

АРХЕОЛОГИЯ

Мастерские
каменного века

ТЕХНОЛОГИИ

Как подключить
квантовый компьютер

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Обновить почвы
в Африке

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org

7 2016

12+

ЖИЗНЬ из хаоса

Как в результате
безудержного
взаимодействия
планет и их
разрушения
сформировалась
наша Солнечная
система





38



4

СОДЕРЖАНИЕ

Июль 2016

Темы номера

ГРАНИ ЛИЧНОСТИ

«Наполни смыслом каждое мгновение...» 4

Наталья Лескова

Академику **Андрею Гапонову-Грехову**, основателю всемирно известного Института прикладной физики РАН в Нижнем Новгороде, исполнилось 90 лет



АСТРОНОМИЯ

Рожденные из хаоса

Константин Батыгин, Грегори Лафлин и Алессандро Морбиделли

Новые данные указывают, что ранняя эпоха Солнечной системы определялась блуждающими планетами и вызванными ими грандиозными разрушениями

16

ТЕХНИКА

Квантовые связи

Михаил Лукин, Бристофер Монро и Роберт Шелькопф

Ученые пытаются сделать квантовые компьютеры реальностью, соединив в одно большое целое множество небольших сетей

28

АРХЕОЛОГИЯ

Мастерские каменного века

Валерий Чумаков

С 2015 г. российско-вьетнамская экспедиция открыла в Центральном Вьетнаме 17 раннепалеолитических местонахождений с каменными орудиями древностью до миллиона лет. Рассказывает научный руководитель Института археологии и этнографии СО РАН академик **Анатолий Деревянко**

38



Здравствуйте, наши далекие предки! 46

Владимир Губарев

Заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН академик **Вячеслав Молодин** — о потрясающих находках в алтайских урочищах и об огромной важности археологии как науки



НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Волна болезни Альцгеймера

Елена Кокурина

В Институте мозга человека РАН мультидисциплинарная команда под руководством профессора **Юрия Кропотова** занимается поиском предикторов когнитивных расстройств



Непреодолимый зуд

Стефани Сазерленд

Только сейчас становится ясно, отчего возникает невыносимое желание почесаться

58

ХИМИЯ

Большие достижения

в сфере малых концентраций

Виктор Фридман

В 2017 г. исполняется 100 лет со дня основания Научно-исследовательского института химических реактивов и особо чистых химических веществ. О прошлом, настоящем и будущем института — его директор, доктор технических наук **Роман Санду**

66



ЭВОЛЮЦИЯ

Гиганты неба

Дэниел Ксепка и Майкл Хабиб

Окаменелости огромных морских птиц помогают ученым понять, как летали эти вымершие гиганты

72

28

ЛИНГВИСТИКА**Языковые войны***Майкл Болтер*

Откуда берет начало самая успешная в истории языковая семья? Новые данные анализа ДНК и методов эволюционной биологии только обострили несогласие ученых в этом вопросе

ПСИХОЛОГИЯ**От экзорцизма к психотерапии***Свен Барнов, Анне-мари Миано и Катрин Шульц*

Почти каждый второй человек на Земле имеет шанс хоть раз в своей жизни перенести какое-либо психическое расстройство. Клиническая психология исследует и причины заболеваний, и способы успешного лечения

ЭКОЛОГИЯ**Лечение почв Африки***Джерри Гловер и Джон Реганолд*

Выращивая среди зерновых деревья и другие многолетние растения, африканские земледельцы могут возродить истощенные почвы и повысить урожай



82

82

ГЕОЛОГИЯ**Анатомия массовой гибели**

104

Ховард Ли

Вулканические извержения в различных регионах мира сегодня считают повинными в четырех из пяти случаев массового вымирания видов на Земле

БИОМЕХАНИКА

90

Пловцы под давлением

106

Джош Фишман

Благодаря умелому использованию законов физики медузы стали самыми энергоэффективными подводными пловцами из всех обитателей моря

Разделы

От редакции

3

50, 100, 150 лет тому назад

81

Технофайлы

108

Книжное обозрение

110

72

106



В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Наши партнеры:



PETER



SERVICE



Сибирское отделение РАН



РОСАТОМ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

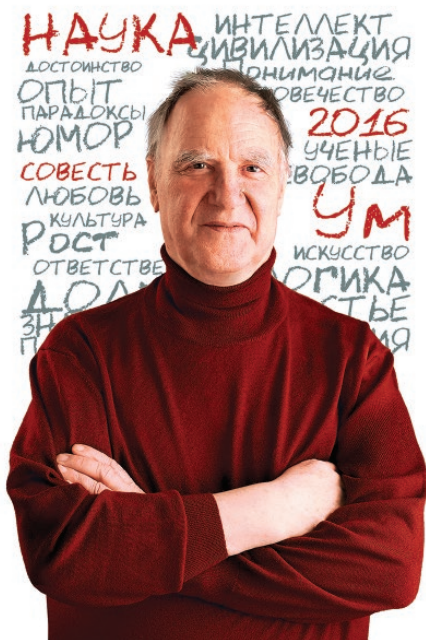
очевидное
невероятное



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

Основатель и первый главный редактор
журнала «В мире науки / Scientific American»
профессор Сергей Петрович Капица



Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортвов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Заместитель главного редактора:

С.В. Попова

Ответственный секретарь:

О.И. Стрельцова

Зав. отделом иностранных материалов:

А.Ю. Мостинская

Шеф-редактор иностранных материалов:

В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских материалов:

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., д.ф.-м.н. А.В. Гапонов-Грехов; акад., д.и.н. А.П. Деревянко;
д.б.н., проф. Ю.Д. Кропотов; акад., д.ф.-м.н., проф. А.Г. Литвак; к.б.н. М.В. Ремизова;
д.т.н. Р.А. Санду; член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. А.М. Сергеев

Над номером работали:

Е.В. Кокоруна, Т.В. Колядич, А.П. Кузнецов, Н.Л. Лескова, Е.С. Новоселова,
А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников, В.Г. Сурдин, В.П. Фридман,
Н.Н. Шафрановская

Арт-директор:

Д.В. Левин

Верстка:

А.Р. Гукасян

Корректур:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.Е. Фортвов

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

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 АО «ПК «ЭКСТРА М», 143405, Московская область, Красногорский р-н, г. Красногорск,
автодорога «Балтия», 23-й км, владение 1, д. 1

Заказ №7 16-06-00530

© 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.



ОТ РЕДАКЦИИ

«Хотя путь науки predetermined, но движение по этому пути обеспечивается только работами очень небольшого числа исключительно одаренных людей»

Петр Леонидович Капица

К

Каждый научный институт стремится получить мегагрант, но не каждый может его выполнить с таким успехом, как Институт прикладной физики РАН в Нижнем Новгороде. Директор института А.М. Сергеев уверен, что во многом это стало возможным благодаря создателю и первому директору ИПФ РАН академику Андрею Викторовичу

Гапонову-Грехову. В интервью, которое 90-летний ученый дал нашему журналу, он говорит о нынешнем дне института, о молодых ученых, о том, как важно сохранять научные школы, которые играют в российской науке важнейшую роль. «Это уникальное явление — если их не будет, не будет науки».

Сенсационное открытие, которое недавно сделали ученые из Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН, стало очередным успехом научной школы сибирской археологии. На территории современного Вьетнама были найдены следы каменного индустриального производства, которое старше человека в десять раз. Общеизвестный лидер этого научного направления академик Анатолий Пантелеевич Деревянко рассказал, как это открытие может изменить представление ученых о ранней истории человечества. Об этом — в статье «Мастерские каменного века».

Тема происхождения человека продолжена в материале «Здравствуйте, наши далекие предки!». О чем рассказывают археологические раскопки? Академик Вячеслав Молодин вспоминает знаменитую принцессу Укока, которую нашла на Алтае археолог Наталья Полосьмак, рассказывает об экспедиции в Монголию, организованной тремя археологическими институтами — российским, германским и монгольским — для поиска могильников пазырыкской культуры.

Археологи и палеонтологи пытаются раскрыть тайну происхождения древнего человека, а нейробиологи бьются над разгадкой болезни Альцгеймера, которая стала настоящим бичом современного общества. Возможно, прорыв происходит прямо сейчас. Заведующий лабораторией в Институте мозга человека РАН профессор Юрий Кропотов рассказал нашему корреспонденту, что мультидисциплинарная команда, состоящая из нейрофизиологов, психологов, физиков, математиков и психиатров, успешно занимается поиском предикторов когнитивных расстройств, в том числе болезни Альцгеймера.

Настало время переписывать учебники по астрономии, считает главный редактор журнала *Scientific American* Мариэтт Ди Кристина. Классические представления о мирном формировании Солнечной системы оказались ошибочными. Астрономы обнаружили экзопланеты, гораздо более крупные, чем известные нам. В главной статье американской части настоящего номера «Рожденные из хаоса» прослеживается формирование новой истории возникновения нашего звездного окружения, которое еще продолжает эволюционировать.

Другой вид формирования материалов стал темой статьи «Лечение почв Африки». Авторы объясняют механизмы деградации почв в Африке к югу от Сахары. В этом регионе проживают около 220 млн человек, страдающих от недоедания. Улучшение почв — важнейшее условие повышения урожая. Одно лишь внесение удобрений не только не решит проблему, но может даже ухудшить положение. Ученые рассматривают вариант, суть которого состоит в выращивании параллельно с зерновыми культурами многолетних растений — кустарников, деревьев и трав. Они поставляют в почву углерод и азот, а их корни защищают ее от эрозии. ■

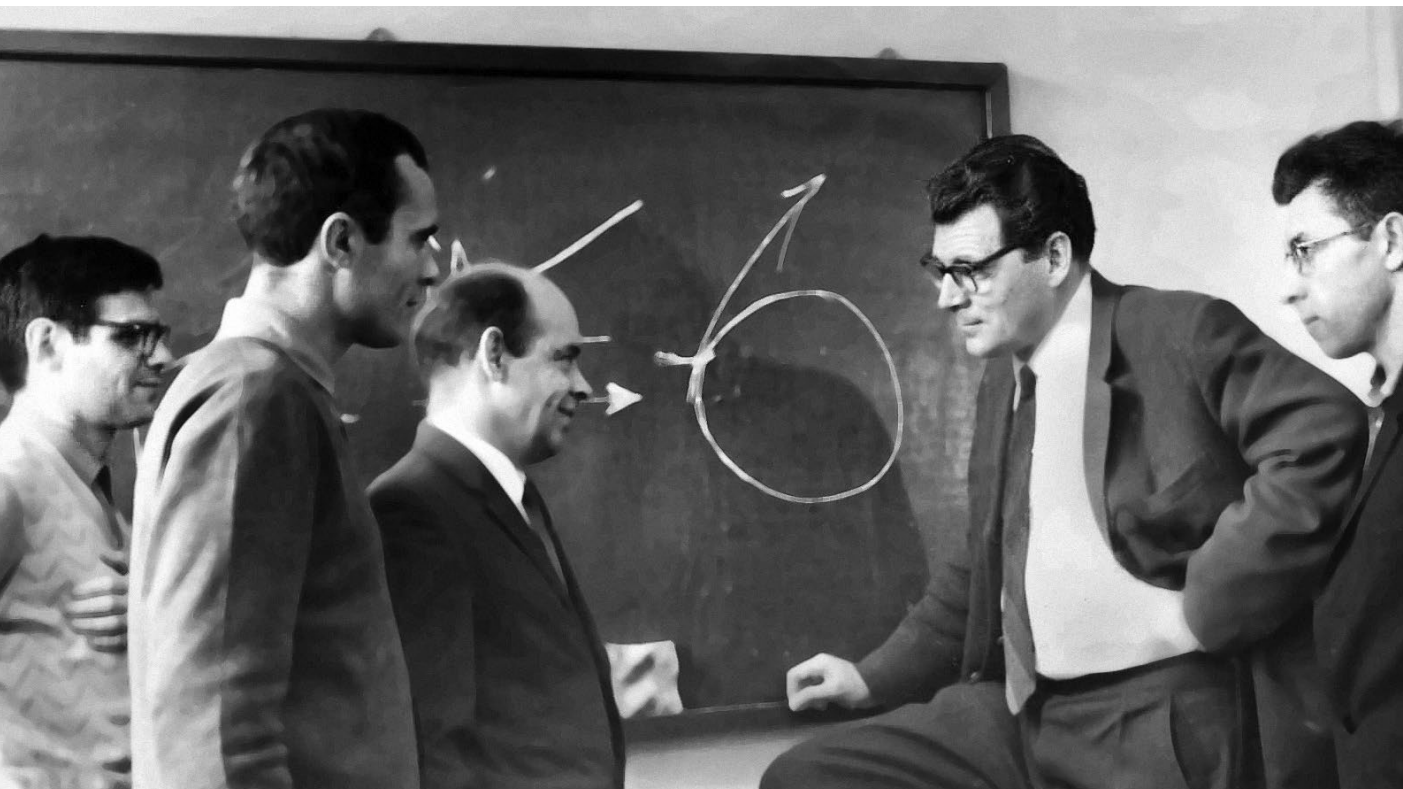
Редакция журнала «В мире науки / *Scientific American*»



Академик А.В. Гапонов-Грехов:

**«Наполни
смыслом
каждое
мгновение...»**

Говорят, незаменимых людей нет, однако пример академика **Андрея Викторовича Гапонова-Грехова** опровергает это суждение. Ему принадлежат множество ярких, выдающихся работ, которые и сейчас востребованы и актуальны. Сам Андрей Викторович считает, что нашлись бы другие люди, сумевшие все это сделать. Пусть позже, пусть иным способом. Но вот знаменитый на весь мир нижегородский Институт прикладной физики мог создать только он. Об институте в свои 90 он готов говорить непрерывно. Здесь его всегда ждут, здесь его рабочий кабинет.



А.В. Гапонов-Грехов с учениками — лауреаты Государственной премии за разработку гиротронов (1967)

-А

Андрей Викторович, ваши родители — выдающиеся ученые-физики, основатели знаменитой нижегородской радиофизической школы.

— О родителях мне рассказывать трудно, потому что я их знаю совсем с другой стороны. Для меня их научная работа долгое время была неизвестна. Помню, из окна нашего дома было видно одно из зданий института, где работала мама, и она время от времени вылезала на крышу и махала мне рукой. Мы жили тогда в Москве.

— Почему вы переехали в Нижний? Не секрет, что для многих такой переезд стал «горьковской ссылкой».

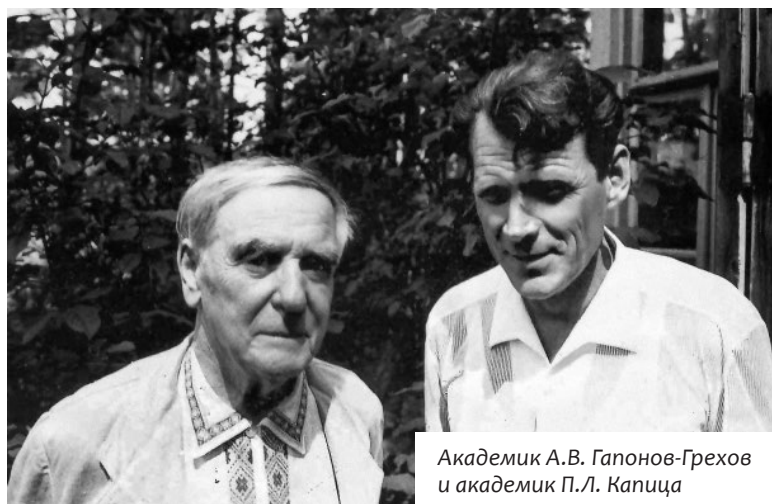
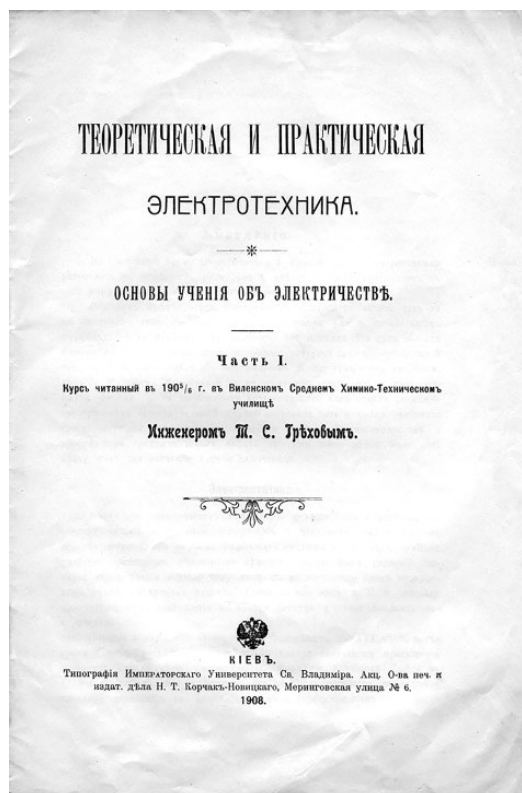
— Мои родители вместе с группой коллег и единомышленников переехали добровольно. Думаю, зачинщиком был будущий академик и мой будущий учитель Александр Александрович Андронов. Это были 1930-е гг. Отец тогда преподавал в университете, мама еще не была известным физиком, она была связана тяжело больным ребенком, которому врачи не давали никаких шансов: у меня в четыре года была скарлатина в септической форме. Состояние называли безнадежным. Каким-то чудом и заботами мамы я выкарабкался.

— Бывали ли у вас дома разговоры на научные темы?

— Конечно, родители между собой что-то всегда обсуждали, иногда спорили, но чтобы отец или мама что-то мне втолковывали, объясняли, старались увлечь — такого не помню. Родители никогда не пытались ничего из меня сделать. Вот вы спрашиваете, как в мою жизнь вошла наука. Не знаю, как и в какой момент это произошло. Вообще у меня ощущение, что она не входила, а была там всегда. Ну а в практическом смысле она входила своими возможными проекциями. Мне все время хотелось чем-то заниматься. Учась в школе, я поступил в кружок во Дворце пионеров, где нас учили пахать землю. Это было очень интересно.

— Знаю, вы успели и трактористом поработать.

— Это было лето 1941 г. Мне исполнилось 15, только началась война... Мне дали сломанный трактор, и когда я на нем поехал, он упал и рассыпался. Я был не виноват, но решили



Академик А.В. Гапонов-Грехов и академик П.Л. Капица

Лекции нам читали ученые, которые получали конкретные научные результаты, это страшно увлекало

списать на меня. Хозяйка дома, где я жил, разбудила меня рано утром, а я спал на кухне на полу, и говорит: «Уходи быстрее, пока за тобой не пришли». И я рванул огородами. Село было в 40 км от Волги, так я пешком дошел до Волги. Смотрю — пароходов нет, речка пустая, темнеет уже. Ну, я и уснул прямо на берегу, в траве. Утром просыпаюсь — идет пароход. Когда он причаливал, прошел кормой по пристани, ну я и вскочил на него. Сошел, не доезжая до Нижнего, — зайцем проплыл. Потом поймал проезжавшую мимо машину и поехал домой. Мама в то время работала в Москве, к которой близко подошли немцы. Началась эвакуация разных промышленных и оборонных заводов, люди уезжали семьями, и маме было трудно оттуда выбраться. С большим трудом, на перекладных, она добралась до Нижнего.

— **Страшно было? Вообще в жизни вам когда-нибудь было страшно?**

— Не помню такого. Мне неприятно бывало, беспокоило, вот за маму я беспокоился, переживал, но такого, чтобы страшно... Не могу утверждать, но мне кажется, что настоящего страха я не испытывал.

— **Во время войны вы учились в школе?**

— Учился в школе — это сильно сказано. Я ведь тогда еще работал учеником слесаря на полставки, в моем возрасте на всю ставку не положено было. На школу времени не оставалось совсем, я туда почти не ходил.

— **Тем не менее вы сдали все экзамены экстерном, на одни пятерки?**

— Было такое.

— **А что это за история с институтской задачей по физике, которую вам предложил решить отец?**

— Родители, зная, что в школу я почти не ходил, не верили, что я смогу сдать экстернат успешно. Мне это было нужно, чтобы поступить в Политехнический институт. И отец, видимо, для того, чтобы меня проверить, дал мне задачку, с которой путались его студенты. Я решил ее минут за десять. Папа был потрясен. Родители сдались.

Настоящая учеба началась, когда я перешел из Политехнического в университет на вновь открывшийся радиофакультет. Вот там было по-настоящему интересно. Лекции нам читали ученые, которые получали конкретные научные результаты, это страшно увлекало. Вы только не пишите, что в Политехе было плохо и скучно, нельзя никого обижать. Это тоже хороший вуз. Но на радиофаке мы просто пропадали — занимались по 12 часов в сутки, и не потому, что трудно или заставляют, — было интересно.

— **И тут вы поняли, что хотите заниматься наукой?**

— Да ничего я не понял! И никогда я не занимался наукой. Я просто делал то, что мне интересно. А понял я вот что. Очень важно не выучить



Андрей Гапонов-Грехов
с женой Еленой Смирновой



Передача эстафеты: А.В. Гапонов-Грехов
и президент АН СССР академик А.П. Александров

формулы, не вызубрить материал, а понимать то, что ты делаешь. Не понимаешь — пойми или не делай. Тогда на радиофакультет поступили человек 50, а к концу года остались 17. Всегда есть люди, которые просто учатся, а есть такие, кто старается понять: почему, зачем, откуда? В университете нас учили не просто запоминать, а понимать. И это осталось на всю жизнь.

— **Вы помните, как появилась идея создания Института прикладной физики?**

— Наверное, все началось с создания нижегородской школы радиофизики, когда сюда переехали родители и мой будущий учитель Александр Александрович Андронов, у которого жена была сестрой выдающегося ученого Михаила Александровича Леонтовича. Вся эта команда пошла преподавать в университет и работать в институте при нем. У них было свое отношение к науке, на основе которого родились научные школы, были созданы новые факультеты и институты. Вот из такого отношения к науке постепенно родилась идея создания нашего института. Это не была только моя идея. Нельзя забывать и обижать никого из тех, кто к этому причастен.

— **Андрей Викторович, вы все время боитесь кого-то обидеть. При этом я от многих слышала, что вы человек жесткий, непримиримый и бескомпромиссный, всегда говорите правду и отстаиваете свою точку зрения.**

— Наверное, это относится к моим научным взглядам, к моей точке зрения на управление наукой. Наверное, где-то я рубил сплеча, со стороны виднее. Но нельзя, никогда нельзя переходить на личности, оскорблять конкретных людей. Не согласен с чьими-то конкретными взглядами или делами — борись с этими взглядами, отстаивай свои. Воевать с людьми не надо. Надо бороться за научную истину.

— **Это трудно?**

— Иногда трудно. Порой наталкиваешься на сопротивление.

— **Приходилось отступать?**

— Трудно отвечать на такие вопросы. Ну что я могу сказать? Нет, я всегда побеждал? Скажу так: были люди, которые относились ко мне недоброжелательно, недолюбливали, но таких, кто относился хорошо, всегда было значительно больше.

— **А у вас есть на кого-то обида? Есть ли такие, кому руку не пожмете?**

— Обиды сейчас нет ни на кого, а такие, кому руки не протяну, были, конечно. Сейчас уже нет. Наверное, я всех пережил...

— **Как вы оцениваете деятельность института сейчас? Довольны своим детищем?**

— Институт работает, и это хорошо. Для меня это самый главный вопрос, ничего важнее нет. Вы ведь были в нашем институте? Заметили, что его отличает от многих других?

— **У вас жизнь кипит, много молодежи.**

— Вот! Мы их сами выращиваем. У нас есть свой физматлицей, свой факультет в университете, в народе шутят, что надо открывать физико-математический детский сад. Мы с малолетства учим их общаться между собой, а не только сидеть и решать задачки. Настоящая научная работа должна заключаться не только в обучении знаниям или даже умениям, но прежде всего в организации системы науки. Ведь наука тогда получается эффективной, когда человек не один. Наука — это коллективное занятие. И если нет научного коллектива, ничего не получится. Конечно, человек может и в одиночку достичь выдающихся результатов, но для того чтобы претворить их в жизнь, необходим правильно организованный коллектив единомышленников. У нас в институте это есть. Но этого недостаточно, такое должно быть во всей стране! Это вопрос общего развития науки, где творческое коллективное начало крайне важно.

Наука тогда получается эффективной, когда человек не один. Наука — коллективное занятие. И если нет научного коллектива, ничего не получится

— **А для этого надо поддерживать такие научные коллективы на самом высоком уровне?**

— Да! И поддерживать научную жизнь, не забывая об этом, отодвигая на десятый план, принимая решения, которые этому не помогают, а скорее мешают.

— **Как вообще вы оцениваете потенциал отечественной науки?**

— Я крайне обеспокоен тем, что в общей организации страны нравственные принципы теперь не очень популярны. Они должны быть гораздо более значимыми. Это относится и к науке, и к культуре, и к повседневной жизни в целом.

— **Что вы имеете в виду?**

— Следование честности. У каждого человека в жизни есть моменты, когда он должен решить, сказать что-то или промолчать. Например, рассказать ли о своих научных результатах. При этом он должен понимать, что, если о них объявит, реакция может быть не обязательно доброжелательная.

Его могут не понять, отнестись к его рассуждениям резко отрицательно. Если ты уверен в своей правоте — молчать нельзя. Это, повторюсь, не только к науке относится, но и к жизни тоже.

— **Вспомнился Галич: «Вот как просто попасть в палачи: промолчи, промолчи, промолчи!»**

— *И теперь, когда стали мы первыми,
Нас заела речей маята,
Но под всеми словесными перлами
Проступает пятном немота.
Пусть другие кричат от отчаянья,
От обиды, от боли, от голода!
Мы-то знаем — доходней молчание,
Потому что молчание — золото!
Вот как просто попасть в богачи,
Вот как просто попасть в первачи,
Вот как просто попасть в палачи:
Промолчи, промолчи, промолчи!*

Это — одно из любимых. Как и весь Галич.

— **Андрей Викторович, вы иногда кажетесь суровым и неприступным человеком, а потом вдруг становитесь добрым и ласковым.**

— Думаю, меня этому научило общение с женщинами.

— **А еще мне кажется, что вас спасает чувство юмора.**

— Нас всех оно спасает. Но очень хочется надеяться, что не только благодаря юмору мы выживем. Я имею в виду прежде всего науку. Иногда кажется, что все безнадежно. Наукой начали командовать люди, не имеющие к ней никакого отношения. Все это прикрыто благими намерениями помощи, облегчения жизни ученым. Но это же ерунда, понимаете? Большое заблуждение, что кто-то будет землю пахать, а ученые этими плодами питаться. Тот, кто землю пашет, будет стараться сам это съесть. Именно так и получилось. Ситуация тревожная, и надо всю эту порочную систему срочно менять. Мне досадно, что сам я уже не волен тут ничего сделать. Раньше я ходил в самые высокие кабинеты, доказывал, убеждал — теперь, увы, не могу.

— **Видела в вашем альбоме стихотворение Киплинга «Заповедь». Тоже из любимых?**

— Это — самое любимое.

*Владей собой среди толпы смятенной,
Тебя клянущей за смятенье всех.
Верь сам в себя наперекор Вселенной
И маловерным отпусти их грех.
<...>*

*Наполни смыслом каждое мгновенье,
Часов и дней неуловимый бег —
Тогда весь мир ты примешь как владенье,
Тогда, мой сын, ты будешь Человек!*

Беседовала **Наталья Лескова**

Президент Российской академии наук
В.Е. Фортов:

«Академик
А.В. Гапонов-Грехов
оказал на меня
большое влияние
и как человек,
и как ученый»



Академики В.Е. Фортов, А.Г. Литвак и А.В. Гапонов-Грехов на знаменитой нижегородской школе «Нелинейные волны»

А

кадемика А.В. Гапонова-Грехова характеризует очень высокий научный и моральный уровень. Я убежден, что Андрей Викторович — ученый нобелевского уровня, настолько много он сделал ярких, пионерских выдающихся работ. Недавно я прочитал одну из его ранних работ по электромагнитным ударным волнам и по-

разился ее красоте, изяществу, элегантности. Она несколько не устарела. Сейчас мы с сотрудниками из Объединенного института высоких температур РАН пытаемся использовать эти идеи в другой области. Это доказывает, что хорошая, сильная работа не стирается временем. Собственно, все его работы выдающиеся, проходных нет.

Андрей Викторович Гапонов-Грехов безусловно оказал на меня большое влияние — и как человек, и как ученый. Среди замечательных представителей нашей науки он всегда занимал особое положение.

Андрей Викторович родился в интеллигентной семье, которая очень много сделала для развития науки и образования в Нижнем Новгороде. В том, что Нижний Новгород, который всегда считался купеческой столицей России, сегодня стал нашей научной Меккой, — немалая заслуга этого замечательного семейства.

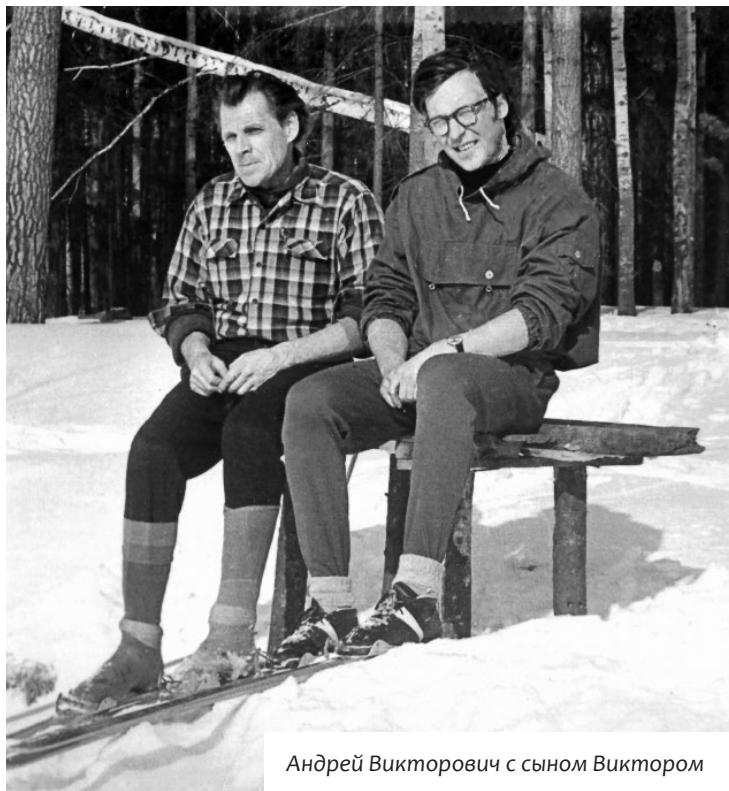
Андрей Викторович обладает очень высокой научной культурой и редкими человеческими качествами. Это человек чести.

Он работает во многих научных сферах и везде успешно. Я сталкивался с ним по работе не раз, в частности когда он занимался наукой об океане, гидроакустикой, ответственнейшими вопросами, на которых построена вся система подводного флота. Когда с ним работаешь, остается впечатление огромной глубины, а значит, и умения выделять главное и быстро ориентироваться в новых для него вопросах. Сразу видно, что он знает больше, чем его собеседники.

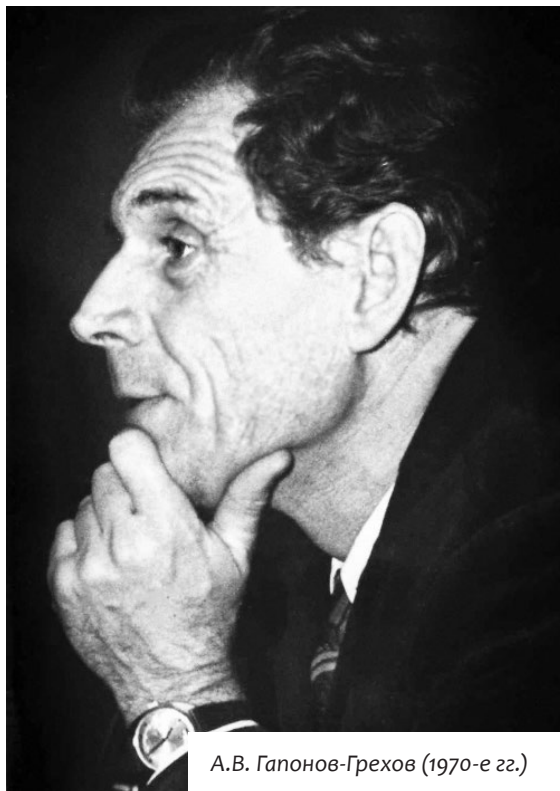
Кроме того, он не конформист — будет отстаивать свою точку зрения, и ничто не заставит его отступить, потому что за его убеждениями стоят научная добросовестность и честность.

Андрей Викторович очень далек от конъюнктуры. Знаю, что у него в жизни случались ситуации, когда было бы рациональнее промолчать, не заметить проблему. Он никогда так не делал. Он не прячется за обстоятельства и всегда идет проблеме навстречу.

Он очень яркий человек. Когда он защищал кандидатскую диссертацию, ученый совет сразу присудил ему докторскую степень, хотя тогда ему не было и 30 лет. В области физматнаук это бывает крайне редко, потому что планка современной физики очень высока. В 38 лет он стал членом-



Андрей Викторович с сыном Виктором



А.В. Гапонов-Грехов (1970-е гг.)

корреспондентом, а чуть за 40 — полным академиком. Такой стремительный научный рост имел очень твердую научную основу.

Андрей Викторович — равнодушный человек. Много времени и энергии он потратил на создание института. Помню, он даже говорил: «Самое мое большое достижение — это институт». Институт действительно получился просто блестящим! Всегда был на переднем крае науки — и когда его главной задачей была гидрофизика, и когда началось изучение нелинейных процессов в электродинамике. Он и сейчас занимает передовые позиции в лазерной физике ультракоротких импульсов. Это поразительно, потому что, казалось бы, далеко от классических теорий колебания, нелинейных процессов, ударных волн. Но его ученики, последователи смогли быстро и квалифицированно переключиться на новое направление — физику высоких плотностей энергии.

В последнее время Андрей Викторович сильно переживает из-за того, что происходит с нашей наукой, критически относится к этому. Но его критика последних событий всегда точна и конструктивна. Переживают многие, но при этом ничего не делают, а он делает очень много. Вот один лишь пример. В начале 1990-х гг., когда финансирование науки было сокращено в 30 раз, он был одним из тех, кто сразу понял, что это дело опасное

и трудно поправимое. Б.Н. Ельцин тогда говорил, что ляжет на рельсы, если экономика вскоре (за шесть месяцев) не поднимется. Она и сейчас не достигла доперестроечного уровня. И Андрей Викторович горячо доказывал, что мы обрекаем на гибель Россию, потому что наша страна без науки не может не то чтобы развиваться, но и просто существовать. Это всегда производило на меня очень большое впечатление.

Но еще большее впечатление произвело то, что в эти труднейшие годы он продолжал создавать научные школы, и это позволило науке выжить. Сейчас, спустя 20 лет, к этой идее возвращаются, правда, на другом уровне. Приглашают специалистов из-за границы, хотя у нас есть свои, не менее подготовленные кадры.

Андрей Викторович Гапонов-Грехов — выдающийся ученый и замечательный, редкий по своим душевным качествам человек. Он обладает удивительной притягательной силой. Хочется с ним общаться. К сожалению, это получается не так часто, как хотелось бы. Но я всегда слежу за информацией из Нижнего, спрашиваю у тех, кто туда съездил, как дела у Андрея Викторовича, и радуюсь, что все у него хорошо. ■

Научный руководитель Института прикладной физики РАН академик А.Г. Литвак:

«**Андрей Викторович** — не только ученый, но и государственный человек»

А.В. Гапонов-Грехов и А.Г. Литвак у памятника Альберту Эйнштейну в Вашингтоне, США (1992)



А

ндрей Викторович Гапонов-Грехов — выдающийся ученый, автор целого ряда блестящих работ, положивших начало многим перспективным научным направлениям, которые и сейчас сохраняют актуальность. Это механика неголономных систем, ударные электромагнитные волны, электронно-циклотронные мазеры и гиротроны, усредненная

пондеромоторная сила и ее применение.

Его научная карьера была блестящей. В 29 лет при защите кандидатской диссертации ему сразу присвоили докторскую степень, работа была посвящена механике неголономных систем. Затем — ударные электромагнитные волны, один из первых примеров нелинейных волновых процессов, то, что сейчас стало фундаментальным направлением физики и математической физики. Практически одновременно — идея мазера на циклотронном резонансе. Дело в том, что в начале 1960-х гг. появились первые лазеры, мощные источники излучения существовали и в СВЧ-сантиметровом, и дециметровом диапазоне. А вот в диапазоне миллиметровых волн не было сравнимых источников, в то время как существует множество задач, для решения которых такие источники нужны. Андрей Викторович был одним из трех ученых, предложивших идею мазера, использующего излучение

электронов, вращающихся в постоянном магнитном поле. При этом он был единственным, кто понимал, насколько это перспективно для освоения миллиметрового диапазона, и с учениками создал прибор, получивший название «гиротрон».

Гиротрон сегодня — это самый мощный источник электромагнитного излучения в миллиметровом диапазоне, и у него много разных приложений. Пожалуй, главное — это управляемый термоядерный синтез: в плазме установки *ITER*, необходимые для ее удержания токи будут генерироваться именно с помощью излучения гиротронов. Кооперация Института прикладной физики со специально созданным нами научно-производственным предприятием «ГИКОМ» — один из основных поставщиков гиротронов для *ITER*.

Андрей Викторович всегда был яркой, харизматичной личностью. Производили впечатление широта его научного кругозора, прекрасные аналитические способности, завидная общая культура, умение представить материал научному и внеаучному сообществу. Неудивительно, что его поддерживали такие корифеи физики, как Петр Леонидович Капица, Михаил Александрович Леонтович, Анатолий Петрович Александров. При активном содействии президента академии наук А.П. Александрова в 1977 г. был создан и наш институт. Сюда перешел большой коллектив из радиофизического института (НИРФИ), где мы тогда работали.



Академики А.В. Гапонов-Грехов и Е.П. Велихов



Вручение А.В. Гапонову-Грехову ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени

Я знаю А.В. Гапонова-Грехова еще со студенческой скамьи. Он тесно дружил с моим научным руководителем Михаилом Адольфовичем Миллером. Я приходил к Миллеру и часто видел Андрея Викторовича — они сидели в одном кабинете в НИРФИ лицом друг к другу за большими двухтумбовыми столами, так что Андрей Викторович иногда подключался к нашим обсуждениям. Позднее, когда я защитил кандидатскую диссертацию, возникла проблема: надо было показать в нелинейном эксперименте, что гиротрон — действительно мощный прибор. Для этого мы впервые реализовали самофокусировку пучка электромагнитных волн в плазме. После этого НИРФИ в 1972 г. было поручено участие в крупной работе по оборонной тематике. Руководителем этой работы стал Андрей Викторович, а я был его заместителем. Собственно, эта работа была основанием для создания института. Так что мы работаем вместе почти полвека.

Андрей Викторович — не только ученый, но и государственный человек: как директор крупного института он не только занимался его становлением и развитием, но и выполнял целый ряд функций государственного характера. С самого начала существования института одной из его главных задач было проведение исследований в области гидроакустики. Это задача оборонного характера, связанная с проблемой акустической локации подводных объектов. Андрей Викторович стал заместителем председателя научного совета по гидрофизике при президиуме академии наук, а председателем совета был

академик А.П. Александров, позднее передавший председательские полномочия Андрею Викторовичу. Был А.В. Гапонов-Грехов и депутатом Верховного Совета РСФСР — при том что никогда не состоял в КПСС, просто не считал это приемлемым для себя. Были и другие, не менее важные задачи, требующие государственного подхода.

В то же время в нашем институте всегда царила научная демократия, когда каждый волен высказывать свою точку зрения и любой аспирант может поспорить с академиком. Сочетание государственного подхода и умеренного свободомыслия всегда составляло нашу особую атмосферу, которая сохранилась и сейчас.

Мы всегда уделяли огромное значение подготовке кадров. Расскажу такой случай. В свое время мы создали в Горьковском политехе базовую кафедру, которая готовила специалистов только для науки. В середине 1980-х гг. студентов стали призывать в армию. В Горьком сначала отсрочку от призыва давали только студентам политеха, а потом и у них ее отняли. Вышло так, что мы фактически остались без перспективных студентов. Что делать? И Андрей Викторович отправился к начальнику Генштаба генералу С.Ф. Ахромееву. Рассказал ему про задачи, которыми мы занимаемся, объяснил, зачем нам нужны эти молодые люди. И наша базовая кафедра в порядке исключения получила отсрочку. Понимаете, каким надо быть человеком, чтобы суметь убедить и обаять начальника Генштаба? Вот такой он человек, Андрей Викторович Гапонов-Грехов. ■

Директор Института прикладной физики РАН член-корреспондент РАН
А.М. Сергеев:

«Андрей Викторович — человек будущего»



А.В. Гапонов-Грехов и директор ИПФ РАН член-корреспондент РАН А.М. Сергеев

М

ы не случайно разговариваем в этом подземном бункере-лаборатории. Здесь расположен самый мощный лазер в нашей стране, функционирующий в интересах научных исследований. Его мощность около 1 ПВт достигается за счет того, что длительность лазерного импульса очень короткая,

около 10^{-14} – 10^{-13} секунды. Это так называемый фемтосекундный диапазон длительности. Если даже небольшие энергии — скажем, на уровне десятков джоулей (это все равно, что мне, например, немного приподнять стул) — сконцентрировать в очень маленький временной интервал, получится чудовищная мощность. Импульсная мощность лазера, который работает здесь, в 50 раз превышает мощность всех источников электрической энергии, которые сейчас существуют на Земле. Интенсивности излучения здесь таковы, что лазерные поля на многих порядков превосходят электрические поля, которые соединяют электроны и ядра в атомах, то есть формируют материю и не позволяют материальным объектам распадаться.

Что это значит? Во-первых, если что-то попадает в поле этого излучения, оно мгновенно превращается в плазму и создаются новые неизученные состояния вещества. Во-вторых, наш лазер — прототип еще более мощного субэксаваттного лазера, который мы собираемся строить здесь, в институте. В нем мощность будет еще на два порядка больше.

И тогда в фокусе лазерного излучения мы сможем не только разрушать любую материю, но и получать из вакуума вещество и антивещество. Создание сверхмощных лазерных комплексов нужно для того, чтобы исследовать нелинейные свойства вакуума. Это сверхинтересная научная задача.

Попутно возникают множество важных приложений, прежде всего связанных с тем, что мы получаем компактные источники заряженных частиц, ускорители, источники излучения рентгеновского или гамма-диапазона, которые очень востребованы и на практике, и для различных научных исследований. Если использовать для ускорения частиц такие лазерные поля, то это означает, что можно, например, создать аналог Большого адронного коллайдера, имеющий в окружности не 30 км, а 30 м.

Один из наиболее современных и эффективных источников лучевой терапии в онкологии — так называемая протонная терапия, когда для поражения опухоли используются не рентгеновские или гамма-кванты, не электроны, а протоны. Свойства этих частиц таковы, что их энергия может быть очень локализованно выделена в определенных местах внутри биоткани. Сейчас создают большие протонные ускорители, к которым возят пациентов. Эта ситуация может кардинальным образом измениться, если источник протонов с нужными энергиями станет компактным. Такими приборами можно будет оснастить все онкоцентры и лечить тысячи людей.

Все это — лишь небольшая часть проектов нашего института, который существует благодаря

Андрею Викторовичу Гапонову-Грехову. Одно из его удивительных качеств как ученого — универсальность. У нас в институте существуют четыре больших отделения. Это отделение, которое занимается мощными источниками СВЧ-излучения, отделение гидроакустики, отделение геофизических наук и, наконец, лазерное отделение. Это совершенно разные области физики. Но у колыбели развития всех этих направлений стоял Андрей Викторович. Все они у нас успешно развиваются. По мощным фемтосекундным лазерам, например, мы стали лидерами в стране и одними из лидеров в мире. То же можно сказать и про гидрофизику и гидроакустику.

Андрей Викторович — удивительный человек. Как я формулирую, он отличается высокой способностью к регенерации. Жизнь его совсем не баловала, но он сумел все это преодолеть, и 90-летнего

Андрей Викторович пользуется огромным авторитетом. Он мне звонил и говорил: «Слушайте, я не ожидал, что такое количество людей меня помнят!» А вот помнят. И всегда с большой благодарностью

возраста ему никто не дает. Сейчас много говорят о потерянной в ходе эволюции способности живых существ восстанавливаться. Знаете, как ящерицы умеют отращивать новый хвост? Люди, к сожалению, не обладают возможностью вырастить новые части тела или органы взамен утерянным, хотя, вероятно, это когда-нибудь окажется возможным после новых разгадок в генетике и человек будущего станет способным к подобной регенерации. У Андрея Викторовича такая способность есть — самовосстанавливаться. Не в прямом смысле, конечно.

Я бы даже сказал, что он и есть человек будущего. И не только в биологическом и интеллектуальном смысле, но и по своим редким морально-этическим качествам. Хорошая наука как раз этим качествам и учит. В ней существует принцип естественного отбора честных людей. Например,

математик доказывает сложную теорему. И вот его работа опубликована. Значит, любой другой математик может это проверить. Вы не можете наврать, потому что, единожды наврав, вы на всю жизнь получите соответствующее отношение. То же самое и с научными экспериментами, где нельзя что-то подменить, подтасовать. Это обязательно когда-нибудь вскроется — и тем скорее, чем на более интересный результат вы претендуете. Честности учит само дело.

Российская наука исторически воспитывала нравственное отношение к научному творчеству, на мой взгляд, в большей степени, чем зарубежная. Одной из причин стал общинный характер нашей науки, ее функционирование на базе системы научных школ. В рамках научной школы формируется особая нравственная атмосфера с открытым обменом информацией и заинтересованностью в общем большом успехе. Заметьте, это не так в зарубежной науке, она более индивидуалистическая, там, например, принято скрывать свои результаты до самого последнего дня, до публикации. Мы же в рамках наших научных школ и коллективов привыкли быть открытыми и честными друг с другом. Андрей Викторович Гапонов-Грехов — активнейший пропагандист и защитник отечественной системы научных школ.

Я его знаю практически всю свою сознательную жизнь в науке. В 1977 г. после института я сразу распределился в Институт прикладной физики и с тех пор здесь тружусь. Прошел путь от стажера-исследователя, младшего научного сотрудника до директора. Место работы никогда не менял. Здесь каждый может сделать научную карьеру. У нас нет таких понятий, как блат или подсиживание. Самое главное — здесь очень интересно работать, и это очень ценно.

Андрей Викторович многому меня научил. В том числе, правильно выстраивать отношения с властью. Мы занимаемся фундаментальной наукой, а это значит, что основной источник нашего существования — бюджетное государственное финансирование. Не будет никакого развития, если мы выстроим неправильные отношения с руководством академии наук, министерства, региона, страны. При этом мы не должны прогибаться и скрывать свое мнение, должны уметь его отстаивать. Андрей Викторович всегда умел оставаться честным с самим собой и не портить отношения с властью. Для меня как директора эта школа также крайне важна.

Андрей Викторович и сейчас пользуется огромным авторитетом и у власть имущих, и у простых людей. Видели бы вы, сколько ему пришлось поздравлений на юбилей! Он мне звонил и говорил: «Слушайте, я не ожидал, что такое количество людей меня помнят!» А вот помнят. И всегда с большой благодарностью. ■



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

<http://scientificrussia.ru>





АСТРОНОМИЯ

РОЖДЕННЫЕ

ИЗ ХАОСА

Новые данные указывают, что ранняя эпоха Солнечной системы определялась блуждающими планетами и вызванными ими грандиозными разрушениями

Константин Батыгин, Грегори Лафлин
и Алессандро Морбиделли

ОБ АВТОРАХ

Константин Батыгин (Konstantin Batygin) — доцент кафедры планетологии Калифорнийского технологического института. Его основные научные интересы включают формирование и динамическую эволюцию планетных систем. В свободное время он любит громко играть на гитаре.



Грегори Лафлин (Gregory Laughlin) — профессор астрономии и астрофизики Калифорнийского университета в Санта-Крузе. Его исследования направлены на обнаружение и измерение характеристик экзопланет. Он автор популярного блога о планетах (в широком смысле) на www.oklo.org.



Алессандро Морбиделли (Alessandro Morbidelli) — планетолог из Обсерватории Лазурного берега в Ницце (Франция). Член французской и бельгийской академий наук. Он разработал наилучшие модели различных этапов эволюции Солнечной системы.



Пересказ истории рождения нашей Солнечной системы весьма однообразен уже многие годы. Все началось миллиарды лет назад с темного и медленно вращающегося облака газа и пыли. Облако сжималось, образуя в своем центре Солнце. Со временем из остатков газа и твердых обломков, крутившихся вокруг нашей звезды, сформировались восемь планет и множество меньших тел, таких как Плутон. С тех пор планеты кружат вокруг Солнца и их движения точны и предсказуемы, как часовой механизм.

В последнее время астрономы обнаруживают факты, опровергающие эту старую сказку. По сравнению с устройством тысяч недавно обнаруженных экзопланетных систем наиболее характерные черты нашей Солнечной системы — ее внутренние каменные планеты, внешние газовые гиганты и отсутствие планет внутри орбиты Меркурия — выглядят довольно странно. Моделируя на компьютерах прошлое, мы видим, что эти причуды стали продуктом бурной молодости. Необходимо переписать историю Солнечной системы, включив в нее гораздо больше драмы и хаоса, чем большинство из нас ожидали.

Новый вариант истории повествует о блуждающих планетах, изгнанных из родных мест, о потерянных мирах, сгинувших давным-давно

в огненном пекле Солнца, и об одиноких гигантах, заброшенных в холодные глубины у границы межзвездного пространства. Изучая эти древние события и оставшиеся после них «шрамы» — вроде предполагаемой девятой планеты, которая может скрываться за орбитой Плутона, — астрономы выстраивают стройную картину важнейших формирующих эпох Солнечной системы на фоне нового понимания космических процессов.

Классическая Солнечная система

Планеты — это побочный продукт формирования звезд, протекающего в недрах гигантских молекулярных облаков, превосходящих наше Солнце по массе в 10 тыс. раз. Отдельные уплотнения в облаке под действием гравитации сжимаются,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Множество свежих результатов компьютерного моделирования и наблюдений планет по всей Галактике выявляют новые детали динамичной и бурной истории нашей Солнечной системы.
- Расположение в Солнечной системе мелких внутренних каменных планет и крупных внешних гигантов аномально по сравнению с большинством других планетных систем, имеющих иное строение.
- Наилучшее объяснение странностей Солнечной системы состоит в том, что миллиарды лет назад гигантские планеты неоднократно испытывали динамическую неустойчивость и орбитальные миграции.
- Эти бурные события могли сбросить на Солнце или выбросить в межзвездное пространство целые планеты, что могло иметь решающее значение для происхождения и ранней эволюции жизни на Земле.

образуя в своем центре светящуюся протозвезду, окруженную широким непрозрачным кольцом из газа и пыли — протопланетным диском.

Многие десятилетия теоретики моделировали протопланетный диск нашего Солнца, пытаясь объяснить одну из важнейших особенностей Солнечной системы: ее деление на группы каменных и газовых планет. Орбитальные периоды четырех земледобных планет заключены между 88-дневным Меркурием и 687-дневным Марсом. В отличие от этого известные газовые гиганты находятся на гораздо более далеких орбитах с периодами от 12 до 165 лет и все вместе более чем в 150 раз превосходят по массе планеты земной группы.

Оба типа планет, как полагают, родились в едином процессе формирования, в котором твердые пылинки, мчась в турбулентном вихре газового диска, сталкивались и слипались, образуя тела километрового масштаба — планетезимали (примерно так на неподметенном полу вашей кухни воздушные потоки и электростатические силы скатывают пылевые шарики). Самые крупные планетезимали обладали наибольшим гравитационным притяжением и росли быстрее других, притягивая мелкие частицы к своей орбите. Вероятно, в течение миллиона лет в процессе сжатия из облака протопланетный диск нашей Солнечной системы, как и любой другой во Вселенной, кишел планетными эмбрионами размером с Луну.

Самый крупный эмбрион располагался непосредственно за современным поясом астероидов, достаточно далеко от света и тепла новорожденного Солнца, где в протопланетном диске сохранялись льды. За этой «границей льдов» эмбрионы могли пировать на обильных россыпях плането-строительных льдов и вырастать до огромных размеров. Как водится, «богатые становятся богаче»: крупнейший эмбрион рос быстрее других, выгребая своим гравитационным полем большую часть доступного льда, газа и пыли из окружающего диска. Всего лишь примерно за миллион лет этот жадный эмбрион вырос настолько, что стал планетой Юпитер. Как думали теоретики, то был решающий момент, когда архитектура Солнечной системы разделилась надвое. Отстав от Юпитера, другие планеты-гиганты Солнечной системы оказались мельче, поскольку они росли медленнее, захватывая своей гравитацией лишь тот газ, который не успел захватить Юпитер. А внутренние планеты оказались еще намного мельче, так как они родились внутри границы льдов, где диск был почти лишен газа и льда.

Экзопланетная революция

Когда два десятилетия назад астрономы стали обнаруживать экзопланеты, они начали тестировать теорию формирования Солнечной системы на галактическом масштабе. Многие из первых

открытых экзопланет оказались «горячими юпитерами», то есть газовыми гигантами, стремительно обращающимися вокруг своих звезд с периодами всего несколько суток. Существование гигантских планет так близко к пылающей поверхности звезды, где лед совершенно отсутствует, полностью противоречит классической картине формирования планет. Чтобы объяснить этот парадокс, теоретики предположили, что горячие юпитеры формируются вдали, а затем как-то мигрируют внутрь.

Более того, основываясь на данных о тысячах экзопланет, обнаруженных в таких обзорах, как сделанный космическим телескопом NASA «Кеплер», астрономы пришли к тревожному выводу о том, что двойники Солнечной системы весьма редки. Средняя планетная система содержит одну или

Основываясь на данных о тысячах экзопланет, астрономы пришли к тревожному выводу: двойники Солнечной системы весьма редки

несколько суперземель (планет, в несколько раз больших Земли) с орбитальными периодами короче примерно 100 суток. А гигантские планеты типа Юпитера и Сатурна встречаются лишь у 10% звезд, и еще реже они движутся по почти круговым орбитам.

Обманутые в своих ожиданиях, теоретики поняли, что «несколько важных деталей» классической теории формирования нашей планетной системы требуют лучшего объяснения. Почему внутренняя область Солнечной системы столь маломассивна в сравнении с ее экзопланетными аналогами? Вместо суперземель в ней мелкие каменные планеты, и нет ни одной внутри 88-суточной орбиты Меркурия. И почему орбиты планет-гигантов у Солнца такие круглые и широкие?

Очевидно, ответы на эти вопросы кроются в недостатках классической теории формирования планет, не учитывающей изменчивость протопланетных дисков. Оказывается, новорожденная планета, как спасательный плотик в океане, может дрейфовать далеко от места своего рождения. После того как планета подросла, ее гравитация начинает влиять на окружающий диск, возбуждая в нем спиральные волны, гравитация которых оказывает влияние уже на движение самой планеты, создавая мощные положительные и отрицательные обратные связи между планетой и диском. В результате может происходить

необратимый обмен импульсом и энергией, позволяющий молодым планетам отправляться в эпическое путешествие по родительскому диску.

Если учесть процесс миграции планет, то границы льдов внутри дисков уже не играют особой роли в формировании структуры планетных систем. Например, планеты-гиганты, рожденные за границей льдов, могут стать горячими юпитерами, дрейфуя к центру диска, то есть путешествуя вместе с газом и пылью по спирали по направлению к звезде. Беда в том, что этот процесс работает даже слишком хорошо и, кажется, должен происходить во всех протопланетных дисках. Тогда как же объяснить далекие орбиты Юпитера и Сатурна вокруг Солнца?

Смена галса

Первый намек на убедительное объяснение дала в 2001 г. компьютерная модель Фредерика Массе (Frederic Masset) и Марка Снэллгроува (Mark Snellgrove) из Лондонского университета королевы Марии. Они моделировали одновременную эволюцию орбит Сатурна и Юпитера в протопланетном диске Солнца. Из-за меньшей массы Сатурна его миграция к центру происходит быстрее, чем у Юпитера, в результате чего орбиты этих двух планет сближаются. В конце концов орбиты достигают определенной конфигурации, известной как резонанс средних движений, при котором Юпитер делает три оборота вокруг Солнца за каждые два орбитальных периода Сатурна.

Две планеты, связанные резонансом средних движений, могут обмениваться друг с другом импульсом и энергией туда-сюда, наподобие межпланетной игры с перебрасыванием горячей картофелины. Из-за согласованной природы резонансных возмущений обе планеты оказывают усиленное гравитационное влияние друг на друга и на свое окружение. В случае Юпитера и Сатурна эта «раскачка» позволила им коллективно воздействовать своей массой на протопланетный диск, создав в нем большой разрыв с Юпитером на внутренней стороне и Сатурном на внешней. Причем из-за своей большей массы Юпитер сильнее притягивал к себе внутренний диск, чем Сатурн — внешний. Парадоксально, но это заставило обе планеты изменить движение и начать удаляться от Солнца. Такую резкую смену направления миграции часто называют сменой галса (*the grand tack*) из-за сходства с движением лавирующего парусника, идущего против ветра.

В 2011 г., через десять лет после рождения концепции смены галса, компьютерная модель Кевина Уолша (Kevin J. Walsh) и его коллег из Обсерватории Лазурного берега в Ницце (Франция) показала, что эта идея хорошо объясняет не только динамическую историю Юпитера и Сатурна, но и распределение каменных и льдистых астероидов, а также малую массу Марса. Когда

Юпитер мигрировал внутрь, своим гравитационным влиянием он захватывал и перемещал планетезимали на своем пути сквозь диск, сгребая и толкая их перед собой, как бульдозер. Если предположить, что Юпитер, прежде чем повернуть назад, мигрировал к Солнцу до расстояния нынешней орбиты Марса, то он мог перетащить ледяные блоки общей массой более десяти масс Земли в область землеподобных планет Солнечной системы, обогащая ее водой и другими летучими веществами. Этот же процесс мог создать четкую внешнюю границу у внутренней части протопланетного диска, прекратив рост ближайшего планетного эмбриона, который в результате стал тем, что сегодня мы называем Марсом.

Смена галса Юпитера и Сатурна вызвала мощную атаку на население первичных суперземель в Солнечной системе

Атака Юпитера

Несмотря на то что сценарий смены галса в 2011 г. выглядел весьма убедительным, его отношение к другим неразгаданным тайнам нашей Солнечной системы, таким как полное отсутствие планет внутри орбиты Меркурия, оставалось неясным. По сравнению с другими планетными системами, где плотно упакованы суперземли, наша кажется почти пустой. Неужели наша Солнечная система миновала важнейший этап формирования планет, который мы видим повсюду во Вселенной? В 2015 г. двое из нас (Константин Батыгин и Грегори Лафлин) рассмотрели, как бы могла повлиять смена галса на гипотетическую группу близких к Солнцу суперземель. Наш вывод оказался поразительным: суперземли не пережили бы смену галса. Замечательно, что миграциями Юпитера внутрь и наружу можно объяснить многие свойства планет, которые нам известны, а также и неизвестные.

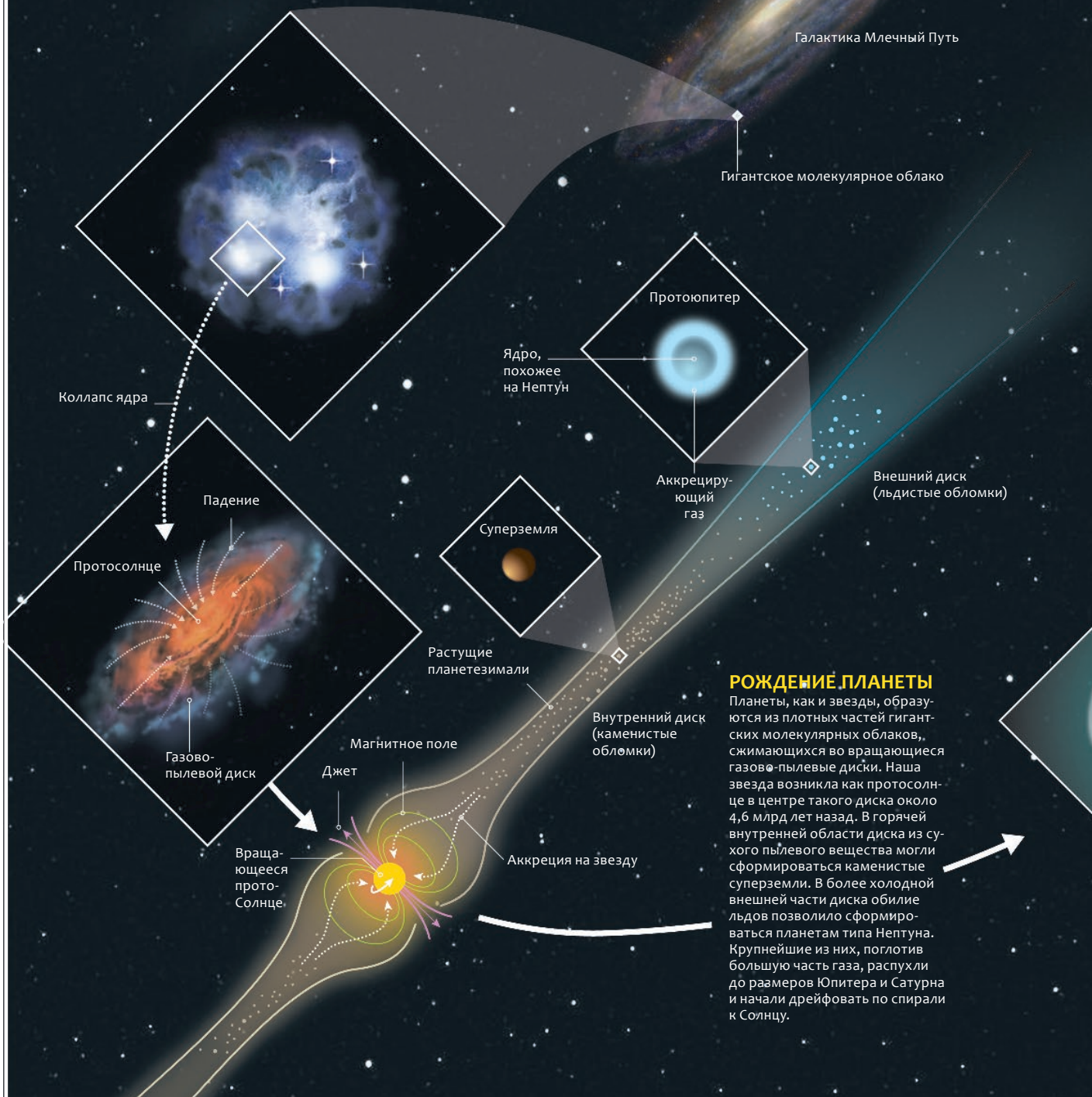
Когда Юпитер погрузился во внутреннюю область Солнечной системы, своим «бульдозерным» влиянием на планетезимали он должен был нарушить их аккуратные круговые орбиты, превратив их в хаотический клубок пересекающихся траекторий. Некоторые планетезимали должны были сталкиваться с большой силой, разбиваясь на фрагменты, которые неизбежно порождали дальнейшие столкновения и разрушения. Таким образом, миграция Юпитера внутрь скорее всего вызвала каскад столкновений, который разрушал планетезимали, измельчая их до размера валунов, гальки и песка.

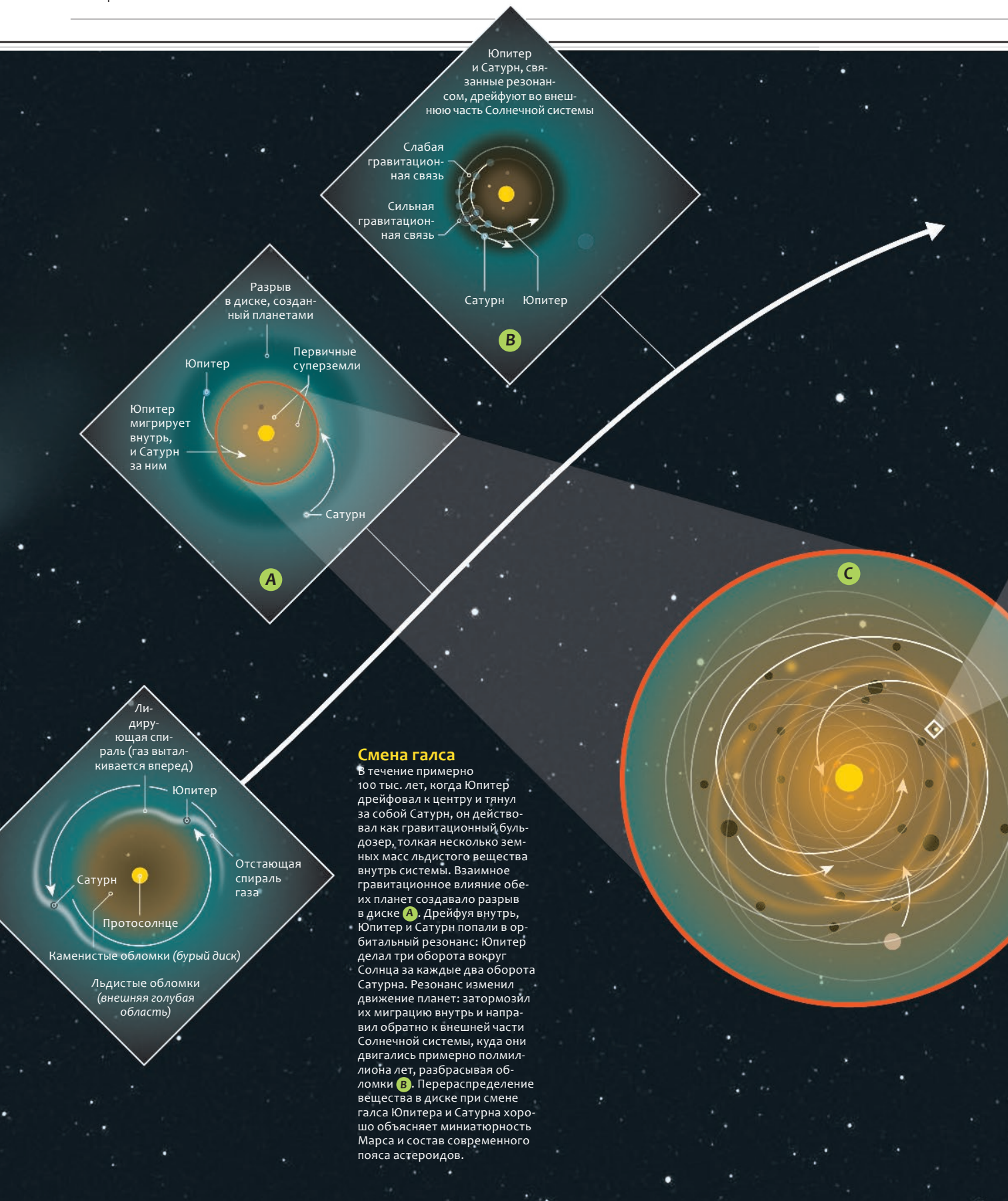
Продолжение на с. 25

БОЛЬШАЯ КАРТИНКА

Эволюция Солнечной системы

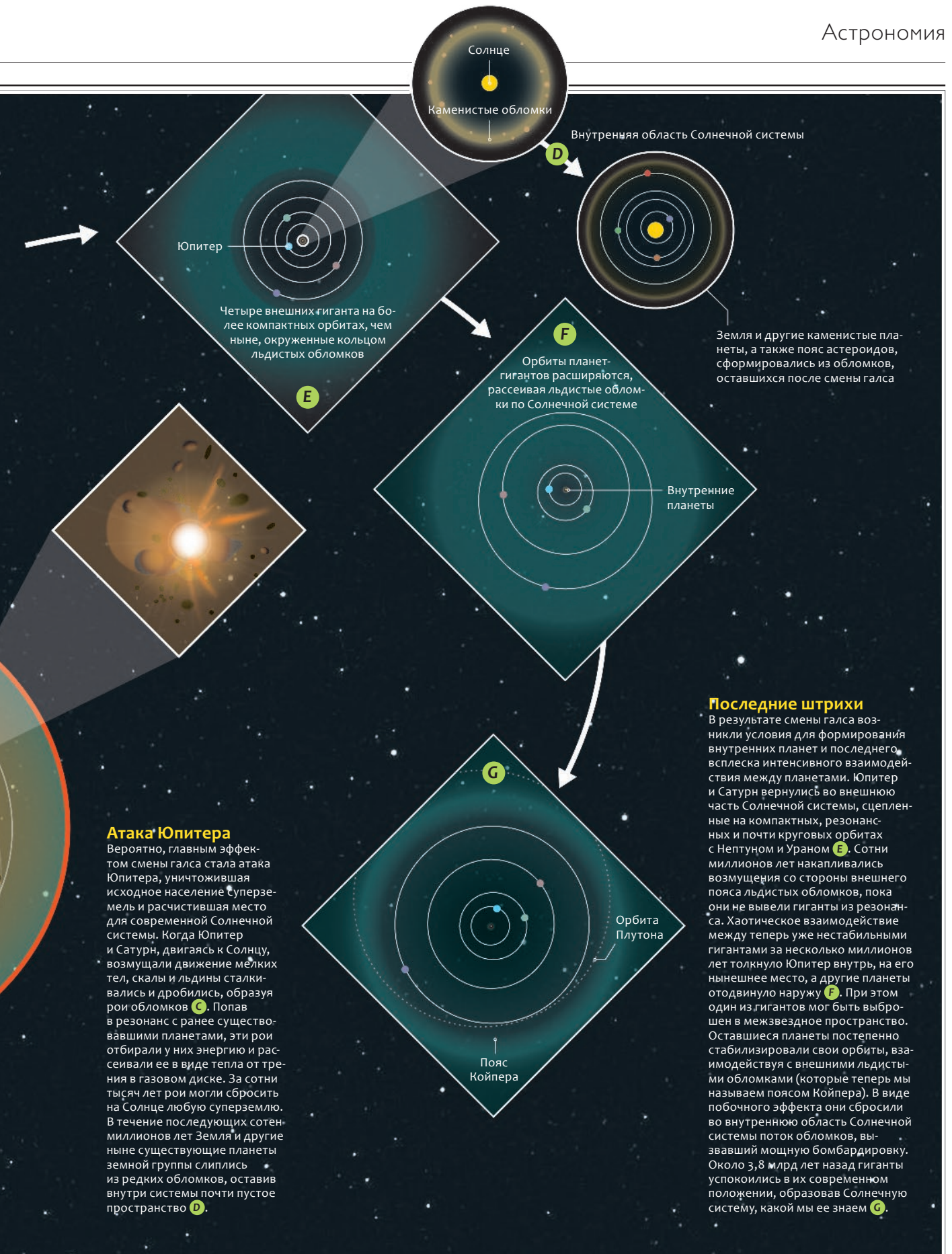
Разделение Солнечной системы на внутренние каменные планеты и внешние газовые гиганты, ранее считавшееся «космическим стандартом», фактически делает нашу планетную систему белой вороной. Планеты среднего размера, так называемые суперземли, — вероятно, самые распространенные в Галактике, но ни одной из них нет в семье Солнца. К тому же у большинства звезд многие планеты расположены гораздо ближе, чем ближайший спутник нашего Солнца — Меркурий. Орбиты странного семейства нашего Солнца более округлые и широкие, чем у планет других звезд. Объяснить эти расхождения можно, учитывая сложное взаимодействие планет в период молодости Солнечной системы.





Смена галса

В течение примерно 100 тыс. лет, когда Юпитер дрейфовал к центру и тянул за собой Сатурн, он действовал как гравитационный бульдозер, толкая несколько земных масс ледяного вещества внутрь системы. Взаимное гравитационное влияние обеих планет создавало разрыв в диске **A**. Дрейфуя внутрь, Юпитер и Сатурн попали в орбитальный резонанс: Юпитер делал три оборота вокруг Солнца за каждые два оборота Сатурна. Резонанс изменил движение планет: затормозил их миграцию внутрь и направил обратно к внешней части Солнечной системы, куда они двигались примерно полмиллиона лет, разбрасывая обломки **B**. Перераспределение вещества в диске при смене галса Юпитера и Сатурна хорошо объясняет миниатюрность Марса и состав современного пояса астероидов.



Далекая девятая планета

Соответствует ли девятая планета, существование которой было заподозрено недавно, современным представлениям о происхождении Солнечной системы?

Майкл Лемоник

Идея, что в далеком прошлом Солнечная система испытала мощное перемешивание, может объяснить существование окружающих нас пояса Койпера и облака Оорта из льдистых тел, бомбардировку внутренних планет астероидами миллиарды лет назад, а также отсутствие так называемых суперземель, которые в изобилии есть в других планетных системах. Но теперь перед планетологами вновь возникла проблема: предполагаемая планета, которая раз в десять массивнее Земли, находящаяся в темной области за Плутоном. Если эта девятая планета существует, то ее тяготением можно было бы объяснить, почему несколько известных объектов пояса Койпера движутся на подозрительно схожих орбитах вокруг Солнца.

К тому же это могло бы рассказать о той мощной встряске, через которую прошла Солнечная система в начале своей истории. Маловероятно, что, находясь на минимальном расстоянии около 30,5 млрд км от Солнца (впятеро дальше среднего расстояния Плутона), эта массивная планета могла образоваться там, где она сейчас. Там просто не было достаточно вещества, чтобы ее построить. «Если она там, — говорит Гарольд Левисон (Harold F. Levison), специалист по теории формирования планет из Юго-западного исследовательского института, — то скорее

всего она сформировалась в области примерно между 5 и 20 расстояниями от Земли до Солнца и была выброшена наружу гравитационным воздействием Юпитера или Сатурна».

С этим трудно спорить. Юпитер настолько массивен, говорит Скотт Тремейн (Scott Tremaine) из Института перспективных исследований в Принстоне, штат Нью-Джерси, что «ему все равно, выбрасывать комету или же планету в десять раз массивнее Земли». Однако, получив пинок, планета будет продолжать движение вперед и в конце концов ускользнет в межзвездное пространство. Вероятность того, что она останется на орбите вокруг Солнца, чрезвычайно мала. Статистически, говорит Левисон, на это есть один шанс из 50 или даже из 100, что маловероятно.

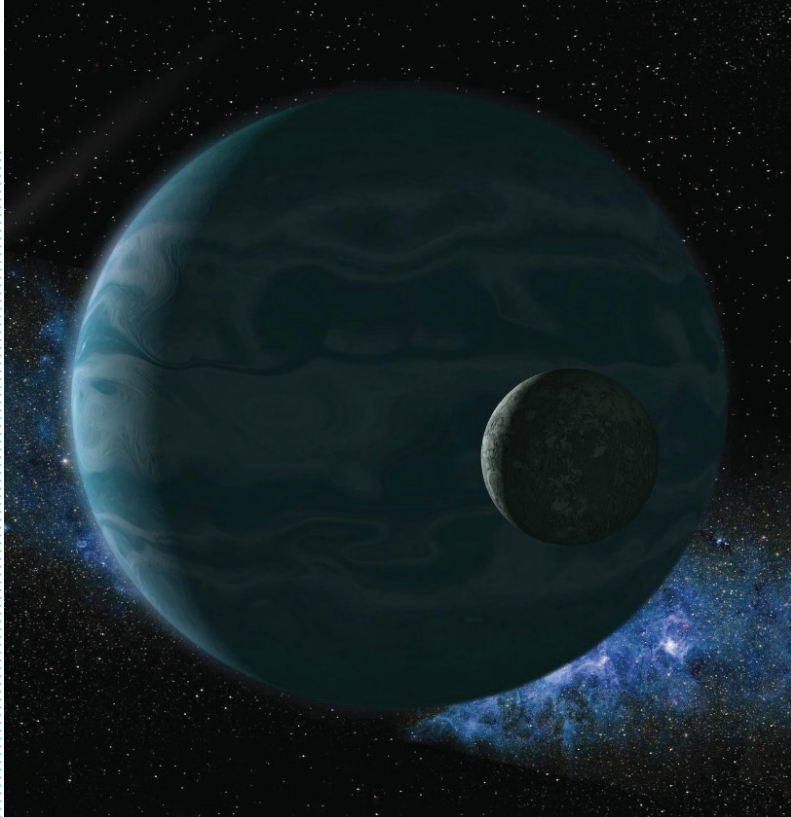
Конечно, если бы астрономы действительно обнаружили в телескоп девятую планету, то проблемы не было бы. Однако на вопрос о том, как что-то настолько маловероятное могло произойти, теоретикам придется ответить. «Я полагаю, — говорит Тремейн, — что процесс рассеяния более эффективен, чем демонстрирует нам стандартная модель». То есть более высокой доле выброшенных наружу объектов, чем думали ранее, удастся остаться в пределах Солнечной системы.

Один из вариантов, как это могло быть, по словам Бена Бромли (Ben

Bromley) из Университета штата Юта, — выброс суперземли в самом начале жизни Солнечной системы, до того как в протопланетном диске снизится плотность газа, из которого формируются планеты. В этом случае, отмечает Бромли, «газ может затормозить планету, и она оседет в захолустье».

А может, говорит Натан Каиб (Nathan Kaib), теоретик из Института Карнеги в Вашингтоне, округ Колумбия, девятая планета, если она существует, родилась не в Солнечной системе. Ведь Солнце сформировалось не в одиночку, а в скоплении, возможно из тысяч звезд, причем большинство из них имели свою собственную планетную систему. По крайней мере некоторые из этих систем сами испытали бурную перетасовку, выбрасывая объекты так же, как предположительно сделало это Солнце. «Их-то и могло захватить наше светило», — говорит Каиб.

Наилучшее объяснение будет зависеть от того, какой окажется орбита девятой планеты; ее сторонники подсчитали пока лишь некоторый диапазон вероятностей. Если планета действительно существует, ученые должны понять, как она туда попала. Отвечая на вопрос, соответствует ли девятая планета современным представлениям о происхождении Солнечной системы, Тремейн сказал: «это несомненное "может быть"».



Начало на с. 20

Под действием столкновительного трения и аэродинамического сопротивления в загазованной внутренней области протопланетного диска разрушенные планетезимали быстро теряли свою энергию и по спирали приближались к Солнцу. В ходе этого падения они легко могли быть захвачены в новые резонансы, связанные с какой-либо из близких к ним суперземель.

Это было бы весьма печально для тех планет, которые оказались бы вынуждены делиться своей орбитальной энергией с паразитическими роями космического мусора. Постоянно тормозясь потоками газа в диске, эти рои должны были бы по спирали быстро падать на Солнце. Но из-за резонанса с суперземлями они задерживались, откачивая орбитальную энергию у планет и рассеивая ее в виде тепла в ходе аэродинамического торможения. В результате разрушенные планетезимали с безжалостной эффективностью толкали планеты к гибели, постепенно понижая орбиту каждой из них, так что одна за другой все они упали на Солнце. Наши расчеты показывают: ни одна из этих гипотетических планет не сохранилась бы дольше сотни тысяч лет после того, как начался каскад столкновений.

Таким образом, смена галса Юпитера и Сатурна, возможно, вызвала мощную атаку на население первичных внутренних планет Солнечной системы. По мере того как бывшие суперземли падали на Солнце, они должны были оставлять за собой пустынную область в протопланетной туманности, простирающуюся до орбитальных периодов около 100 суток. В результате стремительный маневр Юпитера по молодой Солнечной системе привел к появлению довольно узкого кольца каменистых обломков, из которых через сотни миллионов лет сформировались планеты земной группы. Приведшее к этой тонкой хореографии стечение случайных событий указывает, что маленькие каменистые планеты типа Земли — а возможно, и сама жизнь на них — должны редко встречаться во Вселенной.

Модель Ниццы

К тому времени, когда Юпитер и Сатурн двинулись обратно из своего набега во внутреннюю часть Солнечной системы, протопланетный газово-пылевой диск уже сильно истощился. В конце концов резонансная пара — Юпитер и Сатурн — сблизилась с недавно сформировавшимися Ураном и Нептуном, а также, возможно, с еще одним телом подобного размера. С помощью гравитационных эффектов торможения в газе динамический дуэт захватил и эти меньшие гиганты в резонансы. Таким образом, когда большая часть газа ушла из диска, внутренняя архитектура Солнечной системы, вероятно, состояла из кольца каменистых обломков в окрестности нынешней орбиты Земли.

Во внешней области системы была компактная резонансная группа по меньшей мере из четырех планет-гигантов, движущихся по почти круговым орбитам между нынешней орбитой Юпитера и примерно половиной расстояния до нынешней орбиты Нептуна. В наружной части диска, за орбитой самой внешней планеты-гиганта, на дальнем холодном краю Солнечной системы двигались льдистые планетезимали. За сотни миллионов лет сформировались планеты земной группы, а некогда беспокойные внешние планеты пришли в состояние, которое можно было бы назвать стабильным. Однако это еще не было заключительным этапом эволюции Солнечной системы.

Взаимодействие гигантских планет было столь сильным, что одна или несколько из них, возможно, были выброшены за пределы Солнечной системы

Смена галса и атака Юпитера вызвали последний всплеск межпланетного буйства в истории Солнечной системы, нанесли последний штрих, который привел планетную свиту нашего Солнца практически в ту конфигурацию, которую мы видим сегодня. Этот последний эпизод, названный поздней тяжелой бомбардировкой, произошел между 4,1 и 3,8 млрд лет назад, когда Солнечная система временно превратилась в тир, заполненный множеством сталкивающихся планетезималей. Сегодня шрамы от столкновений с ними видны в виде кратеров на поверхности Луны.

Работая с несколькими коллегами в Обсерватории Лазурного берега в Ницце в 2005 г., один из нас (Алессандро Морбиделли) создал так называемую модель Ниццы, чтобы объяснить, как взаимодействие между гигантскими планетами могло вызвать позднюю тяжелую бомбардировку. Там, где заканчивается смена галса, начинается модель Ниццы.

Близко расположенные друг к другу планеты-гиганты все еще двигались во взаимном резонансе и по-прежнему чувствовали слабое гравитационное влияние окраинных льдистых планетезималей. Фактически они балансировали на грани нестабильности. Накапливаясь за миллионы орбитальных оборотов в течение сотен миллионов лет, каждое незначительное по отдельности влияние внешних планетезималей понемногу меняло движение гигантов, медленно выводя из тонкого

баланса резонансов, связывавшего их друг с другом. Переломный момент наступил, когда один из гигантов выпал из резонанса с другим, нарушив тем самым баланс и запустив серию взаимных хаотических возмущений планет, которые сдвинули Юпитер немного внутрь системы, а остальные гиганты — наружу. За короткое по космическим масштабам время в несколько миллионов лет внешняя область Солнечной системы пережила резкий переход от плотно упакованной, с почти круговыми орбитами к рассеянной и неупорядоченной конфигурации с движением планет по широким вытянутым орбитам. Взаимодействие между гигантскими планетами было настолько сильным, что одна или даже несколько из них, возможно, были выброшены далеко за пределы Солнечной системы, в межзвездное пространство.

Если бы динамическая эволюция на этом остановилась, то строение внешних областей Солнечной системы соответствовало бы той картине, которую мы видим у многих экзопланетных систем, где гиганты движутся вокруг своих звезд по эксцентрическим орбитам. К счастью, диск из льдистых планетезималей, вызвавший до этого беспорядок в движении планет-гигантов, позже помог его ликвидировать, взаимодействуя с их вытянутыми орбитами. Проходя поблизости от Юпитера и других планет-гигантов, планетезимали постепенно отбирали у них энергию орбитального движения и тем самым округляли их орбиты. При этом большинство планетезималей были выброшены за пределы гравитационного влияния Солнца, но некоторые остались на связанных орбитах, образовав диск из льдистого «мусора», который теперь мы называем поясом Койпера.

Девятая планета: окончательная теория

Упорные наблюдения на крупнейших телескопах постепенно раскрывают нам просторы пояса Койпера, демонстрируя его неожиданную структуру. В частности, астрономы заметили своеобразное распределение самых далеких объектов пояса Койпера, движущихся у внешних границ области обзора. Несмотря на большую разницу расстояний от Солнца, орбиты этих объектов плотно сгруппированы, как будто бы все они испытывают общее и очень сильное возмущение. Компьютерное моделирование, выполненное Батыгиным и Майклом Брауном (Michael E. Brown) из Калифорнийского технологического института, показало, что такую картину могла бы создать не обнаруженная до сих пор девятая планета с массой раз в десять больше, чем у Земли, движущаяся по весьма эксцентрической орбите вокруг Солнца с периодом около 20 тыс. лет. Такая планета вряд ли могла сформироваться настолько далеко, но ее появление там довольно легко можно понять, если она была заброшена туда в эпоху юности Солнечной системы.

Если существование девятой планеты подтвердится, это резко усилит ограничения на картину эволюции нашей странной — с «дырой» в центре — Солнечной системы и выставит новые требования к теории, которая могла бы объяснить все ее особенности. Сейчас астрономы используют крупнейшие телескопы Земли, пытаясь найти эту загадочную планету. Ее открытие завершило бы предпоследнюю главу в длинной и сложной истории о том, как мы пытались понять наше место во Вселенной. А завершится эта история лишь тогда, когда мы наконец-то найдем планеты с жизнью, окружающие вокруг других звезд.

Как секвенирование нитей ДНК раскрывает историю древних миграций человечества по поверхности нашей маленькой планеты, так и компьютерное моделирование позволяет астрономам реконструировать величественную историю путешествий планет за миллиарды лет жизни Солнечной системы. От момента своего рождения в темном молекулярном облаке к формированию первых планет, к разрушительным событиям смены галса, атаки Юпитера и модели Ниццы, к возникновению жизни и сознания вблизи по меньшей мере одной из звезд на просторах Млечного Пути полная биография нашей Солнечной системы станет одним из самых значительных достижений современной науки — и, несомненно, одной из самых грандиозных историй, которые когда-либо были рассказаны. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Лин Д. Происхождение планет // ВМН, № 8, 2008.
- Origin of the Orbital Architecture of the Giant Planets of the Solar System. K. Tsiganis et al. in Nature, Vol. 435, pages 459–461; May 26, 2005.
- A Low Mass for Mars from Jupiter's Early Gas-Driven Migration. Kevin J. Walsh et al. in Nature, Vol. 475, pages 206–209; July 14, 2011.
- Dynamical Evolution of Planetary Systems. Alessandro Morbidelli in Planets, Stars and Stellar Systems, Vol. 3: Solar and Stellar Planetary Systems. Edited by Terry D. Oswalt, Linda M. French and Paul Kalas. Springer Science + Business Media Dordrecht, 2013.
- Jupiter's Decisive Role in the Inner Solar System's Early Evolution. Konstantin Batygin and Gregory Laughlin in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 112, No. 14, pages 4214–4217; April 7, 2015.
- Strong Evidence Suggests a Super Earth Lies beyond Pluto. Michael D. Lemonick in ScientificAmerican.com. Опубликовано онлайн в январе 2016 г.
- Evidence for a Distant Giant Planet in the Solar System. Konstantin Batygin and Michael E. Brown in Astronomical Journal, Vol. 151, No. 2, Article No. 22; February 2016.



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия



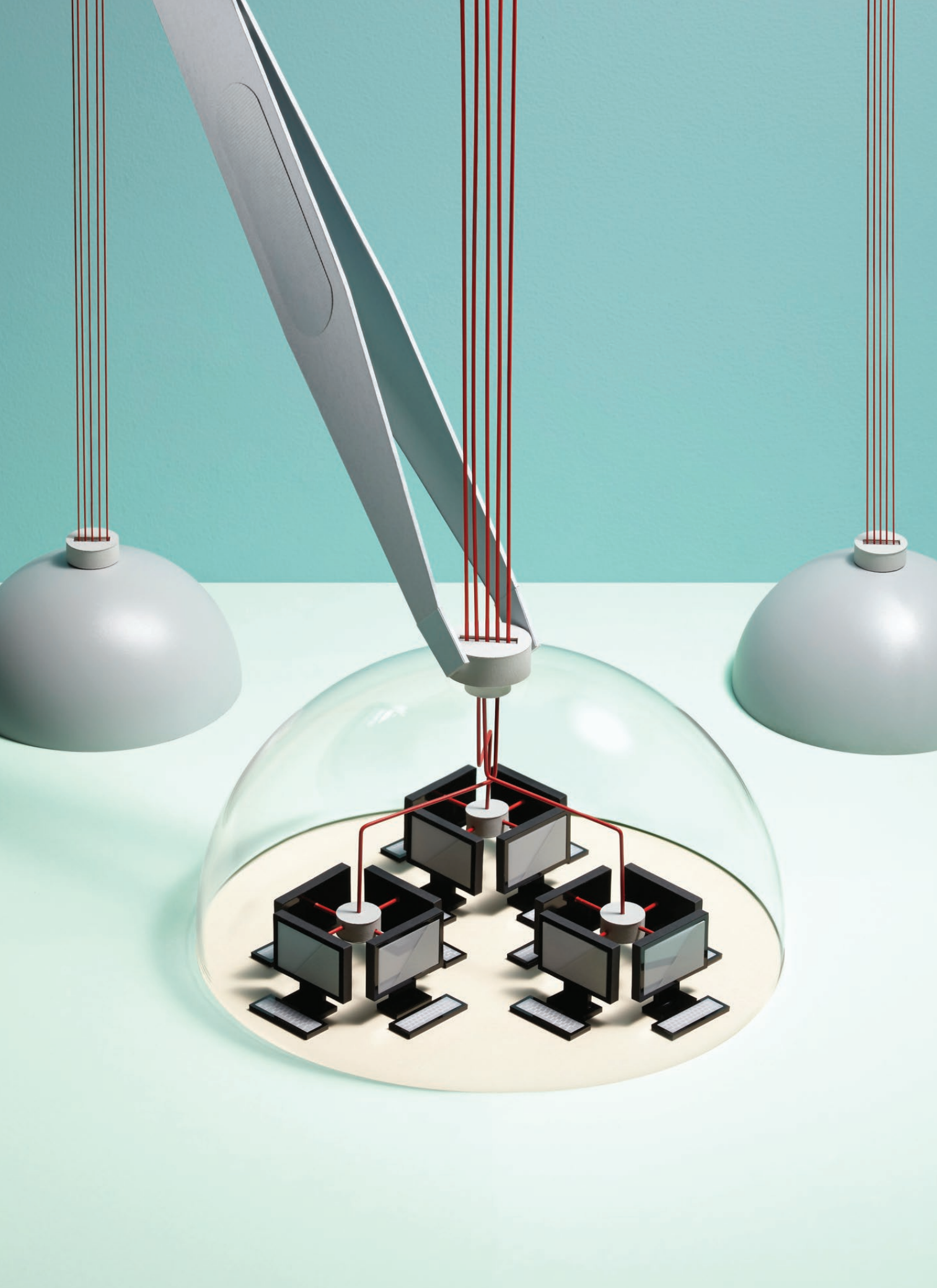


ТЕХНИКА

КВАНТОВЫЕ СВЯЗИ

Ученые пытаются сделать квантовые компьютеры
реальностью, соединив в одно большое целое
множество небольших сетей

Михаил Лукин, Кристофер Монро
и Роберт Шелькопф



ОБ АВТОРАХ

Михаил Лукин (Mikhail D. Lukin) — выпускник факультета физической и квантовой электроники Московского физико-технического института (1993), профессор физики Гарвардского университета и содиректор Объединенного центра по изучению ультрахолодных атомов Массачусетского технологического института и Гарвардского университета. Он внес пионерский вклад в несколько областей квантовых вычислений, коммуникаций и метрологии.



Кристофер Монро (Christopher R. Monroe) — профессор физики Мэрилендского университета и научный сотрудник Объединенного института квантовой физики. Вот уже более 20 лет он работает на переднем фронте техники квантовой информации.



Роберт Шелькопф (Robert J. Schoelkopf) — профессор физики Йельского университета и директор Йельского института квантовой физики. Он и его сотрудники в Йеле занимают лидирующие позиции в разработке твердотельных квантовых битов (кубитов) для квантовых вычислений.



В течение двух последних десятилетий ученые предпринимали попытки использовать необычные свойства квантового микромира, чтобы совершить скачок в области обработки информации и коммуникаций. Используя некоторые особенности физики, проявляющиеся в самых малых масштабах природы (то, что электрон одновременно и частица, и волна, что объект может находиться в нескольких местах одновременно и то, что две частицы могут сохранять призрачную мгновенную связь, даже если они удалены друг от друга на значительные расстояния), квантовые машины могли бы сделать немислимые ранее вычисления, средства коммуникации и методы измерения рутинной. Приведем лишь один пример: квантовый компьютер, вероятно, сможет расколоть не поддающиеся расшифровке коды.

В то же время квантовые машины можно использовать для хранения и передачи информации таким образом, что ее секретность будет гарантирована законами физики. Их можно будет применять также для моделирования процессов в сложных химических и физических системах, которые невозможно отследить никаким другим способом. Квантовые системы, по-видимому, многократно повысят точность самых точных в мире хронометров — атомных часов — и будут служить миниатюрными высокоточными датчиками для измерения свойств

химических и биологических систем на атомном или молекулярном уровне с приложениями от биологии и материаловедения до медицины.

Именно из-за огромных потенциальных возможностей такие технологические монстры, как *Google* и *Intel*, ряд компаний-стартапов, Министерство обороны и другие правительственные агентства США делают крупную ставку на разработки в этой области. Не менее воодушевлено и американское академическое сообщество: только в 2015 г. три ведущих журнала опубликовали более 3 тыс.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Ученые бьются над созданием квантового компьютера, достаточно большого, чтобы его можно было использовать в практических целях. Это невероятно трудная задача, поскольку большая компания частиц обычно перестает вести себя по законам квантовой механики и начинает подчиняться классическим законам.
- Решение, которое реализуют ученые сегодня, — построить множество небольших квантовых компьютеров и связать их вместе посредством минимального числа соединений, которые не нарушают их квантовых свойств, т.е. создать модульный квантовый компьютер.
- Несколько модульных методов, использующих различные типы квантовых битов, или кубитов, недавно продемонстрировали успешные результаты в лабораторных экспериментах, и, по всей видимости, уже скоро их можно будет масштабировать в более крупные системы.

научных статей, в которых упоминаются квантовые вычисления или квантовая информация.

Проблема заключается в том, что ученые пока еще не могут построить большую квантовую машину, которая реализовала бы эти надежды. Главная трудность состоит в том, что такой компьютер по определению должен работать в царстве микромира, и в то же время, когда мы пытаемся сделать квантовый компьютер достаточно большим, чтобы с ним можно было работать, проявляется его естественная тенденция — он начинает подчиняться классическим законам макромира.

Чтобы построить систему, которая подчиняется квантовым законам в большом масштабе и обладает всей мощностью квантовой обработки информации, вероятно, потребуется модульный подход, при котором более мелкие заведомо квантовые единицы соединены друг с другом таким образом, чтобы не разрушалась их квантовая природа. В недавней работе не только теоретически, но и на практике был успешно проверен этот так называемый модульный подход в малых масштабах, и это подготавливает почву для реализации уникальных возможностей квантовой механики.

Вероятно, нули и, возможно, единицы

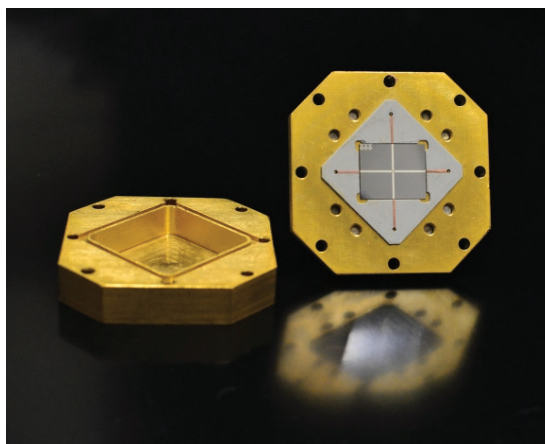
Первое предположение, что квантовый мир можно использовать для создания нового типа мощных компьютеров, в начале 1980-х гг. высказали физик Ричард Фейнман из Калифорнийского технологического института и математик Дэвид Дойч из Оксфордского университета (*Первым идею квантовых вычислений в 1980 г. в своей книге «Вычислимое и невычислимое» выдвинул советский математик Юрий Иванович Манин. — Примеч. пер.*). Эта гипотеза оставалась спекулятивной на протяжении многих лет, пока в 1994 г. Питер Шор (Peter Shor), в то время работавший в компании AT&T Bell Laboratories, не показал, как квантовый компьютер можно использовать для быстрой факторизации (разложения на простые множители) больших чисел, что разожгло большой интерес к этой области. Первые примитивные квантовые компьютеры появились в конце 1990-х — начале 2000-х гг., когда ученые построили простые, состоящие из нескольких «битов» системы, построенные на атомах, молекулах или фотонах.

Именно особая природа квантовых частиц позволяет квантовым компьютерам добиться огромного превосходства над их классическими собратьями. В отличие от классических вычислений, в которых основная единица информации (бит) принимает определенное значение — «1» или «0», квантовая единица информации (кубит) может существовать одновременно в двух состояниях, то есть может представлять «0» и «1» одновременно. Кубит, вероятно,

может быть «0», но, возможно, и «1», или же с одинаковой вероятностью быть «0» или «1», или любой другой взвешенной комбинацией двух двоичных состояний. Кубит обладает такой властью потому, что квантовая частица может находиться в двух местоположениях или в двух физических состояниях одновременно — явление, получившее название «суперпозиция».

Помимо того что кубиты находятся в двух состояниях одновременно, они могут быть связаны друг с другом посредством квантового свойства, называемого «квантовая перепутанность». (*У английского термина entanglement нет устоявшего*

единого русского эквивалента, и в литературе вы можете встретить самые различные наименования этого явления: «квантовая запутанность», «квантовая нелокальность», «квантовая перепутанность», «квантовая сцепленность», «квантовая зацепленность» и т.д. — Примеч. пер.) Квантовая перепутанность — это способность частиц, удаленных друг от друга в пространстве, сохранять определенную связь друг с другом таким образом, что действие, совершенное над одной из них, мгновенно отражается на другой. Это свойство дает квантовым компьютерам возможность массово-параллельной обработки информации. Когда совокупность кубитов квантово перепутана, простая операция над одним из них может повлиять на состояние всех других кубитов. Даже с помощью всего лишь нескольких кубитов все эти взаимозависимые состояния «0», «1» и их суперпозиции образуют необычайно сложный диапазон возможных исходов. В то время как классический компьютер за один такт может обработать лишь одну возможность, квантовый может проверить все возможные решения задачи одновременно. Всего лишь несколько сотен кубитов могут рассчитать таблицу исходов, количество элементов которой превосходит число всех частиц во Вселенной.



Квантовый прибор. Электрическая цепь для измерения сверхпроводящих кубитов помещается в покрытую золотом камеру. Эти измерения могут квантово перепутать кубиты в отдельных кластерах, или модулях, позволяя модулям объединяться друг с другом, чтобы образовать единый квантовый компьютер.

До сих пор ученым в ряде лабораторий удалось создать лишь небольшие квантовые вычислительные системы с числом кубитов, не превышающим 10. Но по мере того как мы добавляем кубиты, становится все труднее оградить систему от внешнего мира — а любые такие воздействия губительны для тех самых свойств, которые делают квантовые компьютеры столь необычными. Квантовая суперпозиция множества состояний может существовать только в изолированной

системе. Любая попытка ее преждевременного наблюдения или измерения приведет к их коллапсу в одно из возможных состояний — к выбору одной из возможностей. В этой ситуации квантовая механика перестает работать и кубиты снова превращаются в обычные биты классического компьютера. Другими словами, особые возможности квантовых объектов, как правило, можно наблюдать только в микроскопических системах, и они разрушаются, когда эти объекты становятся

СТРАТЕГИИ

Три способа построить квантовый компьютер

Компьютеры, которые строятся на базе странных законов квантовой механики, теоретически смогут выполнять вычисления, недоступные для классических компьютеров. Однако чем больше становится квантовый компьютер, тем труднее сохранить его квантовые свойства (внизу). Ученые полагают, что решение проблемы — построить множество небольших квантовых компьютеров и соединить их вместе в одно большее целое: стратегия, получившая название «модульные квантовые вычисления». В боксах справа показаны три потенциальные модульные схемы, использующие три различных типа квантовых битов или кубитов.

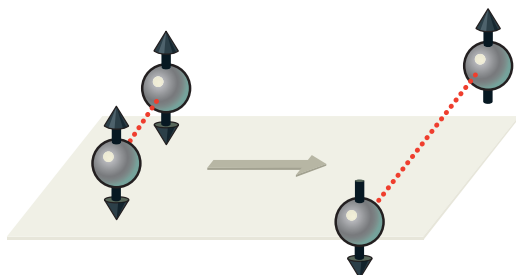
Квантовое свойство 1: суперпозиция

Атомы и субатомные частицы могут существовать во множестве состояний одновременно — состояние, называемое суперпозицией. Если классический объект, такой как бильярдный шар, может вращаться одновременно лишь в одном направлении, квантовые частицы могут находиться в двух «спиновых состояниях» — как со спином, направленным вверх, так и со спином, направленным вниз, — одновременно. Используя это свойство, квантовые компьютеры, вероятно, смогут анализировать множество возможных решений задачи в одно и то же время.



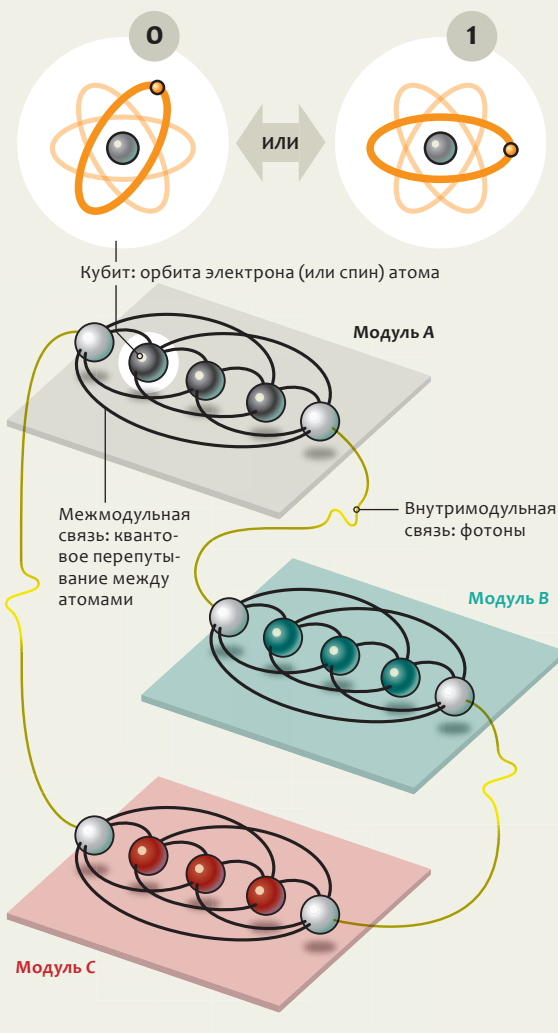
Квантовое свойство 2: квантовое перепутывание

Альберт Эйнштейн назвал его призрачным дальнедействием: квантовое перепутывание позволяет двум частицам выстроить такую связь, что действие, совершенное над одной из них, мгновенно влияет на другую, даже если они удалены друг от друга в пространстве. На рисунке внизу квантово перепутанные частицы сначала находятся в суперпозиции состояний со спином вверх и вниз. Когда внешнее измерение заставляет частицы «выбрать» единственное состояние, обе частицы всегда придут в скоординированные друг с другом состояния. В зависимости от типа квантового перепутывания если первая частица находится в состоянии со спином вверх, то вторая всегда будет находиться в состоянии со спином вниз. Когда квантово перепутываются множество кубитов, операция, проводимая над одним, мгновенно скажется на других, открывая возможность беспрецедентно масштабной параллельной обработки информации.



Атомные ионные кубиты

Самый простой способ построить модульный квантовый компьютер — использовать в качестве кубитов отдельные атомы. Каждый атом может представлять значение «0» или «1» двоичного кода (или их суперпозицию) посредством различных электронных орбит (вверху). Внизу схематическое изображение трех модулей — квантовых миникомпьютеров, состоящих из пяти атомных ионов каждый, — соединенных таким образом, чтобы сохранить квантовые свойства каждого из модулей. Внутри каждого модуля все пять ионов квантово перепутаны друг с другом. Два иона на концах (белого цвета) — особого рода и могут испускать фотоны для связи с другими модулями.



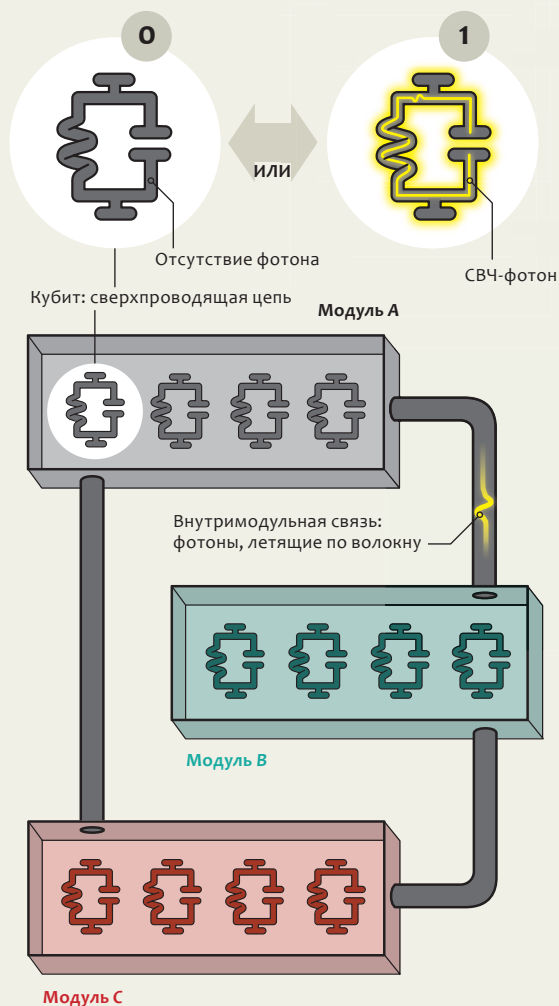
полностью связанными большим целым — аналогично тому, как музыкальная группа, играющая в стиле «инди», возможно, больше всего нравится своим фанатам, если о ней слышали лишь немногие. Большие системы обычно слишком сложны и недостаточно изолированы, чтобы вести себя по квантово-механическим законам, — в конце концов, мы ведь не ожидаем, что найдем бейсбольный мяч или даже биологическую клетку в двух местах одновременно.

Модульные квантовые системы

Перед учеными стоит трудная задача — масштабировать систему, не утратив при этом ее квантовой природы. Использование «грубой силы» для построения больших квантовых систем путем простого добавления новых кубитов и объединения их в единую сеть скорее всего потерпит неудачу. Это предсказание подкреплено судьбой машин, разработанных канадской фирмой *D-Wave Systems*, которая соединила вместе несколько сотен или даже

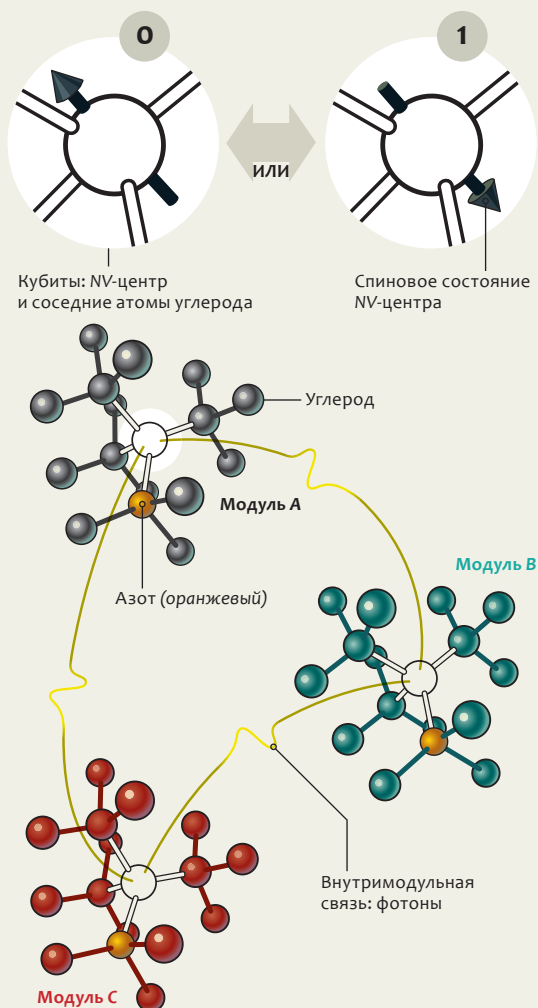
Сверхпроводящие кубиты

В другой стратегии построения квантового компьютера в качестве кубитов используются «искусственные атомы», представляющие собой сверхпроводящие цепи. Эти кубиты — электрические цепи, которые могут принимать значение «0» или «1» в зависимости от наличия или отсутствия СВЧ-фотона или переменного электрического тока, текущего по цепи. (Когда кубит находится в состоянии суперпозиции, фотон может быть там и одновременно может не быть.) Внутри каждого модуля кубиты могут быть квантово перепутаны непосредственно друг с другом посредством захваченных фотонов. Эти фотоны могут также быть посланы по оптическим волокнам, чтобы связать каждый модуль с другими.



Твердотельные квантовые кубиты

Третий вариант — сделать кубиты из дефектов в твердом теле, таком как алмазная кристаллическая решетка, состоящая из атомов углерода. Если один из атомов углерода в решетке заменить на атом азота, а место по соседству оставить пустым, получится дефект, называемый центром «азот — вакансия» (или NV-центром). NV-центр и окружающие его атомы углерода все становятся кубитами, и их спиновые состояния представляют собой «0» или «1». Каждый кластер дефектов в кристаллической решетке — это отдельный модуль, а сами модули можно соединить друг с другом посредством оптических фотонов.

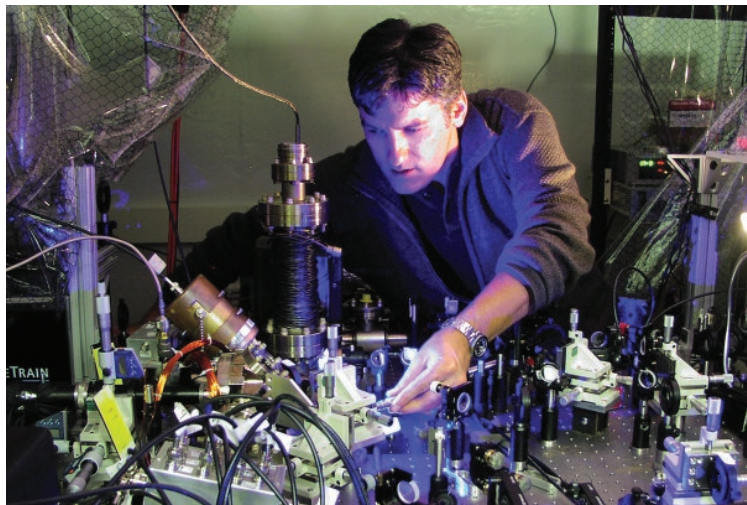


тысяч отдельных кубитов. Хотя представители компании утверждают, что их устройства бьют рекорды скорости выполнения классических алгоритмов, мы не обнаружили ни одной публикации с данными, которые свидетельствовали бы о квантовом перепутывании в большом масштабе или о преимуществах в скорости обработки информации такими системами.

Однако модульная методика подсказывает нам другой путь к цели. Это техническое решение сродни стратегии, которую коммерческие авиакомпании используют для того, чтобы справиться с проблемами обслуживания клиентов. В следующий раз, когда вы полетите на самолете, рассмотрите внимательнее заднюю обложку рекламного журнала авиакомпании, предлагаемого пассажирам на борту самолета. Карта маршрутов компании дает грубое представление о том, как мог бы выглядеть полномасштабный квантовый компьютер. Авиакомпания не в состоянии соединить каждый город непосредственно с каждым другим отдельной авиалинией, поскольку логистика и накладные расходы в этом случае были бы непомерно большими. Вместо этого они используют центральные пересадочные узлы для организации сети не прямых сообщений. Жертвуя достоинствами непосредственной связи, взамен они получают возможность расти и обслуживать большую сеть аэропортов.

Аналогично в модульном квантовом компьютере не предусмотрено соединение каждого кубита с каждым. Вместо этого несколько кубитов в нем будут использованы как ядра сети, через которые будут подсоединяться отдельные модули, сродни тому как Атланта служит пересадочным пунктом, соединяющим юго-восток США с остальными регионами.

Модульные сети помогут сохранить число взаимодействий между кубитами в количестве, позволяющем успешно ими управлять, и в то же время такая архитектура позволит каждому модулю оставаться защищенным от внешних влияний. Они компенсируют необходимость пожертвовать преимуществом непосредственных связей между кубитами, давая взамен возможность взаимодействовать через посредника тысячам или даже миллионам кубитов. Но в отличие от традиционных модульных систем, таких как многоядерные процессоры компьютеров, в которых для связи как внутри процессоров, так и процессоров между собой используется одинаковый тип проводников, чтобы получить необходимое квантовое перепутывание и в то же время сохранить изоляцию между модулями, модульная квантовая система, возможно, потребует два или даже более различных типов связи. В минувшем десятилетии возникли три основные модульные квантовые стратегии, использующие различные типы кубитов.



Работа в лаборатории: один из авторов, Кристофер Монро, манипулирует кубитами из атомных ионов с помощью лазеров и удерживает их в ловушке из электромагнитных полей, образованных электродами

Трое из нас независимо друг от друга разрабатывают эти платформы, и мы верим, что они приживутся в более крупных квантовых компьютерах, которые откроют возможность применить новые виды обработки информации.

Атомные кубиты

Наиболее естественный тип кубита — одиночный атом, чьи электронные или ядерные энергетические уровни (иногда называемые спиновыми состояниями) хранят квантовую информацию. Атомные кубиты по своей природе поддаются масштабированию, поскольку многочисленные атомы одного и того же вида фактически идентичны и не требуют никаких дополнительных настроек, чтобы походить друг на друга. Лазерные пучки могут охладить атомы до почти неподвижного состояния, замораживая их путем передачи импульса от атома рассеянному лазерному излучению. Мы научились все это проделывать, подвешивая атомы внутри пустого пространства вакуумной камеры, чтобы защитить их от любого внешнего воздействия.

Нейтральный или заряженный атом (ион) может служить кубитом. Чтобы удержать нейтральные атомные кубиты, мы используем сфокусированные лазерные пучки, вернее несколько взаимопересекающихся лазерных пучков, образующих так называемую оптическую решетку. Десятки научных групп во всем мире применяют этот метод. Хотя управлять нейтральными атомами и связывать их на уровне одного кубита — задача не из легких, существует несколько многообещающих путей, позволяющих это сделать.

В качестве альтернативы многие группы используют положительно заряженные ионы — атомы

с одним недостающим электроном. Ионы отталкиваются друг от друга в результате действия электростатических сил, и их невозможно удержать в электростатическом поле, образованном электродами. Мы можем охладить с помощью лазерного излучения сотни удерживаемых ионов в форме стационарной кристаллоподобной структуры из отдельных атомов, которые ведут себя как идентичные друг другу маятники, соединенные пружинками. Дополнительные управляющие лазеры могут раскачивать ионы таким образом, что их спиновые состояния окажутся квантово перепутанными в результате колебаний ионов, — схема, впервые предложенная в 1995 г. физиками из австрийского Инсбрукского университета им. Леопольда и Франца Игнасио Сираком (Ignacio Cirac) и Петером Цоллером (Peter Zoller). За минувшую два десятилетия ученые совершили поразительный прорыв в управлении отдельными кубитами из удерживаемых ионов и их квантовом перепутывании таким методом. Недавно группы под руководством одного из нас (Кристофера Монро), Дэвида Уайнленда (David J. Wineland) из Национального института стандартов и техники и Райнера Блатта (Rainer Blatt) из Инсбрукского университета продемонстрировали успешные эксперименты по квантовому перепутыванию 20 кубитов на захваченных ионах.

Ученые исследовали два способа соединить модули, полученные на таких квантово перепутанных ионных кристаллах. Первый — физически переместить несколько ионных кубитов в пространстве от одного модуля к другому, заставив их пройти через сложный лабиринт электродов (метод, предложенный в 2000 г. Монро совместно с Дэвидом Кильпинским (David Kielpinski), в то время работавшим в Национальном институте стандартов и техники). Ионы можно заставить скользить через пространство вместе с волной электрического поля так, чтобы не нарушать состояния их кубитов. Когда ионы коснутся второго модуля, с помощью импульса лазера можно индуцировать формирование новых квантовых перепутываний. Два модуля, скажем, по 50 кубитов каждый становятся частью одного вычислительного регистра, а это означает, что теперь совместно работают 100 кубитов, хотя и слабо связанные. Теоретически предела количеству модулей, которые можно соединить таким способом, получившим название «метод ионного челнока», не существует.

Трудность такого метода заключается в сложности управления хитроумными ионными ловушками, которые состоят из сотен тысяч точно расположенных электродов, с помощью которых ионы перемещаются туда и обратно. Мы должны уметь манипулировать всеми необходимыми напряжениями на электродах, чтобы заставить ионы скользить по лабиринту из этих электродов.

Значительные усилия по изготовлению электродов ионной ловушки из кремния или других полупроводниковых материалов способом, позволяющим масштабирование, прилагаются сегодня в Сан-дийских национальных лабораториях и в компании *Honeywell*.

Второй метод, обеспечивающий связь ионных кубитных модулей, позволяет оставить атомы на месте. В нем для того, чтобы заставить ионы испустить фотоны, которые квантово перепутаны с ионами, используются лазеры. Эти фотоны могут затем перенести квантовое перепутывание между модулями. Такой тип фотонного квантового интерфейса произрастает из идеи, впервые высказанной почти 20 лет назад учеными Инсбрукского университета, Калтеха и Гарвардского университета и продемонстрированной десять лет назад Монро.

Техника фотонной связи имеет громадное преимущество, позволяя нам связать воедино кубитную память, элементы которой могут быть удалены на значительное расстояние, к тому же она может быть применена и к другому типу кубитов, такому как нейтральные атомы, а также сверхпроводящим и полупроводниковым кубитам, речь о которых пойдет ниже. Более того, мы можем масштабировать фотонные связи между модулями посредством волоконно-оптических сетей и коммутаторов, которые помогут нам управлять тем, какие из кубитов следует квантово перепутать. Основное препятствие на этом пути состоит в том, что фотонная связь кубитов, как правило, недостаточно эффективна, поскольку требует захвата и точного направления этих фотонов. Чтобы установить успешную связь, может потребоваться много попыток. Наилучшая скорость, достигнутая на сегодня, — десять связей квантового перепутывания в секунду. Однако развитие существующей технологии сулит увеличение этой скорости на несколько порядков величины.

Сверхпроводящие кубиты

Хотя атомы и могут быть использованы в качестве естественных кубитов, задача управления и масштабирования их в более крупные системы таит в себе ряд инженерных проблем. Альтернативная стратегия — создать «искусственный атом», используя электрические цепи из сверхпроводящих материалов. Эти устройства состоят из многих атомов, но могут вести себя как простые управляемые кубиты, в которых присутствие или отсутствие одного СВЧ-фотона или направление тока в цепи по часовой стрелке или против нее соответствует состояниям «0» или «1». Такие квантовые цепи обладают определенным преимуществом. Мы можем задавать их свойства на этапе конструирования и серийно изготавливать их с помощью технологических процессов, используемых в современной микроэлектронике для производства

обычных интегральных схем. Но, что замечательно, когда они работают при температуре, близкой к абсолютному нулю, они могут находиться в состоянии суперпозиции достаточно долго, чтобы служить полноценным кубитом. За последние 15 лет время жизни таких систем удалось увеличить более чем в миллион раз.

В прошлом десятилетии в ходе работы над сверхпроводящими квантовыми цепями удалось добиться быстрого прогресса, продемонстрировав различные необходимые для квантового компьютера характеристики. Ученые во многих университетских лабораториях, а также такие участники высокотехнологического рынка, как *Google* и *IBM*, сегодня научились манипулировать несколькими сверхпроводящими кубитами и квантово перепутывать их. С помощью метода, получившего название «квантовая электродинамика электрических цепей», основоположником которого стал один из нас (Роберт Шелькопф) совместно со своими коллегами из Йельского университета Мишелем Деворе (*Michel H. Devoret*) и Стивом Гирвином (*Steve Girvin*), мы даже можем квантово перепутать кубиты на больших расстояниях, используя сверхпроводящие передающие линии.

Сверхпроводящие приборы естественным образом допускают модульную архитектуру. Мы можем соединить модули и измерительные устройства внутри большого криогенного прибора с помощью сверхпроводящих проводников и в то же время уменьшить перекрестное влияние и помехи между отдельными модулями, экранировав их друг от друга. Чтобы вызвать квантовое перепутывание между модулями, ученые в Йеле, в ОИЛА Университета Колорадо в Боулдере (*Объединенный институт лабораторной астрофизики (ОИЛА) был основан в 1952 г. С тех пор область исследований, проводимых там, значительно расширилась и сегодня помимо астрофизики включает атомную и молекулярную физику, оптику, биофизику, квантовую информацию, точные измерения и многое другое, но акроним остался прежним. — Примеч. пер.*), в Калифорнийском университете в Беркли и в других лабораториях разработали специальные сверхпроводящие приборы для квантовых измерений.

Модульный подход в приложении к сверхпроводящим кубитам имеет несколько привлекательных особенностей. Вместо того чтобы строить и тестировать гигантскую электрическую цепь, нам требуется лишь в массовых количествах производить и калибровать более простые модули, а затем усложнять машину, добавляя модуль за модулем. Мы можем заменить или обойти дефектные модули и перекоммутировать электрические цепи, соединяющие модули, чтобы выстроить другую архитектуру. В настоящее время ведется также работа по разработке квантовых преобразователей, трансформирующих СВЧ-сигнал в оптический,

чтобы затем соединить удаленные модули с помощью оптического волокна и создать таким образом квантовые сети большой дальности или распределенный квантовый компьютер.

Твердотельные спиновые кубиты

Наконец, третий тип кубитов, в которых информация кодируется в виде спиновых состояний твердых тел. Существуют различные модели этого типа кубитов, но многообещающий метод, разрабатываемый одним из нас (Михаилом Лукиным), а также большим числом других групп, для получения кубитов использует дефекты в кристаллах. Одна из таких систем — состоящая из атомов углерода кристаллическая решетка алмаза, в которой один из атомов углерода замещен на атом азота, а расположенный рядом узел пуст, — дефект, называемый центром «азот — вакансия» (*NV-центр*). Электромагнитные импульсы могут управлять спином электронов этой атомоподобной примеси. В методе, впервые предложенном Лукиным с коллегами, *NV-центр* воздействует на ядерные спины своих ближайших соседей — атомов углерода, формируя группу соседних кубитов, образованных в результате магнитного взаимодействия между частицами. Однако число атомов углерода — ближайших соседей дефекта «азот — вакансия» можно сосчитать по пальцам, что ограничивает суммарное число кубитов на один модуль менее чем дюжиной.

Задача масштабирования требует соединения вместе множества модулей. Если кубиты расположены в различных кристаллических решетках, мы можем связать их, заставив каждый кубит испустить фотон, а затем измерить фотоны. В случае если несколько *NV-центров* расположены внутри одной алмазной решетки, мы также можем попытаться установить между ними связь, воспользовавшись квантовыми колебаниями, называемыми фононами, которые могут переносить квантовую информацию между примесями.

Примечательно, что, хотя манипулирование информацией, закодированной в кубитах этих *NV-центров*, необычайно сложно, часто мы можем проделывать все это в обычных условиях при комнатной температуре. Методы наблюдения одиночного *NV-центра*, предложенные в минувшем десятилетии Йоргом Врахтрупом (*Jörg Wrachtrup*) из Штутгартского университета и Федором Железко, в настоящее время работающим в Университете Ульма (*Федор Борисович Железко — выпускник Белорусского государственного университета, после защиты в 1998 г. кандидатской диссертации эмигрировал в Германию, в настоящее время — директор Института квантовой оптики Университета Ульма. — Примеч. пер.*), позволили ученым работать с отдельными кубитами электронных спинов. Группа под руководством Давида Авшаломы (*David Awschalom*) из Чикагского университета

смогла манипулировать этими кубитами на наносекундной шкале, что сравнимо со скоростью современных классических процессоров.

Недавно в голландском Дельфтском техническом университете Рональд Хансон (Ronald Hanson) с коллегами квантово перепутали кубиты одиночных NV-примесей, удаленных друг от друга на расстояние более одного километра, воспользовавшись квантово перепутанными фотонами, аналогично фотонному методу, позволяющему связать ионы, о котором было рассказано ранее. Пока этот процесс не очень эффективен (в эксперименте в Дельфте связи квантовой перепутанности устанавливаются со скоростью всего лишь несколько раз в час), но недавно в Гарвардском университете и в Массачусетском технологическом институте придумали новые методы с использованием нанооптических устройств, позволяющие в значительной степени его ускорить. А поскольку мы уже имеем инструменты, позволяющие сформировать несколько кубитов вокруг одиночного дефекта алмазной решетки и сохранять их в течение более чем секунды в сверхчистых кристаллах, таких, какие выращивает компания *Element Six*, NV-центры демонстрируют огромный потенциал для масштабируемой модульной архитектуры квантового компьютера.

Квантовое будущее

В результате более чем 20 лет исследований и разработок в этой области ученые экспериментально проверили все описанные выше подходы к модульному квантовому компьютеру в небольших масштабах. Ожидающая нас задача — распространить эти методы на более крупные конгломерации кубитов и модулей и начать использовать их для интересных приложений. Мы полагаем, что сегодня эта цель уже не за горами.

Квантовое будущее одновременно и заманчиво, и таит множество проблем. По мере того как квантовые машины будут становиться все больше, управлять ими и контролировать то, что в целом система действительно ведет себя квантово-механически, станет все труднее. К счастью, модульная архитектура позволяет нам проверить и оценить работу отдельных модулей и различных связей между ними независимо друг от друга, не нарушая работы всей системы в целом. Ученые недавно продали важные шаги в направлении к этой цели.

Но модульные квантовые компьютеры даже относительно скромного масштаба, по всей видимости, дадут нам возможность решать уникальные задачи. Они естественным образом станут хребтом «квантового Интернета», состоящего из небольших квантовых процессоров, объединенных с помощью квантово перепутанных оптических фотонов. Они смогут служить ретрансляторами, которые раздвинут географические рамки безопасных квантовых систем связи (в настоящее

время ограниченные примерно 100 км, поскольку фотоны затухают в стандартных волоконно-оптических линиях) до континентальных расстояний.

Элементы модульных квантовых машин уже начинают включать в некоторые самые точные в мире хронометры, и, как ожидается, их роль будет расти в новом поколении оптических атомных часов, основанных на нейтральных атомах и ионах. Ученые предложили построить глобальную квантовую сеть таких часов, чтобы создать единую международную шкалу времени, или, грубо говоря, «всемирные часы», которые будут работать с беспрецедентными стабильностью и точностью.

Миниатюрная квантовая сеть могла бы служить также высокоточным датчиком электромагнитных полей и температуры в сложных химических и биологических системах на нанометровой шкале. Например, ученые воспользовались электронным и ядерным спинами, связанными с примесями в твердых телах, чтобы добиться магнитно-резонансной визуализации с разрешением в одиночный атом. Этот метод, вероятно, можно будет использовать для непосредственного наблюдения отдельных молекул, что даст необычайно мощный инструмент фундаментальной биологии и материаловедению, а также новые средства медицинской диагностики и поиска новых лекарств.

Пришло время перестать задавать вопрос, возможен ли квантовый компьютер, и начать фокусировать деятельность на разработке его крупномасштабной архитектуры и на том, что он способен делать. Истина заключается в том, что никто не знает, как квантовые компьютеры изменят наш мир. Но с наступлением эпохи сетей модульных квантовых компьютеров мы оказались на пороге перемен. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Авшалом Д., Хэнсон Р., Эпштейн Р. Алмазы для спинтроники // ВМН, № 1, 2008.
- Монро К., Уайнленд Д. Ионы для квантовых компьютеров // ВМН, № 6, 2008.
- Валиев К.А. Квантовые компьютеры: можно ли их сделать «большими»? // УФ, т. 169, № 6, 1999.
- Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // УФН, т. 175, № 1, 2005.
- Scaling the Ion Trap Quantum Processor. C. Monroe and J. Kim in *Science*, Vol. 339, pages 1164–1169; March 8, 2013.
- Superconducting Circuits for Quantum Information: An Outlook. M.H. Devoret and R.J. Schoelkopf in *Science*, Vol. 339, pages 1169–1174; March 8, 2013.
- Atom-like Crystal Defects: From Quantum Computers to Biological Sensors. Lilian Childress et al. in *Physics Today*, Vol. 67, No. 10, pages 38–43; October 2014.



Мастерские каменного века

A large, white, stylized letter 'C' is centered within a dark teal square. The 'C' is thick and has a modern, sans-serif appearance.

2015 г. российско-вьетнамской экспедицией в провинции Зялай в Центральном Вьетнаме открыты 17 раннепалеолитических местонахождений, в которых обнаружены каменные орудия древностью от 700 тыс. до 1 млн лет. Об этом нам рассказал академик **Анатолий Пантелеевич Деревянко**, научный руководитель Института археологии и этнографии СО РАН, сотрудники которого участвовали в экспедиции.

Долгая дорога во Вьетнам

— **Обезьяна превратилась в человека, когда научилась использовать в своих целях различные орудия: палки, камни. Это произошло примерно миллион лет назад?**

— Раньше. Зарождение рода *Homo* и переход к орудийной деятельности произошел в диапазоне 3–2,5 млн лет назад. Наиболее ранние ее проявления обнаружены в Восточной Африке. Примерно 1,8–1,7 млн лет назад человек из Африки вышел в Евразию. Наиболее убедительными свидетельствами его присутствия можно назвать находки в Дманиси (Восточная Грузия), относящиеся как раз к этому периоду.

— **Там тоже найдены каменные орудия?**

— Не только, еще и непосредственно останки человека. В Восточной и Юго-Восточной Азии самые

Первые двусторонне обработанные орудия связаны с ашельской индустрией. Она тоже впервые возникла в Африке 1,7–1,6 млн лет назад и развивалась там длительное время. Первые евразийские находки двусторонне обработанных орудий, по-научному — бифасов, были сделаны в Израиле на местонахождении Убейдия древностью чуть меньше 1,5 млн лет.

В интервале 900–800 тыс. лет назад в Африке сформировался новый таксон, который антропологи называют в Африке *Homo rhodesiensis*, а в Европе — *Homo heidelbergensis*, или хайдельбергский человек, который сыграл ствольную роль в процессе формирования *Homo sapiens*. В Африке этот вид дал начало развитию человека современного типа, а в Европе способствовал появлению двух таксонов: неандертальского и человека современного

вида. Миграция хайдельбергского человека в Евразию началась около 800 тыс. лет назад и связана именно с ашельской индустрией, в которой были представлены двусторонне ручные топоры, рубила и другие орудия.

Одно из ярких местонахождений — израильское местонахождение Гешер Бенот Яков, датированное от 800 до 700 тыс. лет. Это мощная пачка культуроросодержащих отложений. Там найдено большое количество каменных рубил. Но в Евразии широкое распространение в то время они не получили. Первые массовые бифасы в Европе появились около 600 тыс. лет назад и чуть позже. На Ближнем Востоке — тоже около 500–450 тыс. лет назад.



Раннепалеолитическое местонахождение Роктунг 1. Фото из архива ИАЭТ СО РАН.

древние останки имеют примерно тот же возраст. Человек на Яве по некоторым оценкам тоже имеет возраст более 1,8 млн лет. Так что первоначальное заселение Восточной и Юго-Восточной Азии началось очень рано. Интересно, что миграционный процесс рода *Homo* в Евразию начался сначала с ее восточной части, и только потом *Homo* пришел в Европу.

— **Но образцы орудий, которые вы нашли во Вьетнаме, похожи на африканские? Человек принес эти технологии в Азию или создал их на месте?**

— Это сложный, интересный и большой вопрос. Проблема двусторонне обработанных изделий, или рубил, или ручных топоров, пожалуй, так же дискуссионна, как и проблема происхождения рода *Homo* и человека современного физического типа.

Главная проблема — появление двусторонне обработанных изделий в Восточной и Юго-Восточной Азии. Хеллам Мовиус, профессор Гарвардского университета, опубликовал 70 лет назад целую серию работ, в которых обосновал гипотезу, что в раннем палеолите в хронологическом диапазоне 600–300 тыс. лет мир был разделен на две огромные зоны — зона, где были двусторонне обработанные изделия, и зона, где их не было. К последней относились Юго-Восточная и Восточная Азия. Эта проблема обсуждалась на десятках международных конференций, по данной тематике были опубликованы сотни статей.

— **Настолько остро стояла проблема?**

— Дело в том, что и сам Мовиус исследовал местонахождение в Юго-Восточной Азии, в которых были двусторонне обработанные изделия, но они

были сравнительно позднего времени — порядка 150 тыс. лет. Единичные двусторонне обработанные изделия, которые также относились к этому хронологическому периоду, находили в Китае.

Мовиус объяснял отсутствие бифасов в Восточной Азии тем, что древнейшее население этой территории было технологически отсталым из-за когнитивных особенностей местного человека.

Каменные идеи носятся в воздухе

— Ситуация изменилась в конце XX в., когда на самом юге Китая, почти на границе с Вьетнамом, в котловине Байсэ были найдены местонахождения с бифасами. Водохранилище, которое было построено на реке Юйцзян, размыло древние отложения, в том числе и первобытные стоянки. Сравнительно недавно там были найде-

Тектиты во Вьетнаме имеют древность от 700 тыс. лет до 1 млн лет. По облику, по технике обработки эти орудия не моложе, а может быть, и древнее китайских

ны и местонахождения, датируемые периодом от 780 тыс. до 800 тыс. лет. После этого многие ученые заговорили о том, что ашельская индустрия, которая была известна в Европе и значительной части Азии, в частности в Индии, была распространена и в Восточной и Юго-Восточной Азии. Я тогда выдвинул гипотезу, что появление здесь двусторонней обработки было связано с технологической конвергенцией.

— То есть она возникла на местной основе?

— Верно. Первый *Homo erectus* мигрировал из Африки в Евразию и дошел до Восточной и Юго-Восточной Азии 1,7–1,8 млн лет назад. На базе его индустрии в более позднее время, 700–800 тыс. лет назад и даже чуть раньше, могла сформироваться инновационная технология, связанная с двусторонней обработкой орудий. На эту тему в последнее время опубликовано много статей. У меня вышла книга, посвященная бифасальной индустрии, где главное внимание уделено именно находкам в Восточной и Юго-Восточной Азии.

— И в прошлом году вы организовали экспедицию во Вьетнам?

— Не совсем. В Северном Вьетнаме мы с коллегами из Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН и вьетнамские археологи из Института археологии Академии социальных наук работаем уже семь лет. Исследовали там целый ряд пещер верхнего палеолита древностью

от 15 тыс. до примерно 30–40 тыс. лет. А с 2015 г. начали работать на севере Южного Вьетнама в провинции Зялай. Там в районе города Анкхе были обнаружены и сейчас исследуются 17 местонахождений или стоянок с двусторонне обработанными орудиями. Это ручные рубила, чопперы, пики и другие изделия, которые в какой-то мере напоминают ашельскую индустрию, но существенно от нее отличаются.

Отличие состоит в том, что ашельские бифасы изготавливались в основном на крупных отщепках, а во Вьетнаме — на гальках. Отличаются они типологически и техникой обработки. Главная ценность вьетнамских находок заключается в том, что они имеют очень четкую стратиграфию, их можно достаточно точно датировать. Их геоморфологическое распространение, дислокация и условия, в которых находятся каменные орудия, очень четки, в отличие от китайских. Вместе с каменными орудиями найдены и тектиты, стекловидные кусочки, образующиеся при извержении вулканов, для которых существуют проверенные технологии датировки. Они отданы нами академику И.В. Чернышеву в Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН для установления возраста. Датировки — это очень трудная проблема.

— Это уже не радиоуглеродный анализ?

— Нет. Этот метод используется в единственном у нас в России институте. Его возможности позволяют датировать предметы огромной древности — несколько миллионов лет. В настоящее время мы ждем датировки. Думаю, получим ее в ближайшее время.

Тектиты во Вьетнаме имеют древность от 700 тыс. лет до 1 млн лет. Геоморфологические условия и условия залегания находок свидетельствуют об очень большой древности. Я уверен, что по облику, по технике обработки эти орудия не моложе, а может быть, и древнее китайских. Даты, которые мы должны получить в ближайшее время, позволят нам точно установить время их происхождения. Это будет еще одним подтверждением гипотезы о том, что двусторонняя обработка в Восточной и Юго-Восточной Азии зародилась на автохтонной основе.

— Но ведь технологию могли принести и из Африки? Просто на несколько сотен тысяч лет позже. Сначала пришел человек-первопроходец, а потом по его стопам пришли уже «вооруженные» люди.

— Нет, западнее Восточной и Юго-Восточной Азии стоянки с ашельскими бифасально обработанными орудиями имеют древность не более 400–450 тыс. лет. Они в два раза моложе бифасов, обнаруженных в Китае и во Вьетнаме, и совершенно отличаются от них по типологическим и технологическим показателям.

— **Индустрия на местном материале?**

— Совершенно верно. Люди подбирали крупнокатаные гальки или отдельные крупные камни, а затем восемью, десятью, максимум пятнадцатью сколами оформляли острие и пятку орудия. Целый ряд других типологических отличий в технике обработки свидетельствует о том, что этот орудийный набор существенно отличается от африканского и от ашельской индустрии. Абсолютно другая технология, отличная от западной. Это важное открытие. Сейчас подготовлен целый ряд статей, в том числе для центральных мировых журналов. Нас сдерживает только точная датировка, которая позволит поставить в этой проблеме последнюю точку.

Каменные детали для айфона

— **Представители двух профессий спорят за звание старейшей. Столяры и плотники утверждают, что обезьяна стала человеком, когда взяла в руки палку. Геологи считают, что первым орудием был камень. Кто, по-вашему, ближе к истине?**

— С моей точки зрения, этот спор совершенно не существен. Обезьяны используют палки и камни, но они не обрабатывают их, чтобы придать определенную форму. Появление рода *Ното*

На самом раннем этапе человек стремился изучить и понять структуру камня. От этого зависели техника обработки и долговечность каменных орудий

знаменует собой сознательное изготовление орудий из камня и дерева и передачу опыта по их изготовлению последующему поколению.

— **Вам как археологу не обидно уступать приоритет?**

— Первобытная археология как наука появилась гораздо позже геологии. И на самом первом этапе, и в настоящее время археологи широко используют геологические методы. Без четкой стратиграфии, геоморфологии расположения наиболее ранних стоянок, местонахождений очень трудно обосновать, определить и решить многие проблемы. Поэтому я, безусловно, уступаю первенство геологии. Геологическая наука зародилась раньше археологии.

— **А астрономия и медицина?**

— На самом раннем этапе человек стремился изучить и понять структуру камня. От этого зависели

Чоппер. Местонахождение Рокхуонг. Фото из архива ИАЭТ СО РАН.



техника обработки и долговечность каменных орудий, то есть на заре человеческой истории человек, обрабатывающий камень, был в какой-то мере петрографом. В дальнейшем, с появлением металла, человек стал практическим геологом, потому что необходимо было найти месторождение, из которого можно было получить медную и железную руду, олово и другие компоненты для выплавки металла. В одинаковой мере на ранних этапах истории человек стремился понять причину смены дня и ночи, ориентироваться по звездам, помогать своим соотечественникам во время болезней. Поэтому я считаю, что дискуссия о том, какая наука появилась раньше, а какая позже, достаточно бессмысленна. Даже если говорить в целом об эволюционной теории.

— **Мы представляем себе каменные орудия древнего человека как нечто очень примитивное. Насколько это была сложная технология?**

— Если исходить из подобной точки зрения, лет через 100–150 люди будут говорить: «Какие убогие люди жили в конце XX — начале XXI в., не умели телепортироваться и читать мысли!» Вся эволюция знаний человека стоит на плечах предшественников. Безусловно, XVI в. вышел из XV в. Ренессанс базировался на идеях, которые формировались у предшествующих ученых, исследователей, которые интересовались живой и неживой природой. XIX в. вышел из XVIII в., если говорить о знаниях, XX в. из XIX в., а XXI в. стоит на знаниях XX в.

— **То есть в основе современных космических и ядерных технологий лежит технология изготовления каменного топора?**



Академик А.П. Деревянко и профессор Нгуен Хак Шу.
Фото из архива ИАЭТ СО РАН.

— Разумеется. Поэтому говорить, что это примитивно, не то чтобы неправильно — примитивно так думать. Сама по себе технология обработки камня формировалась постепенно, в течение тысячелетий. От первых искусственных наиболее древних орудий, сколотых из камня с небольшой дополнительной обработкой, до великолепных остроконечников, замечательных образцов пещерного искусства.

Для обработки первобытные мастера брали 10–15 разновидностей камня. Каждая имела свой характер и по-разному использовалась древним человеком. Говорить, что человек миллион или полтора миллиона лет назад был примитивным, абсолютно неправильно. Все мы — потомки первых людей, которые делали первые опыты в познании живой и неживой природы, в изготовлении каменных орудий и т.д.

Мастера и подмастерья

— **Раз было развитие технологии, значит, была какая-то преемственность, обучение?**

— Конечно, эволюционное развитие технологий могло идти, только если инновации передавались от одного поколения к другому. Во многом это связано с проблемой языка, коммуникации. Они тоже развивались постепенно: от общения на уровне жестов и примитивных звуков до развитой речи.

— **Технологии изготовления орудий и коммуникационные навыки развивались параллельно?**

— Почти, с опережающим развитием коммуникативных приемов. То, что знания передавались от старшего поколения к младшему, было обязательным процессом. В противном случае просто невозможен был бы прогресс. Человек постепенно накапливал знания в освоении живой и неживой природы. От примитивного использования огня, когда он просто грелся у очагов, возникавших после удара молнии, до «приручения» огня, когда человек сам мог его получать в любое время, в любых условиях, в самых различных целях — для обработки камня, приготовления пищи, защиты от хищников. Но наиболее активно и эффективно процесс передачи и накопления информации заработал, когда коммуникации были уже связаны с речевым общением.

— **Если было обучение, можно предположить, что были и мастера, которые умели обрабатывать камни. То есть в то время существовало разделение труда?**

— Так, конечно, можно думать, но все это упирается в возможность доказательства, а ее пока нет. Это главная проблема. Если говорить не об антропологии, а именно о ранней первобытной археологии, то наличие многих инновационных процессов, связанных с зарождением новой технологии, доказать очень трудно, а иногда просто невозможно.

Вот та же техника двусторонней обработки камня. Наиболее ранняя — в Африке, а дальнейшее распространение сопровождается очень сложным дискуссионным процессом. Скажем, бумеранги. Они найдены на всех континентах, кроме Антарктиды, от позднего палеолита и вплоть до современности. Но они известны на определенных территориях, их распространение очаговое. Это связано с технологической конвергенцией, но не с распространением в ходе миграционных процессов. Часто говорят, что хайдельбергский человек был и в Европе, и в Юго-Восточной и Восточной Азии. Но орудийный набор везде разный. И транзитные территории, по которым эти хайдельбергцы могли из Европы проникнуть в Восточную и Юго-Восточную Азию, отсутствуют.

Я все время говорю, что тогда не было чартерных авиарейсов. Миграция из Европы в Азию — это десятки тысяч лет. Если бы люди переносили орудия и технологии их изготовления, они должны

Раннепалеолитическое местонахождение Гола.
Фото из архива ИАЭТ СО РАН.



проследиваться «по пути», но этого пока нет. Поэтому пока наиболее вероятной представляется версия появления похожей или одинаковой технологии на разных территориях от Атлантического до Тихого океана как естественного процесса. В первобытных коллективах могли появляться люди, у которых были более развиты когнитивные способности.

— **Первобытные ученые и изобретатели?**

— Люди сталкивались со многими необычными явлениями, которые человек пытался осмыслить и объяснить. У одного это не получалось, или просто он был равнодушен, другой пытался вникнуть в суть, понять. Были люди более способные к размышлениям, к изобретению нового продукта или подходов к обработке камня. Это один из элементов эволюции.

— **Первые каменные орудия у человека были больше мечами или оралами?**

— Все зависело от условий обитания. Если взять Африку, где были достаточно комфортные условия, где сама по себе среда предопределяла питание — фрукты и корни, там, конечно, больше нужны были примитивные сельхозорудия. Охотничьи орудия там не играли главную роль. Но если говорить о нашей Сибири, здесь человек мог получать 5–10% пищи от растительной среды только в течение трех месяцев. Естественно, он вынужден был значительное внимание уделять охоте. Она требовала коллективных действий, больших когнитивных усилий. Человек вынужден был, борясь за существование, за пропитание, придумывать новые орудия для охоты. Но большая часть орудий была универсальной. Человек, делая или чоппер, или чоппинг, или бифас, мог им и клубни выкопать, и дерево срубить, и убитого зверя обработать, и охотиться с ним. Сам по себе орудийный

набор имел универсальное назначение, а условия среды обитания определяли, на что больше будет направлено то или иное орудие.

— **Если говорить не просто о технологии обработки камня, а именно о каменной индустрии, производил ли человек орудия впрок? Находили ли вы доисторические «склады готовой продукции»?**

— Конечно. Человеку во время процесса фуражирования приходилось покрывать серьезные расстояния. Охотясь на лань или горного козла, ему нужно было не раз использовать или стрелы, или копья, или другие орудия, которые терялись, ломались, тупились. И наш пращур либо брал с собой запас заготовок, либо непосредственно во время процесса находил поделочный камень и прямо на месте изготавливал орудие.

Известны и клады каменных орудий, хорошо оформленных нуклеусов, легко раскалывающихся камней. Я раскапывал с моими сотрудниками в 1963–1964 гг. неолитическое поселение у села Новопетровка в Амурской области. Это было весьма интересное поселение с большим количеством ка-

До недавнего времени считалось, что изготовление первых орудий — это и есть пороговый момент появления рода *Ното*

менных орудий. Там были очень древние жилища, в которых под полом были ямки, своего рода клады, где хранилось семь-восемь хорошо подготовленных нуклеусов. Мастеру нужно было только взять и отжимником настрогать себе необходимое количество пластин и из них уже изготовить ножи, стрелы.

Стать человеком

— **Правильно ли говорить, что человек стал человеком, когда научился изготавливать орудия труда?**

— Выделение рода *Ното* из семейства человекообразных — очень сложный процесс. До недавнего времени действительно считалось, что изготовление орудий — пороговый момент: первые орудия — это и есть появление рода *Ното*. Но многие человекообразные обезьяны тоже достаточно продвинуты. Те же капуцины могут раскалывать камнями орехи, строить себе примитивные жилища, выкапывать палками клубни.

Моя точка зрения такова: нам надо расширить род *Ното*, причислить к нему и человекообразных обезьян. Сейчас идет их уничтожение. А если приравнять их к роду *Ното*, то с точки зрения всех международных законов убивать их будет запрещено. Нельзя оправдывать убийство себе подобных.

— **Хорошо, что вы признаете в человекообразных обезьянах наших родственников. Но они нас признают? Даже не обезьяны: если бы мы сейчас встретились с человеком, который жил 200–300 тыс. лет назад, нашли бы мы с ним общий язык?**

— Думаю, нет, по крайней мере не сразу и не во всех условиях. Слишком велик хронологический разрыв. Древний человек воспринял бы нас скорее всего как врагов. В каменном веке были достаточно суровые условия обитания: голод, каннибализм, борьба за существование, жизнь в постоянном стрессе, в готовности к нападению и защите. Поэтому надеяться, что мы бы сразу стали друзьями, не стоит. Первобытный человек посчитал бы нас за чужаков, а с чужаками разговор простой: «Или он меня, или я его». И вопрос этот замечательно решается каменным топором. Но это поначалу. Думаю, со временем мы смогли бы если не найти прямой общий язык, то хотя бы жить мирно. Как-никак оба мы не просто *Ното*,



Академик А.П. Деревянко

а именно *sapiens*, то есть люди разумные. А разум с разумом всегда договорится. ■

Беседовал Валерий Чумаков

СПРАВКА

Анатолий Пантелеевич Деревянко

- Научный руководитель Института археологии и этнографии СО РАН, доктор исторических наук, академик.
- Родился в Козьмо-Демьяновке Тамбовского района Амурской области.
- Окончил с отличием историко-филологический факультет Благовещенского государственного педагогического института.
- Один из создателей Музея истории СО РАН (1991).
- С 2000 г. — главный редактор научного журнала «Археология, этнография и антропология Евразии». Член редколлегии журнала «Вестник Российской академии наук»; входит в руководящие органы НКРИ и РГНФ.
- Спектр научных интересов: кардинальные проблемы мировой археологии — проблема первоначального заселения человеком Северной, Центральной и Восточной Азии, проблема взаимодействия древнего человека и окружающей среды, реконструкция древнейшей, древней и средневековой истории Сибири и Дальнего Востока.
- Награды и премии: медаль «За трудовую доблесть» (1970), премия Ленинского комсомола (1972) — за цикл работ по археологии Дальнего Востока, орден Трудового Красного Знамени (1982), орден Почета (1998), Государственная премия Российской Федерации в области науки и техники (2001) — за цикл работ из серии «Памятники

фольклора народов Сибири и Дальнего Востока» (разработка концепции академического издания и ее реализация в выпущенных в свет 18 томах), орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2003), Демидовская премия (2004), премия им. М.А. Лаврентьева (2005) — за выдающийся вклад в развитие Сибири и Дальнего Востока, премия «Триумф» (2005), орден Полярной Звезды (Монголия) (2006), золотой почетный знак «Достояние Сибири» (2007), орден Дружбы (2012), Государственная премия Российской Федерации в области науки и технологий — за выдающиеся открытия и труды в области изучения древнейшей истории человечества в Евразии и формирования человека современного анатомического типа (2013), Большая золотая медаль им. М.В. Ломоносова — за выдающийся вклад в разработку новой фундаментальной научной концепции формирования человека современного физического типа и его культуры (2015).

■ Советник по науке Исследовательского центра древних цивилизаций Академии общественных наук КНР, почетный исследователь Института доистории Чунбукского национального университета (Корея, 1994), почетный профессор Аризонского университета (США, 1994), Томского политехнического университета (1998), Казахского национального университета (2002), Цзилиньского университета (Китай, 2003) и др.



Академик
Вячеслав Молодин:

здравствуйте, **наши** **далекие** **предки!**

Трудно быть археологом! Тут и знания нужны, и страсть, и мужество, и умение работать от зари до зари, и, конечно же, жажда открытий. Прав академик Анатолий Деревянко, когда подчеркивает именно эти качества. Поддержка друзей и соратников позволяет цепочке открытий не прерываться, и теперь у сибирских археологов они уже не случайны, а выстраиваются в эту цепочку. Но сначала немного о другом...

Научные династии и семейные союзы внесли немалый вклад в сокровищницу знаний. Мы помним фамилии Кюри, Капица, Орбели... Встречается плодотворное родство и среди ученых-гуманитариев. Об одной такой семье — нынешний разговор. Сначала приведу красноречивый фрагмент текста:

«В 90-е гг. прошлого века сотрудник нашего института доктор исторических наук Наталья Викторовна Полосьмак, моя жена, открыла и исследовала целую серию неразграбленных уюкских погребальных комплексов среднего слоя пазырыкского общества. В их числе был и замечательный курган Ак-Алаха-3 с редким по полноте комплексов погребальных предметов и мумией молодой знатной женщины с татуировкой на руках. Обнаружение на Уюке мумифицированной пазырыкской женщины стало одним из самых значимых открытий российской археологии конца XX в., мировой сенсацией, надолго приковавшей к себе внимание не только ученых, но и широкой общественности. В 1995 г. удача улыбнулась и мне: в пазырыкском могильнике Верх-Кальджин-2 мой отряд наткнулся на непо потревоженное захоронение мумии татуированного молодого воина в роскошной меховой шубе-дубленке оригинального кроя, украшенной аппликацией из кожи».

Супругам, докторам наук Наталье Викторовне Полосьмак и Вячеславу Ивановичу Молодину, а также их коллегам президент России в 2005 г. вручил в Кремле высшую награду за научные достижения — Государственную премию, кстати, одну из первых в истории современной России.

— **Вячеслав Иванович, мне по сей день доводится слышать суждения о том, что в России археология — наука второстепенная, не очень актуальная. Так ли это?**

— Вы ошибаетесь. В последнее время в обществе очень изменилось отношение к археологии — и у обывателей, и у властей предрежащих.

— **В том числе из-за ваших открытий? Той же мумии девушки с Алтая, вокруг которой развернулись жаркие споры?**

— Девушку нашла моя жена, а я юношу. Споры же до сих пор не утихают, мумию даже требуют захоронить обратно...

— **Как же так?**

— К сожалению, именно так. Бойкие люди, называющие себя шаманами и зайсанами, объявили найденную прародительницей алтайского народа и стали активно использовать в политических инсинуациях. Даже подали в суд на наш институт и свое республиканское министерство культуры, но первый процесс проиграли.

— **А на самом деле кто она такая, девушка из далекого прошлого?**

— Эта находка — открытие мирового класса. Удалось получить совершенно уникальные научные данные. То, что сейчас называют мультидисциплинарным подходом, в полной мере было использовано при изучении пазырыкских комплексов. Тем более что такой подход всегда был присущ ученым нашего института. Когда девушку открыли для науки, мы старались максимально ее изучить. Выпустили книгу «Феномен алтайских мумий», где описаны данные по ДНК, по коже, костям, волосам, диете и т.д., то есть те сведения, которые у археолога всегда оказывались «за кадром». А в этом случае их удалось получить. Случилось это благодаря Сибирскому отделению РАН, где прошло три цикла конкурсов по мультидисциплинарным проектам. Мы выпустили более 40 томов, в которых представлены различные направления



Денисова пещера на Алтае. Здесь обитал наш ранее неизвестный предок — денисовский человек, открытый сибирскими археологами под руководством академика А.П. Деревянко. Фото: А.В. Соболевский.

исследований, объединяющие ученых разных специальностей. Благодаря нашему директору академику Анатолию Пантелеевичу Деревянко, который себя не щадит и нас тоже, сейчас мы имеем то, что имеем, — один из лучших институтов в академии наук России и в мире. Говорю это не потому, что он мой друг и сегодня научный руководитель института, а истины ради.

— **Лучший в мире институт археологии?**

— Один из лучших, и это без всяких прикрас. Достаточно сказать, что уже в XXI в. мы получили три Государственные премии, а академик Деревянко еще и золотую медаль им. М.В. Ломоносова — высшую награду РАН.

— **Мне кажется, не награды отражают ваши достижения, хотя и они важны, а то, что вы коренным образом изменили в стране отношение именно к археологии.**

— Почему археология? Потому что письменная история начинается у нас довольно поздно. Возьмем Сибирь. Человек появился здесь порядка 1 млн лет назад. Сейчас это доказано благодаря работам А.П. Деревянко на Алтае. А первая письменность — это VII в., руническое письмо тюрков (до нас дошли эпитафии на скалах), но вскоре и это умение было утрачено, а потом только после прихода русских в Сибирь, а это фактически XVII в. Вся история от зарождения человека до этого рубежа — «бесписьменная», так уж получается. Восстановить ее можно только благодаря археологии. Поэтому к ней такой интерес. Следует учитывать и то, что мы абсолютно не выпадаем из мирового процесса изучения древнейшей истории человечества, напротив, принимаем участие в самых амбициозных проектах.

— Недавно вас приглашали во Францию?

— Коллеги устроили мне сказочную поездку по пещерам с живописью. Там я посмотрел удивительные вещи! Ученые в разных странах идут на контакт с нами с огромным удовольствием. Говорю это вполне ответственно, так как возглавляю российско-французскую лабораторию — ее создали НГУ и Университет Бордо. В ней, в частности, мы занимаемся первобытным искусством. Российская археология находится на достаточно высоком мировом уровне. Кстати, мы никогда и не отставали. Московский Институт археологии РАН и наш Институт археологии и этнографии СО РАН, безусловно, на самых передовых позициях.

— Как вы стали археологом и почему?

— Родители мои — коренные сибиряки. Отец служил на границе. Родился я вблизи Брестской крепости. Так что я типичный продукт советского времени. И, как многие мои сверстники, хотел быть



Академик В.И. Молодин

летчиком, но из-за зрения в аэроклуб не приняли. В школе читал много и с удовольствием. А поворотным моментом стала встреча со знаменитым археологом Алексеем Павловичем Окладниковым, основателем нашего института. По линии общества «Знание» он в Новосибирске читал лекцию об экспедиции в Монголию. Академик Окладников был великолепным рассказчиком. Лекция сопровождалась показом слайдов. Я и сейчас ее помню до деталей. Я увидел настоящего современного землепроходца, и мне захотелось походить на него. Начал интересоваться всем, что связано с археологией. Учился я в педагогическом институте, где преподавала Татьяна Николаевна Троицкая — великолепный педагог и археолог. Именно она во многом определила мою судьбу в науке. Несколько лет поработал в деревне, заочно учился в аспирантуре. А потом А.П. Окладников меня забрал к себе.

— А ваша первая экспедиция? Она хорошо запомнилась?

— Совершенно верно. Проблема была в том, понравится ли мне работа в поле, в земле, — ведь мальчик я был домашний, в походы не ходил, да и не любил их. Никогда не забуду первую экспедицию. Это был 1967 г. Поехал на практику. Копали на берегу Обского моря. Это был могильник эпохи раннего железа, V в. до н.э.

Мысли вслух о пазырыкской культуре

«Это археологическая культура эпохи раннего железного века (VI–III вв. до н.э.), изученная преимущественно по погребальным комплексам в горах российского, казахского и монгольского Алтая. Особую известность получила в 60-е гг. прошлого века после раскопок профессором С.И. Руденко крупных "царских" усыпальниц в Горном Алтае — в урочищах Пазырык (давшем культуре название) и Башадаг.

Благодаря линзам мерзлоты в курганах пазырыкской культуры сохранились и были обнаружены уникальные высокохудожественные предметы из ткани, войлока, кожи, одежда, утварь, древнейшие в мире ковры, вооружение, убранство коней, повозки и колесницы, а также мумифицированные тела погребенных, покрытые татуировкой, выполненной в скифско-сибирском зверином стиле.

Мысли вслух об академике А.П. Окладникове

«В экспедиции его отличал неутомимый каждодневный поиск. Свободного времени не было ни у него, ни у сотрудников отряда. Подъем с первыми лучами солнца, и — кто на раскоп, кто в разведку, и так до самого вечера. Алексей Павлович был наделен удивительным чутьем открывателя. Об этом его качестве в Академгородке даже ходили легенды. Я сам был свидетелем десятков случаев, когда Окладников как будто случайно совершал блестящие открытия. Он словно заранее знал, где нужно искать, моментально ориентировался даже в незнакомой местности. Один такой случай просто потряс меня. Весной 1975 г. Окладников был на совещании в Омске, домой решил возвращаться на машине, чтобы посмотреть археологические памятники Барабы. Я приехал за ним в Омск, и мы совершили удивительное путешествие

по непролазному во время дождей Московскому тракту. Я показывал Алексею Павловичу многочисленные курганные могильники, поселения и городища, найденные мной и до меня. Обедаем на речке Каме, окрестности которой я исходил, что называется, вдоль и поперек. Вдруг Окладников как бы ни с того ни с сего говорит: "Пока еда готовится, не посмотреть ли вам, Слава, вон ту рощицу?" Иду в рощицу, а там... великолепное поселение с наземными жилищами! А ведь десятки раз проходил мимо этой рощицы — мимо прекрасного археологического объекта.

Кроме опыта и знаний тут нужен особый талант первопроходца. За 20 лет, прожитых в Академгородке, Алексей Павлович совершил десятки первоклассных открытий, вошедших в золотой фонд мировой археологии».

— Что нашли?

— Нашли, кстати, одну вещь, с которой вожусь до сих пор и не могу понять, что это такое... Вот, оказывается, как бывает! Это каменная пластина, заточенная по углам, и ее принадлежность не понятна до сих пор. Таких пластин найдено всего три. Что это такое? Какое предназначение у них? Ответа пока нет. После первой экспедиции окончательно понял, что археология — это мое. И дальше уже пошло...

— Вы с супругой оба знаменитые археологи. Есть ли у вас различия в стиле работы?

— В отличие от меня Наташа — фанатик. О ней так и надо писать. Представьте: погребальная камера — 19 м в глубину, а сверху сложная конструкция. Это было в Монголии. За один сезон все это раскопать — и блестяще раскопать! Она это сделала! Я бы не смог.

— Почему?

— Жалел бы себя, жалел бы людей, а она подходит жестко и требовательно. Так и надо! Результат — великолепная находка. Прекрасная ткань, о золоте я уж не говорю. Так что Наталья — это клад, и я ею горжусь.

— А каковы ваши звездные часы?

— У меня было два момента в жизни, когда теряешь чувство времени. Первый — когда мы раскапывали на Укоке ледяного мужчину. Скифское время, пазырыкская культура, IV–III вв. до н.э. В Эрмитаже есть ковры, ткани, колесницы этого периода, их в свое время раскопал археолог и антрополог Сергей Иванович Руденко. На Укоке нам повезло, потому что эти комплексы были не потревожены и не разграблены. Так называемую принцессу нашла Наталья,

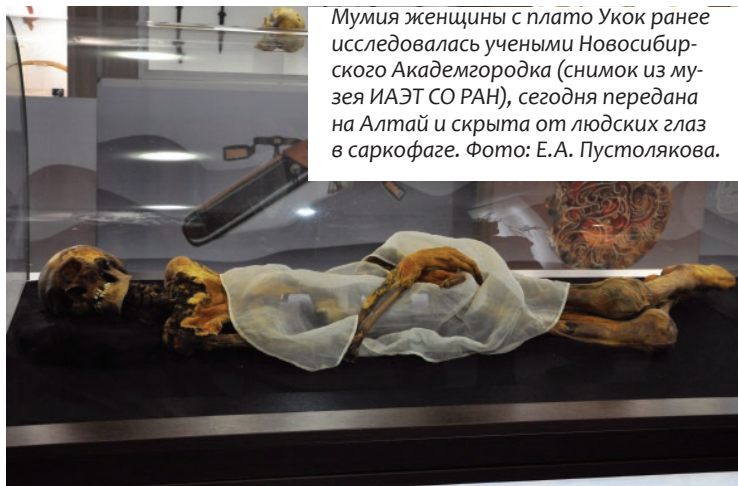
а у меня оказался мужчина, тоже совершенно не потревоженный, во льду. Это особая археология. Бревенчатый склеп, и когда снимаешь бревна, видишь, как он лежит в ледяной линзе. Нужно все оттаивать. Ткани не переносят влаги, значит, их надо смачивать, а дерево, напротив, увлажнять. В общем, масса тонкостей. По сути, это уже не археология, а этнография. Ты как будто погрузился в то время и увидел, что происходило тогда. Как этого человека помещали в склеп, что клали вместе с ним. Органика сохранилась вся! Украшения, дерево, изделия, причем высокохудожественные. Я выезжал на раскопки в семь утра, спускался вниз, а поднимался только поздно вечером, когда солнце уходило за горы. Мне и обед сюда приносили. Природные условия на Укоке тяжелые: днем жара до 40° С, а ночью — мороз. Это, кстати, и позволило сохранить могильники. Работал я там по многу часов, а казалось, прошло минут 15–20. После этих работ я абсолютно искренне сказал Анатолию



Академик В.И. Молодин с коллегами на раскопках в Монголии. Фото: В.П. Мильников.



Керамика древней Барабы.
Фото: Ю.С. Позднякова.



Мумия женщины с плато Укок ранее исследовалась учеными Новосибирского Академгородка (снимок из музея ИАЭТ СО РАН), сегодня передана на Алтай и скрыта от людских глаз в саркофаге. Фото: Е.А. Пустолякова.

Из дневника

«На кургане довели расчистку сруба до дна могилы. Порадовало, что нижний венец во льду. Все тщательно и многократно сфотографировали. Наконец со всеми предосторожностями приподняли одно из бревен перекрытия погребальной камеры и... не поверили своим глазам. Перед нами открылась картина, не встречавшаяся мне прежде никогда на пазырыкских памятниках с мерзлотой: в срубe не было льда! В центре камеры на очень высокой кровати лежал

погребенный! Несмотря на отсутствие льда, все было в прекрасной сохранности! Успех! Успех полный и потрясающий!.. На погребальном деревянном ложе, на боку, как это принято у пазырыкцев, лежал мужчина, одетый в меховую шубу и войлочный головной убор. На ногах его были войлочные сапоги-чулки. На полу стояли деревянные блюдо и сосуды. Перед нами предстало само время, и мы словно ощущали его дыхание...»

Пантелеевичу Деревянко, что вся другая археология мне неинтересна. Он, конечно, меня отругал, но меня правда потрясло то, что я тогда испытал...

— А второй раз?

— Это уже Монголия. Тремя археологическими институтами — нашим, германским и монгольским — была организована экспедиция для поиска могильников пазырыкской культуры на южном склоне Сайлюгемского хребта. С другой его стороны находился Укок. Я был убежден, что там могут быть неожиданные открытия. Так и случилось.

Через несколько дней на раскопки прилетел президент Монголии. Он сказал археологам, что для их грандиозных находок в Улан-Баторе будет построен специальный выставочный павильон-мавзолей, чтобы люди смогли увидеть своих далеких предков.

В это же время на Алтае новоявленные шаманы добились того, что плато Укок объявили «зоной покоя», закрытой для раскопок. Она потребовали захоронить «принцессу» (на самом деле — девушку далеко не из высшей знати): мол, все неприятности в их крае происходят не из-за безалаберности и бесхозяйственности, а из-за археологов.

И восклицание Марка Туллия Цицерона «О времена! О нравы!», увы, хочется повторить и сегодня... ■

Беседовал Владимир Губарев

СПРАВКА

Вячеслав Иванович Молодин

- Заместитель директора по научной работе Института археологии и этнографии СО РАН, доктор исторических наук, академик, член-корреспондент Германского археологического института (1996), член-корреспондент Шанхайского археологического форума Института археологии Академии общественных наук КНР (2013).
- Родился в Орхове (Домачевский район Брестской области, Белоруссия).
- Окончил исторический факультет Новосибирского государственного педагогического института (1971).
- Спектр научных интересов: археология, древняя история, культурология, этногенез, первобытное искусство, ставрография, история науки.
- Награды и премии: Государственная премия РФ в области науки и техники (2005), Международная премия им. А.П. Карпинского (2000), ордена «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2014), Почета (2007) и Дружбы (1999), медаль «300 лет российскому флоту» (1996), офицерский крест ордена «За заслуги перед Федеративной Республикой Германией» (2012), медаль «Дружба» Монголии (2006).



Исследователи
обнаружили ранние
предвестники
страшного недуга

Человеческий мозг
начинает реагировать
на дегенеративные
процессы задолго
до появления
их клинических
симптомов, и это
можно зафиксировать.

Волна

болезни Альцгеймера

В лаборатории нейробиологии программирования действий в Институте мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН занимаются поиском предикторов когнитивных расстройств, в том числе болезни Альцгеймера. Над этим работает мультидисциплинарная команда под руководством доктора биологических наук, профессора **Юрия Дмитриевича Кропотова**, куда входят нейрофизиологи, психологи, физики, математики, психиатры.

— Юрий Дмитриевич, сегодня в мире тысячи лабораторий пытаются найти разгадку появления болезни Альцгеймера, ищут эффективные средства лечения, по этой теме ежегодно публикуются сотни и сотни научных статей, но серьезно прорыва не происходит. Где корни этой проблемы, на ваш взгляд?

— Мне кажется, прорыв происходит как раз сейчас, на наших глазах. Попытаюсь объяснить свою точку зрения. Проблема упирается в развитие исследований человеческого мозга в целом. Напомню, что 90-е гг. XX в. были официально названы «декадой мозга», — именно тогда были сформулированы новые концепции функционирования мозга, основанные на результатах многолетних предшествующих исследований. Были разработаны также новые методологические подходы для создания технологий фиксации локальных очагов активности мозга.

Начало XXI в. (2000–2015) может быть определено как «декада открытий», когда мы научились чувствовать, фиксировать более тонкую настройку человеческого мозга. Например, мы стали понимать, что представляют собой нейронные сети при правильном и измененном, патологическом функционировании мозга. Как результат появилась возможность воздействовать на эту «тонкую настройку» с помощью различных немедикаментозных методов лечения — электрической, магнитной стимуляции и других.

Сейчас «декада открытий» сменяется «декадой расшифровки», когда мы начинаем использовать в клинике различные нейромаркеры при большинстве психических заболеваний, чтобы обеспечить не только раннюю диагностику и профилактику, но и персонализированное лечение конкретного пациента. Ранняя диагностика с помощью нейромаркеров потребует в свою очередь развития превентивных, профилактических вмешательств.

— Насколько быстро эти исследования приходят в клинику? Вопрос касается не только болезни Альцгеймера, но и широкого ряда психических и когнитивных расстройств. Часто ли психиатры используют при диагностике новейшие инструментальные методы?

— Далеко не всегда. Например, если кардиолог видит пациента с болью в груди, он обязательно сделает ему ЭКГ, то есть «запишет» электрическую активность сердца. Эта информация нужна, чтобы напрямую измерить степень и регулярность сердцебиения, узнать о наличии повреждения. ЭКГ может дать ответ на вопрос, есть ли у больного инфаркт. Психиатр же в большинстве случаев, наблюдая пациента, скажем, с симптомами шизофрении, не прибегает к электроэнцефалографии (ЭЭГ) как к обязательному методу обследования, несмотря на установленный факт, что ЭЭГ регистрирует электрические импульсы мозга и теоретически могла бы рассказать гораздо боль-



Профессор Ю.Д. Кропотов, заведующий лабораторией нейробиологии программирования действий в Институте мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН

Кардиолог в клинической практике опирается на существующую теорию работы сердца. Но общепринятой теории функционирования мозга до сих пор нет

ше, нежели просто внешние симптомы. Отсюда вопрос: почему мы повсеместно используем ЭКГ при диагностике заболеваний сердца и не используем аналогичный метод в психиатрии?

По нескольким причинам. Прежде всего, из-за разной сложности объектов. В подавляющем большинстве случаев для постановки диагноза необходимо анализировать ограниченное количество параметров ЭКГ. Это всего лишь пять видов волн, которые легко идентифицировать и расшифровать. Напротив, число параметров, которые фиксирует современная мультиканальная ЭЭГ, неизмеримо больше. А если мы используем метод регистрации вызванных потенциалов (ERPs), то количество анализируемых параметров возрастает в несколько раз.

Во-вторых, параметры волн ЭЭГ и вызванных потенциалов сильно варьируют, они нестабильны. Более того, они очень чувствительны к колебаниям, отклонениям, «шуму». Опираясь на эти параметры, можно сказать, что популяция здоровых людей неоднородна с точки зрения функционирования мозга. Нужно принять во внимание гетерогенность диагностических категорий психических заболеваний, трудности в дифференцировке, нужно отделить пациентов с определенным диагнозом от здоровой контрольной группы. В-третьих, процедура записи и расшифровки ЭКГ полностью стандартизована. В ЭЭГ же стандартизовано только положение электродов. Другие параметры, особенно связанные с записью вызванных потенциалов, не подчиняются стандартизации. Как следствие — сильно ограничена возможность создания баз данных в клинической практике.

Ну и, наконец, сердце при всей его сложности все же устроено существенно проще, чем мозг, который традиционно называют самым сложным объектом во Вселенной. Кардиолог в клинической практике опирается на существующую теорию работы сердца. Но общепринятой теории функционирования мозга до сих пор нет.

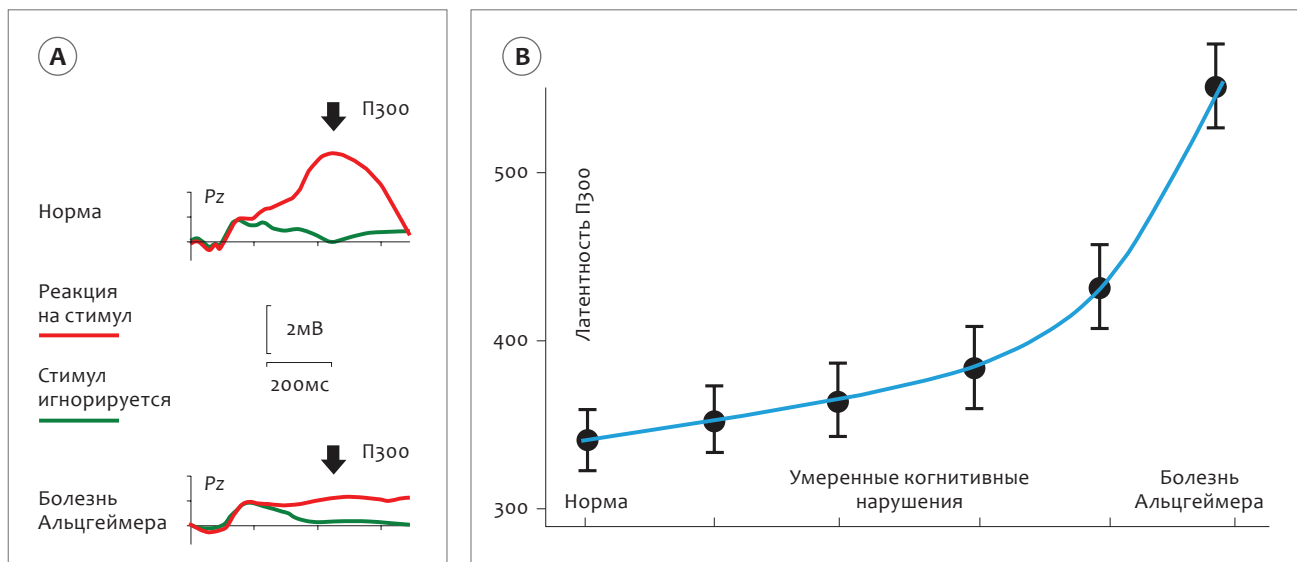
— И все-таки исследователи пытаются справиться с этими сложностями и зафиксировать эту «тонкую настройку», найти объективные биомаркеры, с помощью которых можно измерить различные психические и когнитивные нарушения. Об этом и ваша книга «Функциональные нейромаркеры для психиатрии», которая только что вышла на английском языке в издательстве Elsevier Academic Press. В ней вы анализируете работы зарубежных коллег в данной области и исследования вашей лаборатории. Какие сегодня существуют подходы к раннему выявлению деменции?

— Развитие деменции можно предсказать, причем задолго до проявления клинических симптомов, с помощью той же ЭЭГ. ЭЭГ, как известно, бывает двух видов: спонтанная (измерение электрической активности мозга в покое) и вызванные потенциалы (измерение электрической активности в ответ на определенные стимулы). Спонтанные

такой медленноволновой активности уже не только в лобных, но и в височных отделах коры.

Далее. Мозг человека воспроизводит альфа-ритм, у 90% людей он существует в диапазоне 8–12 Гц, и его исчезновение — тоже нейромаркер. Правда, для того чтобы принять этот нейромаркер во внимание, нужно быть уверенным, что у данного пациента изначально существовал альфа-ритм, поскольку примерно 10% людей просто не имеют альфа-ритма и это их врожденная особенность, никак не связанная с заболеванием.

Значит, второй нейромаркер относительный, а первый, о котором я упоминал, — абсолютный. Эти изменения в ЭЭГ наблюдаются гораздо раньше морфологических изменений в мозге, на основании которых уже ставится диагноз заболевания. Почему они возникают? Потому что мозг «умный», и он, фиксируя самые первые признаки нарушений, пытается адаптироваться к ним при помощи этой «тонкой настройки».



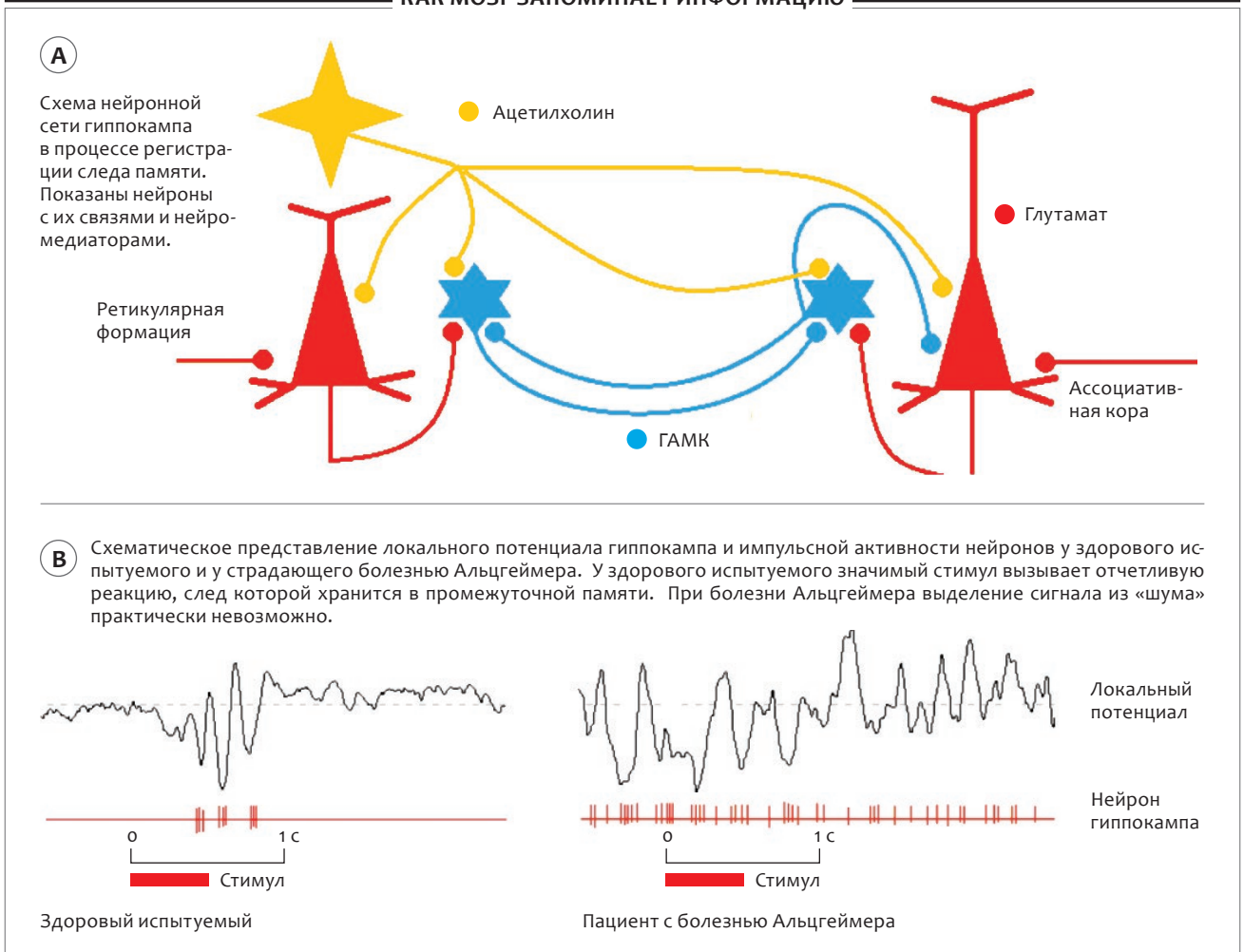
Биомаркер болезни Альцгеймера. А. Потенциалы мозга здоровых испытуемых и пациентов с болезнью Альцгеймера в ответ на игнорируемые стимулы и стимулы, требующие ответной реакции. Показана волна P300, записанная с электрода Pz (теменная область). В. Зависимость латентности волны P300 от степени когнитивных нарушений. При болезни Альцгеймера время реакции мозга значительно увеличивается.

осцилляции вызываются различными механизмами саморегуляции. В коре и в мозге существует много таких механизмов, и они выражаются в колебаниях. Нарушение механизмов кортикальной регуляции — это нейромаркер: значит, что-то не так. По этому поводу было много исследований у нас и за рубежом. Были обнаружены определенные нейромаркеры, которые возникают лет за десять до появления клинических симптомов. Один из них — появление медленноволновой активности в лобных отделах коры, которую можно зафиксировать при помощи ЭЭГ. Когда мы смотрели пациентов с болезнью Альцгеймера, то видели появление

Мозг вообще быстро адаптируется. Например, мы знаем, что с возрастом замедляется скорость процессов переработки информации. Знаем и можем наблюдать, что нейронов становится меньше, амплитуда вызванных потенциалов уменьшается. Но мы можем также видеть, что мозг компенсирует эти изменения. Уменьшение вызванных потенциалов происходит в основном в задних отделах коры, а активность лобных долей, наоборот, увеличивается. Но когда компенсации недостаточно, возникают серьезные нарушения.

Основной принцип, на котором строятся исследования вызванных потенциалов мозга, следующий:

КАК МОЗГ ЗАПОМИНАЕТ ИНФОРМАЦИЮ



человеку предъявляются различные стимулы (звуки, вспышки света), а ему надо отреагировать на них, нажав на кнопку, — например, когда в ряду коротких звуковых сигналов вдруг зазвучит длинный тон. Такие стимулы вызывают в мозге достаточно бурную реакцию, которая приводит к тому, что возникает волна определенной амплитуды, которая называется П300. Амплитуда и латентный период (время ожидания) определяют, как быстро мозг человека реагирует на новый стимул. Согласно исследованиям, которые проводились в течение последних 20–30 лет, изменения волны П300 происходят гораздо раньше клинических симптомов.

Есть и другие подходы — о них, собственно, моя книга, — которые позволяют повысить точность диагностики. Но основная идея такова: мозг начинает реагировать на развитие дегенеративных процессов раньше появления клинических симптомов, поскольку адаптируется и пытается компенсировать изменения.

— **Вы упоминали и другие методы диагностики — функциональный магнитный резонанс, позитронно-эмиссионный томограф. Можно ли что-то увидеть с их помощью?**

— Эти методы в настоящее время широко применяются в клинике. Они вошли в обязательные протоколы обследований при различных заболеваниях. Однако для исследований в области психиатрии, где важную роль играет тонкая настройка различных мозговых процессов, отношение сигнала к «шуму» в этих методах недостаточное. Но теоретически, если хорошо настроить метод, найти соответствующие рецепторы, ПЭТ может дать многое. Можно увидеть скопления пептидов, которые тоже представляют собой биомаркеры — предшественники нейродегенеративных заболеваний. А в диагностике различных видов деменций уже сейчас ПЭТ и фМРТ занимают далеко не последнее место.

В нашей лаборатории мы используем ЭЭГ и вызванные потенциалы, о которых я рассказывал подробно. Нас интересует поиск ранних нейромаркеров — предвестников не только болезни Альцгеймера, но и ряда других психических и неврологических заболеваний.

— **А как можно использовать эти знания практически? Что делать человеку, у которого обнаружены ранние предвестники?**

— Развитие заболевания можно замедлить, используя различные методы: физические занятия, аэробику и пр., укрепление социальных контактов, соответствующее питание плюс специальные когнитивные упражнения. Не будем забывать, что мозг способен компенсировать нарушения, поэтому период компенсации можно продлить и дать человеку порядка десяти дополнительных лет. Это довольно много, учитывая развитие науки.

— Но мы ведь знаем примеры больных, у которых была очень насыщенная жизнь, высочайшая интеллектуальная и физическая нагрузка, хорошее питание: Рональд Рейган, Айрис Мердок... Все это не убергло их.

— На этот вопрос ответа нет. Конечно, есть что-то еще, кроющееся в генах, белковых реакциях. На данный момент медицинская наука не располагает убедительными доказательствами того, что стиль жизни, особенности диеты, общие показатели здоровья и даже лекарства могли бы предотвратить болезнь Альцгеймера. Однако учеными разных стран проводятся широкомасштабные исследования, и определенные закономерности все-таки удастся выявить. Например, люди, придерживающиеся так называемой средиземноморской диеты, подвергаются на 28% меньшему риску развития умеренных когнитивных нарушений, причем у 48% больных с умеренными когнитивными нарушениями болезнь Альцгеймера не развивается.

— Известно, что в сотрудничестве с психiatрами, в том числе зарубежными, ваша лаборатория разрабатывает и апробирует новые методы профилактики и лечения подобных расстройств. Каковы результаты?

— Общее название этих методов — методы нейромодуляции. Например, микрополяризация мозга при помощи накожных электродов. Обследовав больного посредством перечисленных методов, мы можем выстроить его «микротопографию» и определить точки, куда ставить электроды. Лечение заключается в активации определенных зон мозга. Электроды накладываются на поверхность головы, и через них в течение часового сеанса пропускаются слабые токи, больной ничего не чувствует. Нужно как минимум десять таких сеансов. Через какое-то время повторить обследование, и если потребуется — назначить дополнительное лечение.

Хочу добавить, что сейчас активно исследуются и развиваются подобные нефармакологические методы лечения. Отчасти это происходит потому, что попытки найти или синтезировать эффективные препараты для лечения определенных психических заболеваний, например шизофрении, пока не привели к успеху. Причинами тому — ограниченная эффективность, сильные побочные явления, недостаточная изученность механизмов действия самих веществ, трудоемкий скрининг.

Попытки синтезировать эффективные препараты для лечения определенных психических заболеваний пока к успеху не привели

Достаточно эффективными оказались нефармакологические методы: транскраниальная магнитная стимуляция (*TMS*), транскраниальная стимуляция постоянным током (*tDCS*), стимуляция глубоких структур головного мозга (*DBS*). С их помощью (предположительно) можно модулировать нейронные сети мозга.

Другой новый подход — оптогенетика. Она заключается во введении в мозг нейронов при помощи транспортного вируса, содержащего генетическую информацию для светочувствительных белков. Эти клетки можно контролировать, используя вспышки света, который пропускается по встроенным оптоволоконным волокнам. Хотя метод пока был опробован только на животных, есть надежда, что он появится в клинике в течение ближайших нескольких лет. ■

Беседовала Елена Кокурина

СПРАВКА

Юрий Дмитриевич Кропотов

■ Заведующий лабораторией нейробиологии программирования действий Института мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН, доктор биологических наук, профессор.

■ Разработал теорию программирования действий, объясняющую нейронные механизмы когнитивного контроля в норме и при психических заболеваниях у человека. На ее основе создал новую методологию оценки функциональных нейромаркеров здорового головного мозга человека и впервые в мире сформировал международную нормативную базу данных. За последние 15 лет им открыты функциональные нейромаркеры мозговых дисфункций при синдроме нарушения внимания, шизофрении, навязчивых состояниях и депрессии.

■ Читает курсы лекций по разработанной методологии в СПбГУ, в Норвежском университете естественных и технических наук, в Краковской академии им. А.Ф. Моджевского.

■ Лауреат Государственной премии СССР, профессор Норвежского университета естественных и технических наук, президент Европейского общества нейрорегуляции, лауреат премии Коперника Польского нейropsychологического общества, почетный доктор наук Гданьского университета, редактор международного журнала *Neurotherapy* (США), а также *Acta Neuropsychologica*, *Frontiers in Aging Neuroscience*.



Непреодолимый зуд

Только сейчас становится ясно, отчего возникает зуд

Стефани Сазерленд

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ Острый зуд предупреждает нас об укусе комара или контакте с ядовитым растением. Хроническая форма этого ощущения зачастую возникает без всяких видимых причин.

■ Обычные причины зуда — укус насекомого, ожог крапивы и тому подобное — стимулируют иммунную систему к выработке гистамина, вещества, которое может вызывать неукротимое желание чесать пораженное место.

■ Исследования последних лет позволили прояснить молекулярные процессы, опосредующие зуд, что создало предпосылки к разработке новых методов борьбы как с острой, так и с хронической его формами.

■ Этот прогресс был связан с идентификацией ряда пруритогенов (веществ, вызывающих зуд) негистаминовой природы и выявлением взаимосвязи зуда и боли.

ОБ АВТОРЕ

Стефани Сазерленд (Stephani Sutherland) — нейробиолог и популяризатор науки, живет в Южной Калифорнии.



Для 40-летней Николь Беруэлл все началось с появления на ноге крошечного красного пятнышка. Было это в конце лета 2010 г. Тогда она со своим женихом находилась в Лас-Вегасе, конечном пункте их путешествия. «Я почувствовала сильнейший зуд, но это не было похоже на ощущения от укуса комара. Никакой припухлости, никакого затвердения. Остановить жжение никак не удавалось», — вспоминает Николь. Она выпила таблетку бенадрила, противогистаминного препарата, и проспала весь четырехчасовой переезд до дома в Клермонте, штат Калифорния. «Таблетка вырубил меня, но проснувшись, я ощутила все тот же зуд», — говорит Беруэлл. В течение следующей недели пятнышко разрослось и жжение усилилось. Пришлось обратиться к врачу. К этому времени поражена была и вторая нога. За следующие три года покраснение и зуд охватили руки, ноги и все туловище.

«Зуд буквально поглотил меня. Я не могла спокойно стоять, не могла ни на чем сосредоточиться. Я была на грани помешательства», — говорит Беруэлл. Вся жизнь свелась к попыткам уменьшить зуд. Возвращаясь после работы в свою оснащенную кондиционерами квартиру, она раздевалась и принимала две таблетки бенадрила, запивая их виски с диетическим 7Up. «Я даже кричала, когда жжение становилось непереносимым». Для того чтобы заснуть, она погружала руки и ноги в пакеты со льдом — это немного помогало.

К сожалению, Беруэлл не одинока: по оценкам, каждый пятый взрослый житель Земли испытывал хотя бы раз в жизни зуд, длящийся более шести недель. Хронический зуд сопровождает многие состояния: кожные заболевания (экзема или псориаз), почечную недостаточность, герпес, диабет, инвазию чесоточных клещей, аллергию на лекарственные вещества и беременность. Он может стать причиной серьезных расстройств и даже привести к суициду (мысль об этом наверняка посещала Беруэлл). Но врачи по большей части относятся к этому явлению как к досадной помехе. «Мы только сейчас начинаем понимать, что зуд — это серьезная проблема для большого числа людей», — говорит Итан Лернер (Ethan Lerner), дерматолог из Массачусетской центральной больницы.

«Зуд очень многолик», — подчеркивает Гил Йосипович (Gil Yosipovitch), исследователь из Темпльского университета. Острый его приступ предупреждает нас об укусе мелкого животного или контакте с ядовитым растением. Но до недавнего времени ученые имели слабое представление о том, как связаны между собой мучительный зуд и раздражающее воздействие на кожу. Природа хронических форм зуда — в их числе тот, от которого страдает Беруэлл, — вообще не поддавалась объяснению. И лишь недавно достигли большого прогресса в этой области. Исследователи приблизились к разработке способов устранения хронического и острого зуда. В частности, были идентифицированы рецепторы пруритогенов (веществ, провоцирующих жжение) в нервных окончаниях в коже. Это открытие показало, помимо всего прочего, что за возникновение зуда отвечает особая часть нервной системы, простирающаяся от наружных слоев кожи до высших корковых центров головного мозга.

Обычный зуд

Наиболее распространенная форма зуда связана с укусом обычного комара, оставляющего в коже химические вещества и белки, воспринимаемые иммунной системой человека как чужеродные

ФИЗИОЛОГИЯ

В моей коже

Зуд — признак того, что вас укусил комар или другое насекомое, а может быть, обожгла крапива или какое-нибудь ядовитое растение. В ответ на это иммунная система вырабатывает гистамин — хорошо известное вещество, вызывающее зуд. Молекула гистамина связывается с рецептором нервной системы (A), который активирует другой рецептор (TRPV1), возбуждающий нервную клетку и вызывающий ощущение зуда. Недавно открыто целое семейство опосредующих зуд рецепторов (Mrgprs), с которыми связываются самые разные вещества, например хлорохин, противомаларийное средство (B).

Внешние воздействия

Активировать сенсорные нервные клетки и вызвать зуд может укус насекомого или попадание на кожу сока ядовитого растения.

Внутренние воздействия

Лаброциты и другие иммунные клетки реагируют на повреждение кожи, высвобождая вызывающие зуд химические вещества (пруритогены).

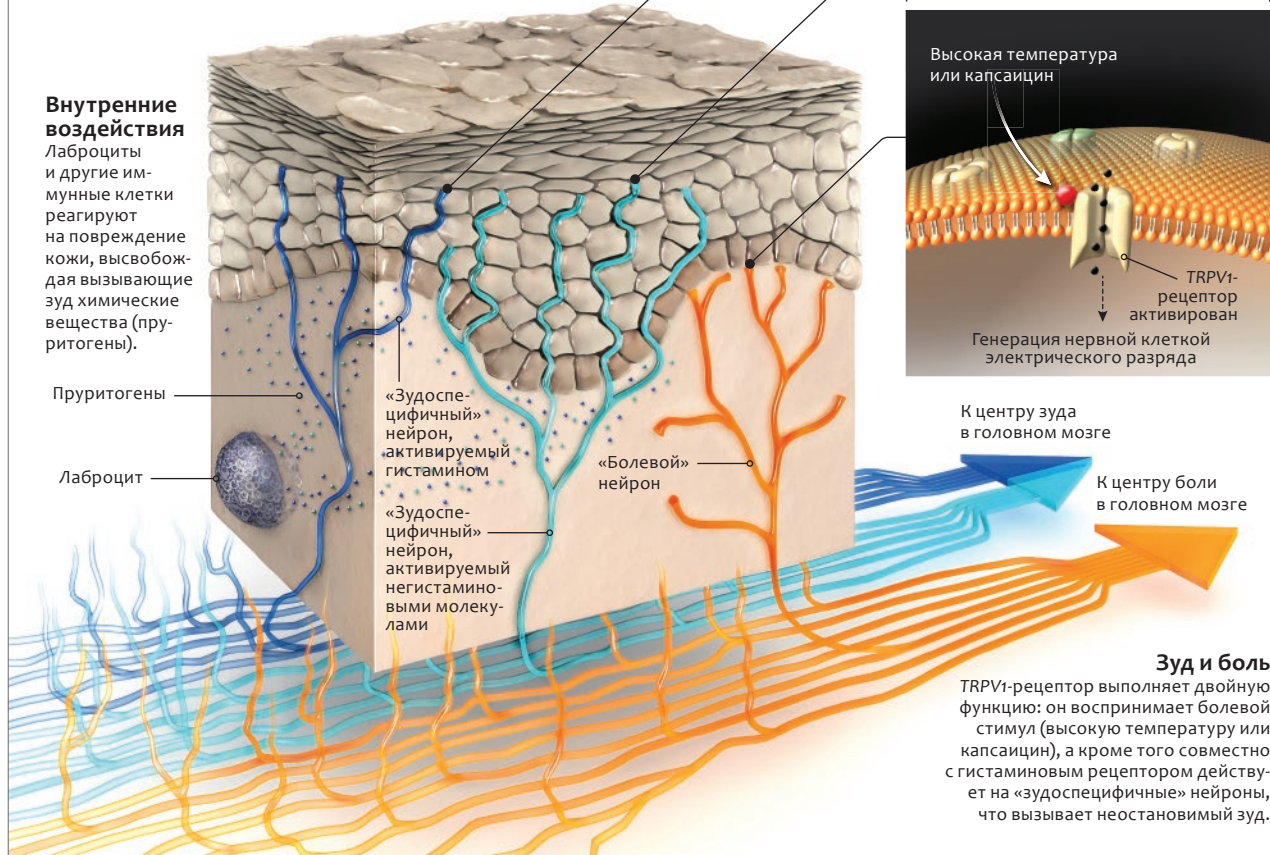
Пруритогены

Лаброцит

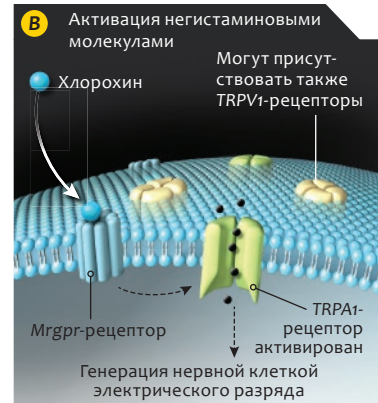
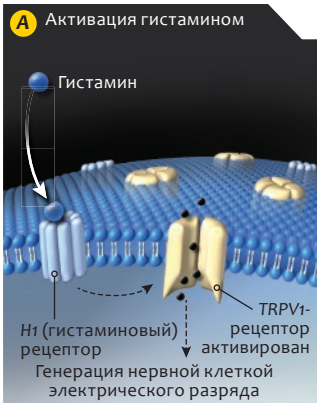
«Зудоспецифичный» нейрон, активируемый гистамином

«Зудоспецифичный» нейрон, активируемый негистаминовыми молекулами

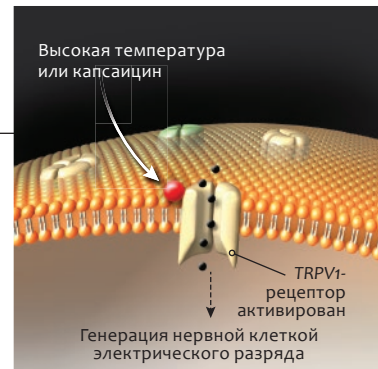
«Болевой» нейрон



Нейроны, опосредующие зуд



Болевые нейроны



К центру зуда в головном мозге

К центру боли в головном мозге

Зуд и боль

TRPV1-рецептор выполняет двойную функцию: он воспринимает болевой стимул (высокую температуру или капсаицин), а кроме того совместно с гистаминовым рецептором действует на «зудоспецифичные» нейроны, что вызывает неостановимый зуд.

агенты и запускающие ответную реакцию. Иммунные клетки высвобождают цитокины — посредники, усиливающие иммунный ответ. Первый предвестник зуда — желание почесать укушенное место. Затем желание превращается в потребность, и мы расчесываем его до крови, повреждая наружный слой эпидермиса. В ответ иммунные клетки высвобождают в большом количестве гистамины, основной агент, провоцирующий зуд, а также другие пруритогены. Все они активируют рецепторы окончаний сенсорных нервов в коже,

и мы ощущаем жжение. А может быть, все происходит не совсем так? Выяснилось, например, что роль гистаминов в провоцировании зуда не так велика, как это считалось долгое время.

Всего десять лет назад ученые полагали, что гистаминовые рецепторы — единственные, опосредующие зуд, а потому противогистаминные препараты оставались основным средством его устранения (в сочетании со стероидными гормонами, предотвращающими воспаление). Но исследователи давно подозревали, что дело не в одном

гистамине. Основанием для такого предположения служил в первую очередь тот факт, что противогистаминные препараты помогают далеко не всем. Они устраняют аллергическую реакцию, но не большинство видов хронического зуда. «Повышение дозы всего лишь помогало пациентам заснуть», — говорит Лернер. Именно это испытала на себе Беруэлл. Один врач за другим прописывали ей стероиды (что быстро привело к существенному увеличению массы тела) и самые разные противогистаминные препараты, от которых не было никакого толку. «Помогал только бенадрил — но лишь потому, что я немного успокаивалась и засыпала», — рассказывает Беруэлл. В поисках новых опосредующих зуд рецепторов биологи сосредоточились на отслеживании действия веществ, о которых было известно, что они провоцируют зуд, не будучи гистаминами.

Первым объектом исследования стал порошок тропического растения мукуны жгучей, ингредиента вызывающего жжение средства, продаваемого

в специализированных магазинах. «Если нанести гистамин на кожу здорового человека, у него возникнет зуд в чистом виде, — говорит Лернер. — А теперь спросите у больного экземой о его ощущениях, и он ответит, что чувствует колющую боль или жжение. Такие же ощущения вызывает мукуна». В далекие 50-е годы прошлого века ныне покойный Уолтер Шелли (Walter Shelly), один из пионеров в области исследования зуда, предположил, что действующее вещество порошка мукуны — это фермент протеиназа, названный им мукунаином. В 2008 г. это предположение получило подтверждение: Лернер показал, что мукунаин активирует кожные рецепторы особого типа, *PAR2* (активируемый протеиназами рецептор 2). Некоторые протеиназы — включая мукунаин — отщепляют крошечный кусочек от молекулы белка *PAR2*, активирующий указанный рецептор. Это открытие привело к осознанию, что протеиназы и пептиды, которые они отщепляют, выступают ключевыми медиаторами зуда, действующими на *PAR2* и другие рецепто-

ры. Протеиназы — вездесущие ферменты; они присутствуют в слюне насекомых и секретах бактерий. По-видимому, это и объясняет, почему укус какой-нибудь букашки или бактериальная инфекция вызывают зуд.

Вторым объектом на пути поисков новых рецепторов стал хлорохин, противомаларийный препарат. По иронии судьбы он помогает предотвратить малярийную инфекцию, но одновременно вызывает зуд. Такой побочный эффект, не устраняемый противогистаминными средствами, заставляет многих жителей африканских стран из зон риска отказываться от хлорохина; и он же стал ценным инструментом в руках исследователей, занимающихся изучением природы зуда. Один из них, Синьчжун Дун (Xinzhong Dong) из лаборатории Дэвида Андерсона (David Anderson) в Массачусетском технологическом институте, открыл в 2001 г. целое семейство рецепторов, активируемых неизвестными химическими соединениями: он называл эти рецепторы *Mrgprs* (*Mas-related G-protein-coupled receptors*). Некоторые из них

МЕХАНИЗМЫ

Так хочется почесаться!

Вы ощущаете зуд — и испытываете непреодолимое желание почесать это место. Иногда вы даже расчесываете его до крови. Вот оно, долгожданное облегчение! Зуд исчезает, по крайней мере на время. Почему, расцарапав зудящее место, вы избавляетесь от этого мучительного ощущения? Связано это с работой центральной нервной системы. Расцарапывание побуждает нервные окончания в спинном мозге высвобождать болеутоляющие вещества — эндогенные опиоиды, которые, как теперь известно, подавляют и зуд. Нейроны спинного мозга посылают сигналы, ингибирующие активность особой области головного мозга — передней поясной коры, которая активируется зудом; когда эта область «успокаивается», утихает и зуд. «Зуд и желание почесаться теснейшим образом связаны между собой», — говорит Гил Йосипович из Темпльского университета.

Расцарапывать пораженное место не так уж приятно, но зато какое блаженство вы испытываете, когда в результате зуд проходит! Природу этого явления Йосипович раскрыл в 2013 г. в ходе исследования процессов, протекающих в головном мозге человека, расчесывающего зудящее место. Обнаружилось, что это активирует центр вознаграждения — тот самый, который включается также под влиянием наркотиков.

У людей, страдающих зудом, расчесывание вызывает более сильную активацию центра вознаграждения, чем у здоровых, свидетельствуя о том, что со временем ощущение вознаграждения усиливается. Этот факт означает, что расчесывание может вызвать у человека патологическую зависимость, отчего мы не в силах его прекратить. «При хроническом зуде возникает порочный круг: зуд увеличивается, мы расчесываем поврежденное место все сильнее, зуд тоже становится сильнее, и так без конца», — говорит Йосипович. По его мнению, «не следует настаивать на том, чтобы пациент перестал чесаться. Это выше его сил».

Почему зуд заставляет нас расчесывать пораженное место? Обратимся к эволюционному аспекту феномена: зуд — это предупреждающий сигнал, а расчесывание приводит иммунную систему в состояние боевой готовности. «Наши предки жили в условиях повышенной пруритогенности, — говорит Йосипович. — Кругом росли жгучие и ядовитые растения, роились комары и другие насекомые. Все они представляли реальную угрозу. Такая угроза объясняет заразительность зуда. Когда мы видим, что кто-то почесывается, нас так и тянет сделать то же самое — на всякий случай».

присутствуют только в сенсорных нейронах, откуда следует, что они воспринимают внешние стимулы, но стимулы какого рода — остается загадкой.

Дун подверг действию хлорохина клетки, содержащие *Mrgprs*, чтобы проверить, можно ли считать *Mrgprs* неизвестными до сих пор рецепторами, опосредующими зуд. В работе, опубликованной в 2008 г., Дун, работающий сегодня в Университете Джонса Хопкинса, совместно с Андерсоном вывел трансгенных мышей, у которых отсутствовал один из *Mrgprs*, а именно *MrgprA3*. «Обычные грызуны при контакте с хлорохином испытывали жесточайший зуд, — говорит Дун. — Трансгенные же мыши, лишённые *MrgprA3*, на хлорохин никак не реагировали. Это наблюдение стало переломным моментом в исследованиях». На прuritогены реагировали и два других белка из семейства *Mrgpr*.

Так были открыты первые новые сенсоры, опосредующие зуд, со времен обнаружения во второй половине XX в. гистаминовых рецепторов. «Но гораздо важнее было не просто найти эти рецепторы, а выяснить, что активирует их при хроническом зуде», — говорит Дайана Батиста (Diana Bautista) из Калифорнийского университета в Беркли. — Возможно, в коже есть небольшое количество каких-то веществ, активирующих *Mrgprs*, что может найти эффективные средства против зуда».

Зуд и боль

Другое направление исследований — выяснение механизма воздействия зуда на нервную систему, приводящего к возникновению болезненных ощущений. Еще в начале 1960-х гг. выяснилось, что разные восприимчивые к болевым воздействиям нейроны отличаются от других сенсорных нейронов. Одни из них чувствительны к высоким температурам, другие — к низким, третьи — к механическим воздействиям. В связи с этим возникает вопрос: существуют ли отдельные нейроны, опосредующие зуд, и если да — образуют они единую группу или разнятся?

«Зуд и боль тесно связаны», — говорит Батиста. Когда боль от ранки проходит, пораженное место начинает чесаться (такой же эффект возникает после приема болеутоляющих средств). А боль, возникающая при сильном расчесывании, подавляет зуд. Такое перекрытие ощущений наводит на мысль, что боль и зуд взаимосвязаны. «Возможно, какой-нибудь слабый стимул, например покалывание шерстяного свитера, активирует те же рецепторы и те же нервные клетки, которые отвечают за чувство боли», — говорит Батиста. Слабая активация вызывает зуд, а сильная — боль.

Однако гистамин — а также мукуна или хлорохин — никакой боли не вызывают. В свою очередь в большинстве случаев болевые стимулы провоцируют только боль, но не жжение. Вдобавок

чувствительные к боли нейроны располагаются гораздо глубже в коже — единственном месте в теле, где возникает зуд. В последние годы идея «обобщения» болевых нейронов и нейронов, опосредующих зуд, становилась все менее популярной, и теперь большинство исследователей придерживаются точки зрения уникальности последних. Более того, считается, что существует множество их типов, каждый из которых отвечает на стимул зуда определенного вида.

Между тем в 2003 г. немецкие и шведские исследователи высказали сомнение в существовании специализированных активируемых зудом нейронов. Обнаружилось, что отдельные нервные клетки человека, приводимые в действие гистамином, реагируют также на температуру и капсаицин — вещество, придающее перцу чили жгучесть. Такой дуализм подразумевает, что нервные клетки, пред-

Связь между зудом и болью оказалась гораздо более сложной, чем это представлялось ранее

положительно отвечающие за возникновение зуда, содержат рецептор капсаицина — свидетельство наличия болевых нейронов, получивших название *TRPV1* (*transient receptor potential vanilloid type 1*). Но если чувствительные к зуду нейроны содержат также чувствительные к боли *TRPV1*, то как они могут быть «зудоспецифичными»?

Алан Басбаум (Allan Basbaum) из Калифорнийского университета в Сан-Франциско обнаружил, что, несмотря на принадлежность *TRPV1* к болевым рецепторам, для его функционирования необходим провоцируемый гистамином стимул в виде зуда, а следовательно, *TRP*-рецепторы не болевоспецифичны. По-видимому, гистаминовый рецептор работает в тесной связи с *TRPV1*, что способствует распространению по нейронам электрического сигнала — потенциала действия. Однако эту картину смазывает наличие других, негистаминовых агентов, тоже вызывающих зуд, поскольку они не нуждаются в *TRPV1*.

Между тем Батиста, вся научная карьера которой связана с изучением *TRP*-рецепторов, занималась поиском молекул, передающих негистаминовые сигналы. То, что *TRPV1* участвует в запуске зуда в ответ на гистамин, навело ее на мысль об участии других *TRP*-рецепторов в провоцировании зуда иного типа. Она занялась исследованием болевого рецептора *TRPA1*, чувствительного к вызывающим воспаление химикатам и горчичному маслу, и обнаружила, что он функционирует только при наличии вызываемого хлорохином

зуда. Через час после того, как Батиста сообщила о своих наблюдениях на конференции, состоявшейся в 2009 г., ей позвонил Дун, и оба тут же решили начать совместную работу. Вскоре они показали, что *TRPA1* и *MrgprA3* взаимодействуют между собой, активируя нейроны в ответ на хлорохин. «Это открытие подтвердило наличие отдельных популяций нейронов, опосредующих возникновение зуда разного типа», — говорит Батиста. Вместе с этим появились и новые возможности в поисках способов борьбы с зудом. «*TRPA1* — весьма привлекательная мишень для различных медикаментозных воздействий, поскольку он участвует в возникновении воспалительных состояний самого разного типа, в том числе связанных с зудом. Инактивация этого рецептора дает столь долго желаемый терапевтический эффект», — считают Дун и Батиста.

Сегодня данные исследований указывает на то, что болевые рецепторы участвуют в восприятии зуда. Остается открытым вопрос: специализируются ли индивидуальные сенсоры клетки на передаче сигнала зуда или болевые сенсорные клетки каким-то образом передают оба типа сигналов?

В настоящий момент огромное количество данных указывает на то, что болевые рецепторы участвуют в восприятии зуда. Но оставался открытым все тот же вопрос: специализируются ли индивидуальные сенсоры клетки на передаче сигнала зуда или болевые сенсорные клетки каким-то образом передают оба типа сигналов? В 2013 г. Дун снял эту неопределенность. Он и члены его группы получили трансгенных мышей, у которых были избирательно выведены из строя предполагаемые «зудоспецифичные» нейроны — те самые, которые имели недавно открытый рецептор *MrgprA3*. Обнаружилось, что с утратой этого рецептора животные переставали чувствовать зуд, в то время как ощущение боли оставалось.

Но Дуну нужно было еще доказать, что сенсоры зуда действительно воспринимают только зуд, но не боль. Используя тонкие генетические инструменты, он получил мышей, у которых *TRPV1*-рецептора были лишены все нейроны кроме болевых. Под воздействием капсаицина — болевого стимула — мыши ощущали только зуд. Это свидетельствовало о существовании «зудоспецифичных»

нейронов, а также о том, что последние используют некоторые из сенсоров, опосредующих боль. Почему? «Просто природа имеет обыкновение экономно расходовать ресурсы», — полагает Дун.

Все, о чем мы здесь говорили, касалось сенсорных нейронов кожи. Самые последние данные указывают на то, что клетки кожи сами участвуют в запуске зуда, высвобождая пруритогены, активирующие нервы, его опосредующие. Недавно «зудоспецифичные» нейроны и соответствующие сигнальные молекулы обнаружены также в спинном мозге. Используя современные методы визуализации для наблюдения за процессами, протекающими в головном мозге, ученые пытаются понять, каким образом нервная система провоцирует уникальное и столь мучительное ощущение зуда.

Что касается Беруэлл, то в конце 2013 г. она избавилась от зуда после того, как попала на прием

к десятому по счету врачу — известному дерматологу, который в своей практике многократно встречался со случаями некротимого зуда неизвестной природы. Тестирование показало, что у Беруэлл он имеет аллергический характер, а аллергеном выступает стабилизирующее вещество, которое содержится в используемых ею косметических и бытовых моющих средствах. Как только она избавилась от них и перешла на рекомендуемые врачами, зуд исчез.

Данный случай показывает, как мало знают врачи о природе зуда: достаточно было простого теста, чтобы прекратить мучения больной. Он проясняет также, почему сложность молекулярной подоплеку этого простого ощущения предопределяет возникновение все новых сюрпризов при его изучении. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Сазерленд С. Боль, которой нет конца // ВМН, № 2. 2015.
- Living with Itch: A Patient's Guide. Gil Yosipovitch and Shawn G. Kwatra. Johns Hopkins University Press, 2013.
- Why We Scratch an Itch: The Molecules, Cells and Circuits of Itch. Diana M. Bautista, Sarah R. Wilson and Mark A. Hoon in Nature Neuroscience, Vol. 17, No. 2, pages 175–182; February 2014.
- Видео ролик, демонстрирующий заразительность зуда, см. по адресу: ScientificAmerican.com/may2016/itech

ОНИ ЗДЕСЬ И СЕЙЧАС БАКТЕРИИ

16+

СКОРО НА ТЕЛЕКАНАЛЕ «НАУКА»



реклама

На фото:
Андрей Шестаков
микробиолог
ведущий проекта "Бактерии"



vk.com/tvnauka20



facebook.com/nauka20



youtube.com/c/naukatv



naukatv.ru



ПОЗНАНИЕ



МОЯ ПЛАНЕТА



ЖИВАЯ ПЛАНЕТА



НАУКА



24 DOC



ИСТОРИЯ



ТЕЛЕКАНАЛ



ПЛАНЕТА HD



СТРАНА



Большие достижения

в сфере
малых
концентраций

В 2017 г. исполняется 100 лет со дня основания Научно-исследовательского института химических реактивов и особо чистых химических веществ — ИРЕА. Без преувеличения можно сказать, что история института — это история становления реактивного дела в России. Своими мыслями о прошлом, настоящем и будущем института делится его директор, доктор технических наук **Роман Александрович Санду**.

ХИМИЯ

В представлениях об отечественном научном институте существует несколько стереотипов: это либо обветшалые здания с доисторическим оборудованием, либо предприятия, разработки которых неинтересны для внедрения. Сегодняшняя ситуация в ИРЕА полностью развенчивает эти стереотипы. Конечно, были у института свои взлеты и падения, но сегодня основные трудности остались позади и коллектив ИРЕА с оптимизмом смотрит в будущее.

Истоки

— Роман Александрович, с чего началась история ИРЕА?

— 1 января 1917 г. указом императора Николая II по инициативе Военно-химического комитета при Русском физико-химическом обществе был основан Институт химически чистых реактивов (ИРЕА), задачей которого была «забота о насаждении в России собственного реактивного производства». Основной целью было обеспечение производства боеприпасов для нужд фронта.

В скором времени здесь был создан фонд методик получения и анализа химических материалов — и в России началась систематическая работа по стандартизации химических реактивов. До этого применялась довольно размытая формулировка «пробы на пригодность», а новая система предусматривала трехступенчатую квалификацию реактивов по содержанию примесей: «чистый» (Ч) и «чистый для анализа» (ЧДА), пригодные для всех видов аналитических определений, а также «химически чистый» (ХЧ) — реактив наивысшей степени очистки.

С момента создания ИРЕА — первого научно-исследовательского института России — в нем активно развивались исследования по фундаментальным и прикладным основам химической технологии, решению практических задач на основе достижений науки. Были заложены научные школы, в дальнейшем получившие международное признание: технологии краун-эфиров, комплексонов и комплексонатов, люминофоров, методов анализа веществ различных квалификаций, химических материалов с заданными свойствами.

Научная деятельность изначально ведется по двум глобальным направлениям:

■ **препаративное:** исследовательские работы по созданию новых веществ и материалов, способов их синтеза, исследованию свойств, методов очистки;

■ **аналитическое:** методы контроля качества получаемых продуктов и метрологическое обеспечение.

В годы первой советской пятилетки институт передал предприятиям и организациям методики и технологии производства более 250 химических реактивов.

Во время Великой Отечественной войны начали разрабатываться методы получения зажигательных смесей, препаратов для изготовления аэрофотопленки, индикаторов для определения отравляющих веществ, фармацевтических препаратов и т.д.

После войны к этому добавилась новая группа материалов — особо чистые вещества и материалы со специальными физико-химическими свойствами для атомной, космической, авиационной и ракетной промышленности, а также для радиоэлектроники. В атомной технике, помимо основных видов ядерного топлива — урана и тория, требовались материалы высокой степени чистоты: литий, бериллий, цирконий, ниобий, тантал, иттрий, часть редкоземельных элементов, а также цветные металлы — алюминий, кадмий, свинец. Крайне необходимы и особо чистые материалы: графит, инертные газы, водород и его изотопы. Получение материалов особой чистоты — сложная технологическая задача, поскольку примеси в них составляют миллионные доли процента.

— **То есть даже после войны основным направлением деятельности осталась оборонка?**

— Да, оборонная тематика составляла более 80% в научной деятельности института.

В 1961 г. институт был преобразован во Всесоюзный научно-исследовательский институт химических реактивов и особо чистых химических веществ. Основное внимание тогда уделялось производству монокристаллов, органических, неорганических и биохимических реактивов.

В 1970-е гг. нашим основным направлением стали материалы для микроэлектроники, полупроводниковой техники и оптики, в том числе специального назначения. Вещества особой чистоты использовали в производстве лазеров.

В следующее десятилетие наш институт начал разрабатывать технологии производства специальной керамики и терморегулируемых покрытий для ракетно-космической техники. Мы разработали действительно уникальные технологии создания реактивов и особо чистых химических веществ, а также, что крайне важно, установки из высокостойких материалов для их производства. При получении таких веществ высокой чистоты всегда применяются очень сложные многоступенчатые технологические схемы, включающие ионообменные и экстракционные процессы, тонкую ректификацию, вакуумную плавку.

Институт участвовал также в проведении международного эксперимента на космической станции «Мир», в ходе которого исследовали возможность получения монокристаллов в условиях станции на примере антимионида индия. Этот материал обладает полупроводниковыми свойствами, сходными с недавно открытыми у углеродных нанотрубок и графена.

Падение и новый взлет

— Как институт пережил 1990-е и 2000-е гг.? Ведь это было самое сложное время для всей российской науки.

— Конечно, этот период был для нас очень непростым, как и для других научных институтов. После распада СССР почти все филиалы института оказались за пределами Российской Федерации, то есть была разрушена научно-технологическая цепочка. Почти до нуля упали потребности ВПК в реактивной химии и атомной энергетике — в особо чистых материалах.

К 2000 г. численность научных сотрудников института сократилась в четыре раза, опытно-экспериментальный завод ИРЕА был приватизирован. Корпуса, оборудование — все находилось в ветхом, а то и аварийном состоянии. Терялась научная компетенция, люди работали по сокращенной рабочей неделе. Постоянно росла задолженность по оплате коммунальных услуг. К 2003 г. институт находился в предбанкротном состоянии.

— И как же вам удалось выбраться из этой ямы?

— Задача была не из легких, но даже во время кризиса мы продолжали работать, чтобы создать какой-то задел для технологий наукоемких материалов. Шли исследования новых конструкционных материалов для космической и ядерной отраслей. А главное, нам удалось сохранить уникальный научный коллектив, который продолжал решать и фундаментальные проблемы, и прикладные задачи, стоящие перед институтом.

С 2003 г. мы постепенно, медленно начали выходить из кризиса. Одной из главных задач стало техническое переоснащение ИРЕА. Нам удалось реструктурировать задолженность, возродить, казалось, утраченные прикладные научные направления.

— Какие конкретно?

— Так как изначально институт был ориентирован на военно-промышленный комплекс, в 1990-х гг. заказ в этой области резко упал. С начала 2000-х гг. мы стали уделять больше внимания гражданским направлениям, активно искать потребителей для наших фармакологических разработок. Например, технология действующего вещества для известного противовирусного препарата «Ингавирин» разработана у нас. В 2013 г. Минздрав причислил его к трем основным противовирусным препаратам (иммуномодуляторам), выпускающимся в России.

Мы стали обращать больше внимания на аналитические процессы. Еще в советское время отдел по аналитическому контролю (ОТК) осуществлял серьезный контроль качества. Когда в начале 2000-х гг. начали развиваться наноматериалы, оказалось, что методы контроля примесей, содержание которых оценивается порядками $10^{-9}\%$, требуют новых разработок и методик. Тем более что в конце 1990-х — начале 2000-х гг. в Россию массово поступало иностранное оборудование. Поскольку эти приборы не были адаптированы к нашим методикам, требовалась разработка новых схем для определения примесей. Так что аналитический отдел стал у нас в институте одним из ведущих, именно вокруг него концентрировался и развивался научный потенциал. Например, с 2004 г. наш институт разрабатывает нормативно-техническую документацию длякупаемых Москвой химических материалов, в том числе противогололедных реагентов, которые зимой применяются на наших дорогах.

Еще одним потребителем наших услуг стала Станция переливания крови города Москвы. Мы проводим входной контроль технических реагентов, которые используются на этой станции.

— Оборудование тоже обновлялось?

— Конечно. Но прежде всего надо было оформить все права Российской Федерации на имущественный комплекс ИРЕА.

В институте был создан Центр защитных химических технологий для разработки пигментов



Директор ФГУП «ИРЕА» Р.А. Санду

Аппарат технологической установки синтеза краун-эфиров

специального назначения, восстановлены производственные связи с предприятиями «Роскосмоса» и «Росатом». А в 2004 г. наш институт был включен в перечень стратегических предприятий Российской Федерации.

В 2009 г. мы запустили программу технического перевооружения приборного парка. С этого времени в эксплуатацию введено более 20 исследовательских комплексов общей стоимостью свыше 300 млн руб., а средний возраст приборного парка ИРЕА на сегодня составляет менее пяти лет.

В технологии особо чистых веществ четко прослеживается теснейшая связь между компонентами научно-технического развития

— Как этот взлет сказался на результатах?

— Мы смогли не только добиться серьезных результатов по научным направлениям, но и восстановить и приумножить кадровый потенциал. Из наиболее важных результатов упомяну материалы с улучшенными свойствами для волоконной оптики, физики и техники полупроводников, квантовой электроники, ядерной физики, биотехнологии и других высокотехнологичных направлений: это люминофоры и сцинтилляционные материалы, продукты для оптических сред, высокоочищенные соединения редкоземельных элементов.

Нам удалось создать высокочувствительные методы анализа, основанные на масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, ЯМР-фурье-спектроскопии высокого разрешения, электронной микроскопии, рентгеновском микроанализе, ИК-, КР- и УФ-спектроскопии, газовой, жидкостной и гель-проникающей хроматографии. В твердых веществах мы можем сегодня определять примеси с концентрацией до $10^{-10}\%$, а в летучих — до $10^{-8}\%$.

— Сейчас много говорится о междисциплинарном подходе и его колоссальном потенциале. Вы поддерживаете подобную практику?

— Безусловно. В силу логики развития в институте именно в последние годы внедряется междисциплинарный подход к организации научной работы. Структурные подразделения, которые раньше были лишь вспомогательными, теперь зачастую стали двигателем новых направлений. Так, например, наш аналитический испытательный центр (АИЦ) стал центром отраслевой компетенции, в том числе благодаря созданию нормативно-методической базы для работ по госзаказу.

В технологии особо чистых веществ четко прослеживается теснейшая связь между компонентами научно-технического развития. Вещества особой чистоты — это вещества-разведчики, дающие информацию об истинных свойствах. В технических материалах эти особенности и свойства маскируются под влиянием и взаимодействием примесей. Например, эксперименты русского ботаника М.С. Цвета по разделению растительных пигментов в начале XX в. открыли хроматографию, ставшую через несколько десятилетий одним из самых могущественных методов разделения и концентрирования.



Опытно-экспериментальный завод ИРЕА (филиал в Новомосковске Тульской области)

Вклад в будущее

— Какую роль институт играет сегодня в российской промышленности, науке?

— В последние годы спрос на химические реактивы и особо чистые вещества растет, и это вселяет оптимизм. «Малая химия» сохраняет свою значимость и для чистой науки, и для оборонного комплекса. Значит, есть будущее у инновационного развития атомной энергетики, микроэлектроники нового поколения, биотехнологий, передовых конструкционных материалов для космоса. Мы также всячески поддерживаем свой статус ведущей научно-исследовательской организации в малотоннажной химии. Нам удалось восстановить связи с другими предприятиями российского химического комплекса, а также с образовательными учреждениями страны.

— Какие направления сегодня приоритетны для ИРЕА?

— Прежде всего, это индустрия наносистем, энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика, науки о жизни, перспективные виды военной и специальной техники, рациональное природопользование, транспортные и космические системы. Так что мы свой вклад в будущее России делаем уже сейчас.

Наши сотрудники активно публикуются, ежегодно подают в печать и издают научные труды и монографии. Все это без громких слов формирует бесценный фонд научного наследия ИРЕА.

Значительная часть проводимых сегодня в институте работ — это исследования, направленные на решение актуальных, инновационных задач. Особенно важна практическая реализация

результатов исследований, внедрение их в производственный цикл, коммерческий оборот. И если до 2009 г. институт поддерживал в среднем один-два патента в год, то в 2015 г. — уже более сотни разработок запатентованы или представляют собой наши ноу-хау.

В 2018 г. мы планируем запуск собственного опытно-экспериментального завода в Новомосковске Тульской области — кластере химической отрасли России. У института будет полный цикл разработки, анализа, оценки и внедрения в собственное производство научно-исследовательской продукции.

— Расскажите об участии ИРЕА в глобальных проектах.

— Прежде всего, это работа в интересах «Росэнергоатома» по разным научно-исследовательским проектам. Сотрудники ИРЕА синтезировали вольфрамат свинца для кристаллов Большого адронного коллайдера в CERN, и все 100 тыс. кристаллов там выращены из нашего сырья. Эти работы выполнялись под научным руководством НИЦ «Курчатовский институт», частью которого мы сегодня стали, и в разворачивании деятельности в рамках научной программы НИЦ мы видим колоссальные перспективы.

Вовлечение ИРЕА в научную программу НИЦ «Курчатовский институт» открывает принципиально новое поле для деятельности института в области природоподобных технологий, где наши разработки востребованы. В первую очередь, это дизайн лекарств, противоопухолевые препараты продолжительного действия в составе полимерных носителей, специальные вещества для таргетной нейтрон-захватной и фотодинамической терапии раковых опухолей, новые наноматериалы для медицинской техники, а также для атомной энергетики и др.

Кадры решают

— Надежное будущее невозможно без вливания молодой крови. Какая в институте ведется работа в этом направлении?

— Мы берем на работу в институт молодых специалистов, которые окончили лучшие химические вузы страны, и, должен сказать, их количество постоянно растет. Очень важно, что наши молодые сотрудники не предоставлены сами себе, а их растят и опекают заслуженные наставники ИРЕА, имеющие громадный научный и производственный опыт. У нас в институте также проходят практику студенты, учатся аспиранты. Фактически мы формируем сотрудников уже со студенческой скамьи и считаем, что чем раньше талантливый сотрудник будет выявлен и привлечен к исследовательской деятельности, тем вероятнее его закрепление в науке.



ИРЕА — создавая будущее

— У вас есть специальная программа?

— Мы — одно из очень немногих предприятий, которым удалось реализовать на практике программу «Кадры», запущенную в 2009 г. По моему глубокому убеждению, предприятие — это не стены, столы, стулья или даже приборы, а в первую очередь люди. Если не будет заинтересованности коллектива, не появится ни одной научной идеи.

Когда я был назначен директором в 2009 г., первое, что мы сделали, — разработали программу восстановления кадрового потенциала. Имея возрастной состав с высокой долей пожилых людей, как и во всех научных институтах, мы к каждому доктору наук прикрепили как минимум трех аспирантов. Как итог — сегодня мы уже имеем кадровый резерв и не потеряли ни одного научного направления.

Мы очень серьезно занимались кадровым вопросом. Едва ли не каждый год реализовывали девиз: «Даешь аспирантов!», «Даешь молодежь!». Может быть, это звучит смешно, но результат налицо: сейчас у нас 54% научных сотрудников моложе 40 лет. Это молодые кандидаты наук, которые очень заинтересованы в работе и преданы своему делу. В каких-то областях они, безусловно, уступают старшему поколению, но это лишь вопрос времени.

— Количество аспирантов за это время тоже выросло?

— В 2013 г. количество аспирантов у нас было максимальным начиная с 1948 г. За весь этот период их число колебалось на уровне десяти человек. К 2013 г. благодаря нашей программе «Кадры» по вовлечению выпускников РХТУ и МИТХТ нам удалось набрать 19 аспирантов. Сейчас эти молодые научные сотрудники уже стали руководителями лабораторий, при этом старшее поколение

находится на должностях экспертов. В течение первых двух недель на новой должности сотрудник отдела кадров ежедневно сопровождает молодого специалиста — решает его текущие вопросы, обеспечивает информацией, всем необходимым. И мы всем коллективом пытаемся помочь. Говоря метафорически, мы относимся к молодым специалистам как к экзотическим комнатным растениям, которые первое время требуют определенного ухода для долгого и красивого цветения.

— Очень красивая аналогия!

— А как иначе? Я не сомневаюсь в том, что молодые исследователи очень быстро наберут свой опыт, и результаты, которые нам удалось получить за последние годы, это подтверждают. Уже к 2007 г. мы полностью восстановили практически совершенно потерянный механизм

участия в государственных контрактах Министерства образования и науки, Министерства промышленности и торговли, Федеральной службы по контролю за оборотом наркотиков. Даже была часть работ в интересах Министерства внутренних дел. К 2011 г. мы были включены в перечень предприятий — научных лидеров, а в 2013 и 2015 гг. получили благодарность президента Российской Федерации за вклад в развитие химической науки.

Через год ИРЕА отметит свое столетие, и сегодня особенно приятно сознавать, что наш институт по-прежнему идет в ногу со временем и перспективы дальнейшего развития внушают обоснованный оптимизм. ■

Беседовал Виктор Фридман

СПРАВКА

Роман Александрович Санду

- Директор Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт химических реактивов и особо чистых химических веществ» (ФГУП «ИРЕА») НИЦ «Курчатовский институт», доктор технических наук.
- В 1993 г. окончил МГУ.
- С 2003 г. работает в ФГУП «ИРЕА».
- Сферы научных интересов: системный анализ, разработка информационных систем, теория управления.
- Автор многочисленных публикаций и изобретений в инженерной области (оборудование и технологии).
- Увлечения: спорт.

ГМТАН



ЭВОЛЮЦИЯ

ТЫ НЕБА

Окаменелости огромных морских птиц помогают ученым
понять, как летали эти вымершие гиганты

Дэниел Ксепка и Майкл Хабиб



ОБ АВТОРАХ

Дэниел Ксепка (Daniel T. Ksepka) — палеонтолог и куратор Музея Брюса в Гриниче, штат Коннектикут. Изучает эволюцию птиц и рептилий.

Майкл Хабиб (Michael Habib) — анатом, работает в Университете Южной Каролины. Исследует биомеханику древних птиц, птерозавров и других вымерших животных.



В своей современной ипостаси живописная Чарлстонская бухта в Южной Каролине служит пристанищем для множества морских птиц — от пеликанов и бакланов, добывающих пищу в устьях рек, до чаек и цапель, гнездящихся на близлежащих морских островах, и мелких певчих пернатых, останавливающихся здесь на отдых во время сезонных перелетов. Но примерно 25 млн лет назад каролинскими небесами правили настоящие пернатые монстры — гигантские летающие птицы с крыльями, не уступавшими размахом легким современным самолетам, и клювами, унизанными острыми костяными шипами.

По иронии судьбы ископаемые останки этих жутких крылатых существ впервые были найдены рядом с Чарлстонским международным аэропортом. В 1983 г. группа ученых под руководством палеонтолога Эла Сандерса (Al Sanders), работавшего тогда в Чарлстонском музее, обнаружила окаменелые кости и предположила, что они принадлежали некоей крупной птице. Но в то время в распоряжении исследователей было множество других окаменелостей, а потому кости были отправлены в хранилище. Прошло три десятилетия, прежде чем анализ, проведенный одним из авторов этой статьи, Дэниелом Ксепкой, показал, каким замечательным созданием было забытое животное. Сандерс и его сотрудники вернули из небытия крупнейшую из всех известных науке летающих птиц, когда-либо обитавших на Земле, — вид, относящийся к загадочной группе пернатых, называемой пелагорнитидами. В честь первооткрывателя Ксепка назвал существо пелагорнисом Сандерса (*Pelagornis sandersi*).

О том, что в незапамятные времена пелагорнитиды патрулировали воздушное пространство, палеонтологам известно уже более 150 лет. Но из-за скудости ископаемого материала они почти ничего не знали о том, как летают эти гиганты, какой ведут образ жизни и почему достигли огромных размеров. Недавний анализ самого крупного представителя пелагорнитидов, *P. sandersi*, наряду с исследованиями этих пернатых колоссов вторым автором статьи, Майклом Хабибом, позволил заполнить многие пробелы. Как свидетельствуют последние данные, своим эволюционным успехом пелагорнитиды обязаны столкновению Земли с астероидом, уничтожившим динозавров и их близких крылатых родственников птерозавров, а их впечатляющие размеры — результат адаптации к фуражировке над открытым океаном. Но какая бы движущая сила ни стояла за их гигантизмом, их габариты сильно превышают размеры тела, которые, по мнению некоторых исследователей, возможны для летающих птиц.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- О пелагорнитиде, необычных птицах, когда-то паривших над океанами, палеонтологи знают давно.
- Некоторые виды пелагорнитидов были гораздо крупнее самых больших современных летающих птиц.
- Недавнее открытие нового вида пелагорнитидов — самой крупной летающей птицы в истории Земли — позволило ученым объяснить, как летали эти гигантские существа и почему они достигли столь громадных размеров.



Хорошо сохранившийся череп вымершей птицы *P. sandersi* (показан в разных ракурсах). Клюв унизан так называемыми ложными зубами — характерная особенность этой группы птиц (пелагорнитидов). «Зубы», а точнее полые выросты костей над- и подклювья, помогли хищному *P. sandersi* ловить жертв.

Загадочные кости

Изучение пелагорнитидов имеет долгую и богатую историю. В 1857 г. французский палеонтолог Эдуард Ларте (Édouard Lartet) описал очень крупную кость крыла одной из этих птиц, которая, по его мнению, могла принадлежать древнему альбатросу. Ученый окрестил птицу *Pelagornis miocaenus*, что попросту означает «миоценовая морская птица». Несмотря на скучное название, носившее его таинственное существо сильно взволновало современников Ларте. Длина кости крыла (плечевой кости) достигала 60 см, а это означало, что ее обладатель был вдвое крупнее некоторых современных альбатросов. К сожалению, располагая только данным фрагментом крыла, палеонтологи не имели возможности составить общее представление о том, как выглядело существо.

Предположение, что обладателем громадной кости был суперальбатрос, подверглось сомнению в 1873 г., когда английский анатом Ричард Оуэн (Richard Owen) описал череп другой гигантской птицы, названной им *Odontopteryx toliapica*. Череп

был настолько своеобразен, что не мог принадлежать ни одной современной группе пернатых. Ученые приписали его прежде неизвестной группе огромных вымерших птиц. Последующие находки более полных скелетов позволили установить, что плечевая кость «альбатроса» Ларте на самом деле тоже принадлежала этой группе птиц.

В XX в. было сделано еще несколько ископаемых находок пелагорнитидов, но часть их бесследно исчезла. В 1910 г. был обнаружен один из наиболее хорошо сохранившихся черепов этих птиц, приписанный учеными к новому виду — *Pseudodontornis longirostris*. Германский Кенигсбергский университет приобрел его у бразильского моряка. Но во время Второй мировой войны бомбардировки союзнической авиации разрушили Кенигсберг, который после войны отошел к СССР и был переименован в Калининград. Сегодня местонахождение этой окаменелости неизвестно; никто не знает, была ли она уничтожена во время конфликта, украдена или перевезена в другое место.

Пернатые аэропланы

Как показал недавний анализ костей *P. sandersi*, найденных несколько десятилетий назад на территории аэропорта, это существо было самой крупной летающей птицей, когда-либо обитавшей на Земле: оно в два с лишним раза превосходило размерами самую крупную современную летающую птицу — странствующего альбатроса. Способностью к полету этот исполин был обязан целому ряду приспособлений (справа). Сравнение пропорций *P. sandersi* с телосложением современных пернатых помогло ученым реконструировать стиль его полета (внизу).

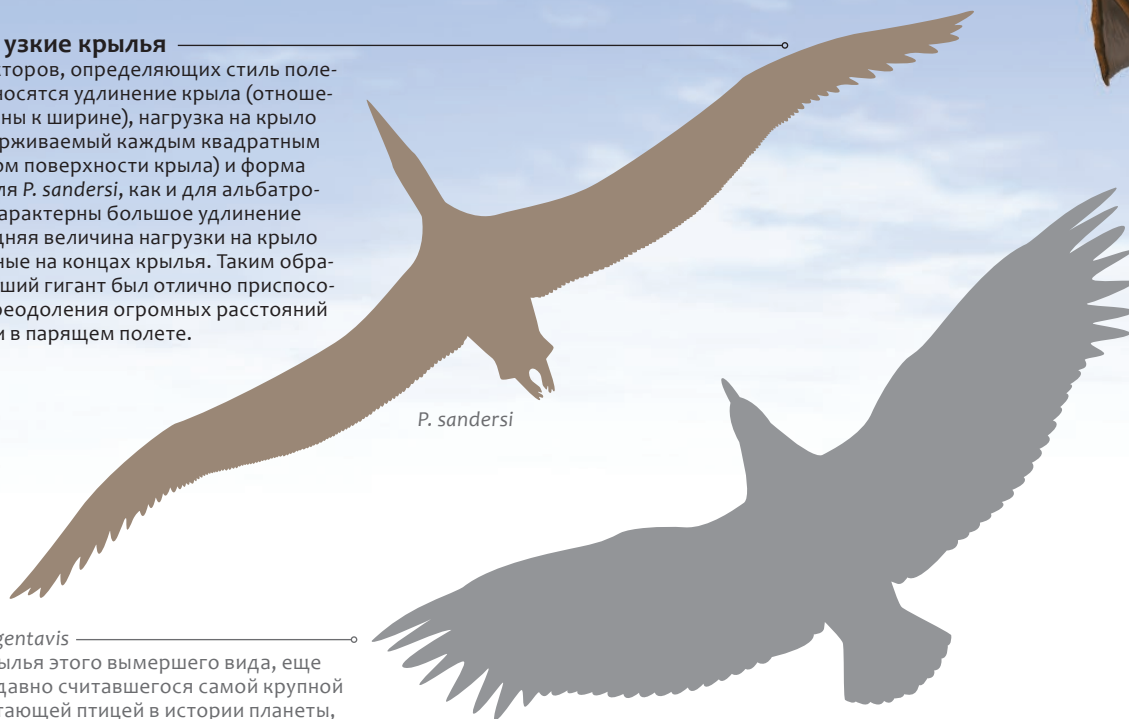
Плечо

Лопатки невероятно малы по сравнению с остальным туловищем. Это указывает на то, что мышцы, прикреплявшиеся к крыльям со стороны спины, были сильно редуцированы в связи со сниженной необходимостью в машущем полете. Кроме того, головка плечевой кости, расположенная ближе к черепу, имела почти квадратную форму, что препятствовало ее вращению в плечевом суставе. Это затрудняло машущий полет, но помогало стабилизировать крыло во время планирования.



Длинные узкие крылья

К числу факторов, определяющих стиль полета птиц, относятся удлинение крыла (отношение его длины к ширине), нагрузка на крыло (вес, поддерживаемый каждым квадратным сантиметром поверхности крыла) и форма крыльев. Для *P. sandersi*, как и для альбатросов, были характерны большое удлинение крыла, средняя величина нагрузки на крыло и заостренные на концах крылья. Таким образом, вымерший гигант был отлично приспособлен для преодоления огромных расстояний над морями в парящем полете.



Argentavis

Крылья этого вымершего вида, еще недавно считавшегося самой крупной летающей птицей в истории планеты, по-видимому, напоминали крылья кондора: они были сравнительно широкими и выемчатыми на концах.



Крыло

Кости крыла были тонкими, как бумага, что облегчало вес скелета, но достаточно прочными, чтобы выдерживать сильные поры штормовых ветров.

Ноги

Из-за коротких ног *P. sandersi* передвигался по суше неуклюже, но на коротких расстояниях он мог развивать достаточную для взлета скорость бега. Если же его лапы были снабжены перепонками, то разогнавшись и взлетать ему было удобнее с поверхности воды.

Великолепный фрегат

Благодаря большому удлинению крыльев и низкой нагрузке на крыло эта птица лучше приспособлена к медленному парению на большой высоте от поверхности моря, чем альбатрос. Фрегаты летают на высоте до 2,5 км над уровнем моря, а альбатросы обычно планируют невысоко над морскими волнами.

Домовый воробей

Малое удлинение крыла, промежуточная нагрузка на крыло и округлые крылья позволяют воробью ловко маневрировать в узких пространствах.

Дрофа

Дрофа — одна из самых тяжелых летающих птиц на свете. Большая масса тела и длинные широкие крылья указывают на то, что для этого вида характерны промежуточные величины удлинения крыла и нагрузки на него. Крылья летящей птицы совершают медленные и глубокие взмахи.

Калифорнийский кондор

Кондор парит в поднимающихся от земли потоках теплого воздуха; ему свойственны малое удлинение крыльев и средняя нагрузка на крыло.

Рубиноголовый колибри

Крылья этой крошечной птички напоминают по форме нож для масла и имеют небольшое удлинение и высокую нагрузку на крыло. Такие крылья позволяют колибри практиковать высокоспециализированный стиль полета — зависание в воздухе на одном месте.

Кряква

Большое удлинение крыльев, высокая нагрузка на крыло и заостренные кончики крыльев обеспечивают высокую скорость полета, но не маневренность. Такой стиль полета эффективен при сезонных миграциях, но от пикирующего сокола он птицу не спасет.

Воротничковый рябчик

Коротким, широким, закругленным крыльям рябчика свойственны малое удлинение и большая нагрузка на крыло. В результате птица может резко взлетать с земли, спасаясь от хищников, но плохо приспособлена к перелетам на большие расстояния.

Странствующий альбатрос

Альбатрос — непревзойденный морской планерист: его заостренные крылья имеют большое удлинение и промежуточную величину нагрузки на крыло. Альбатросы — ближайшие родственники пелагонитидов из ныне живущих птиц.

Черный стриж

Стрижи чаще летают на большой высоте и главным образом над сушей, чередуя порхающий полет с парением. По форме их крылья сильно напоминают крылья альбатросов.

В последующие десятилетия охотники за ископаемыми открыли еще несколько видов пелагорнитидов, в том числе *Pelagornis orri* из Калифорнии и *Pelagornis chilensis* из Чили. Хотя большинство этих ранних находок имели крайне фрагментарный характер, частично сохранившиеся скелеты новых видов птиц позволили ученым составить более цельное и подробное представление о строении пернатых и формах активности, к которым они были адаптированы.

Вырисовывавшаяся картина бросала вызов самому смелому воображению. Длинный перечень необычных признаков пелагорнитидов возглавляли сомкнутые ряды зубовидных структур, унизывавших их верхнюю и нижнюю челюсти (над- и подклювье). Птицы потеряли способность к образованию зубов более 65 млн лет назад, но пелагорнитиды пережили эволюцию. В отличие от настоящих зубов, которые состоят из эмали и известковой ткани, денти-

на, и сидят в ячейках кости, так называемые ложные зубы пелагорнитидов представляют собой полые выросты кости. У наиболее хорошо известных видов ложные зубы располагались упорядоченными повторяющимися группами, состоявшими из выростов определенных размеров. По бокам каждого выроста средних размеров сидела пара коротких, тонких, игловидных ложных зубов, а эти «триплеты», в свою очередь, сидели по бокам самого высокого конусовидного псевдозуба. У живых птиц такие костные выросты, по-видимому, покрывал тонкий слой того же вещества, которым покрыт клюв современных пернатых. Приоткрытый клюв пелагорнитидов демонстрировал грозный оскал острых неровных шипов, предназначенных для ловли и удержания жертв.

Своей охотничьей мощью пелагорнитиды были обязаны и ряду других необычных особенностей. Их череп обладал невероятной гибкостью. В его средней части, там, где подклювье соединялось с черепной коробкой, находился крепкий сустав, позволявший птицам сгибать клюв. Кроме того, правая и левая половины подклювья соединялись друг с другом не тяжелой костью, а легкой эластичной связкой. В совокупности такие особенности, похоже, обеспечивали значительную подвижность клюва, связанную, возможно, с охотой на крупную добычу.

Кости туловища и конечностей пелагорнитидов также отличаются от костей других пернатых. Кости крыльев настолько сильно уплощены, что некоторые палеонтологи, реконструируя скелет пелагорнитидов, не раз располагали одну из них (плечевую кость) вверх тормашками. Хотя полые кости,

значительно облегчающие вес скелета, характерны для всех птиц, у пелагорнитидов такая особенность доведена до крайности. Все кости их крыльев отличаются невероятно тонкой стенкой. А это значит, что при минимальном весе костей птицы умудрились сохранить необходимую для полета жесткость, — для гигантских летающих животных данное обстоятельство имеет критическое значение. Но легкость костей имеет и большой недостаток: неожиданное столкновение с препятствием чревато гибелью животного, потому что такие кости крайне хрупки и легко ломаются. Перелом хотя бы одной из них заставит птицу опуститься на землю и лишит ее возможности кормиться. Пожалуй, самая «нормальная» часть тела пелагорнитидов — кости ног (по крайней мере, их форма). Но по сравнению с огромными костями крыльев эти косточки выглядят просто комично. Тем не менее толщина и самих костей, и их стенок делали их достаточно крепкими и прочными. Как

Казалось невероятным, что такие огромные окаменелости вообще могли принадлежать птицам

и многие современные морские птицы, по сути пелагорнитиды перемещались довольно неуклюже. Но все, что им было нужно при этом, — сделать быстрый короткий разбег, оттолкнуться от земли и поднять свое громадное тело в воздух.

Пернатый рекордсмен

К тому времени, когда в 2014 г. был окончательно описан *P. sandersi*, ученые уже поняли, что пелагорнитиды были весьма необычными птицами. Но *P. sandersi* выделялся даже из этой компании. Длина его плечевой кости достигала почти 1 м — на треть больше, чем у первого пелагорнитиды, открытого Ларте, и даже больше, чем вся рука среднестатистического человека. Казалось невероятным, что такие огромные кости вообще могли принадлежать птицам. В самом деле, как считают некоторые исследователи, теоретически предельный размах крыльев у морских птиц, обладающих планирующим (парящим) полетом, составляет 5,1 м: если он больше, птица становится слишком тяжелой для полета. Но кости конечностей, найденные близ Чарлстонского аэропорта, несомненно представляют собой кости птичьего крыла и ноги, которые, судя по их вафельно-тонким стенкам, явно нуждались в пропитке неким химическим отвердителем, который смог бы предотвратить их разрушение от толчков и вибраций. Кроме того, вместе с ними был найден и череп с ложными зубами — уникальным «брендом» пелагорнитидов.

Превосходная сохранность скелетных элементов, дополненная результатами изучения других образцов пелагорнитидов, позволяет сделать детальную реконструкцию *P. sandersi*. При жизни

расстояние между кончиками оперенных крыльев этой птицы должно было составлять от 6,06 до 7,38 м — самый большой размах крыльев из всех известных науке видов пернатых, как ныне живущих, так и вымерших. Он более чем в два раза превосходит средний размах крыльев странствующего альбатроса — самой крупной из современных летающих птиц. Учитывая округлость костей ног, несущих массу всего тела, можно предположить, что *P. sandersi* весил где-то между 21,9 и 40,1 кг, то есть столько же, сколько золотистый ретривер. Но хотя это существо и было массивнее современных крылатых животных, благодаря маленькому туловищу и ультралегкому скелету оно выглядело изящным и грациозным.

Современные птицы демонстрируют самые разнообразные стили полета — от зависания в воздухе на месте (колибри) до парения с редкими взмахами крыльев (чайки). Невероятная длина крыльев *P. sandersi* и других пелагорнитидов сразу же наводила на мысль, что главным способом их полета было парение, когда птица не взмахивает крыльями, чтобы создать удерживающую ее в воздухе подъемную силу, а держит их распростертыми, чтобы использовать энергию ветра или восходящих воздушных потоков. Но современные парящие пернатые используют несколько различных стратегий, подолгу оставаясь в воздухе, и чтобы определить, к какой из них прибегали пелагорнитиды, требуется более глубокий анализ.

Отношение массы тела птицы к площади несущей поверхности крыла называется нагрузкой на крыло. Для таких птиц с широкими крыльями, как кондоры и грифы, характерны низкие значения этого показателя, то есть во время полета каждому квадратному сантиметру крыла нужно поддерживать меньше граммов веса, чем у птиц, обладающих сравнимой массой тела, но менее широкими крыльями. Кроме того, у таких птиц между маховыми перьями на концах крыльев имеются широкие щели; растопыривая перья, птицы уменьшают сопротивление воздуха. Сочетание этих двух факторов — низкой нагрузки на крылья и «разрезанности» их верхушек — и позволяет пернатым парить в поднимающихся от земли потоках теплого воздуха. Благодаря сравнительно коротким крыльям они ловко маневрируют среди встречающихся на их пути препятствий (скалы, деревья и т.д.).

Фрегаты путешествуют в восходящих потоках теплого воздуха, формирующихся над поверхностью океана, а не суши, используя иной стиль парения. Для них характерны более узкие крылья с заостренными кончиками без «разрезов», легкое телосложение и чрезвычайно низкая нагрузка на крыло. Такие особенности позволяют фрегатам преодолевать по воздуху огромные расстояния, паря высоко в небе, а также резко пикировать к поверхности моря, чтобы схватить добычу.

Для альбатросов характерен несколько иной стиль парения. Эти птицы также имеют очень длинные, узкие и заостренные на концах крылья, но они массивнее фрегатов и нагрузка на их крылья больше. Значит, для полета им нужна энергия сильных, быстрых ветров. Альбатросы летают, используя разницу в скорости ветра на разной высоте от поверхности моря. Птицы при этом периодически взмывают вверх и опускаются вниз: в более быстрых верхних слоях воздуха они набирают горизонтальную скорость, а в медленных нижних слоях — вертикальную. Такой тип парения называется динамическим. В 2004 г. ученые наблюдали за полетом альбатроса, оснащенного отслеживающим устройством, который провёл в воздухе девять часов подряд, двигаясь со средней скоростью 127 км/час — рекордная скорость длительного парения среди ныне живущих животных. Альбатрос парил в ветрах антарктического шторма.

Анатомические особенности пелагорнитидов, выявленные в результате тщательного анализа их останков, заставляют предполагать, что они практиковали тип парения, не отмечающийся ни у одних ныне существующих пернатых. Их крылья были узкими, но благодаря огромной длине имели значительную площадь. Иными словами, эволюция одарила их двумя преимуществами: благодаря общим крупным размерам они могли прибегать к динамическому парению при сильных ветрах, а благодаря большой площади крыльев и их большому удлинению (отношению длины к ширине) — преодолевать без остановок тысячи километров над океанами. Самый крупный пелагорнитид мог бы осилить такие расстояния довольно быстро: мы рассчитали, что оптимально эффективная скорость полета этих гигантов должна была превышать 40 км/час — это больше, чем скорость, которую развил Усэйн Болт, устанавливая мировой рекорд в беге на 100 м (37,6 км/час). Кроме того, *P. sandersi* был способен подолгу летать в таком темпе, не затрачивая особых усилий: набрав высоту в 45 м, птица могла преодолеть по воздуху более 1 км без единого взмаха крыльями или какой-либо помощи ветра.

Несмотря на то что, похоже, большую часть времени *P. sandersi* проводил в воздухе, иногда он должен был опускаться на землю (например, для гнездования), а затем вновь подниматься. В начале крошечные ноги пелагорнитидов заставили некоторых ученых сомневаться в способности столь крупных птиц эффективно совершать взлет. Но с открытием более полных скелетов (в том числе скелетов *P. chilensis* и *P. sandersi*) стало очевидным, что задние конечности этих гигантов были вполне соразмерны довольно компактному туловищу. Количественный анализ механики взлета громадных пелагорнитидов, результаты которого были представлены Майклом Хабибом на первой

международной палеонтологической конференции, показал, что форма и расположение коротких, но крепких ног пелагорниса были отлично приспособлены к спринтерским пробежкам перед взлетом — особенно по поверхности воды (лапы пелагорниса, скорее всего, были перепончатыми). Кроме того, кости ног обладали достаточной прочностью для поддержки значительной мышечной массы и вполне могли выдержать возникающую при взлете нагрузку. Таким образом, морфологические особенности ног указывают на то, что взлет с поверхности воды не составлял для *P. sandersi* никакого труда, хотя по суше передвигаться ему, вероятно, было тяжело.

Вакантная ниша

Открытие *P. sandersi* — титана среди существ, которые и без того считались исключительно крупными птицами, — породило вполне закономерный вопрос: почему летающие пернатые достигли таких огромных размеров? Гигантизм в биологии — далеко не всегда преимущество. Крупным животным нужно больше еды, чем мелким, им требуются более обширные территории для гнездования, а их популяции, как правило, меньше, чем у видов со скромными размерами тела. Но, несмотря на все отрицательные моменты, на протяжении земной истории существовало множество эволюционно успешных линий гигантских летунов. По сути дела, отсутствие таких животных в наши дни — скорее исключение, чем правило: огромные летающие существа затмевали небеса в течение большей части последних 120 млн лет.

Оказывается, что крупные размеры имеют и свои преимущества. Во-первых, они повышают эффективность далеких перелетов, поскольку на преодоление единицы расстояния крупным летунам требуется меньше энергии, чем мелким. Во-вторых, крупные животные способны ловить (или отнимать) такую добычу, какую мелким существам одолеть не по силам. Кроме того, крупные летающие существа меньше рискуют стать жертвой хищников — поднявшись в воздух, они становятся почти неуязвимыми.

Многие миллионы лет в небе над сушей и морем господствовали крылатые рептилии птерозавры. Виды, жившие над океанами, кормились беспозвоночными и рыбой и были хорошо приспособлены к далеким морским путешествиям. В эволюционном плане птерозавры процветали, но обрушившийся на Землю астероид уничтожил их вместе с динозаврами. В результате экологические ниши, которые занимали птерозавры, освободились. Одну из них заняли громадные пернатые «планеристы».

По-видимому, пелагорнитиды начали делать это примерно через 10 млн лет после вымирания птерозавров. Их окаменелости встречаются почти

только в океанических осадочных породах; это указывает на то, что основу их пищевого рациона составляли морские существа. Поскольку их ложные зубы особой прочностью не отличались, некоторые палеонтологи предполагают, что их главной добычей были кальмары, угри и прочие животные с мягким телом, плавающие у поверхности моря. Вполне возможно, что пелагорнитиды — крупнейшие птицы своей экосистемы — атаквали в воздухе более мелких пернатых и отнимали у них добычу, как это делают современные поморники и фрегаты. Не исключено, что, подобно современным гигантским буревестникам, поморникам и некоторым пеликанам, они опустошали гнезда других птиц и кормились их птенцами.

Пелагорнитиды парили над древними морями планеты более 50 млн лет, а затем примерно 3 млн лет назад, в плиоценовую эпоху, внезапно исчезли. Причины их вымирания остаются загадкой и по сей день. Возможно, это было связано с образованием Панамского перешейка, закрывшего сообщение между Тихим и Атлантическим океанами и вызвавшего радикальное изменение конфигурации морских течений. Но трудно вообразить, чтобы даже такое событие могло привести к исчезновению пернатого рода, сумевшего пережить множество предшествующих изменений климата, мирового океана и планетарной фауны.

Вероятно, вымирание пелагорнитидов отчасти было связано с их пищевой сверхспециализацией. Не исключено, что на ранних этапах радиации из этой группы птиц возникло несколько «мелких» видов размерами с современных альбатросов. Со временем небольшие формы вымерли, и на протяжении последней половины своей истории пелагорнитиды были представлены лишь гигантскими видами. Возможно, эти великаны в большей степени, чем мелкие морские птицы, полагались на специализированные стратегии кормежки и глобальные воздушные течения — и в конце концов пали жертвами собственного эволюционного успеха. ■

Перевод: В.В. Свечников

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Дайк Г. Крылатая победа // ВМН, № 8–9, 2010.
- Constraining the Air Giants: Limits on Size in Flying Animals as an Example of Constraint-Based Biomechanical Theories of Form. Michael Habib in *Biological Theory*, Vol. 8, No. 3, pages 245–252; September 2013.
- Flight Performance of the Largest Volant Bird. Daniel T. Ksepka in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 111, No. 29, pages 10,624–10,629; July 22, 2014.
- Видеокадр о том, как художник Джеймс Гэрни рисовал *Pelagornis sandersi*, см. по адресу: ScientificAmerican.com/apr2016/birds



ИЮЛЬ 1966

Мягкая посадка на Луну. В Океане Бурь на расстоянии 960 км от места, где в феврале совершил первую управляемую посадку на Луну советский космический аппарат «Луна-9», поверхности коснулся американский космический аппарат *Surveyor 1* и начал передавать

на землю тысячи изображений. Они показывают, что окрестности места посадки выглядят, «как свежеспаханное поле», где из слоя пыли выступают камни разной величины. Посадочные опоры космического аппарата оставили на поверхности круглые следы глубиной около 2,5 см, окруженные радиальными «лучами» вроде тех, какие мог бы образовать маленький метеорит. Все свидетельства говорят, что поверхность Луны вполне способна выдержать как астронавта, так и вес космического аппарата.

Экономика пищевой индустрии. Мелкие птицеводческие фермы неспособны конкурировать по эффективности с современными механизированными хозяйствами. Сегодня птицеводство требует больших капиталовложений, высокой квалификации работников, деловой хватки и меньшего количества рабочей силы. Новая роль птицы в диете американцев — не менее заметная перемена, чем изменение положения птицеводства в сельском хозяйстве. Раньше индейка или курица были особыми продуктами, предназначенными для воскресного обеда или праздничного пира, а сегодня это повседневный продукт, сравнимый по цене с мясом (говядиной, свининой, бараниной) или рыбой и предлагаемый в привлекательных новых формах. Куры, которых нужно варить несколько часов, чтобы они стали съедобными, сегодня идут на консервированный корм для собак, а на продовольственном рынке их заменили цыплята-бройлеры или готовые «телеужины» с цыпленком.



ИЮЛЬ 1916

Докование цеппелина.

Для удержания вводимого в ангар цеппелина (жесткого дирижабля) в условиях ветра, скорость которого намного превышает скорость морских течений, требуется почти столько

же людей, сколько для удержания большого парохода в условиях прилива. Рабов ныне нет, а господствующие цены на неквалифицированный труд требуют нахождения

соответствующих духу нынешнего дня способов докования цеппелинов. Оно осуществляется теперь с использованием ведущих в док рельсов и движущихся по ним тележек, к которым цеппелин крепится тросами (на илл.).

Примечание: изображения передовой авиационной техники 1916 г. см. по адресу: www.scientific-american.com/jul2016/aviation

Смазка для часов. В наш торопливый век, когда в деловой жизни даже секунды играют роль, кажется парадоксальным тот факт, что своей пунктуальностью мы обязаны игривым дельфинам. Но в отношении часов, и особенно хронометров, это так. Они не могли бы работать месяц за месяцем, сохраняя точность, без смазочного масла, которое оставалось бы текучим и зимой, и летом. Оно не должно ни окисляться, ни испаряться, ни портиться. В полной мере этим требованиям удовлетворяет только масло, получаемое из челюстей дельфинов, и неудивительно, что оптовая цена этого масла после рафинирования составляет около \$25 за галлон (3,785 л).



ИЮЛЬ 1866

Размышления о геликоптере.

Недавно в Воздухоплавательном обществе Великобритании м-р Ф.Х. Уэнем (F.H. Wenham) прочел статью под названием «Некоторые наблюдения о передвижениях по воздуху и законах, позволяющих приводимым в движение тяжелым телам держаться в воздухе» (*Some Observations on Aerial Locomotion, and the Laws by which Heavy Bodies Impelled through the Air Are Sustained*). В ней даются ссылки на эксперименты, показывающие, что для



Цеппелин, большой и непрочный, защищают от погодных воздействий в огромном ангаре, 1916 г.

подъема в воздух с помощью воздушного винта с вертикальной осью требуется от трех до четырех лошадиных сил на каждые 100 фунтов (45,3 кг) веса. Из этого автор заключил, что никакой летательный аппарат, основанный на этом принципе, не сможет подняться в воздух, поскольку машин, способных развивать мощность, необходимую для подъема даже их самих, не существует. ■



ЯЗЫКОВЫЕ СЕМЬИ

Откуда берет начало самая успешная в истории языковая семья? Новые данные анализа ДНК и методов эволюционной биологии только обострили несогласие ученых в этом вопросе

Майкл Болтер

ОБ АВТОРЕ

Майкл Болтер (Michael Balter) — независимый журналист, публикующийся в *Audubon*, *National Geographic*, *Science* и других изданиях. Его книга «Богиня и бык» (*The Goddess and the Bull*, 2005), посвящена раскопкам в одном из древнейших и крупнейших поселений мира — Чатал-Хююке (Турция).



«**Ч**то значит имя? — спрашивала Джульетта у Ромео. — Роза пахнет розой, хоть розой назови ее, хоть нет». В реальной жизни Джульетта, конечно, говорила со своим возлюбленным на безвестном средневековом итальянском диалекте, а не на шекспировском английском. Однако слово, которое она употребляла для обозначения упоительно пахнущего цветка (в современном итальянском — *rosa*), все равно имело тот же исторический корень, что и русское слово, и английское *rose*, а также названия розы во многих других языках современной Европы — написанное ли с заглавной буквы по немецкому обычаю *Rose*, французское ли *rose* или хорватское *ruža*. Для примерно 6 тыс. шотландцев, говорящих на древнем шотландском гэльском языке, этот символ страстной любви зовется *ros*.

Почему же языки со столь разной географией используют настолько похожие слова для обозначения цветка? Потому что все перечисленные языки, а кроме них еще более 400, принадлежат к одной и той же невероятно обширной языковой семье — индоевропейской, и все они имеют общий источник. Индоевропейская языковая семья, к которой относятся, например, латынь, греческий, санскрит, русский, английский, испанский, хинди, урду, фарси, — самая мощная языковая группа в истории человечества. Количество входящих в нее языков составляет всего 7% от 6,5 тыс. языков, известных в мире, однако на них говорят 3 млрд людей, то есть почти половина населения земного шара. Понимание того, когда и как эти языки настолько легко и быстро распространились, — это ключ к интерпретации социальных, культурных и демографических процессов, сформировавших различные популяции

в Европе и большей части Азии. Пол Хеггарти (Paul Heggarty), лингвист из Института наук об истории человека Общества Макса Планка в Йене (Германия), так формулирует проблему: «Мы должны найти объяснение тому, почему индоевропейцы были так невероятно, неостановимо успешны».

Поскольку, к сожалению, невозможно обнаружить ископаемые остатки словоформ, задача отслеживания их передвижений во времени и пространстве оставалась в течение более чем столетия уделом традиционных лингвистов и небольшого количества археологов. Однако с тех пор как к процессу подключились биологи и специалисты по древней ДНК, решение проблемы происхождения индоевропейцев и их языка встало на рельсы высоких технологий. Вооруженные новыми теоретическими и статистическими подходами, эти исследователи начали преобразовывать лингвистику из упражнения с бумагой и ручкой в науку,

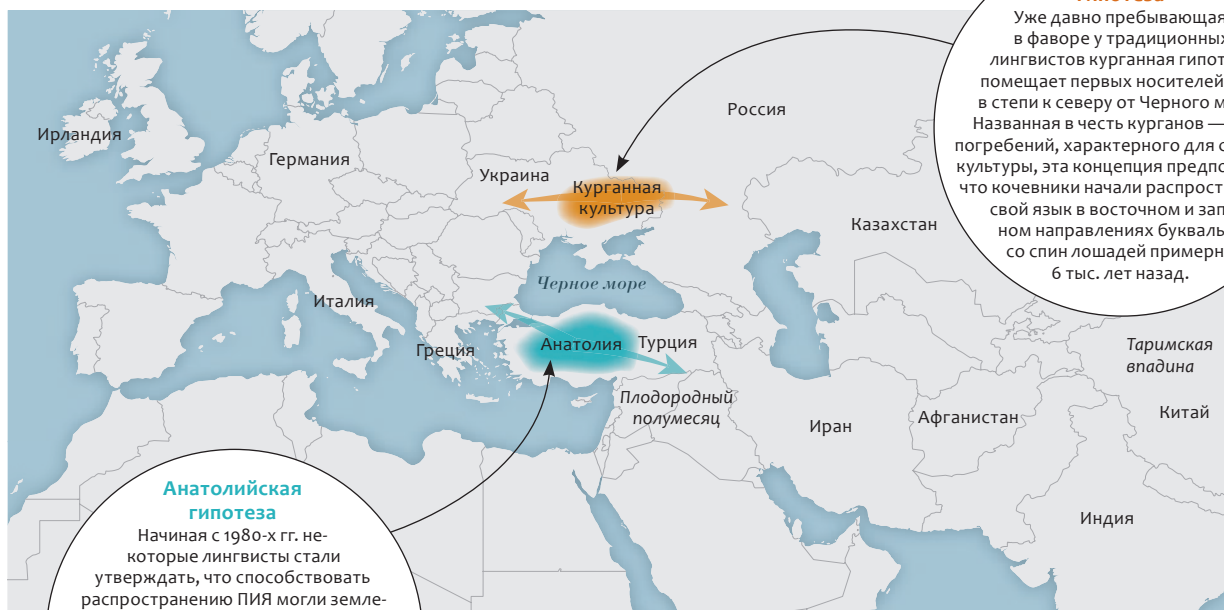
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Примерно половина населения земного шара говорит на языках, ведущих свое происхождение от древнего языка, который принято называть праиндоевропейским (ПИЯ).
- В течение долгого времени лингвисты считали, что ПИЯ первоначально распространился из степей Центральной Азии по Европе примерно 6 или 5 тыс. лет назад.
- Существует и альтернативная гипотеза, утверждающая, что ПИЯ начал распространяться около 8 тыс. лет назад с территории современной Турции в связи с возникновением там земледелия.
- Новейшие свидетельства, полученные из эволюционной биологии и анализа образцов древней ДНК, вместо того чтобы внести ясность в вопрос, привели к увеличению его дискуссионности.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ДРЕВНЕГО ЯЗЫКА

Два варианта родины

Представители почти половины населения мира говорят более чем на 400 языках, восходящих к одному «предку», известному как праиндоевропейский язык (ПИЯ). Ученые реконструировали многие слова ПИЯ, но так до сих пор и не сошлись в том, откуда происходит этот древний язык, захвативший территорию с крайней западной границей в Ирландии, а восточной — в Китае.

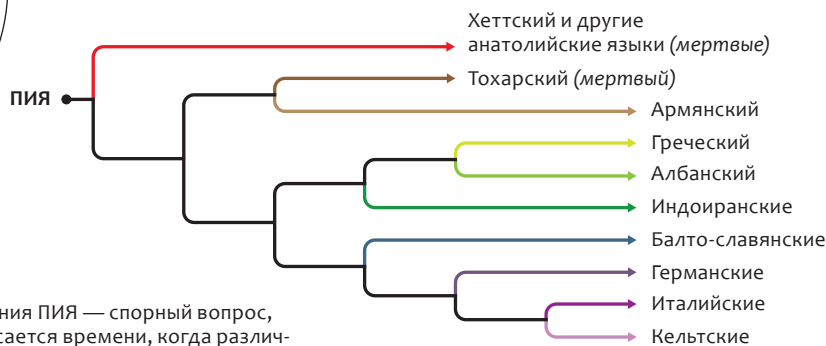


Анатолийская гипотеза

Начиная с 1980-х гг. некоторые лингвисты стали утверждать, что способствовать распространению ПИЯ могли земледельцы с Анатолийского полуострова, а произошло это приблизительно 8 тыс. лет назад. Некоторые археологические свидетельства, а также подсчеты, основанные на закономерностях развития языка, поддерживают эту идею, но нельзя назвать их решающими и окончательными.

Курганная гипотеза

Уже давно пребывающая в фаворе у традиционных лингвистов курганная гипотеза помещает первых носителей ПИЯ в степи к северу от Черного моря. Названная в честь курганов — типа погребений, характерного для степной культуры, эта концепция предполагает, что кочевники начали распространять свой язык в восточном и западном направлениях буквально со спин лошадей примерно 6 тыс. лет назад.



Генеалогическое древо праиндоевропейского языка

Несмотря на то что время и место появления ПИЯ — спорный вопрос, лингвисты в целом согласны в том, что касается времени, когда различные группы индоевропейских языков отделились от предкового языка. Диаграмма справа обладает высокой степенью условности, она призвана показать лишь самые общие отношения между языковыми группами, а не действительную датировку их дивергенции.

использующую всю мощь компьютерных технологий и заимствующую методы эволюционной биологии, чтобы отследить истоки возникновения языков.

На этом месте вы можете подумать, что попытка модернизировать лингвистику приблизила ученых к пониманию того, где и когда зародились индоевропейские языки. Однако произошло в некотором смысле противоположное: вопрос стал еще более дискуссионным. Все сходится во мнениях по ключевому пункту: индоевропейские языки произошли от одного языка-основы, именуемого праиндоевропейским языком (ПИЯ). Но нет

никакого согласия по поводу того, почему этот язык произвел столь многих «отпрысков», а также откуда родом он сам.

Исследователи разделились на два враждующих лагеря. Один, включающий большинство традиционных лингвистов, придерживается гипотезы, что центральноазиатские кочевники, изобретшие колесо и одомашнившие лошадь, начали распространять свой язык по Европе и Азии примерно 6 тыс. лет назад. Второй лагерь, возглавляемый британским археологом Колином Ренфрю (Colin Renfrew), отстаивает версию о древних земледельцах, базировавшихся более чем в 800 км на юг,

на территории современной Турции, и начавших «рассеивать» свой язык в процессе передачи своих сельскохозяйственных «ноу-хау» 8,5 тыс. лет назад.

На протяжении десятилетий верх одерживала то одна, то другая концепция. В 2003 г. эволюционные биологи опубликовали серию статей, в которых пришли к заключению, что генеалогическое древо индоевропейской языковой семьи берет свое начало на Среднем Востоке как минимум 8 тыс. лет назад, основываясь на идее, что развитие языков может соответствовать эволюции живых организмов; таким образом, их результаты подтверждали «земледельческую» гипотезу. А год или два назад группа лингвистов, археологов и генетиков нанесла ответный удар, поддержав «кочевническую» гипотезу при помощи компьютерного анализа и результатов исследования образцов ископаемой ДНК. И этот маятник продолжает раскачиваться.

Если бы да кобыла

Ученым не нужно было ждать вмешательства высокоскоростных компьютеров, чтобы выявить взаимосвязи индоевропейских языков. Это осознание возникло уже в 1700-х гг., когда европейцы начали совершать путешествия в дальние страны. Некоторые параллели в широко распространенных языках сейчас квалифицируются как несомненные доказательства их родства. Так, например, санскритское и латинское слова со значением «огонь» — *agni-* и *ignis* — явно указывают на принадлежность этих языков к индоевропейской семье.

В XIX в. лингвисты были уже уверены, что у всех индоевропейских языков был общий «предок». «Испытываешь чувство шока от осознания того, что классические языки европейской цивилизации возникли из того же источника, что и санскрит, экзотический язык, на котором говорили в Индии, на другом конце мира», — говорит Дэвид Энтони (David Anthony), археолог из Хартвикского колледжа и пылкий защитник «кочевнической» гипотезы происхождения ПИЯ.

Итак, лингвисты решили реконструировать этот древний язык-основу. В некоторых случаях это оказалось не так уж сложно, особенно если исходное слово не изменилось до неузнаваемости. Например, исследователи могли взять русское слово «береза», английское *birch*, немецкое *Birke*, санскритское *bhurjá* и другие индоевропейские обозначения этого стройного дерева и, применяя базовые лингвистические правила, касающиеся языковых изменений, экстраполировать их назад во времени, чтобы выяснить, что праиндоевропейский корень скорее всего имел форму **bherh₂ǵ-* (астериск обозначает, что это реконструированная форма, для которой нет прямых подтверждений;

подстрочный индекс обозначает так называемый ларингал, гипотетический звук, артикулируемый в глубине рта). Другие реконструкции не настолько очевидны. Так, праиндоевропейское слово «лошадь» — *ásva-* в санскрите, *híppos* в греческом, *equus* в латыни, *ech* в древнеирландском — было определено как **h₂ékwo*.

Но когда некоторые лингвисты попытались разглядеть за языком народ, все стало сложнее. Эти ученые начали связывать с ПИЯ определенную культуру в рамках подхода, называющегося лингвистической палеонтологией. Они заметили, что ПИЯ содержал множество обозначений одомашненных животных, таких как лошади, овцы и крупный рогатый скот, и стали утверждать, что первые индоевропейцы были скотоводами.

Однако подобный подход в конце концов привел к беде. Немецкий историк Густаф Коссинна (Gustaf Kossinna) предположил, что группа племен, появившихся в Центральной Европе примерно 5 тыс.

Первыми носителями ПИЯ, возможно, были земледельцы, переселившиеся из Анатолии в Грецию 8,5 тыс. лет назад и принесшие свой язык вместе со своими сельскохозяйственными практиками

лет назад, изготовителей замысловато украшенной шнуровой керамики, и были первыми индоевропейцами. Коссинна утверждал, что позднее они расселились на территории современной Германии, распространяя свой язык. Эта идея прозвучала музыкой для ушей нацистов, воскресивших термин «ариец» (так в XIX в. было принято называть индоевропейцев) вместе с его коннотациями расового превосходства.

Ассоциация с национал-социализмом создала индоевропеистике дурную славу на многие годы. Следует отдать дань уважения литовско-американскому археологу Марије Гимбутас (Marija Gimbutas), умершей в 1994 г., которая в 1950-х гг. вернула предмету доброе имя. Гимбутас считала местом возникновения ПИЯ понтийскую степь к северу от Черного моря. Согласно ей, первой стала продвигать этот язык курганная культура медного века, самые ранние археологические свидетельства которой датируются как отстоящие от нас во времени на 6 тыс. лет. После тысячелетия скитаний по бесплодной степи, где кочевники научились приручать лошадей, они,

по аргументации Гимбутас, двинулись дальше, в Восточную и Центральную Европу, насаждая свою патриархальную культуру, а заодно и родной индоевропейский язык. Более конкретно Гимбутас определила как изначальных носителей ПИЯ представителей так называемой ямной культуры, живших в понтийской степи в период от 5,6 до 4,3 тыс. лет назад.

Другие исследователи также нашли доказательства в поддержку этой точки зрения. В 1989 г. Дэвид Энтони начал работать на Украине, в России и Казахстане, сосредоточив свое внимание на ископаемых лошадиных зубах, ранее обнаруженных советскими археологами. Энтони и его коллеги подтвердили предыдущие догадки о том, что характер износа зубов указывает на датировку в 6 тыс. лет назад, что отодвигает самые ранние свидетельства одомашнивания лошади и езды на ней на целых 2 тыс. лет. Их исследования также предоставили данные, связывающие некоторые технологические достижения, включая использование колесных средств передвижения, в частности колесницы, с представителями ямной культуры. Эти находки поддерживают идею, что степные скотоводы располагали необходимыми транспортом и технологиями, чтобы стремительно веерообразно рассредоточиться из начального локуса своего обитания и распространить свой язык во всех доступных направлениях.

Земледельческая революция

«Кочевническая» гипотеза, известная также как курганная гипотеза (в честь курганов — типа погребений, характерного для степных скотоводов), почти не вызывала сомнений вплоть до 1980-х гг., когда Колин Ренфрю выдвинул радикально отличную теорию, получившую название анатолийской гипотезы (Анатолия, от греч. «восток, восход», — древняя область, примерно совпадающая с территорией современной Турции). Ренфрю, занимающийся доисторическим периодом, ныне член палаты лордов, провел годы на раскопках в Греции и был поражен тем, насколько обнаруженные там артефакты, особенно резные фигурки, изображающие женщин, были похожи на подобные находки с археологических объектов более раннего времени в Турции и на Ближнем Востоке.

Археологи уже знали, что земледелие распространилось из Турции в первую очередь в Грецию. Ренфрю задался вопросом, не мог ли язык последовать за культурой. Таким образом, первыми носителями ПИЯ, утверждал он в своих лекциях и в своей книге, возможно, были земледельцы, переселившиеся из Анатолии в Грецию 8,5 тыс. лет назад и принешие свой язык вместе со своими сельскохозяйственными практиками. Традиционные лингвисты, прошедшие десятилетия кропотливо трудясь, чтобы реконструировать ПИЯ

путем восстановления праформ из современных слов индоевропейских языков, были возмущены этой лихостью. Большинство из них не согласилось с анатолийской гипотезой, а в некоторых случаях и жестко раскритиковали ее. Один профессор Оксфордского университета просто назвал эту теорию чепухой, а другой скептик заявил, что «неискушенный читатель будет введен в огромное заблуждение упрощенческим решением, которое предлагает автор».

Ренфрю и его сторонники отбивались, утверждая, что «степная» гипотеза не может объяснить широкое распространение ПИЯ из того места, где он возник, по Европе и Азии. Известно, что крайняя западная точка ареала индоевропейских языков — Ирландия, а крайняя восточная — Таримская впадина, территория современного северо-западного Китая. Ключевой вопрос таков: если курганная гипотеза верна, то как же ПИЯ добрался из степей до Восточной Азии? Продвигался ли он на север вокруг Черного и Каспийского морей? Ренфрю не видит археологических подтверждений этому маршруту. Возможно, ПИЯ следовал более южным и более ранним путем на восток из Анатолии? Исследователь полагает, что ПИЯ скорее всего распространялся на юг вокруг Черного моря из современной Турции, а затем по древним торговым путям через Иран и Афганистан.

Таким образом, полагает Ренфрю, только анатолийское происхождение может объяснить одновременную экспансию ПИЯ на восток и на запад, поскольку полуостров предлагает нам лучшие исторические свидетельства передвижений между Европой и Азией. И единственная социотехнологическая сила, достаточно мощная, чтобы продвинуть язык настолько далеко в противоположных направлениях, добавляет он, — это возникновение земледелия на Плодородном полумесяце, регионе на юге и востоке нынешней Турции, примерно 11 тыс. лет назад. Этот переход человечества от охоты и собирательства к оседлым земледельческим общинам получил название неолитической революции и был «единственным грандиозным событием общеевропейского масштаба, — говорит Ренфрю, — так что если вы хотите простую теорию победоносного шествия индоевропейских языков, лучше не придумать».

Знаменем возражений лингвистов анатолийской гипотезе Ренфрю стало происхождение слова «колесо». Его реконструированный праиндоевропейский корень выглядит как **k^wék^wlo-*, что дало в санскрите *sakrá-*, в греческом *káiklos*, а в тохарском А (мертвом языке региона Таримской впадины) — *kukäl*. (Русское слово тоже восходит к этому корню, что очевидно в древнерусском варианте «коло». — Примеч. пер.) Самое раннее свидетельство наличия колесных транспортных средств в арсенале человечества — изображения на табличках

из древней Месопотамии (современный Ирак) — датируется примерно 5,5 тыс. лет назад. Материальные остатки колес и повозок обнаруживаются в курганах начиная с возраста около 5 тыс. лет.

Многие лингвисты на этом основании утверждают, что праиндоевропейский корень со значением «колесо» не мог возникнуть до того, как был изобретен сам объект, соответственно, ПИЯ не мог появиться намного раньше, чем 5,5 тыс. лет назад — или же через 5 тыс. лет после возникновения земледелия. Энтони подчеркивает: «Все это не значит, что носители ПИЯ изобрели колесо, однако же это точно обозначает, что они создали собственные слова для обозначения различных частей колесных средств передвижения».

Но Ренфрю и другие возражают, что слово **k^wék^wlo-* происходит от гораздо более раннего корня со значением «поворачивать» или «катиться». «Целая языковая история о повороте и вращении уже существовала до того, как колесо было изобретено», — говорит Ренфрю.

Эндрю Гарретт (Andrew Garrett), лингвист из Калифорнийского университета в Беркли и сторонник курганной гипотезы, согласен с тем, что праиндоевропейское слово «колесо» восходит к более раннему корню **k^wel(h)-*, который, вероятно, обозначал «поворачивать» или «катиться». Он говорит, что слово **k^wék^wlo-* образовано путем дубликации (удвоения) корня. «Это как будто я увидел колесо впервые, — поясняет аспирант Гарретта Уилл Чан (Will Chang), — и назвал его "колесо"». Это могло бы показаться аргументом в пользу позиции Ренфрю, но Гарретт говорит, что подобный механизм словообразования был весьма частотным в ПИЯ для глаголов, однако крайне редким для существительных, что заставляет его и других лингвистов предположить: слово **k^wék^wlo-* возникло близко ко времени изобретения колеса.

Оспоримые доказательства

Анатолийской гипотезе Ренфрю, похоже, предстояло выдержать тяжелую битву, однако в 2003 г., подобно бомбе, разорвавшейся в самом центре поля боя, поддержка пришла с совершенно неожиданной стороны — из области эволюционной биологии. Рассел Грей (Russell D. Gray), биолог, сделавший себе имя на исследованиях когнитивных способностей птиц, и Квентин Аткинсон (Quentin D. Atkinson), в то время его аспирант, оба из Оклендского университета в Новой Зеландии, использовали для определения возраста ПИЯ передовые достижения вычислительной биологии. Грей и Аткинсон модифицировали разработанный еще в середине XX в. лингвистический метод глоттохронологии — сравнение процента исторически родственных слов в разных языках

и приблизительное определение на этом основании того периода, когда эти языки разделились. Глоттохронология уже давно была не в почете, поскольку метод базируется на допущении, что скорость изменения слов примерно одинакова, а это весьма спорное утверждение. Грей и Аткинсон применили новую, улучшенную версию глоттохронологии, а также другие статистические подходы, использующиеся для построения эволюционного древа живых организмов. Их база данных содержала исторически однокоренные слова 87 индоевропейских языков, включая хеттский — мертвый язык, на котором говорили в Анатолии.

Результаты оказались прямым попаданием в яблочко для «земледельческой» гипотезы. Каким бы способом ни проводились расчеты, выходило, что индоевропейские языки выделились из ПИЯ не позже чем 8 тыс. лет назад, или примерно за 3 тыс. лет до изобретения колеса. Несмотря на горячие возражения со стороны некоторых

Грей и Аткинсон допускают возможность того, что истинным «предком» романских языков была некая еще, возможно, не известная ученым форма народной латыни, звучавшая на улицах римских городов

лингвистов, утверждающих, что слова изменяются вовсе не по той же модели, что живые организмы и гены, исследование новозеландцев оказало большое влияние на умы и дало мощный толчок продвижению анатолийской гипотезы. Грей, ныне один из директоров Института наук об истории человека Общества Макса Планка, говорит, что они с Аткинсоном просто показали, как лингвистика должна работать в XXI в.

Впрочем, кроме того что Грей и Аткинсон связали первичное распространение ПИЯ с возникновением земледелия, они обнаружили еще и второе расхождение индоевропейских языков 6,5 тыс. лет назад, приведшее к возникновению романской, кельтской и балто-славянской языковых групп, — и пришли к выводу, что курганная и анатолийская гипотезы вовсе не обязательно должны быть взаимоисключающими.

Но в целом данные этого анализа настолько серьезно укрепили анатолийскую гипотезу, что некоторые более молодые лингвисты начали призывать старших товарищей сдать позиции. «Традиционные возражения лингвистов против

анатолийской теории в последнее время кажутся несколько неубедительными», — написал Хеггарти в 2014 г. в *Antiquity*.

Однако призывы сложить оружие, обращенные к сторонникам «кочевнической» гипотезы, вполне могут оказаться преждевременными. Гарретт и Чан в 2013 г. начали собственные изыскания, используя методику Грея и Аткинсона. Правда, исследователи из Беркли сделали предположение, которого избегала команда Грея: они как бы «принудили» некоторые языки быть предковыми для их «потомков», основываясь на том, что, как они настаивают, представляет собой неоспоримую историческую истину. Так, например, они считают, что классическая латынь была непосредственным источником романских языков, таких как итальянский, французский и испанский, тогда как Грей и Аткинсон в противоположность этому допускают возможность того, что истинным «предком» романских языков была некая еще, возможно, неизвестная ученым форма народной латыни, звучавшая на улицах римских городов.

Результаты Гарретта и Чана, опубликованные в прошлом году в *Language*, тоже были попаданием в десятку — только, естественно, для курганной гипотезы. Это может дать ей новую жизнь, хотя Хеггарти возражает, что нельзя настолько напрямую выводить новые языки из древних. Даже незначительные отличия вульгарной латыни от классической, подчеркивает он, могут бросить тень на выводы Гарретта и Чана.

Гарретт остается при своем мнении. «В отношении многих из этих языков мы знаем достаточно о речевых сообществах и об истории языка, — говорит он. — Латынь и греческий изучены лучше всего. Маловероятно, что какие-то формы бытования этих языков нам неизвестны».

Грей, со своей стороны, называет статью в *Language*, где его собственный метод обращен против анатолийской гипотезы, отличной работой, которая в гораздо большей степени вдохновлена новыми средствами анализа, чем просто пытается сказать, что он и Аткинсон неправы. Однако, поскольку это честная игра, команда Грея начала теперь пересчитывать результаты Гарретта, чтобы в полной мере позволить данным решать, какие языки были предшественниками других, вместо того чтобы просто принять новые выводы. Хотя выкладки пока предварительные и еще не опубликованы, Грей и его коллеги обнаружили, что цифры опять сдают козыри анатолийской гипотезе.

Новости ДНК-анализа

Поскольку сами слова, к сожалению, не могут сказать нам, кто прав, возможно, большее количество экстралингвистических (внеязыковых) свидетельств поможет сохранить баланс. По крайней мере, последние исследования в области генетики,

похоже, благоволят курганной гипотезе. Энтони и международная группа экспертов по анализу древней ДНК секвенировали образцы генетического материала 69 европейцев, живших между 8 тыс. и 3 тыс. лет назад, включая пробы от девяти скелетов представителей ямной культуры, обнаруженных на археологических объектах на территории современной России, и сравнили эти образцы с взятыми от четырех скелетов позднего периода культуры шнуrowой керамики из Центральной Европы.

Удивительно, но народ шнуrowой керамики, чья культура распространилась по Европе вплоть до Скандинавии, на три четверти своей родословной восходит к носителям ямной культуры, а генетический след «ямников» до сих пор обнаруживается в большинстве современных европейцев. Итак, люди ямной культуры вместе с их генами и, возможно, языком действительно в больших количествах хлынули из степей около 4,5 тыс. лет назад. Эти результаты — явное указание на то, что столь масштабная миграция из степей действительно имела место, говорит Понтус Скоглунд (Pontus Skoglund), специалист по анализу древней ДНК из Гарвардской медицинской школы, не принимавший участия в этом исследовании, но работающий вместе с одним из его авторов в лаборатории. Эти данные «уравняли шансы двух гипотез», добавляет он. Если, конечно, эта миграция не была второй волной, вынесшей в Европу индоевропейские языки, но не их источник — праиндоевропейский язык. Подобная интерпретация, как считают приверженцы анатолийской гипотезы, будет соответствовать выводам, сделанным в 2003 г. Греем и его командой, указывающим на возможность более поздней экспансии из степей.

Узнаем ли мы когда-нибудь, кто прав? Полученные при анализе древней ДНК новые свидетельства широкого распространения степняков на восток, в Сибирь, примерно 4,7 тыс. лет назад потенциально могут стать мощным контраргументом главному возражению Ренфрю в адрес курганной гипотезы, однако они не предоставляют никакой информации о том, какие именно языки последовали за кочевниками. Очевидно одно: исследователи продолжат жаркие дебаты по этому вопросу на любом языке из тех, что завещали им их предки. ■

Перевод: М.А. Янушкевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Language-Tree Divergence Times Support the Anatolian Theory of Indo-European Origin. Russell D. Gray and Quentin D. Atkinson in *Nature*, Vol. 426, pages 435–439; November 27, 2003.
- Indo-European Languages Tied to Herders. Michael Balter and Ann Gibbons in *Science*, Vol. 347, pages 814–815; February 20, 2015.

Материал предоставлен
нашими коллегами
из журнала

**GEHIRN
UND
GEIST**

(Германия)

ОТ ЭКЗОРЦИЗМА

В

ПСИХОТЕРАПИИ

Свен Барнов,
Аннемари Миано
и Катрин Шульц

Французский врач Филипп Пинель во время своей реформы «сумасшедших домов» освобождает психически больную женщину из цепей. Картина Тони Робера-Флери (1838–1911), написана в XIX в.



ПСИХОЛОГИЯ

Почти каждый второй человек на Земле имеет шанс хоть раз в своей жизни перенести какое-либо психическое расстройство. Клиническая психология исследует и причины заболеваний, и способы успешного лечения

Автобус ушел прямо из-под носа. А ведь водитель точно видел Анну. Она опоздала именно сегодня, в день, когда должна состояться важная встреча. Вот и телефон звонит. И в тот момент, когда компьютерный голос участливо спрашивает у Анны, как сильно в данный момент у нее выражены те или иные эмоции, девушка просто кипит от злости и набирает цифру 10, обозначающую максимальную интенсивность. После этого робот интересуется, что она будет делать с этими ощущениями.

Современные клинические исследования чаще проходят не в лаборатории, а в реальной жизни — как в случае Анны. Наша рабочая группа в Хайделбергском университете в 2012–2014 гг. в течение долгого времени несколько раз в день связывалась с 300 респондентами, чтобы узнать, как они себя чувствуют. Выясняли, насколько часто и сильно респонденты испытывают те или иные эмоции. Но наибольший интерес вызывало то, как они обходятся с этими ощущениями.

Такие опросы в реальной жизни могут дать более глубинные знания, чем лабораторные исследования. Так, например, мы выяснили, что люди со склонностью к депрессии в меньшей степени способны эффективно управлять своими эмоциями и им требуется больше времени, прежде чем осознать их и принять. Мы обнаружили доказательства того, что внезапные перемены позитивных эмоций чаще связаны с высоким риском развития психических расстройств, в частности депрессии, в то время как нестабильные негативные ощущения, когда, например, человек быстро переключается с гнева на печаль, не так значимы.

~400 г. до н.э.

Греческий врач Гиппократ — один из первых, кто связал психические расстройства не со сверхъестественными силами, а с физическими причинами.



500–1500 гг.

В Средневековье люди верили, что причина психических заболеваний — злые духи и демоны.

Об авторах

Свен Барнов (Sven Barnow) — профессор клинической психологии и психотерапии в Хайдельбергском университете и глава клиники психотерапии.

Аннемари Миано (Annemarie Miano) и **Катрин Шульце** (Katrin Schulze) — научные сотрудники на той же кафедре. Барнов и его команда, помимо всего прочего, изучают, какую роль играют эмоции для психического здоровья и каким образом людям лучше справляться со своими чувствами.

Психические расстройства появились не сегодня, они существовали всегда. Но сейчас они пристально изучаются с помощью современных научных методов исследований. Насколько это важно, говорят сегодняшние статические данные: психические расстройства, третья по распространенности причина нетрудоспособности, становятся причиной каждого седьмого больничного листа на работе. Вероятность развития подобного заболевания хотя бы раз в жизни составляет примерно 43%.

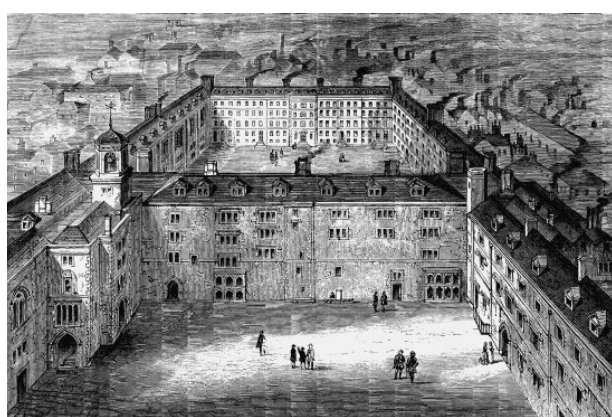
Можно долго обсуждать, какое поведение можно называть нормальным, а какое — девиантным или болезненным. О необходимости лечения приходится говорить, когда человек ощущает груз страдания и тем более когда его повседневная жизнь может представлять опасность для него самого или для окружающих.

Определение психических заболеваний можно найти в списке классификаций МКБ-10 («Международная классификация болезней»), составленном Всемирной организацией здравоохранения. С помощью клинических интервью психиатры и психологи выясняют симптомы своих пациентов и ставят диагнозы. Эта классификационная

система — одно из самых важных достижений современной клинической психологии. У нас в исследованиях наиболее широко используется американское диагностическое руководство *DSM-5* («Диагностическое и статистическое руководство душевных болезней»).

В прежние времена предполагалось, что злые духи, демоны или конфликт между богом и дьяволом могут вызывать странное поведение. Соответственно, лечение психических заболеваний ограничивалось экзорцизмом. Первым лучом света стал греческий врач Гиппократ (460–370 гг. до н.э.). Он выявил в качестве одной из причин первых изученных психических болезней не сверхъестественные конфликты, а соматические причины, которые приводили к дисбалансу жидкостей в организме. Многие его предположения сегодня кажутся причудливыми, например о том, что истерия провоцируется блуждающей в поисках детей маткой. Тем не менее в тот период гипотезы Гиппократа были по-настоящему революционными, пусть в скором времени они и канули в Лету. Во времена Средневековья демоны снова стали объяснением странного поведения человека.

В XV столетии в Европе появились первые «сумасшедшие дома». Их главной целью была защита населения от «сумасшедших», а не лечение последних. В то время врачи придерживались мнения, что психически больной человек, выбирая между безумием и разумом, останавливается на первом. Именно поэтому были произведены первые попытки «перенастроить» человека с помощью жестких методов, например ошпаривания или сажания в кандалы. В 1800 г. французский медик Филипп Пинель (1745–1826) начал проводить гуманитарную реформу лечения психически больных. Он



С 1500 г.

В Европе появляются первые «сумасшедшие дома», чтобы защитить население от «сумасшедших».

~1800 г.

Филипп Пинель, главный врач парижских больниц *La Bicêtre*, запустил реформу «сумасшедших домов». Он выступал за «моральное обращение» с людьми с психическими заболеваниями.

поддерживал идею о том, что пациентов следует лечить так, чтобы они чувствовали поддержку и доброту. Известия о его успехах способствовали пересмотру своих взглядов врачами из других стран.

В 1879 г. Вильгельм Вундт (1832–1920) открыл в Лейпциге первый психологический институт, который признал за психологией статус самостоятельной науки. Вскоре после этого психолог Лайтнер Уитмер (1867–1956), ученик Вундта, впервые использовал термин «клиническая психология».

В начале XX в. независимо друг от друга появились две модели объяснения человеческого опыта и поведения: психоанализ и бихевиоризм. Пионером психоанализа был венский врач Йозеф Брейер (1842–1925), чья пациентка Берта Паппенгейм, более известная под псевдонимом «Анна О.», была парализована с 1880 по 1882 г. без видимой физической причины. Брейер заметил, что у нее, как и у других пациентов, вскоре после гипноза перестали проявляться симптомы болезни. Исследовать гипноз Брейеру помогал его венский коллега Зигмунд Фрейд (1856–1939), основавший через несколько лет школу психоанализа.

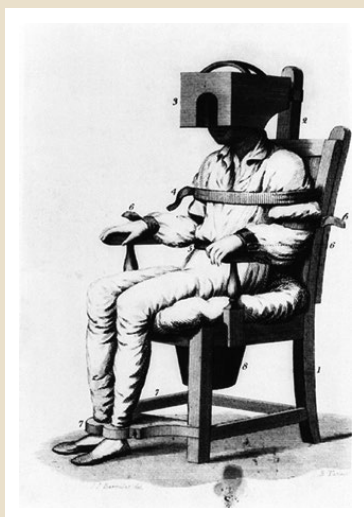
Оба доктора предполагали, что внутренние конфликты, чаще всего сексуального характера, вызывают физические и эмоциональные симптомы. Обсуждение этих конфликтов и распространение информации о них могли бы помочь избавиться от симптомов или хотя бы их ослабить. Фрейд также подчеркивал, как сильно бессознательные процессы формируют личность. Он задал столько важных вопросов, что психологи до сих пор пытаются найти ответы на то, как травмы раннего детства влияют на психику и как бессознательные защитные стратегии помогают людям избегать внутренних конфликтов.

Открытие бессознательного

На протяжении своего развития классический психоанализ претерпевал существенные изменения, имел много ответвлений. Два коллеги Фрейда, Карл Густав Юнг (1875–1961) и Альфред Адлер (1870–1937), разработали, например, психодинамические теории, рассматривающие сексуальные аспекты как менее значимые. Юнг исходил из того, что люди наследуют коллективное бессознательное с так называемыми архетипами, примитивными формами человеческого восприятия и поведения (аналитическая психология). Адлер, напротив, предполагал, что не только внутренние порывы, но и социальные и культурные факторы воздействуют на опыт и поведение человека (индивидуальная психология). Из модификаций психоаналитических принципов родилась психодинамическая психотерапия. Она исходит из того, что наши мышление, чувства и действия зависят

Коротко: история клинической психологии

- 1 Клиническая психология имеет давнюю традицию, она занимается лечением психических расстройств и изучает их генезис.
- 2 Две крупные исторические школы — психоанализ и бихевиоризм — и сегодня имеют дело с психически больными людьми.
- 3 С появлением третьей волны поведенческой терапии психотерапевты обратились к таким понятиям, как осознанность, принятие и медитация. Становится ли лечение более эффективным? Этот вопрос остается спорным.



1811 г.

Многие психиатры разделяют точку зрения, что с помощью принуждения, страха и испуга можно вернуть больных к разуму — например, зафиксировав их на «успокоительном стуле».

1858 г.

Джон Бакнилл и Дэниэл Так выпускают одно из первых диагностических руководств для лечения «сумасшествия». В нем говорится о том, что психические расстройства можно распознать по внешнему виду человека.

1896 г.

Венский невропатолог Зигмунд Фрейд впервые использует в своем сочинении «Об этиологии истерии» понятие «психоанализ». В то же время американский психолог Лайтнер Уитмер открывает в Филадельфии первую «психологическую клинику».

Самые распространенные психические заболевания

По данным исследований за 2015 г., 27,8% населения Германии страдали от психических заболеваний. Почти половина из них имеет более одного диагноза.



от бессознательных психических воздействий, которые обнаруживаются в разговоре с терапевтом. Лечение по сравнению с классическим психоанализом короче, терапевт и пациент оказываются равноправными участниками процесса.

В то время как Фрейд и его коллеги изучали бессознательное, в России и США возникло новое направление исследований, занимавшееся исключительно наблюдаемым поведением: так называемый бихевиоризм (от амер. англ. *behavior* — «поведение»). Он считается важным предшественником современной клинической психологии, в частности поведенческой терапии. Основатель бихевиоризма Джон Уотсон (1878–1958) полагал, что единственным объектом наблюдения должен быть сам предмет исследования. Психолог рассматривал свою дисциплину как науку о поведении и перенес знания об условных рефлексах, полученные русским физиологом Иваном Павловым (1849–1936) при изучении животных, на людей. В известном эксперименте, неприемлемом с современной этической точки зрения, психолог научил одиннадцатимесячного Альберта бояться крыс. Каждый раз когда малыш видел грызуна, исследователь воспроизводил громкий звук, чтобы испугать мальчика. Со временем у ребенка развили страх перед зайцами, собаками и другими животными — эта так называемая генерализация раздражителя играет важную роль при возникновении тревожных расстройств.

Несколько лет спустя психолог Беррес Скиннер (1904–1990) ввел понятие «оперантное обусловливание». Отличие этого метода от классического обусловливания — в вознаграждении или наказании спонтанно возникающего поведения. Скиннер заметил, что крысы чаще нажимают на рычаг, если получают за это пищу. Если грызуны получают



1920 г.

Американский психолог Джон Уотсон объясняет, что в фокус внимания врача должны попадать исключительно внешние проявления поведения человека. Он считается основателем бихевиоризма, чьи принципы до сих пор доминируют в поведенческой терапии. В его этически неприемлемом эксперименте с маленьким Альбертом он прививает ребенку страх перед животными.

1960–1980 гг.

Вторая волна поведенческой терапии: психиатр Аарон Бек подчеркнул роль когний при психических расстройствах. Совместно с Альбертом Эллисом он основал когнитивную поведенческую терапию.

разряд током во время переключения ими тумблера, они быстро понимают, что так делать не надо. Скиннер видел в оперантном обусловливании возможность воспитывать людей, делая их лучше. Свое видение будущего порядка в обществе он изложил в утопическом романе «Второй Уолден». Несмотря на то что ни Уотсон, ни Скиннер так и не попробовали применить свои знания при лечении психических расстройств, их опыты сделали обусловливание важной основой поведенческой терапии.

Первые методы поведенческой терапии разработал в 1958 г. в Южной Африке психиатр Джозеф Вольпе (1915–1997): техника систематической десенсибилизации должна была помочь пациентам преодолеть свои фобии. Они забывают свой страх, находясь в состоянии глубокой релаксации, когда им постепенно предъявляют стимулы, вызывающие этот страх. Этот метод поведенческие терапевты используют и сегодня, однако более эффективной считается непосредственная встреча лицом к лицу со своим страхом.

В 70-е гг. прошлого века начала расти волна критики анализа исключительно наблюдаемого поведения, потому что когнитивные процессы играют крайне важную роль в формировании и развитии психических расстройств. Альберт Эллис (1913–2007) и Аарон Бек (р. 1921) инициировали так называемый когнитивный перелом поведенческой терапии, который сегодня обозначают термином «вторая волна». Новый виток обратился к таким сложно улавливаемым процессам, как мышление и чувства. Бек предполагал,

что некоторые ментальные ошибки подпитывают депрессию. В рамках когнитивной поведенческой терапии (КПТ) пациенты и сегодня учатся распознавать и сверять с реальностью эти автоматические мысли.

В настоящее время многие исследователи подтвердили эффективность этого метода в работе как со страхами и депрессией, так и с психосоматическими болезнями и девиантным поведением. Как показывает КПТ при депрессии, хороший эф-

Метаанализ показал, что пациенты после психоаналитического лечения чувствуют себя намного лучше. Какая из форм терапии наиболее эффективна, зависит в значительной мере от картины болезни и от потребностей пациента

фект дает фармакотерапия, несмотря на то что часто встречается и рецидивы. Действенность психодинамической терапии проверяется клиническими исследованиями и в настоящее время. В 2009 г. метаанализ показал, что пациенты после психоаналитического лечения чувствуют себя намного лучше. Какая из форм терапии наиболее эффективна, зависит в значительной мере от картины болезни и от потребностей пациента.

С 1990 г.

Начало третьей волны поведенческой терапии. Психотерапевты обращаются к работе над вниманием, принятием, к осознанности и медитации при лечении.

1999 г.

Реформа психотерапии в Германии: психологи, подтвердившие статус психологического психотерапевта, могут получать плату за свои услуги только в больничной кассе. Раньше были возможны договоренности.

2013 г.

В пятом издании «Диагностического и статистического руководства по психическим расстройствам» (*DSM-5*), в котором диагнозы были зафиксированы лишь по категориям (диагноз: нет/да), появились градации заболеваний по степени тяжести (легкий, средний, тяжелый).

Школы терапии в Германии

Около 23,5 тыс. психологических психотерапевтов получили одобрение со стороны Ассоциации врачей больничных касс. Большая часть из них — поведенческие психотерапевты.



Преодолеть историческое разделение

В настоящее время мы находимся на третьей волне поведенческой терапии: особое значение сейчас приобрели такие понятия, как осознанность, принятие, медитации, обработка эмоций. Поскольку классическая поведенческая терапия при определенных комплексных долгосрочных психических расстройствах, таких как, например, пограничное расстройство личности, не достигает успехов, используется диалектическая поведенческая терапия (ДПТ), которую часто рекомендуют пациентам с пограничным расстройством личности с помощью техники управления эмоциями, медитаций и методов, основанных на концентрации внимания.

Кроме того, третья волна характеризуется тем, что многие специалисты утверждают: необходимо преодолевать жесткое разделение между основными школами, психодинамическими опытами и КПТ. Новые концепции терапии, например схемная терапия, включают в себя и когнитивные, и психодинамические методы. Многие терапевты дополняют свою систему лечения также элементами терапии других школ и стараются приспособиться к потребностям пациентов.

Пока остается неясным, насколько плодотворно повлияла третья волна на понимание психических расстройств. Ученые, в частности психотерапевт Брунна Тушен-Каффир (Brunna Tuschen-Caffier) из Фрайбургского университета и исследователь

психотерапии Юрген Хойер (Jürgen Hoyer) из Дрезденского университета, критикуют такие новые опыты, как схемная терапия, из-за используемых неоднозначных конструкций, практически не поддающихся эмпирической проверке.

Другие ученые также относятся к этому скептически. Новые методы лечения, как правило, не более эффективны, чем КПТ. Современные метаанализы это подтверждают. Исключительно диалектическая поведенческая терапия работает при пограничном расстройстве личности лучше, чем КПТ. При многих других расстройствах, связанных с ухудшением внимания или неприятием себя, когнитивная терапия все еще остается наиболее эффективной. Однако более широкий спектр методов лечения имеет и положительные стороны, так как пациент сам может выбирать технику терапии, соответствующую его личности и потребностям, а это играет важную роль в успешности процесса.

Как будет дальше развиваться клиническая психология? Как будет выглядеть четвертая волна поведенческой терапии? На эти вопросы сейчас нет ответа. Важной целью было и будет уменьшение риска рецидивов у пациентов, потому что до сих пор почти у половины страдающих депрессией через два года симптомы обычно возвращаются. В будущем ученые должны больше учитывать индивидуальные различия пациентов, тщательнее выяснять, какие факторы воздействуют на определенное нарушение, в то же время занимаясь вопросом профилактики психического здоровья у людей.

Чтобы понять, какие элементы терапии помогают пациенту, какое значение имеет контроль над эмоциями, ученые не должны ограничиваться визуализационными опытами и генетическими анализами. И такие респонденты, как Анна, помогают следить с помощью новых методов исследования за тем, что в повседневной жизни делает нас больными, а что поддерживает здоровье. ■

Перевод: Е.С. Новоселова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Meditation Programs for Psychological Stress and Well-Being: a Systematic Review and Meta-Analysis. M. Goyal et al. in JAMA Internal Medicine, No. 174, pages 357–368, 2014.
- Twelve Months Prevalence of Mental Disorders in the German Health Interview and Examination Survey for Adults — Mental Health Module (DEGS1MH): a Methodological Addendum and Correction. F. Jacobi et al. in International Journal of Methods in Psychiatric Research, No. 24, pages 305–313, 2015.

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

ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

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

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

**В мире
науки** SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал



Рода Мангяна из Малави намного повысила урожайность кукурузы на своих землях, посадив деревья, чьи корни и опадающие листья восстанавливают почву

ЛЕЧЕНИЕ ПОЧВ АФРИКИ

Выращивая среди зерновых деревья, кусты и другие многолетние растения, африканские земледельцы могут возродить некоторые сильно истощенные почвы и повысить урожаи продовольственных культур

Джерри Гловер и Джон Реганолд

Марико Маджони из Малави радикально изменил способ ведения хозяйства. Удобрения ему, как и многим другим мелким африканским фермерам, были не по карману, и урожаи кукурузы на его поле год от года падали. Когда он узнал об «удобряющих деревьях», которые улавливают азот из атмосферы, он посадил их саженцы между рядами кукурузы. Шесть лет спустя урожай вырос в десять раз и его не только хватило семье Марико, но еще и осталось на продажу. Соседи фермера сначала думали, что он сошел с ума, но сегодня многие из них последовали его примеру.

На большей части африканского континента к югу от Сахары царит жаркий климат с длинными и солнечными днями. Казалось бы, зерновые должны расти здесь хорошо, но многие земледельцы, как и Маджони, едва сводят концы с концами, даже если используют химические удобрения. Урожайность кукурузы, главной зерновой культуры, здесь составляет в среднем около десяти центнеров с гектара — едва ли одну десятую того, что собирают американские фермеры на Среднем Западе. Причина проста: большая доля почв к югу от Сахары крайне истощена. В них не хватает органических соединений и других веществ, необходимых для питания растений. Внесение химических удобрений не всегда гарантирует существенное повышение урожайности, в некоторых случаях оно может нанести вред. Деградация почв продолжается с пугающей скоростью, из-за этого и так низкая урожайность в некоторых регионах падает еще больше.

ОБ АВТОРАХ

Джерри Гловер (Jerry D. Glover) — старший советник по устойчивым сельскохозяйственным системам Агентства США по международному развитию. Его мнения могут не отражать позицию этого агентства.

Джон Реганолд (John P. Reganold) — профессор почвоведения и агроэкологии Университета штата Вашингтон и член совета консультантов редакции *Scientific American*.



Ситуация тревожна, поскольку из примерно 800 млн человек, страдающих от недоедания во всем мире, около 220 млн проживает южнее Сахары. А недавние исследования дают основания ожидать, что население Африки, составляющее около миллиарда человек, к 2050 г. удвоится и окажется под воздействием негативных последствий изменения климата. Без существенного улучшения почв голод неизбежно усилится. Ученые убеждены, что восстановление почв — приоритетное направление для повышения продуктивности сельского хозяйства.

Казалось бы, задача проста: в почву необходимо внести разложившиеся остатки растительного и животного происхождения. Эти органические вещества добавляют в землю азот и углерод, помогают сберегать воду и служат питанием для микроорганизмов, которые поддерживают плодородие почвы. На практике же труднísimo множество. Большинство африканских земледельцев не могут произвести и не в состоянии купить достаточное количество пожнивных остатков, компоста или навоза для восстановления своих земель. А их восстановление необходимо, поскольку семьи не могут остановить производство и продолжают обрабатывать земли. Кроме того, земледельцы сталкиваются с неразрешимой задачей: как повысить урожайность без чрезмерного увеличения расхода воды и химикатов и при этом заработать достаточно средств для поддержания экономической и социальной стабильности своих семей и общин.

Подход, принятый Маджони, относится к серии стратегий, известных под названием «перенниация», которые способны вызвать в Африке значительные перемены. Этот метод основан на выращивании деревьев, кустарников и многолетних трав среди посевов зерновых и рядом с ними

для восстановления почвы, что ведет к повышению урожайности и улучшению долговременной стабильности производства пищевых продуктов. Многолетние растения вносят в почву азот и углерод, помогают сберегать воду, уменьшают эрозию почвы, борются с вредителями и повышают усвоение химических удобрений посевами. Этот под-



Растениевод Альберт Чаманго демонстрирует, как могут успешно сосуществовать арахис и голубиный горох, обогащая при этом почву

ход хорошо работает в сочетании с современными методами агротехники, включая беспашотное земледелие и земледелие с использованием только органических удобрений, а также благодаря современным сортам культурных растений с повышенной засухоустойчивостью, стойкостью к болезням и воздействию вредителей. Кроме того, многолетние растения могут обеспечивать земледельцев кормом для скота и дровами.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Во многих регионах Африки южнее Сахары почвы настолько истощены, что одно лишь внесение удобрений не только не улучшит, но может даже ухудшить их состояние.
- Выращивание многолетних растений (например, деревьев, кустарников и травянистых растений из семейства бобовых) среди продовольственных культур позволит восстановить почвы и уменьшить количество вредителей, что приведет в итоге к росту урожая.
- Больше миллиона африканских земледельцев уже используют три ведущие перенниационные технологии, но многим миллионам для внедрения этих технологий нужна техническая и финансовая помощь.

Возможности стабильного повышения урожайности таких важнейших культур, как кукуруза и сорго, и обогащения почв иллюстрируют три метода перенниации. Хотя существуют и другие подходы, три вышеупомянутых хорошо показали себя в Африке южнее Сахары и перспективны для более широкого внедрения в этой местности. С их помощью за несколько лет возможно повысить урожайность зерновых с 10 до 30 ц с гектара. А полученные знания могут быть полезны и в других регионах мира, где тропические и субтропические почвы бедны питательными веществами, включая страны Южной Азии и Южной Америки.

Больше бобовых, хороших и разных

Стратегия перенниации, которую шире всего используют африканские фермеры, включая Маджони, известна также под названием «вечнозеленое земледелие». В полях однолетних зерновых высаживают определенные виды деревьев. Их богатые азотом листья, опадая, удобряют поверхностный слой почвы, а корни вносят азот и углерод в более глубокие ее слои. Часто используют *Faidherbia albida*, местное растение, сходное с настоящей акацией. (*Настоящая акация (род Acacia) — растение из подсемейства мимозовых семейства бобовых. Соцветия Acacia dealbata в обиходной речи принято называть мимозой. — Примеч. ред.*)

Активный рост растения приходится в основном на периоды между жатвой и севом, поэтому оно не конкурирует с зерновыми за воду, питательные вещества и солнечный свет. В регионах, где сбор урожая осуществляется вручную, деревья можно высаживать хаотично, а в случае если используется техника — упорядоченно, так, чтобы они не мешали тракторам и комбайнам. В Замбии за последние десятилетия так называемые удобряющие бобовые деревья высадили на своих полях более 100 тыс. земледельцев. В Нигере и Мали сохранили естественно растущие молодые деревья более чем на 5 млн га просяных и сорговых полей, создав полуприродные парки. Для этих целей хорошо подходят и некоторые другие виды деревьев.

Деревья, достигающие иногда высоты в 30 м, «подтягивают» вверх и другие питательные вещества, в том числе фосфор и калий, поскольку их корни проникают в грунт гораздо глубже корней зерновых культур. Как и азот, эти питательные вещества становятся доступными зерновым благодаря разложению опавших листьев и работе корней этих деревьев. Кроме того, зеленые насаждения защищают посевы от знойных сухих ветров, чем уменьшают испарение воды с поверхности почвы. Это может удвоить и даже утроить урожайность зерновых, если использовать современные сорта и удобрения.

Больше 30 тыс. земледельцев в Восточной Африке выбрали второй вариант перенниации — так

называемую пушпульную, или систему вытеснения-отвлечения. Они высаживают определенные многолетние растения среди кукурузных полей и по их границам. Эти растения вытесняют насекомых-вредителей и сорняки, а кроме того могут сдерживать эрозию почвы, давать корм для скота и уменьшать потребность в химических удобрениях. В частности, эту систему земледельцы Восточной Африки используют для борьбы с личинками стеблевых точильщиков, вгрызающимися в стебли кукурузы, и с ведьминым сорняком — паразитными или полупаразитными растениями рода стрига (*Striga*) из семейства норичниковых (*Scrophulariaceae/Orobanchaceae*), который отбирает питательные вещества у корней кукурузы. (*Из растений средней полосы России со стригами сходны погремки, марьянники и заразихи. — Примеч. ред.*) Земледельцы высаживают между рядами кукурузы десмодиум (*Desmodium uncinatum*) — многолетнее бобовое растение, идущее обычно на корм скоту. Он издает запах, отпугивающий, «вытесняющий» с поля бабочек стеблевых точильщиков, не давая им отложить свои яйца. А вещества, выделяемые корнями десмодиума, подавляют ведьмин сорняк.

Чтобы еще эффективнее уменьшить ущерб, наносимый вредителями, земледельцы могут выращивать вокруг кукурузных полей многолетнюю слоновую траву (*Pennisetum purpureum*), служащую также прекрасным кормом для скота, чтобы она переманила на себя стеблевых точильщиков, которых отпугнул запах десмодиума. Слоновая трава будет казаться им привлекательным местом для откладывания яиц, но растение выделяет клейкую смолу, к которой прилипают вылупившиеся личинки.

Пушпульные системы могут повысить урожайность кукурузы в два с лишним раза, если проблемы создают и стеблевые точильщики, и ведьмин сорняк, и на 25–30%, если вредит один стеблевой точильщик. Дополнительная польза от этой системы — корм для скота и увеличение содержания азота в почве.

Ученые из Малави и США разработали и третий подход — сдвоенную систему бобовых культур, которую приняли более 8 тыс. малавийских земледельцев. В ее простейшей форме земледельец высевает быстро растущие низкорослые бобовые, например арахис или сою, а затем добавляет к ним голубиный горох (каян), который вырастает выше, но растет гораздо медленнее и имеет более глубокие корни. Арахис и соя созревают за несколько месяцев, как раз к тому времени, когда голубиный горох становится выше их и начинает их затенять. Урожай собирают, а ботву оставляют на поле для перегнивания и обогащения почвы. Поскольку эти культуры растут с разной скоростью и отбирают питательные вещества из почвы на разных глубинах, они обычно не конкурируют ни за азот, ни за воду.

Эта система позволяет увеличить годовой сбор богатых белками растений и повысить плодородие почвы, а также требует меньших затрат труда, чем при раздельном выращивании этих двух культур. Наконец, питание семьи фермера становится более разнообразным.

После сбора урожая быстрорастущих сои и арахиса голубиный горох продолжает расти, и в следующем сезоне земледелец может высеять между его рядами кукурузу и затем собрать урожай кукурузы и второй урожай голубинового гороха. За два сезона такая система дает три урожая бобовых и один урожай кукурузы, обеспечивая на 50% больше белка, чем традиционный севооборот кукурузы и бобовых.

Оптимизация культур для местных условий

Включение многолетних культур в практику принесло большой успех более чем 1 млн африканских фермеров. Они восстановили почвы, систематически наращивая при этом производство продовольственных продуктов, и в результате намного увеличили свои средства существования. Однако миллионы других земледельцев к югу от Сахары даже не знают о существовании этих технологий или нуждаются в технической или финансовой помощи для их освоения. Новый метод ведения хозяйства, однако, намного сложнее простого применения удобрений или пестицидов. Фермерам нужно научиться совместно выращиванию многолетних и однолетних культур, освоить более длительные циклы севооборота и разработать маркетинговые стратегии сбыта более разнообразной продукции. Кроме того, многие африканцы не владеют землями, которые обрабатывают, и не имеют надежных гарантий аренды, что может удерживать их от долгосрочных решений.

Чтобы помочь им, международное сообщество должно увеличить свои вложения в перенниацию, поддерживать усилия по расширению внедрения успешных технологий и финансировать исследования других технологий, еще широко не проверенных земледельцами и учеными. Некоторые работы уже успешно ведутся. Всемирный Центр сельского и лесного хозяйства, который возглавлял разработку стратегий вечнозеленого земледелия, выполняет в сотрудничестве с правительствами Эфиопии, Руанды, Бурунди и Уганды последний год четырехлетний проект *Trees for Food Security* («Деревья для продовольственной безопасности»). А Программа устойчивой интенсификации американского Агентства США по международному развитию (USAID) поддерживает все три описанные выше технологии в Африке южнее Сахары.

Специалисты Международного института исследования зерновых культур для полувасушливых тропиков, Университет Малави и Университет штата Мичиган помогают земледельцам Восточной

Африки совершенствовать вдвоенную систему бобовых культур. Они создают новые сорта голубинового гороха, подходящие для различных климатических условий и потребностей земледельцев. Другие специалисты сумели вывести многолетние сорта таких традиционно однолетних культур, как сорго, пшеница и рис, и теперь пытаются повысить урожайность и улучшить другие желательные характеристики этих новых культур. Университеты штатов Вашингтон и Мичиган и канадский Институт Земли занимаются выведением многолетних сортов зерновых, способных успешно произрастать на различных сельскохозяйственных землях.

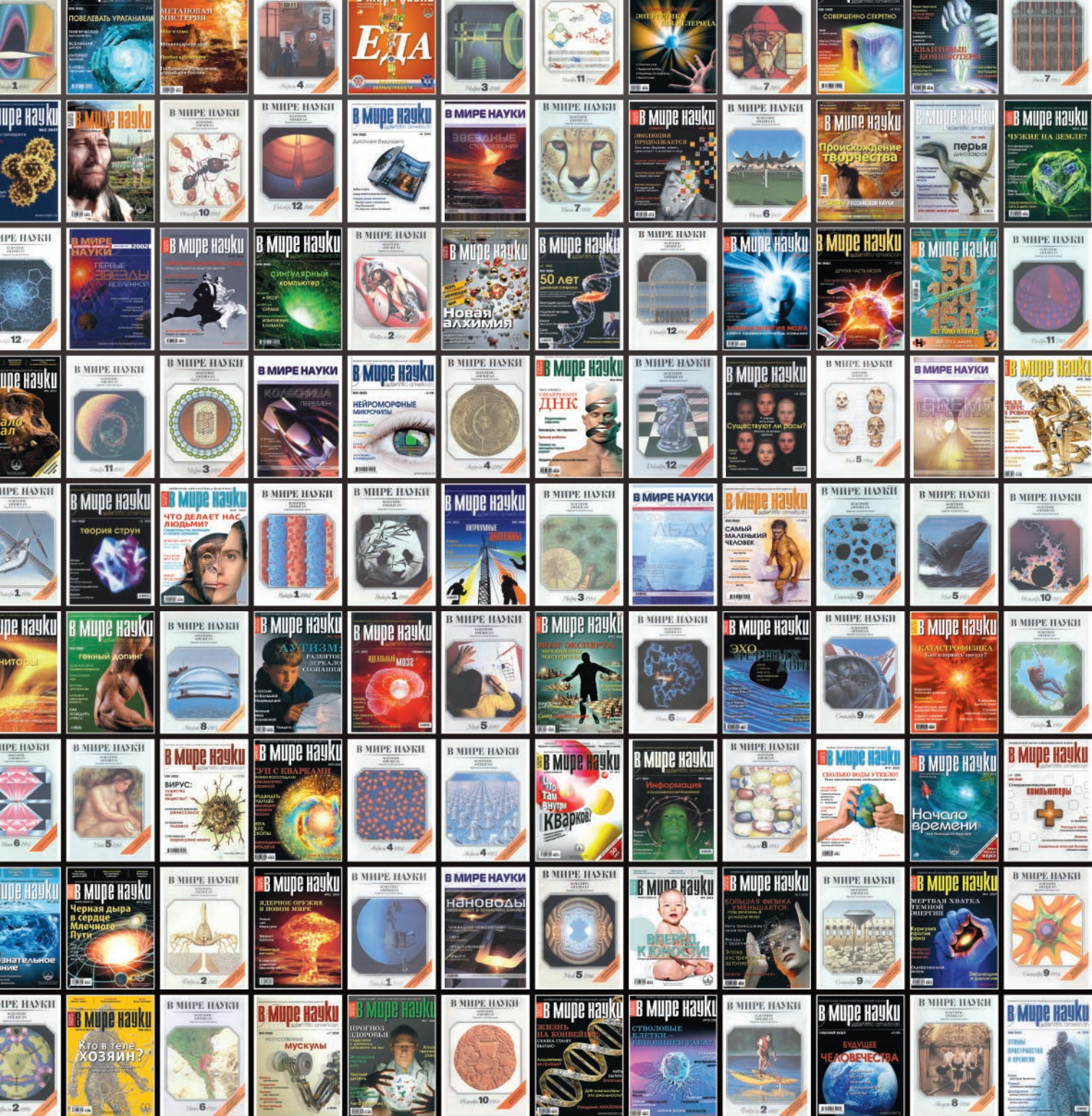
Эти работы — хорошее начало. Но ученые пока не могут с уверенностью судить, какая из перенниационных технологий больше всего подойдет к тем или иным условиям в Африке к югу от Сахары и в других регионах. Нужен более глубокий анализ. Поэтому Рутгерский университет и отдел сельского хозяйства и биоэнергетики одной китайской компании предложили создать всемирную сеть из 27–45 исследовательских станций, охватывающую и Африку. Эти станции должны изучать пригодность ряда деревьев, кустарников и других многолетних растений для местного климата, почвенных условий и культурных традиций. По оценкам ученых, для обеспечения этих станций долгосрочными программами потребуется от \$540 млн до \$1,8 млрд. Затраты же на одно только восполнение потерь азота, фосфора и калия на возделываемых почвах в Африке южнее Сахары оцениваются в \$4 млрд в год. С учетом того, что перенниация может существенно уменьшить эти потери, так как позволит извлекать питательные вещества из более глубоких слоев почвы, а при использовании бобовых существенно снизит потребность в азотных удобрениях, указанные вложения представляются вполне оправданными.

Африканские земледельцы сталкиваются с массой трудностей, но многие из них успешно применяют перенниацию в трудных условиях. Более широкое использование этой стратегии позволит многим из них лучше кормить свои семьи, помогать соседям, обеспечивать себя, нанимать работников и таким образом повысить уровень жизни своих сообществ. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Реганолд Д., Хаггинс Д. Беспашотная обработка почвы: тихая революция // ВМН, № 10, 2008.
- Tripling Crop Yields in Tropical Africa. Pedro A. Sánchez in *Nature Geoscience*, Vol. 3, No. 5, pages 299–300; May 2010.
- Evergreen Agriculture: A Robust Approach to Sustainable Food Security in Africa. Dennis Philip Garrity et al. in *Food Security*, Vol. 2, No. 3, pages 197–214; September 2010.



Хотите знать о науке больше?

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

В мире науки
 SCIENTIFIC AMERICAN

Архив



Анатомиия массовой гибели

Легендарные вулканические извержения в различных регионах мира сегодня считают повинными в четырех из пяти случаев массового вымирания видов на Земле



Ховард Ли

Самые значительные эпизоды затухания жизни на нашей планете в разные исторические периоды приписывали падению астероидов, выделяющим газы микробам или вулканическим извержениям. Так называемая большая пятерка случаев массового вымирания привела к истреблению большинства животных и растений на Земле, в том числе динозавров 66 млн лет назад. Новые данные четко указывают на катастрофические извержения как настоящих виновников вымирания. Высокоточное датирование горных пород позволяет соотнести во времени эти стихийные бедствия с четырьмя основными случаями вымирания и увязать извержения с летальными изменениями в атмосфере, что и будет проиллюстрировано далее.

Например, 251,9 млн лет назад жизнь остановилась в пермском периоде. Тогда исчезло более 95% морских и 70% наземных биологических видов. Приблизительно в тот же период времени в большой магматической провинции Сибирские траппы происходила мощная вулканическая деятельность. Чтобы удостовериться, началась ли геологическая активность до вымирания и могла ли она стать его причиной, геохронолог Сет Берджесс (Seth Burgess) и Сэмюэл Боуринг (Samuel Bowring) из Массачусетского технологического института отправились с коллегами в Сибирь для уточнения геохронологии.

Ученые собрали крошечные кристаллы цирконов и перовскитов из изверженных пород. Во время образования этих кристаллов в них присутствует

уран, который с постоянной скоростью превращается в свинец при остывании на поверхности земли, отношение урана к свинцу показывает, как давно случилось излияние. Как говорилось в отчете, опубликованном в августе 2015 г. в журнале *Science Advances*, большинство извержений на планете начались за 300 тыс. лет до того, как всеобщее вымирание достигло наивысшей точки. Геохимики также обнаружили признаки резкого подъема уровня двуокиси углерода — еще одно следствие смертоносного извержения в атмосферу того времени; аналогичные повышения имели место при вымирании видов в конце девонского, триасового и мелового периодов.

Эти извержения относятся к разряду экстраординарных: выбросы охватывают огромные поля, иногда простирающиеся

на тысячи километров, взрытые кратерами вулканов. Геологи называют такие территории большими магматическими провинциями (БМП). Сегодня остатки извержений образуют обширные поля из затвердевшей лавы в отдаленных районах Азии и других местах. Извержение в этих крупных провинциях было захватывающим зрелищем: магма вырывалась в атмосферу ослепительными фонтанами километровой высоты, раскаленная желтая лава растекалась длинными реками, повсюду распространялся обжигающий серный туман. Но не лава и пепел вызывали настоящее массовое вымирание видов, эту смертоносную спираль закручивали газы двуокиси серы и двуокиси углерода.

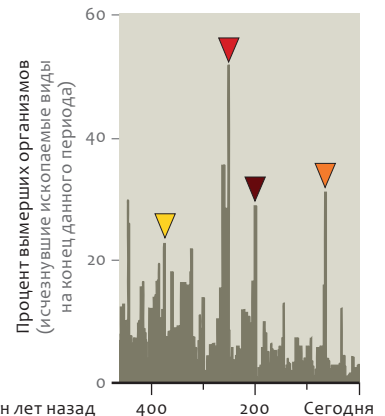
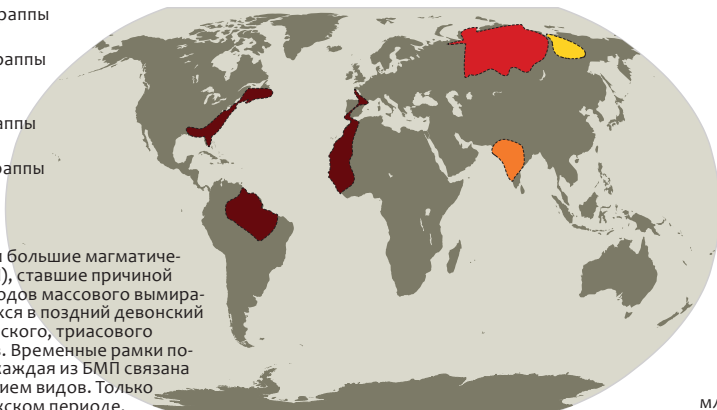
Некоторые новые данные исследований сподвигли геофизика Марка Ричардса (Mark Richards) из Калифорнийского университета в Беркли и геолога Уолтера Альвареса (Walter Alvarez), приверженцев астероидной теории вымирания динозавров, уточнить ее положение. В апреле 2015 г. они опубликовали в *GSA Bulletin* доклад, где высказали предположение, что энергия обрушившегося на Землю астероида ускорила самые сильные извержения в меловой период. Таким образом, исследования вулканической деятельности укрепили теорию ударного воздействия, которая, в отличие от динозавров, продолжает жить.

Перевод: В.И. Сидорова

- БМП Вилюйские траппы
373 млн лет назад
- БМП Сибирские траппы
252 млн лет назад
- БМП Центрально-атлантические траппы
201 млн лет назад
- БМП Деканские траппы
66 млн лет назад

Где и когда

На карте отображены большие магматические провинции (БМП), ставшие причиной четырех из пяти эпизодов массового вымирания видов, случившихся в поздний девонский период, в конце пермского, триасового и мелового периодов. Временные рамки показывают, как тесно каждая из БМП связана с всеобщим вымиранием видов. Только вымирание в ордовикском периоде, 444 млн лет назад, не нашло привязки к БМП.



SOURCES: "CYCLES IN FOSSIL DIVERSITY" BY ROBERT A. ROY AND RICHARD A. MILLER, IN *NATURE*, VOL. 496, MARCH 16, 2015 (SUPPLEMENTARY INFORMATION) (extinction chart); "MARGE IGNEOUS PROVINCES AND SILICICLARGE IGNEOUS PROVINCES: POSSIBLE CORRELATIONS BETWEEN THE LATEST PERMANENT MASS EXTINCTIONS" BY SCOTT W. LARSEN, IN *GSA SPECIAL PAPERS*, VOL. 455, DECEMBER 7-8, 2015 (map); "USGS VOLCANISMUS.GOV AND 'LARGE IGNEOUS PROVINCES AND MASS EXTINCTIONS: AN UPDATE'" BY DAVID P. C. BOND AND PAUL B. WIGNALL, IN *GSA SPECIAL PAPERS*, VOL. 305, 2014 (caption volumes); illustration by Emily Cooper

4

Диоксид серы достигает стратосферы, где потоки воздуха разносят его по всему свету. Это химическое соединение отражает солнечный свет и на время охлаждает Землю. Затем оно выпадает в виде сернокислых дождей, которые могут быть такими же агрессивными, как аккумуляторная кислота.

3

Кислотный туман распространяется при извержениях на тысячи километров, выжигая живые организмы и закрывая солнце. Спешившие осадочные породы выделяют в атмосферу огромное количество углекислого и сернистого газов, влияющих на климат. Тепловое излучение создает бурные вихревые потоки воздуха, возможно, обеспечивая «горючим» возникновение огненного урагана — «гипергана».

5

Диоксид углерода, попадая при извержениях в атмосферу, вызывает мощное глобальное потепление, которое длится тысячу лет. Этот газ также растворяется в воде океанов, вызывая ее закисление. Потеплевшие океаны становятся кислорододефицитными мертвыми зонами. Образующиеся при извержениях галогенуглеводороды разрушают озоновый слой, открывая все живое на Земле вредному воздействию ультрафиолетового излучения. Все эти факторы смертельны для большинства живых организмов на суше и в море, и в результате наступает их катастрофическое вымирание.

2

Расплавленное вещество восходящих потоков и глыб литосферы образуют магму, которая, вздымаясь, дает сотни разрывов. Она извергается фонтанами километровой высоты, а лавовые потоки растекаются на сотни километров.

1

Стадии катастрофы

Убийца зарождается глубоко в недрах Земли, на границе пышущих жаром ядра и мантии. Раскаленное вещество мантии с погрешенными обломками земной коры образует восходящий поток шириной более 800 км. В течение миллионов лет этот мантийный плюм продвигается к поверхности земли, в слой, называемый литосферой (коричневый и серый).

Крупнейшие выбросы

Количество лавы и пепла, изверженных в четырех магматических провинциях, затмевает многие из крупнейших извержений, в том числе вулканов Пинатубо в 1991 г. и Сент-Хеленс в 1980 г. Даже Йеллоустонский супервулкан 2,1 млн лет назад был значительно меньше.

Приблизительные объемы извержений

Вулкан Сент-Хеленс
0,25 км³

Вулкан Пинатубо
5 км³

Йеллоустонский супервулкан
2450 км³

Виллоиские траппы (БМП)
1 млн км³

Деканские траппы (БМП)
2,5 млн км³

Центрально-атлантические траппы (БМП)
4 млн км³

Сибирские траппы (БМП)
4 млн км³

Гиперган

Верхние слои земной коры

Нижние слои земной коры

Кровля верхней мантии

Литосфера

Мантийный плюм

Граница ядра и мантии (не показана)

ПЛОВЦЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Благодаря умелому использованию законов физики медузы стали самыми энергоэффективными подводными пловцами из всех обитателей моря

Джош Фишман

Медузы всегда в движении. 24 часа в сутки, семь дней в неделю они плавают в толще воды в поисках пищи (рачков, личинок рыб и прочей мелкой живности), порой преодолевая за день несколько километров. Плавают они более эффективно, чем грациозные дельфины, стремительные акулы и другие морские существа, затрачивая при этом гораздо меньше энергии на единицу веса. «Количество кислорода, необходимое медузам для перемещения в толще воды, на 48% меньше, чем нужно каким-либо другим плавающим животным», — говорит Брэдфорд Джеммелл (Bradford J. Gemmell), морской биолог из Университета Южной Флориды. Изучая передвижение обыкновенных, или ушастых медуз (*Aurelia aurita*), Джеммелл и ряд других исследователей недавно обнаружили, что во время плавания эти существа создают вокруг своего тела зоны высокого и низкого давления, которые попеременно «засасывают» (тянут) их и толкают вперед.

Когда-то ученые объясняли легкость, с которой плавают медузы, тем, что их тело состоит в основном из воды, а потому в воде почти невесомо. Но вода тоже имеет массу, которую необходимо приводить в движение. Поэтому Джеммелл, инженер Джон Дабири (John Dabiri) и их коллеги решили изучить плавание медуз более обстоятельно. Поместив медузу в аквариум, они начали бросать в него крошечные стеклянные бусины. Освещая бусины лазером, исследователи могли точно отслеживать их перемещения с помощью высокоскоростной камеры и, соответственно, оценивать скорость движения воды и уровень давления вокруг тела животного.

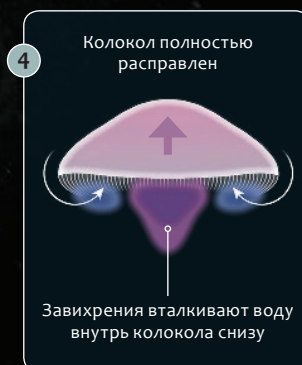
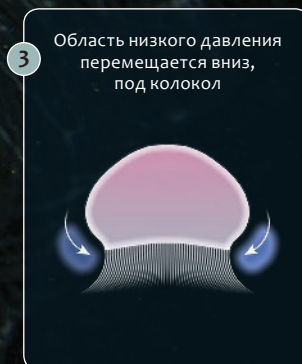
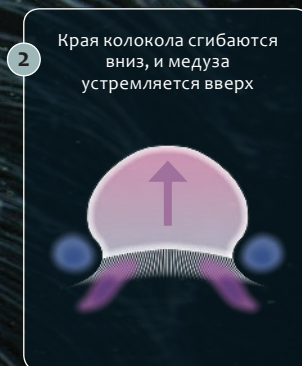
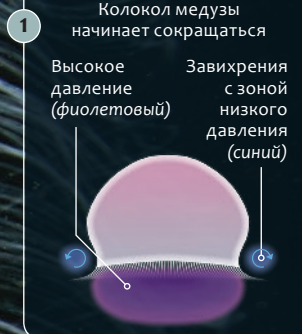
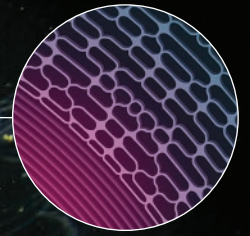
Когда медуза сокращала зонтик (колокол), снаружи него возникла область пониженного давления, а внутри — повышенного. Поскольку физические тела перемещаются из области высокого давления в область низкого, животное продвигалось вперед. Сообщение об этом открытии ученые опубликовали в 2015 г. в онлайн-журнале *Nature Communications*.

А затем исследователей ждал сюрприз. Оказалось, что, когда медуза расправляет края колокола, вода, находящаяся под ней под высоким давлением, устремляется в ее внутреннюю полость. «В результате получается еще один толчок, и животное вновь устремляется вперед, хотя края зонтика при этом расправлены», — говорит Джеммелл. Чтобы осуществлять такие движения, медуза должна гнуть края зонтика вверх-вниз. У медуз есть мышцы, но большинство из них опоясывают тело животного наподобие резиновых лент. Такая компоновка мускулатуры очень удобна для сокращения колокола. Недавно, однако, биолог из Университета Северной Каролины в Уилмингтоне Ричард Сэттерлай (Richard Satterlie) обнаружил по краям колокола другие мышцы, расположенные под углом к кольцевым. Эти волокна и обеспечивают гнание края зонтика и перемещение воды вокруг тела медузы, делая это существо самым энергоэффективным морским пловцом. ■

Перевод: В.В. Свечников



Большинство мышечных волокон опоясывают тело медузы кольцом, но по краям зонтика они образуют сеть, помогая животному сгибать их вверх-вниз



Как плавает медуза

Медузы создают вокруг своего тела зоны высокого и низкого давления, а затем перемещаются из зон высокого давления в зоны низкого. Опуская в аквариум с медузой крошечные стеклянные шарики, ученые могли наблюдать, как по поверхности тела медузы сверху вниз скатываются вихревые потоки с относительно низким давлением воды. На верхнем рисунке со схематическим изображением медузы **1** в продольном разрезе эти вихревые потоки показаны в виде двух синих водоворотов. Когда зонтик сокращается, в его полости возникает повышенное давление, заставляющее животное переместиться вверх — в область пониженного давления **2**. Сгибая края колокола, медуза направляет вихревые потоки вниз **3**. Оказавшись под телом медузы, вращающийся вихрь толкает воду вверх, и животное вновь устремляется вперед **4**.

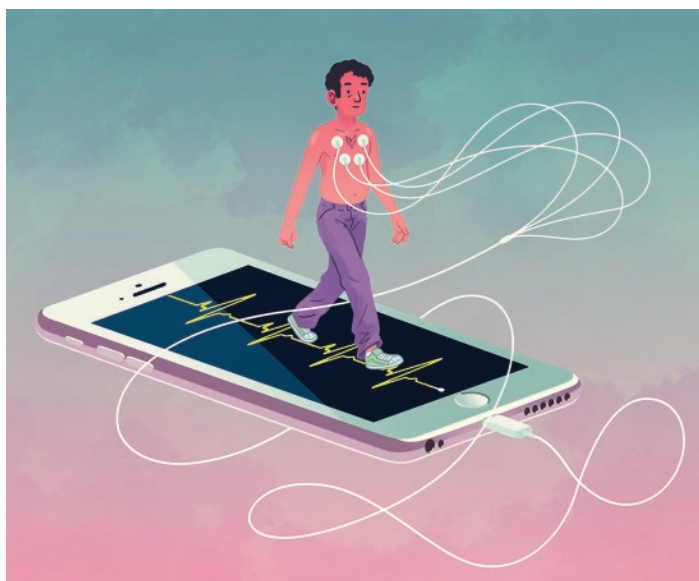
ОБ АВТОРЕ

Дэвид Поуг (David Pogue) — главный обозреватель портала персональных информационных технологий Yahoo Tech, ведущий научно-популярного документального телесериала NOVA на канале PBS.



Смартфон на службе здоровья

Смартфоны могут изменить характер массовых медицинских исследований — потому что теперь мы все можем в них участвовать



В ходе одного из недавних исследований по теме рака груди эпидемиолог Катрин Шмитц (Kathryn H. Schmitz) из Университета Пенсильвании разослала 60 тыс. писем. На них откликнулась 351 женщина. На заполнение анкеты каждая участница потратила 30 минут и более. В сфере медицинских исследований подобные трудоемкие способы поиска испытуемых — норма. Но ведь есть же несметное количество информации, хранящейся в миллиардах смартфонов и 70 млн портативных устройств для мониторинга состояния здоровья, которые мы ежегодно покупаем. Их датчики ежедневно генерируют терабайты данных, отражающих активность нашего организма во время бодрствования и сна. Такие данные были бы невероятно полезны в медицинских исследованиях — если бы только ученые смогли их заполучить. И вот впервые в истории это стало возможным. На помощь приходит бесплатная программа от компании Apple под названием *ResearchKit* («Набор исследователя»).

ResearchKit позволяет ученым создавать мобильные приложения, которые формируют базу испытуемых и собирают информацию. Участник исследования точно знает, кому идет эта информация, и может в любой момент отказаться от передачи любой ее части. Данные поступают непосредственно в научную организацию; Apple доступа к ним не имеет.

Приложения собирают как субъективную информацию («Какое у вас сегодня самочувствие?»), так и данные с мобильного телефона, полученные с помощью микрофона, видеокамеры, датчика движения, датчика GPS и т.д. Получается, вместо того чтобы раз в полгода проводить новое анкетирование, вы обновляете данные сотни, если не тысячи раз в день.

Прежде чем выпустить в свет *ResearchKit*, фирма Apple вместе с ведущими учреждениями поработала над созданием первой линейки

из пяти приложений. Кардиолог Майкл Макконнелл (Michael McConnell) вместе с группой ученых с медицинского факультета Стэнфордского университета разработали, например, приложение *My Heart Counts* для мониторинга состояния сердечной мышцы. Приложение отслеживает вашу физическую активность (с помощью датчика движения на смартфоне) и требует раз в три месяца проходить контрольное испытание при ходьбе. Программа сопоставляет и анализирует данные о ваших активности, здоровье и факторах риска за определенный период времени; в итоге она выдает индивидуальные рекомендации — то, чего при традиционных исследованиях обычно не делается. В течение первых же 24 часов 10 тыс. участников включились в исследование.

«*ResearchKit* решает ряд проблем, возникающих в клинических исследованиях», — рассказывает Макконнелл. С помощью этого инструментального набора можно привлечь к исследованию больше людей, снизить расходы и ускорить передачу исходных данных, говорит он.

Эрик Шадт (Eric Schadt), ученый-генетик из Школы медицины им. Карла Икана Медицинского центра Маунт-Синай в Нью-Йорке, создал приложение под названием *Asthma Health* для людей, страдающих астмой. Программа ежедневно отслеживает самочувствие человека и сопоставляет эти данные с состоянием погоды, загрязнением воздуха и концентрацией пылицы растений в данной местности (эти данные поставляются устройством GPS на смартфоне). В течение трех суток приложение загрузило 5 тыс. больных астмой. По словам Шадта, раньше ему потребовалось бы несколько лет, чтобы привлечь такое количество испытуемых. А до этого появились и другие приложения, в том числе *GlucoseSuccess* (для мониторинга диабета), *mPower* (для болезни Паркинсона) и *Share the Journey* (для мониторинга рака груди). Все приложения бесплатны. В последних трех исследованиях можно участвовать, даже если у вас нет этих заболеваний; ваши данные пригодятся в качестве контрольной группы.

Кажется, все прекрасно, только какая в этом польза для Apple?

Первое, что приходит на ум: «Конечно же, что-то продать больше айфонов». Однако вот что самое замечательное: *ResearchKit* — это бесплатный

программный продукт Apple с открытым кодом. Он доступен для всех, в том числе для конкурентов Apple, таких как Google и Samsung, — для использования, модификации и включения в другие программные продукты.

Идея *ResearchKit* кажется многообещающей. Однако стоит отметить, что круг участников исследований ограничен владельцами смартфонов. Речь также не идет об исследованиях, которые требуют рентгенов и томографий, лабораторных анализов или точности результатов, возможной лишь в условиях стационара.

Но по сравнению с индивидуальным обследованием или даже обследованием по Интернету эти приложения могут быть гораздо более актуальными и доступными в использовании, а также способны выдавать больше разнообразной и полезной информации. Исследования, которые раньше занимали много времени, были ограничены количеством испытуемых и территорией охвата, теперь могут быть быстрыми, масштабными и глобальными. А это значит, что мы будем здоровее и проживем дольше. ■

Перевод: С.В. Гогин



Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Академик М. А. Грачев: «Кризис я называю “загадкой” века, поскольку, по крайней мере, за 100 последних лет научных наблюдений на Байкале подобной беды не случалось ни разу»

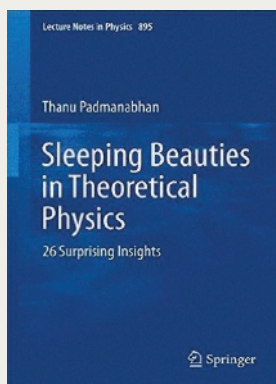
Определить вид «подозреваемой» в причинах кризиса на Байкале, печально известной водоросли спиригиры, можно только «застукав» ее на стадии полового размножения

Обонятельные нейроны желтокрылых широколобок во время нереста способны видоизменяться: рецепторные клетки становятся секреторными и начинают выделять молекулы в окружающую среду

«Кремниевые нанотехнологии» диатомовых микроводорослей могут стать основой принципиально новых биотехнологических производств

Чтобы раскусить «домика» из диоксида кремния, в котором прячутся диатомовые водоросли, крохотный байкальский рачок эпишура отрастил себе кремниевую «зубную» коронку

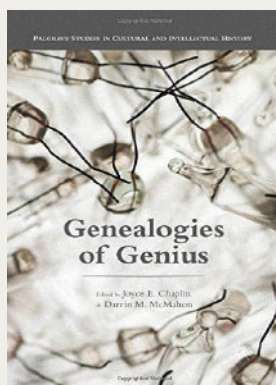
www.scfh.ru



Тхану Падманабхан. «Спящие красавицы» теоретической физики: 26 удивительных озарений (Thanu Padmanabhan. *Sleeping Beauties in Theoretical Physics: 26 Surprising Insights*)

Книга известного индийского ученого, профессора Пунского университета Тхану Падманабхана — настоя-

щий подарок всем, кто интересуется современной физикой. Она написана крупным ученым-космологом и охватывает широчайший круг вопросов — от ньютоновой оптики до квантовой теории поля. Важно, что автор сосредоточивает свое внимание на темах, которые не затрагиваются в стандартных учебниках. Он показывает, как осознание связей между казавшимися не связанными областями теоретической физики приводят к появлению совершенно новых представлений об устройстве пространства. Каждая тема обсуждается на простых и доступных для понимания примерах. Книга предназначена и для тех, кто работает со студентами разных уровней, потому что содержит яркие методические примеры и подходы к труднейшим для понимания областям современной науки.

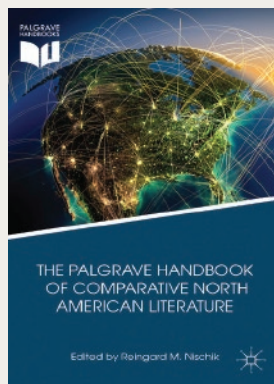


Даррин Макмахон и Джойс Чаплин. Генеалогия гения (Joyce Chaplin, Darrin McMahon. *Genealogies of Genius*)

Проблеме гениальности посвящено большое количество исследований, но парадокс заключается в том, что практически никто не занимался анализом самого феномена гениальности на широком историческом фоне. Предлагаемая книга ликвидирует этот пробел, рассматривая феномен гения в широком историческом контексте — от античности до французской

революции, викторианской Англии и большевистской России. Благодаря междисциплинарному подходу редакторов, объединивших усилия историков, социологов и психологов из ведущих американских и европейских университетов, удалось проследить нелегкую судьбу одаренных людей практически во всех исторических условиях. Показано, что и в революционной Франции, и в нацистской Германии, и в викторианской Англии одаренные люди испытывали одни и те же нравственные муки, поскольку оказывались перед выбором, чему служить — добру или злу. Иногда оказывалось, что изначально гуманистические устремления, направленные на улучшение человеческого рода, становились обоснованием чудовищных преступлений против человечества.

революции, викторианской Англии и большевистской России. Благодаря междисциплинарному подходу редакторов, объединивших усилия историков, социологов и психологов из ведущих американских и европейских университетов, удалось проследить нелегкую судьбу одаренных людей практически во всех исторических условиях. Показано, что и в революционной Франции, и в нацистской Германии, и в викторианской Англии одаренные люди испытывали одни и те же нравственные муки, поскольку оказывались перед выбором, чему служить — добру или злу. Иногда оказывалось, что изначально гуманистические устремления, направленные на улучшение человеческого рода, становились обоснованием чудовищных преступлений против человечества.



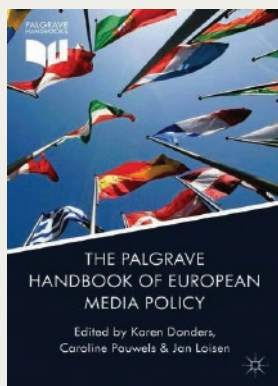
Моника Нищик. Сравнительный справочник по литературам Северной Америки (Monica Nischik. *The Palgrave Handbook of Comparative North American Literature*)

Книга, составленная по замыслу профессора Констанцкого и Оттавского университетов Моника Нищик, показывает, каких удивительных

результатов можно достичь благодаря сотрудничеству филологов, историков, социологов и психологов. Ведущие профессора крупнейших университетов США, Канады и Германии создали внушительную панораму эссе, в которых открыли новые грани литературной истории североамериканского региона. Они сосредоточили свое внимание не на творчестве крупнейших представителей какой-либо национальной литературы, а на тех механизмах взаимодействия, которые можно наблюдать в столь многоконтактном регионе, как США, Мексика и Канада. Показано, что в литературах США и Канады периода заселения существует многоуровневая система общих универсалий, во многом аналогичная той, что сложилась гораздо позже в Мексике.

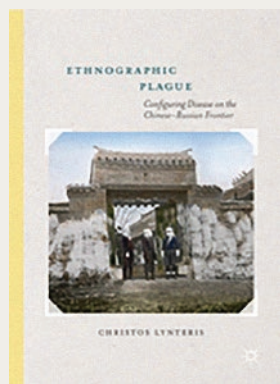
В нескольких статьях анализируются региональные и провинциальные литературы, сопоставление которых также дает интересные результаты. Сравнение

литературного процесса Востока и Запада США оказалось во многом аналогичным компаративному анализу канадской и квебекской региональных традиций. Помимо множества интересных фактов, книга предлагает методологию организации и проведения подобных исследований, которая может быть применена в других многонациональных регионах.



Карен Дондерс и Ян Лойзен. Справочник по европейской медиаполитике (Karen Donders, Jan Loisen. *The Palgrave Handbook of European Media Policy*)

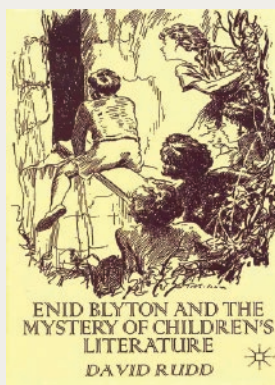
Редакторы книги, профессора Брюссельского свободного университета, собрали команду ведущих экспертов медиаотрасли из Британии, Бельгии, Швейцарии и Нидерландов, чтобы обеспечить всесторонний анализ такого многогранного феномена, как европейская политика в области СМИ. Естественно, объем справочника позволил рассмотреть лишь наиболее существенные вопросы, такие как интеллектуальное авторское право и правила конкуренции, а также опыт, накопленный в разных странах. Важно, что в поле зрения авторов находятся не только все виды современных СМИ, но и смежные отрасли, в частности Интернет, кино и телевидение. Книга предназначена для всех, кто занят изучением европейских СМИ, в том числе для студентов разных уровней, написана в доступной форме, напоминающей лекцию. Она не только отражает современные взгляды на различные отрасли европейской политики в области массмедиа и СМИ, но и показывает, какими нелегкими путями шла наработка современного опыта. В ряде статей рассматриваются такие проблемы, как взаимодействие телевидения разных стран и создание европейской системы *HDTV*.



Кристос Линтерис. Этнография чумы. Развитие болезни на русско-китайском пограничье (Christos Lynteris. *Ethnographic Plague. Configuring Disease on the Chinese-Russian Frontier*)

Книга профессора антропологии Кембриджского университета Кристоса Линтериса предлагает нетрадиционный взгляд на эпидемию легочной чумы, потрясавшую Китай, Японию и Россию на протяжении нескольких веков. Оставив в стороне

медицинские проблемы, Линтерис пытается разобраться в воздействии традиционных культур различных народов на распространение болезни и борьбу с ней. Ведь только после открытия чумной бактерии в 1894 г. исследование этой болезни стало прерогативой бактериологии. Чтобы собрать необходимые материалы, Линтерис совершил несколько экспедиций в пограничные районы Китая и Монголии, а также по районам расселения бурятского населения в Забайкалье. Он прослеживает постепенное накопление знаний об этой болезни в традиционных культурах и показывает, что к началу медицинской борьбы с чумой буряты и монголы не просто осознали масштабы этой болезни и ту угрозу, которую она для них представляла, но и разработали немедицинские способы противодействия эпидемии. Автор показывает, что при изучении развития эпидемических болезней в районах с традиционными культурами необходимо учитывать и этнографический компонент.



Дэвид Радд. Энид Блайтон и магия детской литературы (David Rudd. *Enid Blyton and the Mystery of Children's Literature*)

Книга Дэвида Радда, профессора Роэзмптонского университета в Лондоне и признанного специалиста по современной детской литературе, посвящена творчеству Энид Блайтон (1898–1968) — писательницы, книги которой давно стали классикой. Она известна как автор серии приключенческих повестей с одними и теми же главными героями. По указателю переводов ЮНЕСКО количество изданий Блайтон на 90 языках уступает Шекспиру, но превосходит Ленина.

Радд анализирует творчество Блайтон как единый художественный мир, поскольку три ее главные серии («Великолепная пятерка», «Пять юных сыщиков и верный пес» и «Секретная семерка») объединены общими героями — подростками и местом действия — британской провинцией. Один из наиболее известных персонажей писательницы — подросток Нодди, появляющийся в рассказах для маленьких детей, которые только учатся читать.

Радд прослеживает, как книги Энид Блайтон — приключенческая детская литература, иногда с элементами фэнтези, иногда с привлечением магии — завоевали сердца читателей. Они до сих пор остаются чрезвычайно популярными в Великобритании и во многих других странах мира, в том числе в России, благодаря своему положительному заряду. ■

Подготовил Федор Капица

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 2016 г. составит:

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

Для юридических лиц: **1500 руб.**

Стоимость одного номера журнала: за 2014 г. — **100 руб.**, за 2015 г. — **120 руб.**, за 2016 г. — **130 руб.**

(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
2016 г.	объединенный выпуск				объединенный выпуск			объединенный выпуск				
2015 г.					объединенный выпуск			объединенный выпуск				
2014 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 физических лиц, 19559 — для юридических лиц;
«Почта России», подписной индекс: 16575 — для физических лиц, 11406 — для юридических лиц;
каталог «Пресса России», подписной индекс: 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

В мире науки
SCIENTIFIC AMERICAN

Senior Vice President and Editor in Chief:

Executive Editor:

Managing Editor:

Managing Editor, Online:

Design Director:

News Editor:

Senior Editors:

Associate Editors:

Podcast Editor:

Mariette DiChristina

Fred Guterl

Ricki L. Rusting

Philip M. Yam

Michael Irak

Robin Lloyd

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

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon,

Ferris Jabr, John Matson

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

© 2016 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:



Взлет млекопитающих

Вопрос о том, как и когда млекопитающие стали господствующей группой позвоночных животных на Земле, долгое время оставался для ученых загадкой из-за недостатка ископаемых свидетельств. Недавние находки окаменелостей помогли им лучше понять роль, которую сыграло вымирание динозавров в ранней эволюции зверей.

Видеоигры — тренажер для мозга

Охота на зомби и борьба с инопланетянами, по данным последних исследований, могут способствовать стабильному улучшению умственных способностей.

Наше место во Вселенной

Оказывается, Млечный Путь — это часть сверхмассивного скопления галактик, которые образуют одну из самых больших известных структур во Вселенной. Это открытие — только начало новой работы по картографированию космоса.

Звездные фейерверки

Каждый год на ночном небе тысячи взрывающихся звезд предстают перед нами в самых причудливых формах. Почему звезды взрываются?

Бурение до землетрясений

Ученые все больше укрепляются во мнении о существовании взаимосвязи между землетрясениями и добычей нефти и газа, но власти запаздывают с реакцией на это.

Морские Эйнштейны

Некоторые виды рыб, оказывается, весьма неплохо соображают. Более

того, временами они даже способны пользоваться орудиями.

Специальный репортаж: расцвет искусственного интеллекта

Перспективы появления автомобилей без водителя и самообучающегося программного обеспечения вновь пробудили интерес к искусственному разуму — а заодно и страхи, что наши машины однажды могут восстать против нас.

Металлическое двуногое

Почему настолько сложно создать робота, который мог бы ходить, как человек?

Оранжевый туман

Вьетнам настаивает на том, что долгосрочные последствия распыления вооруженными силами США дефолианта Agent Orange отражаются на здоровье детей и внуков тех, кто контактировал с этим веществом во время войны. Ученые пока не пришли к единому мнению по этому вопросу.

Второе пришествие Эболы

Эпидемия лихорадки Эбола завершилась, однако многие выжившие страдают от ее последствий, таких как проблемы с глазами, мышечные и суставные боли, а также неврологические расстройства.

По следам тигра

Количество тигров сократилось до 7% от их прежней численности. Необходим тщательный мониторинг нескольких десятков популяций, от которых зависит судьба всего вида. Однако для этого часто используются устаревшие и неточные методы, поэтому очень важно внедрение новейших технологий.



ISSN 0208-0621



16007



9 770208 062001



Цикл телепрограмм ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР



Автор и ведущая —

Эвелина Закамская

РОССИЯ 24

**очевидное
невероятное**



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия



Дирк Хельбинг:
как выжить
в информационной
лавине

Виктор Матвеев:
увидеть миг
рождения материи



Джон Перкинс:
исповедь
раскаявшегося шпиона

Майкл Газзанига:
автор концепции
«криминального мозга»



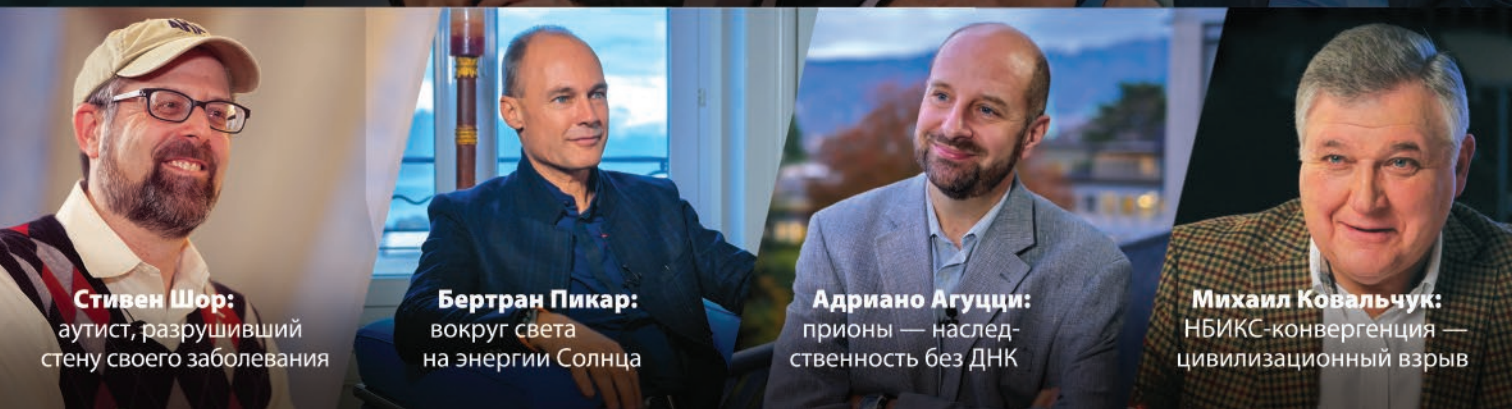
Джин Шарп:
человек,
взорвавший мир

Ноам Хомский:
интеллектуал
Западного полушария



Дэвид Гросс:
физика — это приключение

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



Стивен Шор:
аутист, разрушивший
стену своего заболевания

Бертран Пикар:
вокруг света
на энергии Солнца

Адриано Агуцци:
прионы — наслед-
ственность без ДНК

Михаил Ковальчук:
НБИКС-конвергенция —
цивилизационный взрыв