобальному потеплению. Таяние вечной мерзлоты сопровождается выделением углерода из сохраняющихся

Illustration by Bryan Christie

в ней остатков древних растений, животных и микроорганизмов. Впоследствии это органическое вещество будет разлагаться, выделяя двуокись углерода, метан и парниковые газы, что также может увеличивать кислотность океана, делая его менее благоприятным для флоры и фауны.

Большой бизнес также хотел бы лучше представлять, что именно будет происходить с морским льдом. Нефте- и газодобывающие компании разведывают возможность начать бурение скважин в новых, прежде скованных льдом водах. Если размеры сезонного таяния льда будут поддаваться точному прогнозу, судоходные транспортные компании могли бы начать использование знаменитого Северо-Западного прохода вдоль северного берега Северной Америки, что означает сокращение времени прохода из Тихого в Атлантический океан на целую неделю. Кроме того, отсутствие льда привлекает внимание ВМС США — не в последнюю очередь по соображениям безопасности, поскольку со стороны северной границы страны вдруг появился открытый океан.

С учетом всего этого можно констатировать, что существует множество серьезных оснований разобраться с тем, почему же все-таки происходит отступление арктического льда.

По предположению Томсона, любые расхождения прогнозов на этот счет с реальностью объясняются присутствием огромных волн и их особой способностью разрушать арктический лед. «До настоящего времени волны попросту не включались в системную модель с представленными в ней океаном, атмосферой, погодой и морским льдом, где для увеличения точности прогноза оценивалось их объединенное действие, — указывает он. — Механический процесс здесь не рассматривался вообще». Лантюи как специалист по береговым структурам говорит, что, несмотря на недостаточное понимание действия этих волн, именно таким действием можно объяснить происходящее изменение ледовых карт. «Пока еще нет хорошей модели воздействия морских волн на берега с вечной мерзлотой, — отмечает Лантюи. — Однако, как правило, чем больше волны, тем большего разрушения берегов следует ожидать».

Поиск больших волн

Несмотря на то что в различные модели не включались никакие волны, ученым и так уже давно известно, какое действие оказывают бушующие моря даже на самый крепкий лед. Элизабет Ханк (Elizabeth Hunke) из Лос-Аламосской национальной лаборатории занимается моделированием взаимодействия океанов и морского льда. Во время экспедиции 1998 г. на противоположную сторону планеты, в Антарктику, ей встретился редкий участок открытой водной поверхности, который находился возле шельфовых ледников Ронне и Фильхнера, возвышающихся над морем Уэдделла. «Я видела, как прибойные волны с силой ударяют о морской лед, прочно соединявшийся с берегом в течение лет, десятилетий, а может быть и столетий, — говорит она. — Хотя лед выглядел по-настоящему крепким и его трудно было сломать, именно это происходило с ним под действием таких волн».

Поскольку в Арктике попросту не предвиделась возможность появления огромных волн, исследователи даже не думали искать их или включать в свои расчеты. Однако все изменилось в 2012 г., когда всех поразили результаты измерений, произведенных Томсоном с помощью одного-единственного буя.

Эти результаты привлекли внимание не только океанографов, но и Научно-исследовательского управления ВМС США, которое еще ранее приняло решение выделить $12 млн на выяснение направления движения арктического льда, а теперь приступило к осуществлению программы «Пограничная зона льда» *(Marginal Ice Zone, MIZ)*. Для участия в этом проекте приехали более 100 ученых из разных стран мира — им предстоял небывалой амбициозности эксперимент, предполагавший наблюдение за сезонным разрушением ледяного щита Арктики. В прежние времена для этого потребовались бы преодолевающие ледяные океанские просторы ледоколы, плывущие в глубинах подводные лодки и летящие высоко над головой спутники. Однако в 2014 г. оказалось вполне достаточно небольших судов, коротких экспедиций и многочисленных роботизированных устройств. Подобные автономные устройства, способные проникать туда, куда и не мечтают люди, ведут сбор данных 24 часа в сутки, без сна и отдыха.

Весной 2014 г., чуть более года назад, исследователи высадились на толстый прочный лед моря Бофорта и установили здесь десятки автономных измерительных устройств на одной линии протяженностью 386 км, которая шла в сторону полюса и начиналась приблизительно в точке 73° с.ш. Эти устройства обеспечивали измерение толщины льда, температуры и состава воды подо льдом, а также параметров погоды на поверхности. Сами устройства были выполнены в виде буев и обладали плавучестью — по мере постепенного разрушения и таяния льда в летний период они одно за другим опускались в холодную океанскую воду, продолжая сбор данных о воде и погоде.

В конце июля Томсон и пятеро других ученых начали размещать в море Бофорта более сложные роботизированные устройства, используя для этого небольшое переоборудованное исследовательское судно *Ukpik*, предназначавшееся когда-то для ловли рыбы. В это время года солнце здесь не заходит, освещая постоянным неярким светом покрытое зыбью море и отчетливо выделяющиеся на нем

льдины. Эти исследователи находились, вероятно, севернее всех плывущих в этот момент по морям, а от ближайшего поселения их отделяло более 160 км. Несмотря на изредка доносившийся звук выпускаемого гренландским китом фонтана, эта часть моря Бофорта казалась абсолютно безжизненной.

Впрочем, отсутствие общества людей исследователи компенсировали взаимодействием с роботизированной техникой. Они готовили к работе несколько видов автономных устройств. Некоторые из них представляли собой стандартные волноизмерительные буи, аналогичные тому, который Томсон разместил неподалеку в 2012 г. Другие, намного более технически сложные, имели название *Seaglider* («Подводный планер»). Эти торпедообразной формы устройства длиной около 2 м способны самостоятельно перемещаться под водой с помощью двух регулируемых крыльев-плавников. Каждый такой подводный планер имеет своеобразный внешний «плавательный пузырь»: закачивание в этот пузырь воздуха придает роботизированному устройству плавучесть и позволяет всплывать, а откачивание воздуха и заполнение рабочей жидкостью утяжеляет, давая возможность погружаться. За день, двигаясь вверх и вниз по плавной дугообразной траектории, *Seaglider* может преодолевать расстояние до 19 км. Мощная аккумуляторная батарея позволяет такому устройству функционировать в течение десяти месяцев, а также помогает поворачивать во время его подводного планирования, наклоняя корпус вправо или влево.

Когда устройство *Seaglider* достигает высшей точки своего подводного полета, его носовая часть ненадолго поднимается над водой, напоминая любопытного тюленя. Теперь, после получения *GPS*-пеленга, оно может выйти на связь с ожидающими на орбите спутниками, передать им собранные данные и принять от них новые задания. Размещенные в этом районе четыре устройства *Seaglider* в течение двух месяцев курсировали между открытой водой и ледяным щитом, измеряя волнение моря, температуру и соленость морской воды, а также присутствие в ней органических веществ.

Впрочем, когда устройства *Seaglider* продолжительное время оставались под слоем льда, они оказывались изолированными от этих спутников. Для решения этой проблемы и обеспечения связи между теми и другими ученые использовали третий вид автономных роботизированных устройств — он мог плавать по поверхности воды и имел название *Wave Glider* («Волновой планер»). В качестве источников питания такие волновые планеры — внешне они несколько напоминают машину Руба Голдберга *(американский карикатурист Рубен Голдберг (1883–1970) известен серией шутливых рисунков с изображением так называемой машины Руба Голдберга — чрезвычайно сложного и громоздкого устройства, выполняющего какую-нибудь простейшую функцию. — Примеч. пер.)* — используют солнечные батареи и энергию волн; они подплывают вплотную к кромке льда и направляют своим подводным собратьям особые акустические сигналы. Разработчиком системы передачи низкочастотных акустических сигналов устройствам *Seaglider* выступил Ли Фрайтаг (Lee Freitag), инженер Вудс-Холского океанографического института. В основе самой системы лежит способность подводных отражающих слоев передавать подобные акустические сигналы на большие расстояния (имеется в виду тот же самый тип слоев, который образуется из-за изменений в плотности морской воды и позволяет издаваемым китами звукам преодолевать океаны; чтобы не нарушать жизнь обитавших в этом районе представителей семейства китообразных, ученые подбирали для своей системы совершенно иные отражающие слои и иные частоты). Передаваемые для устройств *Seaglider* акустические сигналы содержали сведения о широте и долготе вместе с различными другими указаниями от исследователей.

Крупномасштабное использование автономных роботизированных устройств имеет ряд преимуществ по сравнению с перемещением в высоких широтах на борту ледокола. Во-первых, такие устройства позволяют исследователям охватывать бóльшую площадь. Ледоколы часто вынуждены придерживаться при своем движении заранее намеченных курсов, хотя что-то важное может происходить в сотнях километрах в стороне, а волновые и подводные планеры, следуя указаниям операторов, способны поворачивать куда угодно и во всех подробностях отслеживать разрушение морскими волнами льда.

Есть еще один плюс: таким роботизированным устройствам требуется совсем небольшая плавучая база — такая как судно *Ukpik*. «Наш *Ukpik* имеет достаточно скромные размеры для маневрирования, — пояснил Томсон, — тогда как одна из самых больших проблем традиционного ледокола состоит в том, что он чересчур велик. Это как слон в посудной лавке — он просто разрушает волны, которые я пытаюсь измерять».

Однажды, опираясь на поручень судна *Ukpik* после помощи команде в спуске на воду двух устройств *Wave Glider*, Томсон описал процесс возникновения волн. «Чтобы образовались волны, нужен ветер, — сказал он. — При наличии ветра требуются еще две вещи: место и время. Чем больше места, тем выше волны, и тот же эффект дает продолжительность шторма. По-настоящему большие волны возникают при наличии того и другого».

Весной, даже в самые теплые годы, преобладающая часть Арктики остается покрытой льдом. К концу лета здесь образуется открытое водное

пространство, которое более чем в два раза превосходит по своим размерам Средиземное море. Чем больше площадь открытой воды (так называемая «область разгона»), тем более высокими будут волны. Ветер гонит перед собой воду, и с бóльших по протяженности областей разгона собирается больше воды, что увеличивает высоту образующихся волн. Кроме того, свободная ото льда вода поглощает больше солнечного тепла (ведь лед отражает тепло) — нагреваясь, она отдает это тепло воздуху, из-за чего может происходить усиление ветра. При определенных условиях за какие-то дни сочетание этих факторов может приводить к разрушению гигантских ледяных пространств размером с целые государства. Естественно, что после этого образуется еще больше открытой воды и возникает петля обратной связи, которая все более и более упрощает формирование больших волн.

Пока остается неясным, в какой именно степени способствует разрушению льда каждый из элементов этой петли и могут ли волны замедлять образование нового осенью. Чтобы в этом разобраться, ученым потребуется еще многое узнать о характере взаимодействия волн и морского льда.

Разрушение пакового льда

После установки роботизированных устройств в июле на пути следования судна *Ukpik* встречались самые разные варианты многолетнего пакового льда — от мелких кусков до огромных массивов, которые вызывали в памяти айсберг, ставший в 1912 г. причиной гибели парохода *Titanic*. Найдя идеальное место для поиска волн, Томсон заторопился подготовить к спуску буй. Судно остановилось перед скоплением пакового льда, давая возможность установить один буй, а потом осторожно вошло в пределы этого скопления, чтобы опустить на воду другой.

При вхождении сюда отчетливо почувствовалась разница между открытым морем и зоной многолетнего льда. На открытой водной поверхности наблюдалось беспорядочное волнение. Уже в момент, когда *Ukpik* встретился с первыми небольшими плавающими кусками льда, это волнение уменьшилось до легкой ровной зыби. А ко времени, когда судно углубилось в это скопление на несколько сотен метров, отталкивая или обходя некоторые наиболее крупные ледяные глыбы, оставалось лишь едва заметное колыхание прозрачной как стекло воды в промежутках между ними. «Лед фильтрует волны до такой степени, что из них лишь самые длинные могут проникнуть достаточно глубоко», — с энтузиазмом комментирует Томсон, изображая руками в воздухе что-то вроде трубообразного волнолома. Одна из вещей, которые ему хотелось бы узнать, состояла в том, какую часть этой фильтрации обеспечивает эффект под названием «рассеяние», а какую — процесс, именуемый «затухание».

Под рассеянием понимается то, что лед попросту перемещает волновую энергию, не поглощая ее, — так же, как делает призма, которая всего лишь рассеивает свет. Затухание означает, что волна передает свою энергию льду, двигая его и нарушая его целостность. Подобный процесс затухания волн сильнее всего разрушает паковый лед. При всей грандиозности бушующих в море огромных волн именно выполняемые сегодня здесь измерения в масштабе сантиметров могут обеспечить наиболее эффективное совершенствование климатических моделей Арктики на годы вперед.

Как считает Эрик Роджерс (W. Erick Rogers), океанограф Военно-морской исследовательской лаборатории США, собранные Томсоном данные показывают убедительность цикла «больше волн — меньше льда — еще больше волн». «Подобная петля обратной связи представляется важным механизмом для понимания степени распространения морского льда в будущем, более теплом климате Земли», — указывает он.

Когда судно *Ukpik* покинуло скопление дрейфующего льда и направилось обратно в порт, к нему подошла небольшая плоскодонная лодка, в которой сидели рыбак-инуит (эскимос) и его внук из расположенного неподалеку поселения. Они привезли команде нашего исследовательского судна в подарок пойманную ими недавно рыбу — трех плотных арктических гольцов на ужин. Морской лед Арктики начинает привлекать внимание остальной части мира, однако именно местные жители и представители дикой природы — белые медведи, тюлени, киты и даже укрытые в вечной мерзлоте микроорганизмы — уже ощущают на себе последствия таяния морского льда и увеличения высоты волн. ■

Перевод: А.Н. Божко

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Грин Ч. Зима нашей тревоги // ВМН, № 2, 2013.

■ Trends in Arctic Sea Ice Extent from CMIP5, CMIP3 and Observations. Julienne C. Stroeve in Geophysical Research Letters, Vol.39, Article No. L16502; August 28, 2012.

■ Swell and Sea in the Emerging Arctic Ocean. Jim Thomson and W. Erick Rogers in Geophysical Research Letters, Vol. 41, No. 9, pages 3136-3140; May 16, 2014.

■ Recent Arctic Amplification and Extreme Mid-Latitude Weather. Judah Cohen et al. in Nature Geoscience, Vol. 7, No. 9, pages 627-637; September 2014.

ОБ АВТОРЕ

Стивен Миллер (Steven D. Miller) — ведущий научный сотрудник Объединенного института атмосферных исследований Университета штата Колорадо, автор многих снимков, приведенных в этой статье.

СПУТНИКОВАЯ ФОТОСЪЕМКА

Ночной дозор

Установленные на спутниках датчики, способные видеть в темноте, — большое подспорье для метеорологов, пожарных, поисковых служб и исследователей во всем мире

Стивен Миллер

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Датчик *Day Night Band*, установленный на спутнике, улавливает гораздо более слабое свечение на поверхности Земли, чем это было возможно до сих пор.
- Кроме того, датчик различает облака, снежный покров и другие детали, невидимые в безлунную ночь.
- Получаемая с его помощью информация позволяет распознавать практически невидимые ночью объекты, например ураганы, дым от лесных пожаров, затерявшиеся в морских просторах корабли.
- Установка подобных датчиков на геостационарных спутниках позволит вести круглосуточную видеосъемку Земли. До сих пор можно было получать фотоснимки определенных участков поверхности лишь дважды в сутки.

Черный мрамор: бортовой компьютер спутника *Suomi NPP* скомпоновал изображения, полученные с помощью установленного на нем датчика *Day Night Band*, создав уникальную картинку ночной Земли

Вряд ли кому-то понравится находиться в неведении относительно происходящего вокруг, особенно в момент опасности. Однако когда на Землю спускается ночь, ученые и составители прогнозов погоды теряют возможность вести спутниковую фотосъемку в видимом световом диапазоне, т.е. получать важную информацию, позволяющую обнаруживать свирепые ураганы, клубы дыма от лесных пожаров, огромные айсберги, представляющие угрозу для кораблей, и многое другое.

Разработанный недавно детектор под названием *Day Night Band (DNB)* позволяет решить эту проблему. Он представляет собой часть сканирующего радиометра *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)*, работающего в ультрафиолетовом, инфракрасном и видимом диапазонах, который установлен на борту американского метеорологического спутника *Suomi NPP*. Датчик обладает столь высокой чувствительностью, что способен измерить свечение отдельного уличного фонаря, палубных огней судна, затерявшегося на просторах Атлантического океана, или пламени газового факела в бескрайних прериях, где находятся нефтяные месторождения Северной Дакоты. Даже в безлунную ночь этот детектор может разглядеть облака и заснеженные поля в тусклом ночном свечении атмосферы.

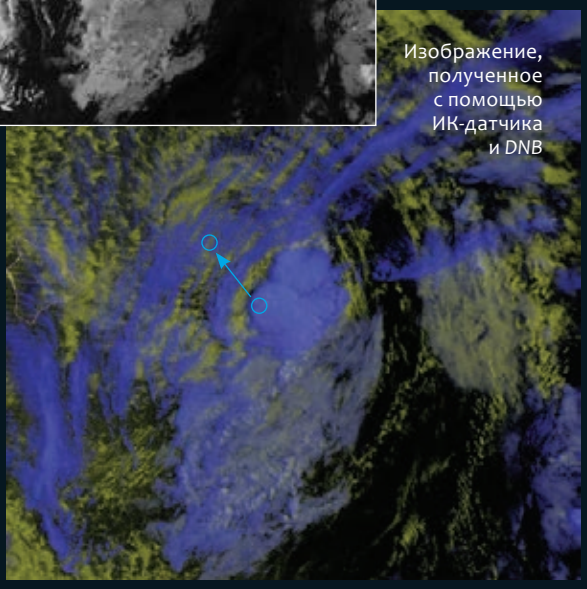
Исследователи, работающие с ним в течение последних трех лет, стали свидетелями невероятных природных явлений на Земле. Так, они зафиксировали гигантские, поднимающиеся высоко в атмосферу волны энергии, порождаемые сильными грозами. Теперь метеорологические службы могут заранее предупреждать жителей Земли о пути следования ураганов, а пожарные — отслеживать распространение шлейфа удушливого дыма. Датчик помогает направлять корабли в обход дрейфующих айсбергов.

DNB очень полезен сам по себе, но он также может служить ценным дополнением к детекторам инфракрасного излучения, плохо различающим низкие облака и снежный покров, которые в ночное время теряются на фоне ландшафта. Более того, ведутся работы по использованию уже имеющегося программного обеспечения для обработки данных, поступающих с *DNB*. Это позволит точно знать долю лунного света в суммарной освещенности в данный момент времени, а значит — оценить отражательную способность облаков и тем самым узнать, сколько влаги в них содержится. Используя эту информацию, синоптики могут предсказать, как повлияют облака на температуру поверхности Земли в ночное время, а пилоты — избегать попадания в метеоусловия, при которых происходит обледенение самолета. Эти сведения позволяют также давать более точные прогнозы погоды для расположенных в высоких широтах населенных пунктов, где зимой ночь длится несколько месяцев и нет возможности узнавать о переменах погоды.

Сегодня на орбите находится лишь один датчик *Day Night Band*. Американский метеорологический спутник *Suomi NPP* Национального управления океанических и атмосферных исследований (*NOAA*) движется по солнечно-синхронной орбите на высоте 824 км, проходя над любой точкой земной поверхности примерно в одно и то же местное время: например, сначала в 13:30, затем в 01:30. Если такие датчики установить на спутнике, «висящем» на геостационарной орбите, то можно будет получать видеокартинку, отражающую изменения освещенности в той или иной части Земли, а не проводить покадровую съемку.

Одной из возможных платформ для такого устройства ночного видения может стать серия Геостационарных спутников наблюдения за окружающей средой (*GOES*), запуск которых *NOAA* планирует осуществить в 2030-х гг. Оснастив их датчиками типа *DNB*, соответствующие службы получат возможность следить за изменением освещенности земной поверхности, вести непрерывные наблюдения за облаками и грозовыми фронтами, расползанием пятен разлившейся нефти, выявлять пожары и дым, пылевые бури, оценивать активность вулканов, состояние ледников. Можно будет также отслеживать суда, ведущие нелегальный рыболовный промысел, оказывать содействие в поисках потерпевших аварию авиалайнеров, таких как, например, недавно пропавшие самолеты авиакомпаний *Malaysia Airlines, Air Algérie* и *Air Asia*.

Изображение, полученное только с помощью ИК-датчика



Изображение, полученное с помощью ИК-датчика и *DNB*

ОХОТА ЗА УРАГАНОМ

Точные сведения о местоположении глаза урагана очень важны, поскольку именно вокруг него дуют самые сильные ветры и бушуют свирепые штормы. Отслеживание его перемещения может спасти жизни многих людей, помочь местным спасательным службам вовремя принять решение об эвакуации и сберечь миллионы долларов благодаря оптимизации действий персонала.

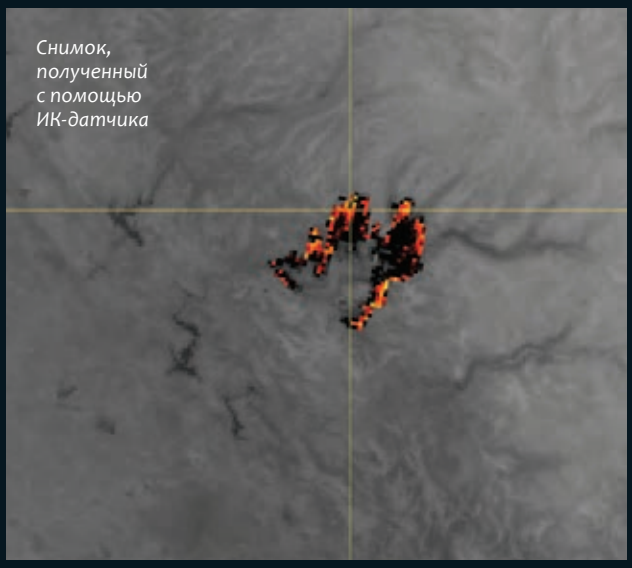
28 июля 2013 г. на Большой остров Гавайского архипелага обрушился ураган «Флосси». Синоптики тщательно картировали его перемещение, но с наступлением ночи центр урагана стал невидим. Высокие перистые облака скрыли его от инфракрасных датчиков, находящихся на околоземной орбите метеоспутников *(черно-белое изображение)*. Всю ночь синоптики пребывали в неведении относительно того, что их ожидает на рассвете. Они надеялись только на то, что к тому времени глаз выйдет из завесы низких облаков благодаря изменению в направлении ветров, которые дуют в верхних слоях и влияют на перемещения таких ураганов.

К счастью, спутник, пролетавший над этим местом в предрассветные часы, был оснащен новым датчиком *DNB*. Он видел происходящее на Земле, несмотря на высокие неплотные облака *(на цветном рисунке показаны синим)*, и идентифицировал находящийся у поверхности планеты вихрь *(желтый)*. На полученном изображении было видно, что его центр располагался намного севернее, чем ожидалось *(стрелка, показывающее смещение синего кружка на северо-запад)*, и не представлял для острова серьезной угрозы. Уже к пяти часам утра синоптики из Национальной метеорологической службы в Гонолулу составили прогноз, согласно которому дальнейшее продвижение вихря не угрожало жизни людей и их не нужно было срочно эвакуировать. Это позволило сэкономить тысячи долларов.

СПАСАТЕЛЬНАЯ ОПЕРАЦИЯ НА МОРЕ

Американское рыболовное судно *Kiska Sea* принадлежит флотилии, занимающейся крабовым промыслом в Беринговом море; именно оно принимало участие в съемках популярного телевизионного реалити-шоу «Смертельный улов» телеканала *Discovery*. В феврале 2014 г. на центральную часть Берингова моря налетел сильнейший северный ветер, быстро снося свободно плавающие льдины туда, где флотилия развернула снасти-ловушки. 10 февраля команда *Kiska Sea*, самого северного на тот момент судна, связалась с Национальной метеорологической службой (входящей в структуру Национальной администрации по океанам и атмосфере и расположенной в Анкоридже, штат Аляска). Необходимо было выяснить ситуацию со льдами поблизости от их связки из 150 ловушек размером с двуспальную кровать каждая.

Метеослужба сообщила, что лед уже там, и *Kiska Sea* направилась в опасный регион, чтобы спасти снасти, поддерживая связь с синоптиками. 13 февраля судно оказалось окруженным льдинами размером до одного метра. Чтобы не быть раздавленными льдами, ему пришлось срочно ретироваться, но короткий световой день и безлунная ночь привели к навигационной ошибке и судно потерялось. Для его поисков специалисты использовала информацию, полученную с помощью *Day Night Band*, который точно установил его местонахождение *(белая точка в центре изображения справа; другие суда видны в нижнем правом углу)*. Кроме того, датчик очертил границы ледового поля, различаемого им в лучах ночного свечения атмосферы *(неровные линии, направленные из правого верхнего угла вниз)*.

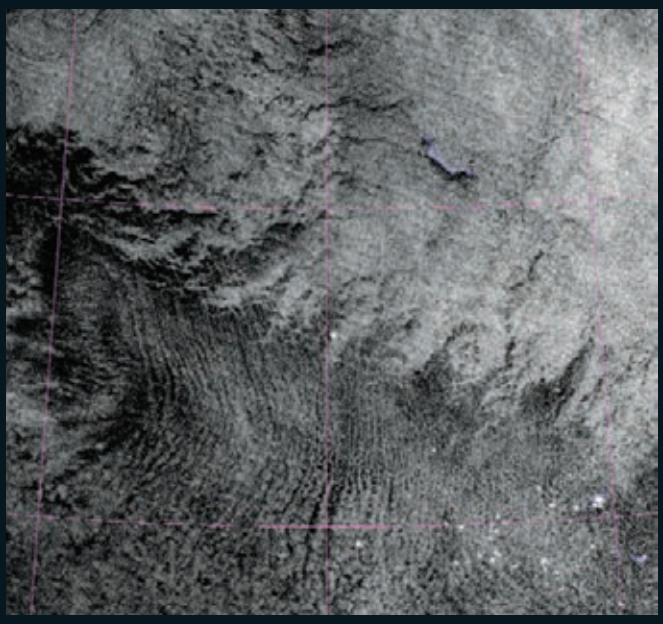


Снимок, полученный с помощью ИК-датчика

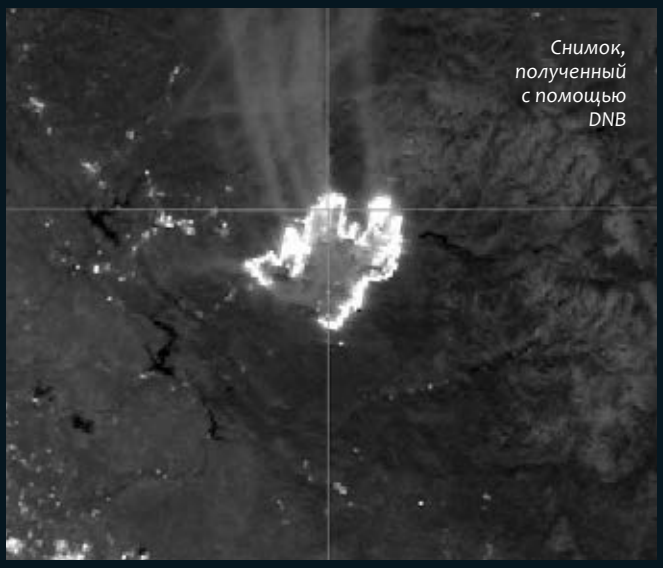
СКВОЗЬ ПЕЛЕНУ ДЫМА

Лесные пожары на западе США возникают, в частности, как результат многолетней засухи. Пожарные, которые успешно борются с огненной стихией днем, нередко вынуждены отступать ночью, когда сложно проследить направление движения удушливого дыма и скрытые им кромки пожара. Кроме того, лесные пожары часто вызывают сильный переменный ветер, резко меняющий скорость и направление распространения пламени, что представляет серьезную опасность для пожарных. Поднимаясь в атмосферу, дым быстро охлаждается, поэтому ночью его шлейфы, состоящие из мельчайших частиц золы и сажи, становятся практически невидимыми для установленных на спутниках ИК-датчиков. К тому же датчики часто не замечают небольшие языки пламени вдоль кромки пожара.

Preceding pages: satellite composite courtesy of NASA earth observatory; this page and opposite page: images by Steven D. Miller



Располагая этими данными, сотрудники метеорологической службы помогли капитану судна выбрать безопасный путь на запад-юго-запад, вне зоны продвижения массива льда. Так ночное свечение атмосферы Земли и *DNB* позволили *Kiska Sea* избежать катастрофы.



Снимок, полученный с помощью DNB

Невозможность бороться с пламенем ночью досадна тем, что в это время температура воздуха ниже, влажность повышена, а ветер не столь силен, что облегчает работу пожарным. В этом случае хорошим подспорьем становятся датчики низкой освещенности; это иллюстрирует снимок, сделанный в 2013 г., когда Калифорния оказалась в кольце пожаров *(вверху)*. Во-первых, в лунном свете эти датчики четко фиксируют шлейфы и клубы дыма, предупреждая пожарных об опасности *(снимок справа; на снимке слева, сделанном с помощью ИК-датчика, дым не виден)*. Во-вторых, они точнее определяют границы пожара и замечают малейшие вспышки пламени *(снимок справа)*. Кроме того, по шлейфам дыма можно судить о низовом ветре, который раздувает пламя. На снимке справа видно, как сильный южный ветер сносит дым на север и пожарные начинают бороться с огнем с южного фланга.

Courtesy of William Straka university of Wisconsin–Madison and cooperative institute for meteorological satellite studies (top right)

НОЧНОЕ СВЕЧЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Даже в безлунную ночь, находясь вдали от городских огней, вы можете различить расплывчатый силуэт своей руки на фоне «черного» неба — и все это потому, что в верхних слоях атмосферы протекают сложные химические реакции, сопровождаемые испусканием тусклого света. Астронавты Международной космической станции постоянно фиксируют это ночное свечение атмосферы, но его детали долгое время оставались неуловимы. Ученые, работающие с *Day Night Band*, с изумлением обнаружили, что особенности ночного свечения атмосферы сходны с таковыми, наблюдаемыми за ночь до грозы: на полученном изображении была видна характерная рябь. Высвобождаемая во время разряда молнии энергия порождает в атмосфере волны, распространяемые вверх. Когда эти волны спустя час-два достигают высоты 88,5–96,5 км, т.е. примерно уровня верхней границы мезосферы, они вызывают возмущения в ночном свечении атмосферы, в результате которых образуются светящиеся концентрические круги ряби. Этот эффект, как и в других подобных случаях, датчик *DNB* зафиксировал в 2014 г. во время сильнейшей грозы в Техасе *(вверху)*.

Волны интересны не просто сами по себе; они несут энергию, которая порождает циркуляцию вещества в верхних слоях атмосферы. Способность *Day Night Band* обнаруживать их сами и рябь заполняет пробел, существующий в моделях динамики верхних слоев атмосферы, помогая точнее предсказывать погоду и лучше понимать причины изменения климата. Наземные наблюдения выявили связь между изменениями в картинке ночного свечения атмосферы и крупными землетрясениями, в частности тем, которое стало причиной разрушительного цунами, обрушившегося на восточное побережье японского острова Хонсю в марте 2011 г. Это наводит на мысль, что колебания земной коры порождают в атмосфере направленные вверх продольные волны. Есть надежда, что датчик *Day Night Band* поможет распознать движущиеся через просторы океана цунами, отслеживая сопровождающие их продольные атмосферные волны. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Out of the Blue and into the Black: New Views of the Earth at Night. Michael Carlowicz. NASA Earth Observatory. Published online December 5, 2012. http://earthobservatory.nasa.gov/Features/IntotheBlack

■ Seeing Green. M. Fischetti, Working Knowledge; August 2003

■ Другие снимки, полученные с помощью датчика DNB, см. по адресу: ScientificAmerican.com/may2015/miller

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Поуг (David Pogue) — главный обозреватель портала персональных информационных технологий *Yahoo Tech*, ведущий нескольких мини-сериалов производства компании *NOVA* на канале *PBS*.

Вся правда о цифровой рекламе

Пока мы потребляем все больше информации с помощью мобильных устройств, рекламисты находят еще более изощренные пути, чтобы протолкнуть свою рекламу

Перечень гаджетов, которые заменил смартфон, поразительно велик. И продолжает расти: фотоаппарат, камкордер, музыкальный плеер, блок *GPS*, сканер, диктофон, радиоприемник, портативная игровая система *Game Boy*... Да кому они теперь нужны, когда все это есть в одном телефоне?

Но в процессе мобильной революции вытесняется не только мелкая бытовая техника. Страдают и средства массовой коммуникации, включая газеты, журналы и телевидение. Сокращается даже число просмотров веб-страниц с обычных компьютеров, потому что мы все чаще заходим в интернет через мобильные телефоны и планшеты.

Но кому какое дело, если люди меньше смотрят обычный телевизор, реже читают печатные издания и проводят мало времени в полноформатном интернете?

Я вам скажу, кому не все равно: рекламодателям. Как им достучаться до потребителя, если традиционные каналы распространения массовой информации сокращаются? Рекламные же баннеры на цифровых устройствах уродливы и навязчивы.

Есть и другие способы доставки рекламы до мобильной аудитории цифровых устройств. Можно показывать рекламное объявление во весь экран во время загрузки интернет-страницы или приложения; рассылать текстовые сообщения (с разрешения пользователя, конечно). По мере того как эпоха мобильных устройств вступает в свои права, мы увидим все больше скрытой рекламы по типу *product placement* в компьютерных играх, бесплатных приложений (оплаченных спонсорами), а также рекламы, связанной с вашей текущей геопозицией. Впрочем, пока рекламодатели и владельцы торговых марок не спешат осваивать эти ниши: они опасаются технических сложностей, не прояснили для себя эффективности новых подходов и не хотят бесить потенциальных потребителей.

Чтобы преодолеть различные препятствия, связанные с цифровыми технологиями, рекламная индустрия пытается действовать исподтишка: она делает так, чтобы реклама меньше выглядела как реклама и мимикрировала под статьи, видеоролики и интернет-посты, рядом с которыми она размещается. Рекламный текст, который повторяет шрифт, дизайн и верстку нормальных статей, выглядит не так пошло и неуместно.

Эта тенденция, получившая название «естественная реклама», захватила интернет: ее используют даже сайты таких бастионов журналистики, как *The New York Times* и *The Wall Street Journal*. Компании — владельцы социальных медиа также внедрили этот подход. Почти каждое десятое сообщение в *Facebook* или *Twitter* — рекламное; на это указывает лишь мелкая рубрика «Реклама», набранная светло-серым шрифтом. Вообще, естественная реклама показала себя как очень успешная стратегия. Посетители сайта *NYTimes.com* проводят одинаковое время за чтением статей и рекламы.

Но как же быть с редакционной независимостью? Как насчет отделения «церкви от государства» (т.е. рекламы от журналистских материалов)? Разве реклама, замаскированная под корреспонденции, не сбивает с толку?

Illustration by Lisk Feng

Иногда сбивает. Исследование, проведенное Некоммерческим партнерством содействия развитию интерактивной рекламы, показало, что лишь 41% читателей обычных новостей смогли отличить рекламу от подлинно новостных статей. Причем ситуация все ухудшается. Рекламодатели беспокоятся, что рубрика «Реклама» отталкивает читателей, которые не хотят кликать по ссылке, поэтому сайты от *NYTimes.com* до *BuzzFeed.com* делают название рекламной рубрики все более мелким и незаметным. Иногда эта пометка полностью исчезает.

Недавно в ходе одной экспертной дискуссии, посвященной проблемам рекламной индустрии в эпоху новых малоформатных устройств, я услышал удивительную историю из уст руководителя некой рекламной службы. Этой женщине удалось добиться того, чтобы музыкальный номер, оплаченный компанией по производству безалкогольных напитков, был незаметно вставлен в трансляцию эфирного шоу, посвященного вручению телевизионных наград, причем программа ни на мгновение не прерывалась для рекламной отбивки — ни перед номером, ни после него. «Все выглядело как фрагмент самой трансляции!» — с энтузиазмом вспоминала она. Но как в таком случае зрители смогут отличить рекламу от собственного материала? Один из экспертов закатил глаза. «Ой, да будет вам. Народ у нас смышленый, он знает!» — ответил он.

Послушайте, раз естественная реклама работает — это прекрасно: издания, телевизионные программы, открытые социальные сети должны как-то зарабатывать на жизнь. Но если рекламодатели по-настоящему верят в то, что рекламируют, почему бы им не пометить свою рекламу явным образом? (Рубрика «Частное объявление» смотрится несколько двусмысленно, а «Новости Интернета» или «Больше информации для вас» откровенно вводят в заблуждение.)

Какое-то время естественная реклама будет оставаться популярной — пока нет законов, регулирующих ее, и нет стандартов маркировки рекламы. Но все может измениться: Федеральная комиссия по торговле начала разрабатывать такие нормы. Другими словами, если новое поколение рекламистов не наведет порядок на своей цифровой территории, за них это сделает кто-то другой. ■

Перевод: С.В. Гогин

Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Человечество впервые познакомилось с синхротронным излучением в 1054 г., когда на дневном небосклоне в результате взрыва сверхновой засветилась «звезда» – Крабовидная туманность

Более 40 % исследований в Британском центре синхротронного излучения Diamond Light Source, относятся к наукам о жизни: от расшифровки белковых структур и механизмов регенерации костей у динозавров до выяснения причин лекарственной устойчивости бактерий

«В Арктику на воздушном шаре» – этой мечте начала прошлого века о научных путешествиях с помощью аэростатов и дирижаблей так и не удалось воплотиться в жизнь

Институт ядерной физики СО РАН, являясь крупнейшим поставщиком ускорительного оборудования для синхротронных центров мира, сам довольствуется почти «антикварным» источником СИ первого поколения

ПОДПИСКА на 2015 г.
www.sciencefirsthand.ru
Электронная версия на **www.pressa.ru**

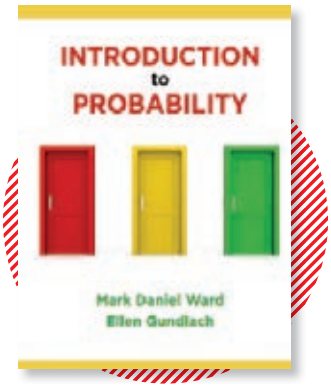
Кристофер Дэли. Справочник по философской методологии *(Christopher Daly. The Palgrave Handbook of Philosophical Methods)*

Книга, задуманная и изданная профессором Манчестерского университета Кристофером Дэли, стала итогом сотрудничества профессоров 26 крупнейших университетов Британии, США, Канады, Австралии, Швеции, ЮАР и Германии. Все его участники много лет читали лекционные курсы по истории мировой философии и выступают авторами известных учебников и пособий. По замыслу редактора, они не претендуют на энциклопедическое изложение материала, но стремятся прояснить наиболее трудно воспринимаемые разделы курса. Книга состоит из 26 статей, каждая из которых представляет собой законченное исследование. Как Дэли отметил в предисловии, он с самого начала не стремился к какому-либо нивелированию позиций авторов и подходов к материалу. Однако, собрав все работы, он увидел, что за пестрой мозаикой открылась впечатляющая панорама, отражающая уровень современной философской науки. Написанные в ясной и доступной форме статьи дают актуальную картину развития рассматриваемых областей. Многие положения статей откровенно дискуссионны, что, с точки зрения редактора, должно быть особенно интересно аспирантам, магистрантам и студентам старших курсов, выбирающим предмет своих будущих исследований.

Пол Сметхерст. Всемирная история велосипеда *(Paul Smethurst. The Bicycle: Towards a Global History)*

Книга профессора английского языка Гонконгского университета Пола Сметхерста — полная и подробная история велосипеда. Это увлекательный рассказ о том, как и когда изобрели велосипед, как он превратился из игрушки аристократов в «лошадку» для каждого, какие страсти кипели вокруг «механического чуда» на протяжении многих десятилетий. Как известно, первый аналог современного велосипеда был разработан в Англии в 1880-х гг. Десятилетие спустя езда на велосипеде уже была популярным видом досуга, зрелищным видом спорта и модным развлечением практически во всем мире. Росту его популярности способствовали самые разные факторы — от борьбы за права женщин до стремления к самовыражению личности. Широкое распространение велосипеда в Китае отразило насаждаемую государством социальную однородность городского населения. После многочисленных технических усовершенствований уже в XXI в. велосипед стал не только самым экономичным и неприхотливым средством передвижения, но и шикарным объектом спортивной моды и даже средством протеста. Сметхерст исходит из того, что история велосипеда — прекрасный объект для межкультурного исследования. Не зацикливаясь на многочисленных технических подробностях (хотя многие из них приводятся впервые), он прослеживает постоянно меняющееся культурное значение велосипеда — от средства развлечения до арт-объекта едва ли не самой популярной социальной практики во всем мире.

Марк Уорд и Эллен Гандлак. Введение в теорию вероятностей *(Mark Ward and Ellen Gundlach. Introduction to Probability)*



В отличие от большинства учебников по теории вероятности, предназначенных для изучающих высшую математику, книга профессора Университета Джорджа Вашингтона и Мэрилендского университета Марка Уорда и доцента Университета Пердью Элен Гандлак ориентируется на гораздо более широкую аудиторию. Они сосредоточивают внимание не столько и не только на математическом аппарате, сколько на его практическом применении и потенциальных возможностях. Именно поэтому все вычисления собраны в особый раздел, помещенный в конце книги.

Авторы исходят из того, что среднему студенту не нужен громоздкий вычислительный аппарат. Большое количество схем, удачно найденный диалоговый стиль изложения материала, множество практических примеров в сочетании со строгой

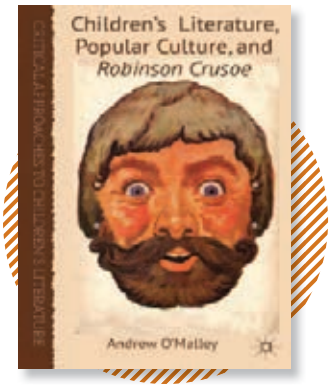
постепенностью подачи материала помогают не просто уяснить основы и математический смысл теории вероятности, но и осознать широту ее возможных приложений. Текст каждой главы проверялся на студентах разных уровней и специальностей: в частности, некоторые главы читались будущим экономистам, специалистам по теории информации и менеджерам. Каждая глава завершается кратким резюме и вопросами для самоконтроля, а также задачами, разделенными на три блока — для начинающих, для закрепляющих изложенный выше материал и для более продвинутых студентов.

Кэтрин Батлер и Халли О'Донован. История в книгах для детей *(Catherine Butler and Hallie O'Donovan. Reading History in Children's Books)*

Книга профессора Бристольского университета Кэтрин Батлер и известного критика Халли О'Донован, много лет пишущей о детской литературе, посвящена анализу современной англоязычной исторической прозы для детей. В поле зрения авторов находятся не только книги по английской истории, написанные для внеклассного чтения, но и романы, а также развлекательные и массовые тексты — фэнтези и альтернативная история. Батлер и О'Донован строят книгу как ряд тематических исследований, сосредоточенных на отдельных периодах — от римского завоевания Британии и «времен короля Артура» до Второй мировой войны. В каждом из них они рассматривают одни и те же ключевые проблемы: приемы выражения авторской позиции, взаимодействие истории и мифа; достижение исторической достоверности и связь с мировой историей. Они предлагают также наблюдения относительно путей, которыми эти факторы могут реализовываться в текстах для классного и внеклассного чтения. Они исходят из того, что у большинства людей исторические представления формируются именно под влиянием того, что они прочитали в школе. Авторы показывают, насколько рассказы о прошлом определяют культурный и идеологический контекст своего времени.

palgrave macmillan

Эндрю О'Мэлли. Роман о Робинзоне Крузо в детской литературе и массовой культуре *(Andrew O'Malley. Children's Literature, Popular Culture, and Robinson Crusoe)*



Книга адъюнкт-профессора Университета Райерсона (Канада) Эндрю О'Мэлли стала продолжением его первой монографии «Создание современного образа ребенка: детская литература и образ детства в конце XVIII века», вышедшей несколько лет назад и уже ставшей библиографической редкостью. Исследователь подробно прослеживает историю рецепции романа Даниеля Дефо в различных странах (причем не только англоязычных), показывая, что с конца XVIII в. складываются две параллельные линии ее использования в детской литературе и массовой культуре. Он выявляет и рассматривает уникальный педагогический потенциал книги, который, по его мнению, и определил ее длительную популярность у самых разных читателей. Материалом книги стали более 400 адаптированных и сокращенных изданий, подражаний (так называемых робинзонад), памфлетов, брошюр, народных песен, пантомим, переложений для кукольных театров, а также игрушки и игры для разных возрастов, что позволяет по-новому осмыслить уникальное место, которое на протяжении трех веков занимает в нашей культуре образ Робинзона Крузо. Интересно, что Эндрю О'Мэлли ссылается и на работы отечественных исследователей, писавших о романе Дефо в конце 20-х гг. XX в. (М.Л. Толмачевой и О.И. Капицы). ■

Подготовил Ф.С. Капица

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, к. 46, офис 138, редакция журнала **«В мире науки»**;
- по электронной почте podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
- по факсу: +7 (495) 939–42–66

Стоимость подписки на первое полугодие 2015 г. составит:

Для физических лиц: **1380 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1500 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2013 г. — **100 руб. 00 коп.,** за 2014 г. — **120 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **100 руб** заказной бандеролью, **70 руб.** — простым письмом.

Бланк подписки на журнал размещен на сайте **www.sciam.ru**.

Уважаемые подписчики! После подтверждения платежа вы будете получать журнал ежемесячно с доставкой в отделение почтовой связи.

* Если ваша заявка о подписке получена до 10-го 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
2014 г.												
2013 г.							объединенный выпуск					
2012 г.												
2011 г.												
2010 г.										объединенный выпуск		

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп._____ Кв._____

Телефон _____

E–mail:_____

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка
России ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 30101810400000000225
ИНН 7701059492; КПП 772901001

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
России ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 30101810400000000225
ИНН 7701059492; КПП 772901001

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;

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Senior Vice President and Editor in Chief: Mariette DiChristina
Executive Editor: Fred Guterl
Managing Editor: Ricki L. Rusting
Managing Editor, Online: Philip M. Yam
Design Director: Michael Mrak
News Editor: Robin Lloyd
Senior Editors: Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, George Musser, Gary Stix, Kate Wong
Associate Editors: David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon, Ferris Jabr, John Matson
Podcast Editor: Steve Mirsky
Contributing editors: Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna, John Rennie, Sarah Simpson
Art director: Ian Brown
President: Steven Inchcoombe
Executive Vice President: Michael Florek
Vice President and Associate Publisher, Marketing and Business Development: Michael Voss
Vice President, Digital Solutions: Wendy Elman
Adviser, Publishing and Business Development: Bruce Brandfon
© 2015 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:

Тайны космических глубин
Темная материя может оказаться гораздо более причудливой и разнообразной, чем предполагают ученые. В течение десятилетий ее поиски фокусировались на одной невидимой частице (и были безуспешными), но вполне вероятно, что существует целый мир таких частиц, способных формировать даже скрытые галактики.

Жизнь у врат ада
Ученые были настолько уверены, что в глубинах под шельфовым ледником Росса не может существовать жизнь, что даже не включили в исследовательскую команду морского биолога. Однако выяснилось, что они были неправы.

Между волком и собакой
Новая дискуссия разгорелась вокруг вопроса о том, как собаки стали нашими домашними питомцами.

Вызов грандиозной теоремы
Эта теорема настолько сложна и всеобъемлюща, что ее полное доказательство занимает 15 тыс. страниц. Но главная проблема в том, что в мире остается всего лишь несколько математиков уже весьма преклонного возраста, которые еще понимают это доказательство. И сейчас перед ними стоит, пожалуй, не менее амбициозная задача: как успеть передать свою мудрость новому поколению?

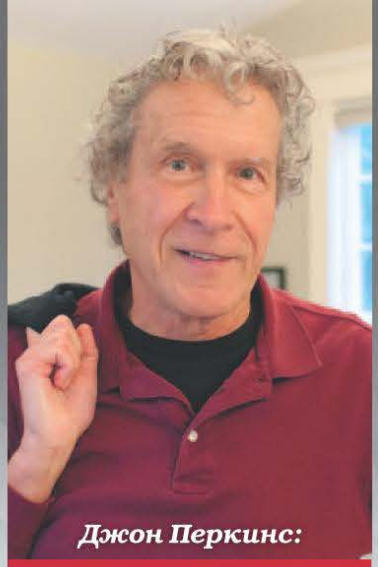
Общественное животное
Представители многих видов животных, как и люди, образуют сложную социальную систему, которая влияет на поведение отдельных особей и группы в целом. Структура сообщества у животных играет важную роль в формировании половых отношений, распространении болезней, передаче информации и обучении жизненно необходимым навыкам.

Клетки в огне
Не так давно обнаружены клеточные структуры, запускающие воспалительные процессы, где бы те ни протекали. Это открытие может привести к революции в борьбе с такими разными заболеваниями, как атеросклероз, болезнь Альцгеймера и ожирение печени.

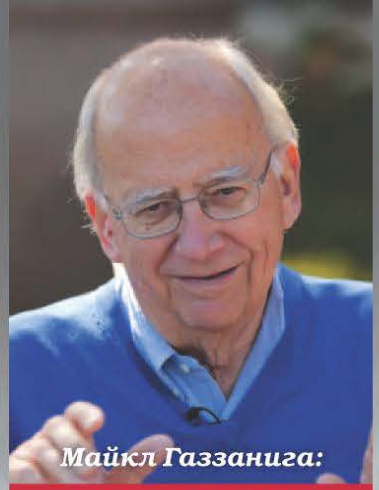
Загадка дела № 0425
Антропологи-криминалисты идентифицируют останки неизвестных людей, погибших при переходе границы между Мексикой и США, — мигрантов, чьи имена могли бы навсегда остаться утерянными.

Борьба с лихорадкой
Ученые борются с лихорадкой денге с помощью обычной бактерии рода *Wolbachia*, которая может препятствовать репликации вируса в комарах, переносящих это заболевание. Другого способа борьбы с недугом просто не существует.

Ноам Хомский:
интеллектуал №1 Западного полушария



Джон Перкинс:
исповедь раскаявшегося шпиона



Майкл Газзанига:
автор концепции «криминального мозга»

Джин Шарп:
человек, взорвавший мир

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР

Автор и ведущая:

Эвелина Закамская

Цикл программ на телеканале «Россия 24»

ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ НАУЧНАЯ РОССИЯ

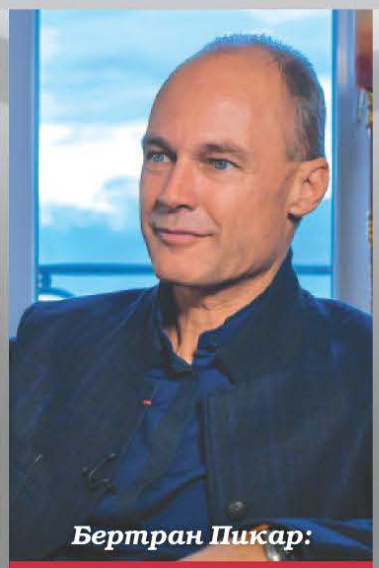
РОССИЯ 24

очевидное невероятное

ежемесячный научно-информационный журнал SCIENTIFIC AMERICAN В мире науки

Рольф-Дитер Хойер:
человек, объявивший о «поимке» бозона Хиггса

Адриано Агуцци:
прионы — наследственность без ДНК



Бертран Пикар:
вокруг света на энергии Солнца

Дирк Хельбинг:
как выжить в информационной лавине