

АСТРОНОМИЯ
Космические
ископаемые

МЕДИЦИНА
Как облегчить
хроническую боль

КЛИМАТ
Крайности погоды
становятся нормой

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sci-ru.org

№2 2015

12+

АТОМНОЕ
ЛЕГО

ПЕРЕПРОГРАММИРУЕМЫЕ
КЛЕТКИ

НОВЫЙ
РЕДАКТОР ДНК

ПРОЗРАЧНЫЕ
ЖИВОТНЫЕ

АКУСТИЧЕСКИЕ
БАТАРЕИ

10 прорывных
технологий

КОРРЕКТИ-
РУЮЩИЕ
ЗРЕНИЕ
ДИСПЛЕИ

Мартовские ТЕЗИСЫ

260 лет МГУ





62



104

СОДЕРЖАНИЕ

Февраль 2015

Главные темы номера

Наука и общество

НАУКА — ЭТО ТВОРЧЕСТВО

Валерий Чумаков

Разговор о судьбе Российской академии наук в пору самого масштабного в ее истории реформирования с президентом РАН **Владимиром Фортовым** и академиком **Валентином Смирновым**



In memoriam

14 ФЕВРАЛЯ — ДЕНЬ ПАМЯТИ С.П. КАПИЦЫ

Во исполнение указа президента РФ об увековечении памяти выдающегося ученого и просветителя в Москве появилась улица Сергея Капицы

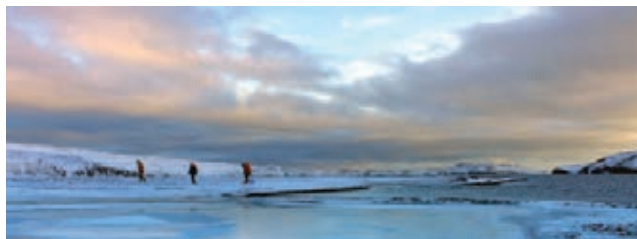


Геополитика

АРКТИКА — ЭТО ВСЕРЬЕЗ И НАДОЛГО

Валерий Чумаков

Президент РАН **Владимир Фортков**, директор ИМЭМО РАН **Александр Дынкин**, академик **Алексей Конторович** — о планах, проблемах и перспективах освоения российского сектора Арктики



Я НА СТОРОНЕ НАУКИ

Вице-президент РАН, директор Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ, заслуженный юрист РФ **Талия Хабриева** — о положении дел в российском законодательстве и в арктическом праве



Радиационная медицина

ГРАНИ СУДЬБЫ

Владимир Губарев

Лауреат Нобелевской премии мира академик **Леонид Ильин** — об атомном проекте, радиопротекторах и других средствах защиты от ядерного оружия, ликвидации последствий чернобыльской аварии и необходимости мира во всем мире



Изменяющие мир идеи — 2014

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ДЖИНН

Маргарет Нокс

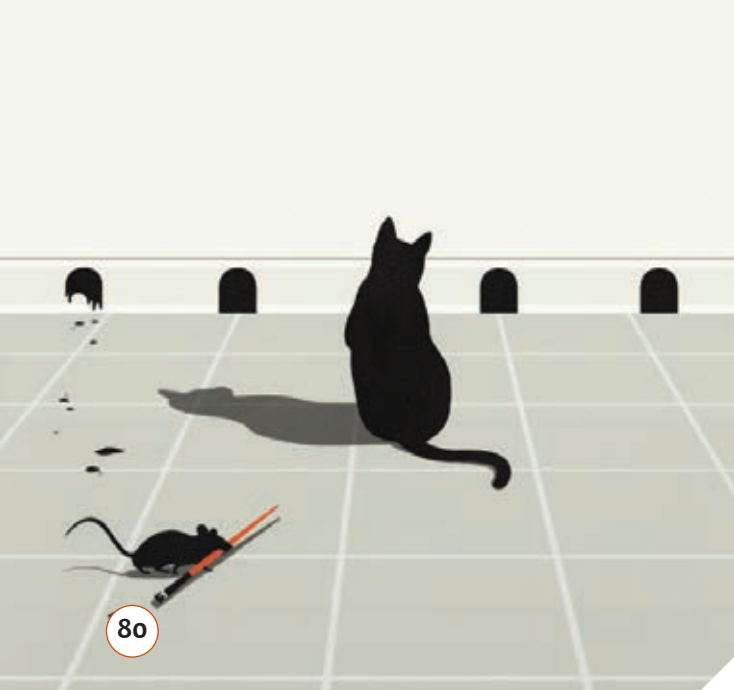
Метод редактирования ДНК, основанный на феномене запоминания бактериями вирусов, может совершить настоящую революцию в медицине

ЕЩЕ ДЕВЯТЬ НОВАТОРСКИХ ИДЕЙ

Райан Брэдли, Андрей Гейм, Рэйчел Ньюер и Бен Фогелсон

Программируемые клетки, прозрачные организмы, топливный элемент, работающий на слюне, корректирующий зрение дисплей, атомное «Лего», сверхтвердые перерабатываемые пластмассы, беспроводная зарядка с помощью звуковых волн, батареи, заряжаемые отбросным теплом, видеокамеры для наночастиц





80

Идеи, меняющие мир

СОТВОРЕНИЕ СУЩЕГО: КОЛЛАЙДЕР НИКА СМОДЕЛИРУЕТ ПРОЦЕСС РОЖДЕНИЯ МАТЕРИИ

Ольга Платицина

В дубнинском ОИЯИ сейчас идут строительство двух подземных колец сверхпроводящего коллайдера, а также разработка и монтаж оборудования ускорительного комплекса НИКА. Посмотреть, как создается будущее ядерной физики, отправилась съёмочная группа программы «Идеи, меняющие мир»

46



Астрономия

ОХОТА ЗА РЕЛИКТАМИ В МЛЕЧНОМ ПУТИ

54

Кэтрин Джонстон

На заре своей истории Млечный Путь с жадностью пожирал множество крошечных галактик. Россыпи космических обломков, избежавших этой участи, дают новые факты о том, как образовался наш уголок Вселенной



Климат

СТРУЙНОЕ ТЕЧЕНИЕ СТАНОВИТСЯ ФАТАЛЬНЫМ

62

Джефф Мастерс

Погодные катаклизмы, наблюдавшиеся в последние четыре года, могут стать нормой



98

История науки

ОТ ТОКАМАКА ДО ИНТЕРНЕТА

72

Валерий Чумаков

Интервью с патриархом российской науки, президентом НИЦ «Курчатовский институт» академиком **Евгением Велиховым**



Иммунология

ИЛЛЮЗИЯ ИММУНИТЕТА

80

Адам Кухарски

По данным компьютерного моделирования, когда иммунная система встречается с новым штаммом вируса гриппа, слабо отличающимся от предыдущих, она «закрывает глаза» на него

Медицина

БОЛЬ, КОТОРОЙ НЕТ КОНЦА

88

Стефани Сазерленд

Хроническая боль может принимать разные формы и не реагировать на лекарства. На основе современных представлений о причинах боли создаются новые способы борьбы с ней

Археология

СКАЗ О БОГЕ ГРОЗЫ

98

Зак Зорич

Найденное недавно произведение изобразительного искусства майя рассказывает о борьбе двух древних сверхдержав

Биология

ПАУЧЬЯ ХИТРОСТЬ

104

Химена Нельсон

На что только не идут некоторые пауки, чтобы достоверно имитировать внешний вид и поведение муравьев

Разделы

Технофайлы

97, 103

50, 100, 150 лет тому назад

109

Книжное обозрение

110

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки**

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

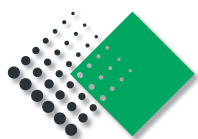


НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Сибирское отделение РАН

PETER



SERVICE



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ

о ч е в и д н о е



н е в е р о я т н о е

Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортон

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель главного редактора:

А.Ю. Мостинская

Зав. отделом естественных наук:

В.Д. Ардаматская

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

В.С. Губарев, Ф.С. Капица, В.Ю. Чумаков

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

акад. РАН Е.П. Велихов; акад. РАН

А.А. Дынкин; акад. РАН Л.А. Ильин;

проф. В.Д. Кекелидзе; акад. РАН А.Э. Конторович;

акад. РАН В.А. Матвеев; акад. РАН В.П. Смирнов;

вице-президент РАН Т.Я. Хабриева

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, О.Л. Беленицкая,

А.Н. Божко, О.В. Калантарова, А.П. Кузнецов, И.В. Ногаев,

А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, В.И. Сидорова, В.Э. Скворцов,

Н.Н. Шафрановская

Верстка:

А.Р. Гукасян

Дизайнер:

Я.В. Крутий

Корректур:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета

НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.Е. Фортон

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 ОАО «Можайский полиграфический комбинат»,



143200, г. Можайск, ул. Мира, 93, www.oaompk.ru,

www.oaompk.pф, тел.: 8 (495) 745-84-28, 8 (4963) 82-06-85

Заказ № 0723

© **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.

**НАУКА должна
быть открыта
и демократична.**

РАН — это академическая свобода,
профессионализм, выборность, гласность,
самоорганизация и самоуправление.

ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА —
реализовать заложенный президентом
России принцип разделения компетенций
между учеными и администраторами.

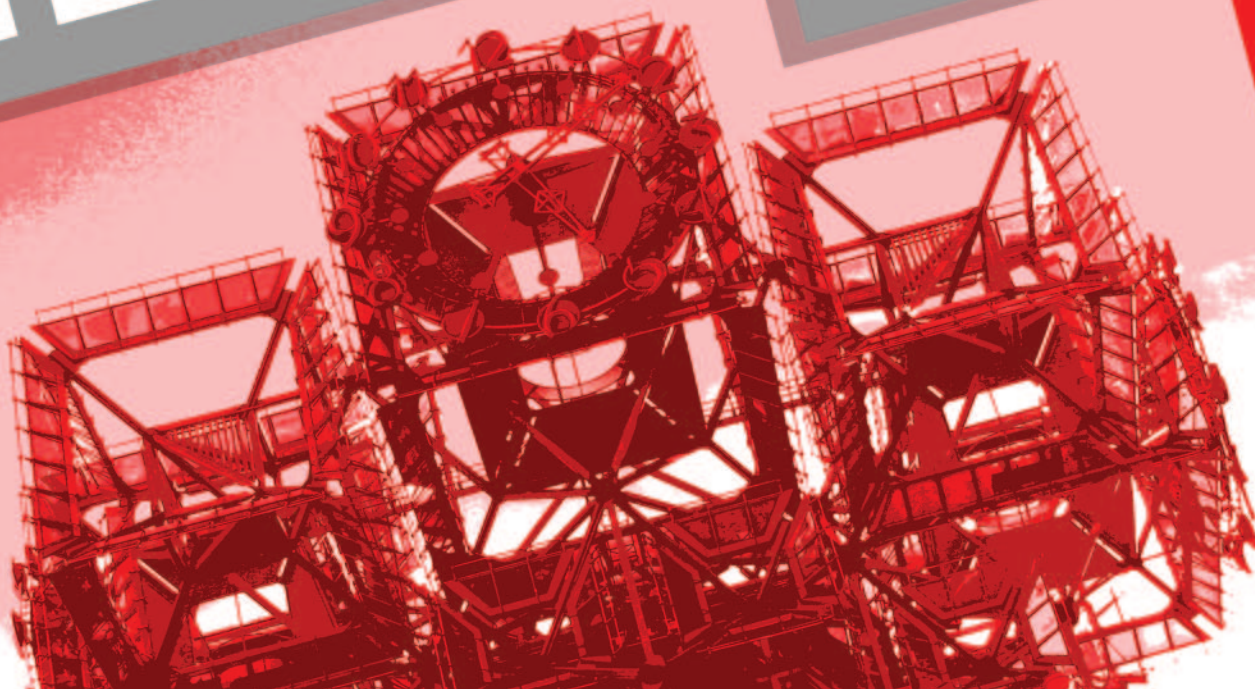
Проект «**ПРОФЕССОР РАН**» — новая ступень
в структуре академии и стимул для молодых ученых.

Надо будет бороться
за финансирование больших
фундаментальных проектов.

Создание
ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ ФИЗИКИ —
яркое и правильное событие
в жизни российской науки.

МАРТОВСКИЕ ТЕЗИСЫ

Ученые сами должны
выбирать себе
партнеров,
объединяться в целях
познания природы



НАУКА —

ЭТО ТВОРЧЕСТВО

Полтора
года назад

Правительство РФ

начало процесс масштабного

реформирования отечественной науки.

О том, как себя чувствует в этих условиях

Российская академия наук, какие проблемы перед ней стоят,

что уже изменилось и что еще должно измениться, мы решили

поговорить с президентом РАН Владимиром Евгеньевичем Фортковым

и академиком Валентином Пантелеймоновичем Смирновым

— **Владимир Евгеньевич, вы руководите РАН уже полтора года. Те же полтора года идет ее реформа. Что за это время изменилось?**

В.Ф.: Очень многое. Произошла передача административно-хозяйственных функций от РАН к ФАНО. Это крайне болезненный процесс. Начало работать ФАНО. Если говорить о внутриакадемической жизни, я бы отметил соединение медицинской, сельскохозяйственной и большой академии в одну — Российскую академию наук. Это удалось сделать бесконфликтно, с максимальным учетом интересов всех трех академий. Был принят новый устав, в котором мы добились главного: удержали все то, что делает академию наук самой эффективной научной организацией в нашей стране и одной из эффективнейших в мире. В академии работают 15–16% всех специалистов, занятых в науке, но она дает около 60% всех научных публикаций страны. Если вы посчитаете затраты академии на одно цитирование или на одну статью, мы окажемся на первом месте в мире!

РАН — это академическая свобода, профессионализм, демократичность, выборность, гласность при принятии решений, самоорганизация и самоуправление. Именно такие вещи сделали академию наук очень устойчивой. Несмотря на тяжелейшие 20 лет, которые прошли с начала радикальных экономических реформ в стране, именно академия наук устояла. Она сохранила свою тематику, многих ученых, сохранила управление и имущество, которым владела. А вот большинство других научных структур были разрушены.

Сегодня академия наук находится перед лицом серьезного и опасного вызова. Отделение

институтов от академии вряд ли пойдет на пользу науке, но мы пытаемся реализовать принцип, по которому академия наук осуществляет научное, а ФАНО — административно-финансовое руководство. Если нам удастся это сделать (а нас поддерживает в этом деле президент России), заработает «правило двух ключей» и многие барьеры, вредные для науки, будут устранены. Сегодняшняя задача и задача на будущее — реализовать заложенный президентом принцип разделения компетенций, когда каждый занимается своим делом.

— **Есть опыт Беларуси, где академия наук встроена в структуру правительства. Может ли РАН пойти по такому пути?**

В.Ф.: Я не большой поклонник такого варианта. Если бы можно было формализовать научное творчество и заставить ученых работать над тем, что чиновники считают нужным, Северная Корея по числу нобелевских лауреатов оказалась бы на первом месте. Опыт семисотлетнего развития академической науки в мире показывает, что это тупик. Наука должна быть открыта, демократична и самоорганизована.

Надо понимать, как организована наука во всех странах. Академия, повторю, это очень небольшая часть ученых — 14–17%. Она всегда была небольшой. Все остальное — это прикладные разработки и исследования, а в них совсем другая практика и идеология организации работ. Там должны быть четкая вертикаль, конкретные сроки, понятные жесткие планы, ясное финансирование и, главное, строгий спрос — т.е. все то, что ведет к успеху прикладных проектов.



В академии наук система другая. Это менее детерминированная, творческая организация. Внедрять казарменно-бюрократическую логику в фундаментальные исследования контрпродуктивно.

Наука станет моложе

— **Баллотируясь на пост президента, вы обещали омолодить науку.**

В.Ф.: Я тогда не предполагал, что реформа РАН будет осуществляться в таком силовом и закрытом варианте. Омоложение мы могли бы проводить масштабно, но более мягко. У нас на стадии обсуждения сейчас находится проект «Профессор РАН». Смысл его в том, чтобы создать промежуточную ступень между доктором наук и членом-корреспондентом, чтобы люди, которые активно работают, имеют объективно высокие показатели и признаны коллегами, могли бы получить такую степень. Это один из шагов, который, я убежден, в ближайшее время будет реализован. Проект также поддерживается президентом страны и должен привести к существенным результатам.

Параллельно этому в Думе прошел третий чтение закон, согласно которому директора институтов не могут быть старше 65–70 лет. Те, кто старше, должны либо перейти на должность научного сотрудника, либо стать научным руководителем, т.е. снять с себя административную нагрузку. Мы поддержали эту инициативу, предложили меры, которые смягчают этот болезненный процесс.

Если говорить о науке, мы находимся сегодня в аварийной ситуации. В период перестройки она получила серию сильных «терапевтических» ударов. Финансирование было обвально сокращено в 20–30 раз. Ни одна национальная наука за всю

историю такого не переживала, пожалуй, только германская во время войны. Это отразилось и на кадровом составе. У нас сегодня очень многие молодые и талантливые ребята не хотят брать на себя директорскую ношу, и я их очень хорошо понимаю. Когда я был молодым, тоже избегал административной работы, хотя в то время функции администратора исполнять было значительно легче: было много меньше формализма и много больше бюрократических барьеров.

— **Насколько охотно сейчас молодежь идет в науку?**

В.Ф.: Я читаю лекции и общаюсь с молодежью. Попадаются потрясающе талантливые ребята. Несколько лет назад после сокращения числа ученых в академии на 20% зарплата была повышена с 12 до 30 тыс. И молодежь в науку пошла. Значит, интерес к науке в России не пропал. Сейчас этот процесс затормозился. Я убежден, что предвыборные майские указы президента будут выполнены — и через год-другой средняя зарплата в науке удвоится.

— **То есть если в Москве сейчас средняя зарплата составляет порядка 60 тыс., у ученых будет 120 тыс.?**

В.Ф.: Да. И на такую зарплату люди пойдут. Но это надо делать быстро. Ведь в результате падения курса рубля зарплата за границей фактически удвоилась. Последние события привели к тому, что люди стали уезжать. Вот это опасно.

В.С.: Есть еще одно обстоятельство. Если вы не поддерживаете молодых людей, приходящих в науку, наука становится уделом детей богатых родителей, которые не так мотивированны, как молодежь из провинции.

— Неужели деньги — определяющий фактор?

В.С.: Не определяющий, но важный. Изменения, о которых говорит Владимир Евгеньевич, должны сказаться благотворно, но это не значит, что молодые люди идут в науку ради денег. Когда человек живет в науке, у него другое качество жизни. Ему нужно иметь возможность творить, но творить в нормальных условиях. И повышение уровня доходов создаст условия для закрепления молодых людей в науке.

Высшая школа физики

— В среде молодых физиков ходят разговоры о создании Высшей школы физики.

В.С.: Проект уже запущен. Мы провели первый поток, запустили второй. Это проект «Росатома», а там сейчас ситуация с наукой сильно изменилась. Раньше министр атомной энергетики и Министерства среднего машиностроения Ефим Павлович Славский говорил: «У меня в Минатоме вторая академия». Сегодня научные исследования фундаментального плана практически полностью отданы в ведение академии наук. В результате молодые люди, приходящие в «Росатом», не имеют фундаментальной подпитки, а это очень плохо. Человек и в прикладной области работает хорошо только тогда, когда у него широкий диапазон знаний. Руководство «Росатома» — Сергей Владиленович Кириенко и его заместитель по науке Вячеслав Александрович Першуков — это осознали, и было принято решение о создании в рамках «Росатома» Высшей школы физики, в которую мы приглашаем молодых людей по предложениям руководства институтов.

— Любых в рамках «Росатома»?

В.С.: Нет, только профильных. Это четыре базовых института: ВНИИ технической физики в Снежинске, ВНИИ экспериментальной физики в Сарове, Институт инновационных и термоядерных исследований в Троицке и Физико-энергетический институт в Обнинске. Первые два института принадлежат ядерно-оружейному блоку, вторые два относятся к блоку гражданской науки.

Молодым людям, которые в своих институтах показали, что они творческие личности и могут составить костяк будущего научного руководства отрасли, требуется расширение диапазона знаний. Сделать это можно прежде всего в сотрудничестве с РАН, в которой работают ученые мирового класса, лидеры в своих направлениях.

Мы создали научный совет школы, куда вошли В.Е. Фортов (и мы этим гордимся), академики Е.Н. Аврорин, Р.И. Ильяев, Ю.М. Каган, Г.Н. Рыкованов, член-корреспондент В.П. Незнамов, профессора А.Н. Старостин и А.А. Говердовский. В рамках совета мы обсудили программу и организацию обучения.

— И на чем сошлись?

В.С.: Молодые люди собираются в одном из институтов на две недели два раза в году, слушают курсы

лекций, участвуют в семинарах. Живут в единой среде, посещают лаборатории. Всего курс школы состоит из четырех блоков. Реализация оказалась намного лучше, чем мы ожидали, поэтому было принято решение о продолжении проекта. Спасибо Владимиру Евгеньевичу, он дважды открывал программу — и в первом потоке, и во втором.

— Но, как сказано в мудрой книге, «по плодам узнаете их». Можно ли уже говорить о результатах?

В.С.: Пока мы только засеяли поле, говорить о результатах еще рано. Думаю, они должны быть очень значительными. Но они возникнут через активность той молодежи, которая прошла школу.

В.Ф.: В научном ландшафте нашей страны последнего времени это, безусловно, яркое и правильное событие, способное поднять ядерную энергетику на качественно новый уровень. Средмаш в прошлом, а сейчас «Росатом» всегда были лидерами в деле адаптации фундаментальной науки к практическим целям. Если мы начнем перечислять, сколько академиков и докторов наук работало в атомной отрасли, то, наверное, почти половина академии так или иначе в этот список попадет. Сергей Владиленович Кириенко и Вячеслав Александрович Першуков начали это дело и поддержали, а реализация — это заслуга Валентина Пантелеймоновича, за что ему отдельное спасибо.

В.С.: Не я один, меня многие поддерживали и помогали мне.

— Но если молодым специалистам требуются дополнительные курсы, это не очень хорошо говорит об основном образовании.

В.Ф.: Качество образования у нас за последние десятилетия резко упало. Это не секрет. Мало того, у нас сейчас выпускается очень мало книг по современной науке. Если вы зайдете в книжный магазин, то увидите, что там книги либо старые, либо написаны людьми, которые сами наукой не занимались. Наконец, что очень важно, наука развивается крайне быстро. Сегодня 80% всех научных результатов по физике получены в течение жизни одного поколения. Идет поток новой информации, которую оперативно и полностью воспринять практически нереально. А без этого невозможно получить что-то конкурентоспособное, особенно в атомной отрасли, которая всегда была на позициях топ-класса. Поэтому очень важно, что такая инициатива была предложена, учеными подхвачена, что она не захлебнулась в бюрократическом водовороте и успешно заработала. Я абсолютно уверен, что эта инициатива должна быть расширена.

— На другие институты?

В.С.: Не только. Мы ведь издаем книги по прочитанным курсам. Всего будет выпущено 14 книг по числу курсов. Издание этой серии напоминает известные серии лекций Ричарда Фейнмана, хотя

принципиально отличается от них ознакомительным характером изложения материала и широтой. В частности, по желанию слушателей прочитаны курсы лекций по современной экономике — академика А.А. Макарова, по радиационной биофизике — академика Л.А. Ильина и его сотрудников.

В.Ф.: Это важно. Издаются книги, и любой человек, интересующийся наукой, может получить информацию практически из первых рук. И это отчасти компенсирует нехватку серьезной научной литературы, о которой мы уже говорили.

— То есть вдобавок к своим лекциям вы выпускаете учебные пособия и вспомогательные материалы?

В.С.: Не пособия, а именно лекции. Они так широко изложены, что получают отдельные книги по направлениям, монографии.

В.Ф.: У меня они стоят на полке. За этот год я раз 30–40 заглядывал в те или иные тома и получал на многие вопросы ответы, которые в других местах получить невозможно. Например то, что содержится в блестящем курсе лекций академика В.Б. Тимофеева по фазовым переходам в коррелированных кулоновских системах, оказалось очень полезным для меня в работе по фазовым переходам в плотной плазме.

Проекты продолжают

— В последние предкризисные годы мы с радостью констатировали возвращение России в большую науку. Мы стали одним из ключевых участников проектов XFEL, FAIR, ITER, CERN, запустили строительство новых ускорителей. Было объявлено пять мегапроектов, среди которых такие серьезные, как FAIR и НИКА.

В.Ф.: Сегодня говорить о практической реализации этих проектов можно и нужно, их никто не отменяет. Но мы должны понимать финансовую ситуацию, в которой находимся. Было объявлено о сокращении бюджета на 10%. Очень печально, если оно коснется именно этих проектов. Надо будет бороться за эти деньги.

— Валентин Пантелеймонович, вы считаетесь одним из основных российских специалистов по термояду. Что сейчас с проектом ITER?

В.С.: ITER построен на основе равноправного участия семи стран. Каждая сторона должна внести некоторый вклад. Этот вклад делится на две категории: оборудование, которое разрабатывает и изготавливает каждая из сторон, и научные исследования, которые все еще сопровождают и будут сопровождать развитие проекта. Но все-таки ITER — это токамак. А токамак был разработан в Курчатовском институте, первые идеи принадлежали еще академикам А.Д. Сахарову, И.Е. Тамму, Л.А. Арцимовичу и другим. Этим Россия может гордиться. Несмотря на все трудности, проект ITER развивается, но, к сожалению, не очень быстро.

Наукоуправление

— Как за прошедший год изменились отношения Российской академии наук с сопредельными академиями — украинской, белорусской и т.д.?

В.Ф.: С белорусской академией наук у нас все развивается хорошо, в штатном режиме. По некоторым проектам, например по освоению космоса, по суперкомпьютерам, мы видим хорошее поступательное движение. Что касается Украины, ситуация непростая, там меняется правительство, а с ним — руководители науки. К сожалению, это не всегда полезно для сотрудничества. Должно пройти время. В Крыму мы уже перевели несколько институтов под юрисдикцию РАН, и это помогло крымским коллегам получить доступ к нашим финансовым ресурсам. Знаменитый Никитский ботанический сад выиграл хороший грант.

Если говорить вообще о международном сотрудничестве, то оно продолжается. Недавно к нам приезжала делегация Национальной академии наук США. В апреле поедем туда с коллегами с ответным визитом. Мы в России проводим большое количество конференций, кто-то приезжает, кто-то не приезжает. Мы не наблюдаем какой-то обструкции. Ученые понимают, что наука и политика — служение истине и служение политическим интересам — понятия слабо коррелированные. Мы будем делать то, что нам полагается делать. Научные контакты должны только усиливаться, невзирая ни на какие перипетии и санкции. Мы будем делать все, чтобы наши основные проекты продолжались и наши ученые получали доступ к современному знанию, оборудованию и современным установкам.

— На не так давно прошедшей в Берлине конференции «Падающие стены» академик Л.М. Зеленый предложил интересную вещь: ежегодный сбор президентов национальных академий наук (см.: ВМН, № 12, 2014).

В.Ф.: Да, Лев Матвеевич это дело провел очень удачно. Мы получили согласие от целого ряда президентов академий на сотрудничество и новую встречу. Думаем, что это мероприятие могло бы состояться уже в мае.

— Но в чем тогда состоят задачи руководства?

В.Ф.: Руководители научных организаций должны обеспечивать ученым максимально комфортную работу и меньше мешать научному творчеству! ■

Беседовал Валерий Чумаков

14 ФЕВРАЛЯ

**Вспоминаем
Сергея
Петровича
Капицу**

*14 февраля — день рождения **Сергея Петровича Капицы** — ученого, просветителя, бессменного ведущего телепрограммы «Очевидное — невероятное» и главного редактора журнала «В мире науки». В этот день ему бы исполнилось 87 лет.*



5 марта 2014 г. президентом России В.В. Путиным был подписан указ об увековечении памяти С.П. Капицы. С радостью сообщаем, что во исполнение указа президента 4 июня 2014 г. на карте Москвы появилась улица Сергея Капицы. Она находится на территории Гагаринского района и проходит от улицы Косыгина на северо-запад до Ездакова переулка, или, по удивительному стечению обстоятельств, — от дома-музея отца Сергея Петровича — великого физика, лауреата Нобелевской премии Петра Леонидовича Капицы и Института физических проблем им. П.Л. Капицы до Российской академии наук.

В этом году произошло еще одно важное событие — издательско-торговый центр «Марка» выпустил почтовую марку и конверт в честь Сергея Петровича Капицы. На марке изображен его портрет, а на конверте — выведенная ученым формула гиперболического роста численности населения планеты и известные всем строки А.С. Пушкина, предваряющие программу «Очевидное — невероятное».

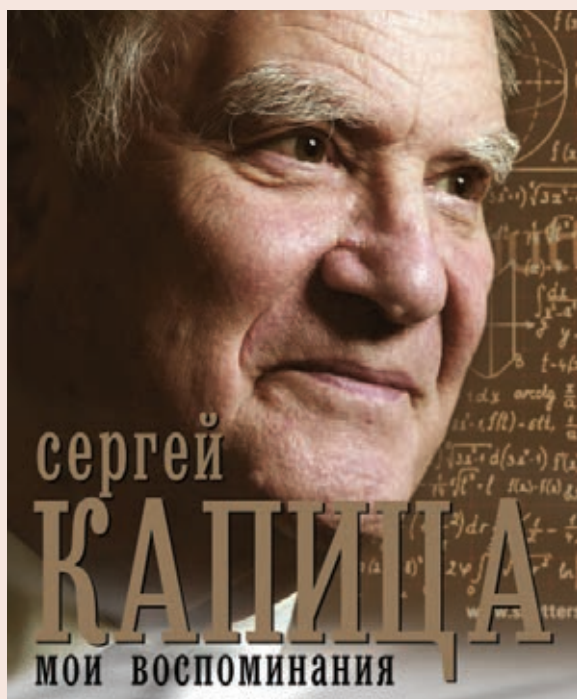
✓ 12 февраля состоится гашение конверта и почтовой марки. В этот же день филателисты смогут пополнить свои коллекции уникальным экземпляром.

Конверт первого дня и основной тираж марки будут представлены во всех отделениях почтовой связи УФПС — филиалов ФГУП «Почта России», а также в Почтовом салоне по адресу: г. Москва, просп. Мира, д. 118.



В конце 2014 г. издательством «АСТ» была подготовлена к переизданию автобиографическая книга Сергея Петровича Капицы «Мои воспоминания». Тираж книги планируется довести путем поэтапного увеличения до 50 тыс. экз.

Первое издание вышло в свет в 2008 г. в издательстве «РОССПЭН» при участии и поддержке медиахолдинга ВГТРК и лично Олега Борисовича Добродеева. Текст готовился Еленой Капицей и Татьяной Балаховской. Книгу «Мои воспоминания» легендарный телеведущий, выдающийся ученый и просто необыкновенный человек Сергей Петрович Капица долгое время отказывался писать, полагая, что еще рано — нужно продолжать жить. Однако, решившись, написал одни из лучших мемуаров рубежа XX–XXI вв. Он родился в Кембридже в семье будущего нобелевского лауреата П.Л. Капицы. В 15 лет экстерном окончил школу, в 21 год — аспирантуру. Затем помогал отцу, изгнанному со всех постов из-за конфликта с Берией, проводить эксперименты на даче в «хате-лаборатории». В 33 года стал доктором наук. Но мы больше знаем Сергея Петровича не как ученого, а как ведущего замечательной, любимой миллионами телепрограммы «Очевидное — невероятное». Долгожданные мемуары — это не просто история жизни, это — летопись XX столетия, в которой великий просветитель с юмором и парадоксальной точностью рассказывает о таких знаменитых людях, как Эрнест Резерфорд, академик А.Д. Сахаров, Папа Римский Иоанн Павел II, Майя Плисецкая, Валерий Гергиев...



Во исполнение указа президента РФ «Об увековечении памяти С.П. Капицы» полный архив научно-просветительской программы «Очевидное — невероятное» будет выложен в течение года на интернет-портале «Культурное наследие России» (<http://culture.ru>) для всеобщего бесплатного использования. Сейчас на портале уже можно найти 91 программу по адресу: <http://culture.ru/project/kapitsa>



очевидное
невероятное



МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

The background of the entire image is a photograph of an Arctic landscape. It shows a vast, flat, snow-covered plain under a sky with soft, colorful clouds in shades of blue, orange, and pink, suggesting a sunrise or sunset. In the distance, there are low, snow-covered hills or mountains.

АРКТИКА

ЭТО

ВСЕРЬЕЗ И НАДОЛГО

Арктика и сопряженные с ней вопросы находятся в последнее время в центре мирового внимания. Очень многие страны видят для себя в ней энергетическую, логистическую, оборонную перспективу

О вопросах Арктики:

президент РАН

Владимир Евгеньевич Фортков

академик РАН

Александр Александрович Дынкин

академик РАН

Алексей Эмильевич Конторович

вице-президент РАН

Талия Ярулловна Хабриева





Президент РАН

Владимир Евгеньевич Фортов

Арктическая зона Российской Федерации становится стратегической ресурсной базой страны не только на ближайшее, но и отдаленное будущее. Положение арктической державы обязывает нас развивать многие направления науки об Арктике, а наша академия наук рассматривается как компас, который дает направление для внешней и внутренней политики страны

Россия находится в чрезвычайно выгодном геополитическом положении. Линия арктического побережья охватывает почти половину широтного круга. В Арктике расположены почти 22% мирового шельфа, и большая часть арктического шельфа принадлежит нашей стране.

В этом регионе находятся 30% территории России, в нем сосредоточены 20% ВВП и 22% экспорта нашей страны. При этом здесь проживают всего 1,7 млн человек, что, конечно, очень мало. И эти люди дают такой огромный вклад во внутренний продукт. По мере исчерпания ресурсов эта пропорция будет расти.

Путь по Северному морскому пути в два раза короче и в два раза дешевле пути через Суэцкий канал. Это тоже сулит большие перспективы, учитывая бурное развитие стран Юго-Восточной Азии и необходимость логистического моста между ними и Европой.

В стратегии развития арктической зоны, которая была принята и утверждена президентом России Владимиром Путиным в 2013 г., изложен полный комплекс мер по развитию арктического региона. РАН подключилась к этой работе с самого начала.

Ученые России всегда высоко оценивали роль Арктики в экономике страны. Великий ученый М.В. Ломоносов считал, что географическое положение России обязывает искать выходы в свободный океан не в южных, а в северных широтах. Знаменитая фраза Ломоносова о том, что могущество России будет прирастать Сибирью, в оригинале звучит так: «Сибирью и Ледовитым океаном».

Хотя Арктика была открыта еще в VI в. до н.э., ее активные изучение и освоение начались относительно недавно. И роль российских исследователей здесь чрезвычайно велика.

В начале прошлого века большую роль сыграла Полярная комиссия, которая работала в период 1914–1936 гг. Активное участие в ней принимал бессменный председатель комиссии академик А.П. Карпинский.

В течение большей части XX в. Советский Союз и Россия были пионерами освоения Арктики. В советский период был поставлен вопрос о промышленном освоении этого региона. Началось создание целой сети полярных радиометеорологических станций на материковом побережье Ледовитого океана и на его островах. Развивалось судоходство по Северному морскому пути, что в то время было действительно научным и человеческим подвигом.

Создание в мае 1937 г. станции «Северный полюс-1», на которой Папанин, Кренкель, Федоров и Ширшов дрейфовали 274 дня, ознаменовало переход к изучению огромных полярных островов Арктического бассейна, которые до этого были настоящим белым пятном на мировой карте. Из легендарной четверки полярников трое стали академиками. Руководил этой работой вице-президент академии Отто Юльевич Шмидт.

В славном ряду героических достижений следует отметить недавнюю арктическую экспедицию с погружением глубоководных аппаратов «Мир», которая была выполнена под руководством члена-корреспондента РАН А.Н. Чилингарова. В результате три сотрудника Российской академии наук стали Героями России.

Президент нашей страны в последнее время неоднократно заявлял, что Арктика была и остается в сфере особых интересов нашей страны: «Здесь сконцентрированы практически все аспекты национальной безопасности — военно-политический, экономический, технологический, экологический и другие».

Президиум РАН утвердил комплексную программу фундаментальных исследований, посвященных Арктике, с общим объемом финансирования 200 млн рублей. Эти работы сосредоточены в основном в Кольском, Тюменском, Якутском и Архангельском научных центрах.

Реализуемые РАН исследования обеспечивают научное обоснование решения крупных арктических проблем, которые имеют практический и фундаментальный характер:

- определение внешних границ континентального шельфа;
- формирование ресурсной базы углеводородов и другого стратегического сырья;
- разработка новых технологий добычи углеводородных ресурсов;
- развитие и возобновление комплексных научно-исследовательских и геологоразведочных работ;
- акустика глубоководной части Северного Ледовитого океана;
- ускоренное развитие транспортно-коммуникационной системы;
- создание надежной и эффективной системы энергообеспечения.

Кроме того, можно отметить работы по комплексному исследованию климата и программ анализа их последствий, развитие практической медицины в арктических регионах, экосистемное исследование морей, развитие агропромышленного производства и рыбной отрасли, решение сложных правовых проблем освоения Арктики. Тема эта очень важна в прикладном плане и имеет большие фундаментальные векторы. Поэтому заниматься этим мы будем серьезно и долго. ■



Александр Александрович Дынкин

Академик РАН, директор ИМЭМО РАН,
Член Президиума Президентского
Совета по науке и образованию

Арктика сегодня — ключевой геостратегический регион мирового развития. Арктический вектор может стать определяющим при формировании нового энергетического миропорядка, который определит характер и основные параметры социально-экономического развития мира на многие десятилетия.

Сегодня в Арктике практически не осталось неурегулированных спорных ситуаций по разграничению морских пространств моря. Единственное значимое исключение — это нерешенность этого вопроса в отношениях США и Канады по морю Бофорта. Канадцы настаивают на меридианном делении, американцы — на средней линии от суши. Но этот спор никто не рассматривает в качестве повода для серьезного конфликта.

Россия в этом смысле находится в благоприятном положении. У нас не осталось открытых вопросов разграничения моря с соседними государствами: на востоке — с Соединенными Штатами, на западе — с Норвегией.

Арктические страны находятся на разных этапах оформления своих прав на шельф. Но окончательное решение этого вопроса станет возможным после того, как в комиссии будут рассмотрены все заявки, по которым возможно наложение претензий.

Расширение границ шельфа не означает расширения территории. Шельф — не территория прибрежного государства. В отношении него действуют три из шести свобод открытого моря, а именно свободы полетов, судоходства и прокладки кабелей. Суверенитет здесь распространяется на ресурсы дна. Однако пока центральная часть океана считается малоперспективной для разведки на минеральные ресурсы.

Нефтяные месторождения Арктики находятся в разной степени освоения. Активная добыча ведется в Аляске и в Канаде.

Крупнейшим потенциалом, безусловно, обладает гигантское месторождение Победа, которое было открыто в сентябре в Карском море. К сожалению, даже такой гигант, как *ExxonMobil*, который по капитализации занимает сегодня второе место в мире, с колоссальным научным бюджетом, проявляющий исключительное желание и заинтересованность в совместной работе с «Роснефтью», не смог противостоять санкционному давлению.

Следующий вопрос: кому принадлежат эти ресурсы? По результатам исследований ИМЭМО, опубликованных в 2011 г., мы пришли к выводу о том, что основные запасы сосредоточены в прибрежной зоне континентального шельфа. Чуть позже нас (на несколько месяцев) похожий вывод опубликовали датчане. 94–97% предполагаемых запасов углеводородов сосредоточены в исключительных экономических зонах. Эта норма пока никем не оспаривается, и по этой причине нет никаких оснований прогнозировать битву за обладание или доступ к ресурсам в Арктике. Львиная их доля расположена в России, особенно если мы говорим о газе. Основные запасы газа сосредоточены в исключительных экономических зонах России и Соединенных Штатов.

Освоение Арктики — задача беспрецедентной сложности, она требует международного взаимодействия.

В долгосрочной перспективе международная обстановка в Арктике останется в целом благоприятной для использования возможностей международного сотрудничества в интересах развития арктической зоны России. Однако в краткосрочной и, возможно, среднесрочной перспективе в силу осложнения отношений с Западом использовать эти возможности будет сложно, и наверняка это отодвинет сроки реализации ряда программ развития арктической зоны. Поэтому рациональное использование возможностей интересов неарктических стран, прежде всего Китая и Индии, может принести здесь практические результаты. ■



Алексей Эмильевич Конторович

Академик РАН

Наша страна лидирует по многим направлениям освоения ресурсов углеводородов Арктики. Советский Союз, Россия первыми открыли, создали уникальные технологии, разведали и начали разработку месторождений углеводородов в Арктике.

В прогноз и освоение ресурсов нефти и газа континентального сектора российской Арктики выдающийся вклад внесли в 30–40 гг. XX в. известные советские геологи. В 1932 г. в Республике Коми было открыто первое в мире нефтяное месторождение — Ярегское. Одновременно была открыта и первая арктическая нефтегазоносная провинция. Во второй половине XX в. поиски нефти и газа в Арктике были продолжены. Они увенчались открытием Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, крупнейшей газовой провинции мира.

В 1983–1985 гг. в Баренцевом и Печорском морях были открыты Мурманское, Поморское, Северо-Кивинское месторождения; в 1988 г. — уникальное Штокмановское месторождение, в 1990–1992 гг. — крупные Лугиновское и Ледовое и т.д.

Затем последовали находки в Карском море. На рубеже 1989 и 1990 гг. были открыты Ленинградское и Русановское месторождения. Совсем недавно было объявлено о том, что компания «Роснефть» совместно с *ExxonMobil* обнаружила в Карском море новое богатое месторождение. Символично, что оно было названо святым для каждого гражданина нашей страны словом «Победа».

Всего к настоящему времени на шельфе Баренцева моря открыто пять месторождений, на шельфе Печорского моря — шесть, на шельфе Карского моря Обской и Тазовской губ — пять.

В ближайшее десятилетие российский сектор Арктики по-прежнему будет играть ведущую роль в добыче газа и значительную в добыче нефти.

При добыче газа главной базой страны, несомненно, останется и Ямало-Ненецкий автономный округ. Добыча в этом регионе будет смещаться на полуостров Ямал, в Бованенковское, а в перспективе Харасовейское, группу Тамбейских и других месторождений. В Надым-Пурпском регионе будет расти добыча жирного газа.

Можно уже отметить три узла роста формирования новых центров добычи нефти на северо-западе Сибирской платформы. Первый — район строительства нефтепроводов «Пурпе-Заполярье» в ЯНАО. На этой территории добыча на уже открытых и в значительной мере разведанных месторождениях может составить 40–50 млн т нефти в год.

Второй узел должен быть сформирован на юге полуострова Ямал, на базе Новопортовского месторождения.

Третий узел будет развиваться на северо-западе Красноярского края. База для него уже создана. Это гигантское Ванкорское месторождение. Район может обеспечить добычу нефти на уровне 30 млн т на несколько десятилетий.

Поскольку в ЯНАО добывается огромное количество жирного газа, а мощности для его переработки и системы транспортировки не созданы, то ценнейшее сырье — метан, пропан, бутан — сжигается. За последние 10–15 лет мы потеряли многие десятки, а то и сотни миллиардов долларов. Это не популистская фраза, это национальная трагедия.

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука неоднократно ставил вопросы о необходимости освоения этих ресурсов, но ни государственными структурами, ни бизнесом он услышан не был.

Между тем решение у проблемы есть. Нам необходимо в кратчайшие сроки законодательно запретить добычу жирного газа в ЯНАО при отсутствии мощностей для его переработки и транспорта продуктов переработки. Далее нужно создать в округе производственные мощности для переработки 150–180 млрд куб. м газа в год, а также систему транспорта продуктов переработки жирного газа в районы с развитой нефтегазохимией —

Башкортостан, Татарстан, на северо-запад России. Наконец, следует резко увеличить мощности пиролизных производств в районах развития нефтегазохимии и завершить строительство Новоренгойского газохимического комплекса.

Опыт крупнейших газодобывающих регионов — США, Канады, Катара, Ирана, Саудовской Аравии — показывает целесообразность приближения предприятий по переработке газа и нефтегазохимических производств к местам добычи сырья.

В российских и зарубежных средствах массовой информации раздаются голоса, предлагающие заморозить работы на российских шельфах морей Северного Ледовитого океана. Основных причин называют обычно две:

1) Россия обеспечена ресурсами, зачем в этих условиях вкладывать деньги в Арктику?

2) недостаток источников финансирования в связи с санкциями и отсутствие у России технологий для выполнения буровых работ и транспорта углеводородов на шельфе.

Северный Ледовитый океан сложнее для освоения и времени потребует больше. Не начнем своевременно — не будем готовы осваивать, когда для этого придет время, и проиграем все

Так считают люди, плохо знающие историю и практику освоения новых нефтегазоносных провинций. Подготовка их разработки длится многие годы, а то и десятилетия. Поиски нефти в Западной Сибири были начаты в 1930-е гг., добычу нефти начали во второй половине 1960-х гг., газа — в начале 1970-х гг. Северный Ледовитый океан сложнее для освоения и времени потребует больше. Не начнем своевременно — не будем готовы осваивать, когда для этого придет время, и проиграем все.

Оборудования и технологий для поисков, разведки и добычи нефти и газа в условиях развития многолетних льдов нет ни у кого, поэтому заимствовать нам нечего. Технологии нужно создавать уже сейчас. Если мы послушаемся тех, кто говорит: «Давайте остановимся», если замедлим реализацию хоть одного из этих этапов, то проиграем Арктику. А вместе с ней можем проиграть и национальную безопасность. Это один из вызовов XXI в. для России, для российской науки, для нашей академии. ■

Подготовил Валерий Чумаков



Заслуженный юрист РФ

Талия Ярулловна Хабриева

Я НА СТОРОНЕ НАУКИ

О положении дел в российском законодательстве и в арктическом праве мы поговорили с вице-президентом Российской академии наук, директором Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ, академиком РАН, членом-корреспондентом Международной академии сравнительного права, доктором юридических наук, профессором, заслуженным юристом РФ Талией Ярулловной Хабриевой

— Талия Ярулловна, человека легче понять, когда знаешь, кто он, откуда он, какой путь прошел. Поэтому, если вы не возражаете, вначале несколько личных вопросов. Откуда вы родом, кто ваши родители?

— Я родилась в Казани, в одном из самых красивых городов России, в семье строителя.

— Почитав ваши профили в различных научных организациях, я узнал, что вы в 1980 г. окончили Казанский государственный университет с красным дипломом. А в школе тоже были отличницей?

— Да.

— Когда шли на юридический, мечтали о карьере прокурора, чтобы все боялись? Или адвоката, чтобы все любили? Или судьи, чтобы все уважали?

— Ни то, ни другое, ни третье. В праве меня всегда привлекало иное. В школьной характеристике как одно

из моих качеств отмечено обостренное чувство справедливости. А право, как утверждали еще в Древнем Риме, — это искусство справедливости. Свое призвание в праве я видела в познании этой истины.

О науке и праве

— На сайте РАН написано, что вы первая взяли за разработку телеологического толкования закона, прописав эту проблему еще в своей кандидатской диссертации. Можете в двух словах рассказать, что это такое?

— Телеологическое толкование закона означает установление его смысла исходя из целей закона. В советский период оно долгое время считалось присущим только буржуазному праву, хотя такое толкование служит одним из эффективных средств повышения

качества законодательства и практики его применения. Этой теме была посвящена моя кандидатская диссертация и изданная на ее основе еще в 1980-е гг. книга «Телеологическое (целевое) толкование советского закона».

— Меня всегда волновал такой вопрос. Человечество едино, все люди во всем мире примерно одинаковы. Основные принципы морали и этики различаются, но не сильно. А законы, принципы права везде разные. Почему нельзя разработать некую объединяющую, общую конституцию как правовую базу всего человечества?

— Я с вами не вполне согласна. Законы действительно различаются. Но принципы права в основном едины, поскольку в их основе лежат общечеловеческие этические ценности. Это, кстати, подтверждает и неразрывная семантическая связь в русском и многих других языках таких понятий, как «право», «правда», «справедливость».

— Россия — огромная федерация, состоящая более чем из 80 субъектов. Практически невозможно сравнить жизнь и быт граждан Дагестана или Чечни с жизнью и бытом жителей Чукотки или Урала. Здесь и национальные различия, и религиозные, и культурные, и даже климатические. А законодательная база — общая, федеральная. Правильно ли это?

— Да, правильно, поскольку только единая, общегосударственная законодательная база может обеспечить равную защиту прав и свобод граждан, где бы они ни находились, сохранить единство страны, решить общие для всех задачи. Вместе с тем Конституция РФ оставляет широкое поле для нормотворчества субъектов Федерации. Они вправе принимать собственные учредительные акты — конституции и уставы, издавать законы, иные нормативные правовые акты. Субъекты Федерации оказывают заметное влияние и на развитие федерального законодательства. Одна из палат федерального парламента (Совет Федерации) формируется из представителей законодательных и исполнительных органов субъектов Федерации. Законодательные органы субъектов Федерации имеют право выступать с инициативами принятия федеральных законов. Существуют и другие конституционно-правовые механизмы сохранения, с одной стороны, единства, а с другой — многообразия правового устройства нашей страны.

— Сейчас весь мир идет по пути интеграции. Есть Евросоюз, Бенилюкс, ШОС, БРИКС. С 1 января мы живем на территории Евразийского экономического союза. Россия и Беларусь составляют интегрированное межгосударственное образование «Союзное государство», которому недавно исполнилось 15 лет. Всякая интеграция подразумевает сближение законов. Насколько болезнен для стран процесс «законодательной подгонки»?

— Соглашусь с вами, что Союзное государство Российской Федерации и Республики Беларусь — уникальное межгосударственное интеграционное образование, потенциал которого в полной мере еще не раскрыт.

В рамках интеграционных объединений идет сближение национальных законодательств. Этот процесс, именуемый в юридической науке гармонизацией, чрезвычайно сложен и неодномоментен. Его позитивные последствия раскрываются не сразу, нередко вызывают трудности, в том числе по согласованию правовых позиций. Они могут сопровождаться определенными потерями, что вызывает опасения у отдельных политиков и простых граждан.

— Россия, Беларусь и другие страны вышли из единого законодательного пространства СССР. Насколько далеко мы от него ушли и как сильно разошлись?

— Сегодня законодательства постсоветских государств заметно различаются. Но национальные правовые системы сохраняют многие общие черты. Они отражают общность правовых ценностей и традиций, единство истоков научно-правовых школ, сходство задач, стоящих перед государствами. Близости правовых систем способствует и их вхождение в интеграционные объединения — СНГ, Таможенный союз, Евразийский экономический союз и др.

— Насколько полно и правильно было разработано законодательство СССР с точки зрения телеологии?

— Правовая система и законодательство СССР формировались в условиях существовавшей в то время монопартийной политической системы, единого идеологического пространства и административно управляемой плановой экономики. Правовая политика СССР в полной мере соответствовала стратегическим целям и тактическим задачам, закрепленным в конституциях 1924, 1936 и 1977 гг. Вместе с тем она была далека от ценностей демократии и правового государства, которые развивает Конституция РФ 1993 г.

— Но говорят, что в СССР была замечательная конституция, которая просто не работала.

— В СССР действовали три конституции. Правовые, политические, экономические и исторические предпосылки принятия каждой из них были разными. Конституция СССР 1924 г. юридически оформила образование СССР как суверенного независимого государства. Принятие Конституции 1936 г. закрепило построение государства на социалистической экономической и политической основах. Конституция 1977 г. стала результатом укрепления социалистического строя в СССР в послевоенный период. Следует признать, что многие положения основных законов СССР, касавшиеся прав граждан, демократических институтов, имели декларативный характер и не были подкреплены должными механизмами их правового обеспечения. Тем не менее основные законы СССР в целом соответствовали реалиям своего времени. Поэтому называть их полностью «не работавшими» неверно.

— Есть два кодекса, которые волнуют, пожалуй, всех жителей России, — Уголовный и Гражданский. Что с ними?

— В уголовном законодательстве можно отметить тенденцию к криминализации все большего числа деяний, что зачастую приводит к избыточности уголовно-правовой репрессии. Вместе с тем заметна тенденция



Такое тиражирование законов приводит к девальвации их регулирующего значения. Неприемлемая и ситуация, когда закон заменяет подзаконные или даже ведомственные акты, особенно в случае содержания в нем чрезмерно детализированного регулирования общественных отношений. Известно, что закон по своей юридической природе должен регламентировать принципиально важные и устойчивые отношения в обществе и государстве.

Между тем тенденция нарастания «количественного» показателя законотворческой деятельности должна оцениваться с разных позиций. С одной стороны, совершенствование действующего законодательства посредством внесения в него изменений — это

и к расширению мер материальной уголовно-правовой ответственности как альтернативы лишению свободы, что, несомненно, свидетельствует о процессе гуманизации уголовной политики нашей страны.

Гражданский кодекс сейчас находится в процессе крупномасштабной реформы. Существенно изменены многие его разделы — об общих положениях гражданского законодательства, юридических лицах, залоге и т.д. Однако процесс изменений еще не завершен.

В целом Гражданский кодекс стал гораздо более объемным, поэтому простым гражданам и бизнес-сообществу понадобится еще много времени для адаптации к этим новациям. Облегчить ее может новый Верховный Суд, дав разъяснения наиболее важным новым положениям Гражданского кодекса РФ в своих решениях и обобщениях судебной практики.

— Сейчас в Российской Федерации действует несколько десятков федеральных конституционных и несколько тысяч просто федеральных законов. Разве реально жить в таком густом законодательном лесу?

— Действительно, темпы законодательной деятельности в России сегодня достаточно высоки. Так, в 2014 г. было принято Федеральным Собранием и подписано президентом 505 федеральных законов. Такая динамика законодательной работы более чем в два раза превышает количественный показатель десятилетней давности (в 2004 г. было принято 225 федеральных законов).

Следует заметить, что основную часть законодательной работы в 2014 г. (более 92%) составили законодательные акты о внесении изменений в уже действующие федеральные законы. При этом разработка самостоятельных законопроектов концептуального характера остается редкостью.

объективная необходимость законопроектной работы, вызванная развитием социально-экономических отношений. С другой стороны, постоянная корректировка законодательства подрывает его системность, постоянство, в конечном счете — авторитет государства.

Необходимо придать процессу законотворчества более системный характер, обеспечить рациональным современным инструментарием. Такую задачу может решить принятие федерального закона «О нормативных правовых актах в Российской Федерации», идею которого наш Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ отстаивает на протяжении многих десятилетий. Наши идеи наконец оказались востребованными. Министерство юстиции как орган, ответственный за эту работу, вынесло проект этого закона на всеобщее обсуждение, разместив его текст на своем официальном сайте. Принятие такого закона позволит нам ориентироваться в густом законодательном лесу и навести в нем порядок.

— В Госдуме РФ каждый день рассматривается несколько законопроектов. Не потому ли у нас получаются такие «сырые» законы, требующие постоянной доработки, что их принимают, толком не вникая в суть? И какой у нас есть выход?

— Каждое государство ищет свои способы преодоления вала законодательных инициатив. Так, например, в США в настоящее время предпринимаются попытки сокращения числа законодательных актов за счет увеличения массы ведомственного нормотворчества. По некоторым оценкам, в 2013 г. на каждый непринятый федеральный закон приходилось примерно 56 дополнительных принятых нормативных правовых актов министерств и ведомств. Но, как показывает советский опыт, это не лучший способ повышения качества правового регулирования.

Используются и другие меры «фильтрации» законодательных инициатив и рационализации законодательного процесса. Это и регламентные нормы деятельности федерального парламента, и различные виды юридических технологий, в том числе используемые в Российской Федерации правовой мониторинг, оценка регулирующего воздействия, правовая и антикоррупционная экспертизы, правовое моделирование и проектирование. Но их потенциал полностью еще не реализован.

Определенные надежды я связываю с Научным советом по правотворчеству при Председателе Государственной Думы РФ, в состав которого я вхожу в качестве научного руководителя. Необходимый эффект может дать и совершенствование процедур прохождения законопроектов.

Об академии

— Вы — одна из немногих женщин-академиков в нашей стране. Различные общественные организации говорят о засилье мужчин, не голосующих на выборах за женщин. Не стоит ли РАН пойти по пути некоторых национальных академий, ввести квотирование, скажем, 30% мест для женщин?

— В ряде западноевропейских стран действительно используется квотирование для устранения гендерных диспропорций в политике, государственной службе, в частных компаниях. Но вряд ли оно подходит для науки, где единственным критерием должно быть только признание вклада в ее развитие. Вместе с тем эта проблема существует. Среди действительных членов объединенной академии (в ее состав вошли Российская академия медицинских наук и Российская академия сельскохозяйственных наук) сейчас 30 женщин. Это около 6,5% от общего числа действительных членов РАН. До объединения академий их было только девять.

— Вы также одна из самых молодых действительных членов РАН. Как вы относитесь к идее министра образования и науки Дмитрия Ливанова ввести в РАН возрастной ценз?

— Вопрос о различного рода возрастных цензах на самом деле не нов. На необходимость сбалансированного возрастного состава указывал и В.Е. Фортов в своей предвыборной программе, баллотируясь на пост президента РАН.

Мне кажется, здесь нет каких-то простых решений. Вне всякого сомнения, мы должны продвигать квалифицированные молодые кадры, они должны видеть свою научную и административную перспективу. Это позволит удержать их в науке. Однако ротация должна быть организована так, чтобы не потерять научный потенциал старшего поколения ученых.

— Вы еще и первая в истории этой организации женщина-вице-президент. В моем представлении это настоящий прорыв. Академия при новом руководстве начала меняться?

— Так получилось, что перемены в руководстве РАН совпали с принятием государственных решений о реформировании организации управления наукой. Мы еще в начале большого пути повышения статуса и продуктивности научной деятельности в России.

Перемены уже заметны. Статус РАН стал регулироваться законом — актом высокой юридической силы. Академия наконец-то вовлекается в экспертную деятельность, участвуя в обсуждении законопроектов, правительственных и ведомственных экономических и социальных программ. Вместе с тем укрепляется контроль государства над использованием собственности и расходованием государственных средств в научной сфере.

— Вот уже полтора года российский научный мир пребывает в расколе. Часть ученых критикуют реформу РАН и создание ФАНО, утверждая, что такая реформа убивает науку. Другие, напротив, нововведения приветствуют. Вы на чьей стороне?

— Я на стороне науки. Любые реформы должны быть нацелены не только на ее сохранение, но и на ее развитие. Главный вопрос, который перед нами сегодня стоит: какая академия нам нужна? Ответ очевиден: России необходима современная академия XXI в., готовая давать ответы на любые запросы современного развития нашего государства и общества.

Ключевые вопросы реформирования РАН — повышение статуса, мотивация, социальная защита ученых, занимающихся фундаментальными исследованиями, а не коммерческими проектами, которые быстро и хорошо окупаются. Решение таких вопросов, в том числе через законодательство, позволит обеспечить будущее РАН и российской науки в целом.

— В Беларуси реформа уже прошла. Сегодня НАНБ — практически часть государственного аппарата. И, кажется, белорусской науке это пошло на пользу. Институты функционируют, финансирование идет, задачи решаются. Может быть, и у нас на этом пути все сложится хорошо?

— Очень бы этого хотелось. Рассуждая о будущем РАН, уместно вспомнить афоризм Конфуция, который говорил: чтобы предвидеть будущее, надо знать прошлое. На протяжении почти трех столетий вне зависимости от революционных потрясений, социально-политических и экономических реформ академия работала на процветание всей страны. Во многом этому способствовали научные традиции самоуправления и свободы научного творчества. Вместе с тем всегда сохранялась тесная связь академии и государства. Так было во времена Петра Великого. Надеюсь, такие традиции и такая связь сохранятся и в будущем.

Об Арктике

— Один из насущных вопросов в области даже не столько российского, сколько мирового права — вопрос об Арктике. И здесь вас признают одним из главных экспертов и специалистов. Как получилось, что вы занялись этой проблемой, что вас в ней привлекло?

— Так сложилось, что еще 15 лет назад я обратилась к исследованию вопросов коренных малочисленных народов, в том числе Крайнего Севера, опубликовав по этой теме несколько книг. Эта тема получила более широкое развитие в Научном совете Совета Безопасности РФ,

в состав которого я вхожу. К ее исследованию подключились ученые нашего Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ. Интерес вызывало сложное переплетение арктических интересов России и других государств. Требовалась разработка новых нестандартных научных подходов, способных развязать правовыми средствами арктический «гордиев узел». Но никаких специальных поручений от государственных структур не было. Просто произошло совпадение научных и политических камертонов.

— Сегодняшнее все более активное освоение Арктики требует создания нового правового поля. Можно ли решать проблемы Севера, опираясь на существующее законодательство?

— Состояние существующего законодательства иначе как беспомощным не назовешь. В этой сфере действуют более 500 нормативных правовых актов, инвентаризацию которых впервые в истории провел наш институт. В основном это акты отраслевого законодательства — конституционного, административного, гражданского, экологического, земельного и др. Такое дробление предмета правового регулирования обуславливает множественность и разрозненность, а зачастую противоречивость правовых норм, регламентирующих вопросы Арктики.

Арктическое право — понятие, использующееся в зарубежных странах для обозначения правовых актов, регулирующих вопросы Арктики. В нашей стране это новая реальность, которая еще только формируется

Ситуацию усугубляет то, что около 10% актов с арктическим содержанием действуют еще с советского времени. Такие акты (а их свыше 50) плохо согласуются с духом и буквой современного законодательства.

В целом сохраняется низкий уровень правового регулирования. Из 65 законов, касающихся Арктики, полноценный арктический предмет имеют только шесть федеральных законов, посвященных двум темам — защите коренных малочисленных народов Арктики и компенсации для лиц, живущих на Крайнем Севере и выезжающих из районов Крайнего Севера. Основной массив правового регулирования составляют подзаконные акты отраслевых министерств и ведомств.

В российском законодательстве нет системообразующего законодательного акта, «уплотняющего» в единое целое арктическую правовую материю. Как следствие, остается множество нерешенных проблем по всему спектру правового, прежде всего законодательного регулирования.

— Арктическое право — что-то новое, или оно существовало и раньше?

— Арктическое право — понятие, которое используется в основном в зарубежных странах для обозначения правовых актов, регулирующих вопросы Арктики. В нашей стране это новая реальность, которая еще только формируется. Тем не менее изучать и прогнозировать ее развитие необходимо. Поэтому я выступила с инициативой разработки концепции арктического права как целостного правового явления, охватывающего различные стороны жизнедеятельности в Арктике. В создании этого документа, созвучного задачам, поставленным в Послании Президента РФ Федеральному Собранию РФ на 2015 г., участвовали многие сотрудники Института законодательства и сравнительного правоведения. Его основные идеи были представлены мною и профессором А.Я. Капустиным в докладе на научной сессии общего собрания РАН 18 декабря 2014 г.

— Мы уже получили недавно 50 тыс. кв. км в Охотском море. Сейчас готовится заявка на 1,2 млн кв. км. Говорят, там запасов углеводородов — от 5 до 10 млрд т. Разве можно представить, чтобы нам это отдали?

— Если придерживаться строгой юридической терминологии, нам никто ничего не собирается отдавать. Свои права Россия, как и другие приарктические государства, получила по международному праву, а вот доказывать, что мы имеем право притязать на те или иные участки морских пространств, мы должны сами. Для этого проводятся специальные исследования непосредственно в арктических водах, которые и должны подтвердить или отвергнуть наши запросы. Подтвердится правильность расчетов наших ученых-естествоиспытателей — значит у нас появится возможность юридически закрепить за собой соответствующие арктические пространства.

— Как решаются подобные вопросы? Кто определяет, имеем мы право на эту территорию или нет?

— Заявка, о которой я сказала, подается в специальный международный орган — Комиссию по границам континентального шельфа. Дело в том, что особенности дна Северного Ледовитого океана таковы, что прибрежные государства (их всего пять — Россия, США, Дания, Канада и Норвегия) имеют возможность распространить свои права на континентальный шельф за общепринятые в морском праве пределы (200 морских миль). Для этого они должны доказать, что указанные в их заявках участки дна представляют собой продолжение принадлежащего им шельфа. Комиссия по границам континентального шельфа состоит из высококвалифицированных специалистов из разных стран мира, которые оценивают научные аргументы заявок. Процесс изучения представленных материалов может растянуться на несколько лет. Если комиссия подтвердит заявку, приарктическое государство может, издав соответствующий закон либо заключив международное соглашение с сопредельными странами, провозгласить указанный в заявке участок континентального шельфа своим.

— Я правильно понимаю, что мы можем получить вместе с этими территориями и сам Северный полюс?

— Речь идет не о территориях, а о суверенных правах на континентальный шельф, в том числе на исследование, разведку, добычу и эксплуатацию природных ресурсов шельфа. Все остальные государства смогут этим заниматься только с нашего разрешения. Что касается Северного полюса, точный ответ можно будет дать только тогда, когда будет окончательно сформулирована российская заявка. По утверждению специалистов, это вполне может быть реально.

— Ну, с Россией все более или менее ясно. Мы всегда присутствовали на Севере, тут наши стратегические интересы. А вот, скажем, Беларусь может претендовать на кусочек Арктики?

— Все зависит от того, о чем идет речь. Если на шельф, то вряд ли. Если речь идет о морском дне Северного Ледовитого океана, то теоретически в будущем все возможно. Но не нужно забывать, что интерес других государств к Арктике не сводится к разделу юрисдикций на воды и шельф арктических морей и Северного Ледовитого океана. Беларусь, как и другие неарктические государства, может участвовать в иных видах деятельности — перевозке грузов, добыче рыбных и иных биоресурсов, туризме и т.д. — на условиях соглашений с арктическими государствами, в том числе с Россией. Беларусь в этом отношении имеет уникальные возможности в связи с участием в Евразийском экономическом союзе.

— Что ей для этого нужно сделать?

— Нужно подождать, когда станет ясным международно-правовой статус той части арктических пространств, которые не подпадают под режим континентального шельфа приарктических государств. Сегодня в науке и на практике идут дискуссии по этому вопросу, и до окончательных решений еще далеко.

— Кроме Арктики у нас есть еще и Антарктика, Южный полюс. Поскольку это материк, богатств на нем должно быть больше, чем на Севере. Как обстоят дела с антарктическим правом?

— Закономерный вопрос. Уместно вспомнить, что исследование и освоение Антарктики началось в XVIII столетии французскими и английскими экспедициями. А вот заслуга в открытии в 1820 г. материка Антарктиды принадлежит русской экспедиции под командованием Ф.Ф. Беллинсгаузена и М.П. Лазарева.

Антарктика, в отличие от Арктики, получила отдельную «прописку» в международном праве, когда в 1959 г. был заключен специальный международный договор об Антарктике, установивший международно-правовой режим этой территории. Она включает покрытый льдами материк и омывающие его воды океана до установленной договором границы. В их пределах Антарктика может использоваться только в интересах всего человечества и исключительно в мирных целях. Во второй половине XX в. указанный договор пополнился целым рядом других международных соглашений, установивших

! Справка

Талия Ярулловна Хабриева

Вице-президент Российской академии наук, заслуженный юрист РФ.

✓ Родилась в Казани. Окончила юридический факультет Казанского государственного университета им. В.И. Ульянова-Ленина. В 1985 г. защитила кандидатскую, а в 1997 г. — докторскую диссертацию, с 2000 г. — профессор.

✓ С 1996 по 2002 г. работала в Институте государства и права РАН. С 1998 по 2001 г. — статс-секретарь — заместитель Министра по делам федерации, национальной и миграционной политики Российской Федерации.

✓ С 2001 г. по настоящее время — директор Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ.

✓ С 2003 г. — приглашенный профессор Университета Париж I Пантеон-Сорбонна (Франция).

✓ С 2007 г. — член ВАК Минобрнауки России.

✓ В 2008 г. избрана членом-корреспондентом РАН, в 2011 г. — действительным членом РАН, отделение общественных наук (право).

✓ 1 июня 2013 г. избрана вице-президентом РАН.

правовой режим ведения промыслов и защиты окружающей среды Антарктики. В 1991 г. к договору об Антарктике был подписан протокол, в котором Антарктика определена в качестве природного заповедника, предназначенного для мира и науки. Этот документ запрещает любую деятельность, связанную с минеральными ресурсами, за исключением научных исследований.

— Можно ли предположить, что через некоторое время с Антарктиды будет снята ее общечеловеческая неприкосновенность и государства поделят ее между собой?

— Будем надеяться, что это произойдет не скоро, а сам дележ территории будет мирным, без вооруженных конфликтов, которые случались в прошлом в этом районе мира. Хотя предпочтительнее было бы развитие событий в направлении сохранения «общечеловеческого статуса» Антарктики с возможностью создания особого международного органа по управлению человеческой деятельностью в ней.

— И тогда белорусский участок будет соседствовать с союзным российским, как сейчас белорусская антарктическая станция на побережье моря Космонавтов соседствует с российской станцией «Молодежная»?

— Видимо, станции будут соседствовать и впредь, а вот вместо участка белорусский коллега будет занимать кресло рядом с российским представителем в международном органе по управлению Антарктикой. ■

Беседовал Валерий Чумаков





ГРАНИ СУДЬБЫ

Академик
ЛЕОНИД ИЛЬИН

*Судьба этого человека поражает. В ней было и есть столько удивительных событий — великих и трагических, что через призму этой судьбы можно увидеть прожитый нами очень беспокойный век. Академик **Леонид Андреевич Ильин** занимает особое место в истории нашей страны и науки. Звезда Героя Социалистического труда, Ленинская, Государственные и прочие премии говорят о многом. А если к этому добавить Нобелевскую премию мира, которую ему довелось получить вместе с коллегами, становится очевидным: пора рассказать об этом человеке подробно*



Сколько раз в жизни вы давали подписку о неразглашении государственной тайны?

— Трудно ответить на этот простой, казалось бы, вопрос. Многократно.

— **Последний раз, по-моему, лет 25–30 тому назад, что позволяет раскрыть некоторые тайны...**

— Не совсем, поскольку некоторые не подлежат разглашению пожизненно.

— **В таком случае поговорим о тех, о которых уже можно. Итак, был атомный проект СССР, и в нем существовал «атомный остров», на котором вы работаете до сих пор. Рядом с вашим институтом находится Курчатовский центр, где создавалась первая атомная бомба, неподалеку уникальный Плутониевый институт, легендарная «Девятка», которую возглавлял академик А.А. Бочвар, и тут же атомное приборостроение. Вы — в центре. Как так случилось?**

— Обратимся к историческим фактам. Когда было принято решение о начале ураново-атомного проекта, начальником Главного военно-санитарного управления Красной Армии был генерал-полковник медицинской службы Ефим Иванович Смирнов — легендарный человек. Благодаря его методологическим разработкам, героической работе медиков 72% раненых во время войны были возвращены в действующую армию. Об этом мало кто знает, к сожалению. Когда мы с ним встречались, он спрашивал: «А ты знаешь, кто победил фашизм?» Я говорю: «Ну а как же: советский народ». — «Это так, — отвечал он. — Но знай: мы победили благодаря раненым». И когда возникла проблема создания атомного оружия (это было немного позже, в 1946 г., когда уже решались конкретные вопросы работ в этой области), Смирнова вызвал Сталин. Ефим Иванович, будучи начальником Главного санитарного управления Красной армии, а потом и министром здравоохранения СССР, прекрасно понимал, что создание нового вида оружия требует немедленно развивать работы по защите от его возможного воздействия.

— **Уже случилась трагедия в Японии?**

— Совершенно верно. 1945 г., август — Хиросима. А разговор этот состоялся примерно в ноябре того же года. Сталин говорит: «Необходимо создать научное учреждение, которое занималось бы разработкой проблем, связанных с защитой от атомного воздействия». Смирнов в это время был куратором строительства Института тропических инфекций. И он принял решение преобразовать этот институт в Институт биофизики. Мы оказались как раз на «атомном острове», где удачно и даже закономерно сформировался удивительный конгломерат различных

учреждений, занятых в атомном проекте. Перед нашим институтом в 1946 г. была поставлена важная задача: защита войск и населения от воздействия ядерного оружия. И второе направление: разработка системы защиты профессиональных работников, занятых на производствах атомного комплекса страны, который, как известно, в Советском Союзе был довольно-таки широко развит. По моим оценкам, к нему в той или иной степени были причастны более миллиона человек.

— **Ну а вы, харьковский мальчишка, как попали в это пекло?**

— Я окончил школу с золотой медалью, поступил в Питере в Первый медицинский институт. Поскольку у нас был организован военно-морской факультет, мы с пятого курса перешли туда. После окончания вуза попал на Черноморский флот, где служил на боевом корабле начальником медицинской службы эсминца. Но была мечта — заниматься наукой. В конце концов я организовал первую радиологическую лабораторию на Черноморском флоте.

— **Когда это было?**



Академики Л. А. Ильин и Р.И. Ильяев с президентом РФ В.В. Путиным

— В 1953–1954 гг. После этого у меня появилась возможность работать в медико-биологическом отделе одного из институтов Военно-морского флота, занимавшихся проблемами защиты от атомного оружия. Я стал старшим научным сотрудником этого закрытого военно-морского института. В нашем коллективе было много талантливых людей. Именно тогда я понял, что всегда необходимо иметь специалистов из различных областей — физиков, радиохимиков или химиков, дозиметристов, медиков и биологов. В нашем коллективе было очень тесное сотрудничество специалистов различных профилей. Наша задача во время испытаний сводилась к тому, чтобы исследовать проблемы дозиметрического и радиологического плана: как после подводного атомного взрыва или подводных атомных взрывов радиация воздействует на морскую биоту. Мы провели многие интересные исследования. Но, к великому сожалению, в 1990-е гг. все эти материалы были уничтожены. Кстати, без каких-либо оснований. А этот материал был одним из первых в мире.

— Ваши впечатления от взрывов? Что запомнилось особо?

— Ощущений и впечатлений, конечно, много. Но, пожалуй, самое сильное — от испытаний на Семипалатинском полигоне. Был один уникальный взрыв ядерного устройства в горе, в специальной штольне. И вдруг после этого взрыва гора — сотни тысяч тонн! — поднялась вверх, метров на 50–60, и опустилась. И на нас пошло облако... Стало понятно, какая мощь в этом ядерном устройстве. Испытания были всегда блестяще организованы. Было

четкое взаимодействие между специалистами различных профилей. Все было очень хорошо рассчитано. Не было ни одного случая лучевой болезни при испытаниях ядерного оружия. Хотя есть, как вы знаете, различные на сей счет домыслы. Заявляю это ответственно, поскольку мы контролировали все случаи лучевой болезни, которые происходили в нашей стране, т.к. мы были радиологическим центром Советского Союза.

— Как же так? Вы начинали с военно-морского флота, а там, как известно, были катастрофы, облучения! Гибли люди. Очень высокую цену мы платили за ядерный флот. Вы же занимались этим?

— Напрямую. И вся эта сложная история началась для меня с гибели линкора «Новороссийск» 29 октября 1955 г. В это время я служил в Севастополе. Ночью нас подняли по тревоге. Мы вышли на баржах, спасали тонущих людей. Это была страшная трагедия. К сожалению, до сих пор она очень мало исследована. Глубоко убежден, что, кроме официальной версии о том, что корабль подорвался на mine, оставшейся со времен Великой Отечественной войны, были и другие причины... Должен сказать, в той ситуации лучше всего себя проявили медики. Они моментально организовали на берегу приемный пункт, оказывали первую помощь пострадавшим, отправляли в госпиталь. Для меня это был первый опыт. Но в период моей службы на Черноморском флоте никаких радиологически опасных событий не было. А вот уже в Институте биофизики мы с ними столкнулись. Речь идет о гибели людей и переоблучении личного состава атомных

подводных лодок. У нас было два очень серьезных случая. Некоторые моряки были отправлены в Первый военно-морской госпиталь в Ленинграде, а наиболее тяжело пострадавшие поступили в нашу клинику, где им провели довольно сложное лечение. К сожалению, несколько человек погибли. Их убила радиация. В то время еще не было эффективных способов лечения, хотя наши медики сделали все от них зависящее, чтобы спасти моряков...

— **Об этом практически ничего неизвестно.**

— Моряки, которые были на атомных подводных лодках и пережили все эти трагедии, давали подписку о неразглашении на всю оставшуюся жизнь. В последние годы секретность частично снята и определенная несправедливость устранена. Это были настоящие герои. Мы-то знали все детали. У нас было много очень серьезных проблем. Стояла задача — восстановить ретроспективно радиационную ситуацию на атомной подводной лодке во время аварии. Там было достаточно интенсивное облучение, и точку приложения действия радиации нам нужно было выяснить очень точно. Мы занимались расчетами вместе с коллегами из Военно-медицинской академии. Была сделана большая работа, потом была опубликована открытая монография наших коллег по такого рода поражениям. Она предназначена для специалистов, в ней подробно и обстоятельно рассказано обо всех аварийных случаях на подводном флоте.

— **Помню то время, когда экипажи подводных лодок привозили в санатории под Москвой, подлечивали, а потом, как ни странно, снова отправляли на подводные лодки.**

— Да, так было. Это ведь были уникальные люди. И не только как специалисты, но и по силе духа, ответственности перед государством и народом. Мы разработали специальный препарат, и нужно было проверить его переносимость. Мы вели исследования на личном составе двух атомных подводных лодок в Северодвинске, которые вернулись после 60-суточного пребывания в местах, достаточно отдаленных от нашей страны. Несмотря на тяжелое психофизиологическое состояние — все-таки они находились в замкнутом пространстве в течение очень длительного времени, — экипаж отнесся к нашим работам в высшей степени ответственно. Моряки были очень заинтересованы в таких исследованиях, ведь если на лодке или корабле есть препарат, который может защитить от лучевой болезни, это создает другое психологическое и душевное состояние.

— **А как вы вышли на этот препарат?**

— Это тоже интересная история. Мой близкий друг профессор Николай Николаевич Суворов, крупнейший химик-синтетик, работал в Московском химико-технологическом институте, длительное время занимался проблемой радиозащитных препаратов. Суворов развивал одно из направлений защиты. Создание препаратов



Подпись

О ядерной войне

«За 5 тыс. лет человеческой истории только 292 года на Земле не было войн, а 15 513 больших и малых войн унесли почти 4 млрд жизней. Но то, что может случиться на нашей планете, разразись ядерная катастрофа, не идет ни в какое сравнение с тем, что пережило человечество за всю свою историю. Для того чтобы представить, что может произойти сегодня в результате преднамеренного или случайного возникновения ядерной войны, следует вспомнить, что мощность взрыва крупного термоядерного заряда превосходит мощность всех взрывов, произведенных в течение всех войн, которые вело человечество. Подсчитано, что жертвами всеобщей ядерной войны, а она будет только такой, если возникнет ядерный конфликт, могут стать 2,5 млрд жизней на Земле».

«В истории Земли было немало экологических потрясений. Поднимались горные хребты, высыхали моря, передвигались континенты, наступали ледниковые периоды, приводившие к массовому исчезновению целых видов животных и разрушению крупных экосистем. Однако никакие экологические катаклизмы прошлого не могут сравниться с уничтожением цивилизации в результате ядерной войны».

«Никого не должно оставлять равнодушным, что милитаристская пропаганда пытается внушить людям, что военная сила и в будущем останется самым действенным орудием политики, что ядерная война не только мыслима, но даже в определенных условиях целесообразна, и в ней можно рассчитывать на победу. Поверить на минуту в «обыкновенность» ядерной войны, поверить, будто она не несет ничего чрезвычайного, значит сдать

на милость тем, кто хочет превратить нашу планету в подобие ада, значит разувериться в достижимости разумных отношений между людьми или, еще хуже, убить волю к тому, чтобы на нас с вами не закончилась цивилизация, чтобы с нашей жизнью не оборвалась история.

Мы, врачи, верные клятве Гиппократова ограждать наших пациентов от всего, что может угрожать их жизни, в силу нашей профессии знаем, что означали бы ядерная война, радиация, лучевые болезни, ожоги, ранения. Мы считаем, что правду об этих истинных опасностях вправе знать все».

О ядерной войне и нейтронном оружии

«Одна из основных целей применения этого изверского оружия сводится к обеспечению в интересах агрессора немедленной потери дееспособности облученных людей. Для этого необходимо, чтобы жертвы данного оружия были облучены в сверхсмертельных дозах, т.е., образно говоря, в таких дозах, когда человек убит, но еще не умер. Практически немедленная потеря дееспособности человека наступит только в том случае, когда он будет облучен в дозах, вызывающих так называемую церебральную (мозговую) форму лучевой болезни. Такие уровни доз характеризуются значениями порядка 3–8 тыс. рад и более. Поражение центральной нервной системы (и прежде всего тканей головного мозга) в этом случае сопровождается потерей координации движений или атаксией, шоком, конвульсиями и комой. При этом смертельный исход в зависимости от величины полученной дозы облучения может наступить в течение нескольких часов или ближайших дней. Только нейтронное оружие способно вызывать такого рода поражения».

такого рода — сложнейшая проблема, которая до сих пор еще до конца не решена во всем мире. Есть тысячи исследований, статей. Многие сотни исследователей занимались разработкой препаратов для защиты от лучевой патологии, от лучевой болезни. Да, есть вещества, которые называются радиопротекторами, их нужно принимать до момента облучения, если знаешь, что будет та или иная радиационная ситуация. Например, если при взрыве атомной бомбы войска продвигаются по зараженной территории, тогда препарат действует. Либо при аварии на атомной электростанции. Были десятки различных вариантов таких препаратов у нас и за рубежом. Это очень сложная и дорогая работа. Мало кто знает, что между идеей создания препарата и аптекой, где вы можете его купить, — минимум десять лет. Я говорю о сроках и стоимости создания препаратов, чтобы

показать: история нашего препарата коренным образом отличается. Это исключение из правил! Итак, однажды в 11 часов вечера мне звонит Николай Николаевич Суворов и говорит: «У меня возникла идея. Давай подумаем, как ее можно реализовать». На следующее утро он ко мне приехал и нарисовал химическую структуру нового соединения. О механизмах говорить не буду, это отдельный разговор. Он синтезировал этот препарат вместе со своими сотрудниками. Между началом работ по синтезу препарата — в основном это было в лаборатории Николая Николаевича — и итогами наших испытаний на токсичность на личном составе атомных подводных лодок прошло ровно три года. Мы работали достаточно интенсивно. К этому времени были проведены широкомасштабные испытания в войсках. Сейчас препарат внедрен.

— Ждет своего часа?

— Идея такова: как я уже говорил, очень важно, когда личный состав и профессиональные работники знают, что в случае какой-то неприятности они примут средство, обладающее высокой эффективностью от гамма-нейтронного излучения. Детали сейчас не так важны, важно то, что этот препарат обладает очень небольшой токсичностью и, в частности, не влияет на операторскую деятельность. Как вы понимаете, это имеет большое значение.

— Возникает странное ощущение: раздав населению этот препарат, можно начинать ядерную войну — просто какой-то подарок для агрессора!

— Это очевидный алогизм, журналистская гипербола. Дело в том, что радиопротекторы — лишь один из элементов существующей системы защиты людей в контексте противорадиационной защиты населения и профессионалов. Если говорить конкретно, то радиопротекторы работают исключительно в случае, когда возникают высокие уровни радиации, такие серьезные уровни мощностей доз, при которых развивается острая лучевая патология. Главное — профилактическое применение радиопротекторов в течение буквально первых минут. Парадокс заключается в том, что при низких мощностях доз радиации эти препараты неэффективны. Поэтому одна из актуальных проблем, над которой работают ученые, — поиск химических агентов и веществ, эффективных в условиях такого рода радиационных воздействий.

— За эти работы группе сотрудников была присуждена Государственная премия. А Ленинская за что?

— Как известно, у ядерного оружия есть много различных модификаций. И когда в США была создана термоядерная мини-бомба, нужно было как можно быстрее

решить проблему с защитой от ее воздействия. Был проведен серьезный комплекс работ. Я был научным руководителем. У нас имелся очень большой опыт, т.к. мы хорошо изучили действие гамма-квантов, гамма-излучений и нейтронов. Нейтроны обладают сложными биологическими воздействиями и особой проникающей способностью. И мы создали целую систему защиты от этого вида воздействия. Деталей раскрывать не буду. Нас было шесть человек, чья работа была отмечена Ленинской премией.

— А как была получена Нобелевская премия мира?

— Предыстория весьма любопытна. Здесь огромная заслуга двух ученых — академика Евгения Ивановича Чазова и кардиолога из США Бернарда Лауна. Во время холодной войны в некоторых горячих головах возникали идеи использования термоядерного оружия против нашей страны. Так что вопрос защиты для нас был всегда актуальным. 70-е и 80-е гг. прошлого столетия были очень напряженными. И двое ученых пришли к выводу, что необходимо создать такое медицинское сообщество, которое лучше всех разбиралось бы в этих сложнейших вопросах. Поскольку в то время было еще очень мало специалистов в нашей узкой области радиационной медицины, Е.И. Чазов привлек меня в качестве эксперта. В нашей группе были еще академик Михаил Ильич Кузин, блестящий хирург, и трое американцев — Бернард Лаун, Эрик Чевин и Джеймс Мюллер. Первая наша встреча состоялась в Женеве в отеле «Ричмонд», где мы в зале Наполеона в течение двух суток вели оживленную дискуссию об организации этого движения. К первому конгрессу мы провели многочисленные расчетные оценки, поскольку достаточно хорошо знали биологическое действие атом-

ного оружия. Независимо от нас этими работами эпизодически занимались различные ученые за рубежом. Важную роль сыграло наше сотрудничество с Джозефом Ротблатом. В свое время он был председателем Пагуошского движения, а до того — членом Манхэттенского проекта. Мы с ним договорились о том, что берем одну модель ядерного удара: один мегатонный заряд взрывается над городом-миллионником. Что произойдет? Независимо друг от друга мы все рассчитали. И когда встретились вновь, выяснилось, что наши оценки различались только на 10%.

— Мегабомба над миллионным городом? И что остается?

— Одномоментно погибнет порядка 350 тыс. человек, остальные обречены на гибель, потому что не останется никакой медицинской помощи.



Академик Л.А. Ильин с коллегами

— Страшно... Я читал книгу, которую вы написали вместе с Е.И. Чазовым и А.К. Гуськовой, о последствиях ядерной войны. Фрагменты из нее, которые я использую в нашей беседе, производят ужасающее впечатление. Так и случилось, когда книга увидела свет?

— Книга была дважды издана на пяти языках. И у меня была косвенная информация о том, что ее читали даже первые лица соответствующих государств. Вдруг мне сообщили о том, что наше движение «Врачи против ядерной войны» представлено на соискание Нобелевской премии мира. Было около 100 претендентов. Мы ее получали вместе с Евгением Ивановичем Чазовым, Михаилом Ильичом Кузиным и американскими коллегами.

— Во фраках?

— Да. В костюмерной Большого театра нас одели соответствующим образом. В Осло все было очень торжественно, интересно. Премия коллективная, а деньги реальные, и они были потрачены, конечно, на дальнейшее совершенствование организационной формы деятельности движения «Врачи против ядерной войны».

— Удивительно: наши ученые получают Нобелевские премии мира, сначала медики, а потом физики (я имею в виду группу, которую возглавлял академик Юрий Антониевич Израэль, наш общий друг), и об этом известно лишь узкому кругу. Жаль, что так происходит!

— Безусловно. А ведь в этих премиях коллективный труд наших и американских ученых, в них также участвовали немецкие и австрийские коллеги, японцы. Было создано очень интересное содружество ученых. Появилось общее понимание, что если кто-то попытается, не дай бог, применить это оружие, то моментально будет страшный уничтожающий ответный удар.

— Хотелось бы задать еще один вопрос, очень важный. Вы встречались, конечно, с выдающимися нашими физиками, создателями оружия. Встречи с кем запомнились особо?

— Я знал практически всех. Первым назову нашего легендарного ученого Юлия Борисовича Харитона. Он детально интересовался любыми разработками, причем не в общем виде, а конкретно. У нас с ним было несколько деловых встреч, меня поразила его широчайшая эрудиция в области медицины и биологии. Были у меня встречи и с Г.Н. Флеровым, и с Е.Н. Аврориним, и с Ю.А. Трутневым, и с Е.И. Забабахиным, и со многими другими. Я могу перечислять очень много наших замечательных ученых. Всю свою жизнь эти бессребреники



Академики Л.А. Ильин и В.П. Смирнов на открытии Высшей школы физики

отдали стране, у них не было личных амбиций. Между ними не было какого-либо жесткого противостояния. Почему? Потому, что была общая задача, им нечего было делить. К счастью, их имена становятся известными в стране. Это очень важно для подрастающих поколений.

— Мы с вами встретились в Чернобыле. Мы много говорили об этой трагедии. Вы выпустили честную и очень хорошую книгу «Реалии и мифы Чернобыля». А что сегодня вы хотели бы сказать об этой беде? Какой главный вывод?

— Вопрос очень сложный. И отвечать на него непросто.

— Вам? Одному из тех людей, кто спас Киев в мае 1986 г.? Впрочем, напомните о том событии тем, кто не знает, как два ученых из Москвы — академики Израэль и Ильин — взяли всю ответственность на себя за судьбу многомиллионного города...

— Такие эпизоды запоминаются на всю жизнь. Катастрофа в Чернобыле произошла 26 апреля 1986 г. 6 мая я находился на площадке атомной станции в бронетранспортере. Как раз подходили к развалу. И тут мне звонит по радиотелефону председатель правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС Иван Степанович Силаев и срочно вызывает в штаб. Мы развернулись, приехали в Чернобыль. Там Силаев мне говорит: «Немедленно вылетайте в Киев на заседание Политбюро. Вас ждет товарищ Щербицкий». Я сразу же полетел в Киев, даже не успел переодеться. Выхожу из вертолета, меня сажают в черную «Волгу» и привозят к зданию ЦК партии, где я неоднократно бывал по роду своей работы здесь, в Чернобыле. Вхожу в зал заседаний. Тут все Политбюро во главе с Владимиром Васильевичем Щербицким, все секретари ЦК и другие руководители республики.

Щербицкий выходит из-за стола и подходит ко мне. Я сказал ему: «Мне неудобно, что я в таком виде, но меня срочно к вам вызвали». Он кивнул, мол, все нормально, и говорит: «В Москве неправильно понимают наше поведение. Как будто здесь паника. Никакой паники у нас нет. И если вы, Леонид Андреевич, будете в Москве, если у вас будет встреча с Николаем Ивановичем Рыжковым (председателем Совета Министров СССР. — Примеч. ред.), вы ему объясните, что мы здесь делаем все необходимое...»

— В Москве не верили, что из Киева идет правдивая информация? Но почему обратились именно к вам?

— Здесь есть своя предыстория. Николай Иванович Рыжков — человек, который спас десятки тысяч людей, лично приняв решение об эвакуации 30-километровой зоны. Когда шел разговор о ситуации в Киеве, а это было 4 мая, мы были в штабе вместе с Юрием Антониевичем Израэлем. Звонит Рыжков, спрашивает у Силаева: «Что там происходит в Киеве?» Никто толком ответить не мог, и в конце концов отвечать пришлось мне. Я говорю: «Обстановка там довольно напряженная, но, тем не менее,

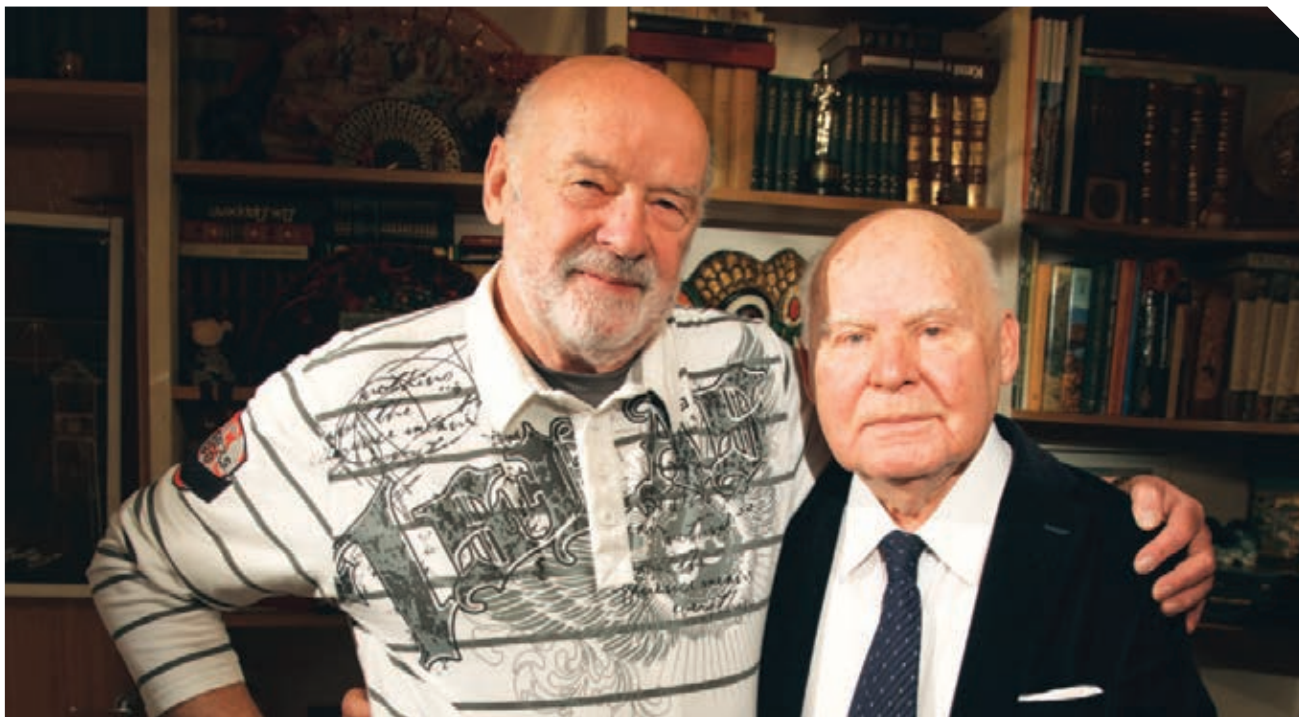
она не представляет значимой опасности». Рыжков ответил: «Товарищ Ильин, мы будем пользоваться вашими консультациями», — и повесил трубку.

— Как известно, Щербицкому докладывали обо всем, что происходило в штабе, и обо всех переговорах с Москвой...

— Щербицкий, конечно, знал об этом разговоре, а потому он мне говорит на заседании Политбюро: «Леонид Андреевич, нам очень важно знать ваше мнение по следующему поводу. Мы рассматриваем вопрос об эвакуации города, в частности детей и школьников». Я говорю: «Вы понимаете, что это будет эвакуация не детей и школьников, это будет эвакуация всего населения города? А почему только Киев? В Чернигове и в Житомире ситуация аналогичная». — «Нет, нет, только в Киеве». Я еще не знал, что к этому времени они уже вывезли своих детей и внуков... Вдруг открывается дверь и входит академик Израэль. Щербицкий спрашивает: «Юрий Антониевич, а ваше мнение по эвакуации Киева?» Тот: «Ни в коем случае!» Щербицкий попросил нас написать официальное заключение. Нам дали несколько листов



Четвертый энергоблок Чернобыльской атомной электростанции, расположенной на территории Украинской ССР (ныне — Украина). Разрушение имело взрывной характер, реактор был полностью разрушен и в окружающую среду было выброшено большое количество радиоактивных веществ. Авария расценивается как крупнейшая в своем роде за всю историю атомной энергетики.



Академик Л.А. Ильин с автором статьи, писателем и журналистом В.С. Губаревым

бумаги с всевозможными секретными аббревиатурами. Мы работали несколько часов, и весь документ уложился на одной страничке. Каждое слово, как вы понимаете, было тщательно взвешено. В конце написали: «Считаем целесообразным организовать периодическое информирование населения через средства массовой информации, с участием ученых и профессионалов». В 11 часов ночи заходим в кабинет Щербицкого, все члены Политбюро на месте. Юрий Антониевич протягивает наше коллективное творчество. Это был гром среди ясного неба, все ожидали, что мы скажем: давайте, мол, эвакуируйте город. Потом Щербицкий открыл сейф и сказал: «Это документ особой государственной важности. Мы будем принимать решение, как нам рекомендуют ученые. И вся ответственность лежит на них».

— **К счастью, к вам прислушались. Если бы началась эвакуация Киева, то случилась бы новая катастрофа на Украине.**

— Так и было бы.

— **Леонид Андреевич, почему вы отказываетесь ездить на Украину? Довольно часто бываете в Белоруссии, в Гомеле, где находится радиологический центр. Что же случилось с Украиной?**

— Это связано сочень простыми вещами. Нельзя оскорблять людей, которые кое-что сделали для народа Украины. Я говорю не общие фразы, это не высокопарные слова. В свое время, когда мы были в Чернобыле членами правительственной комиссии, я неоднократно на заседаниях этой комиссии говорил: друзья мои, все технические аспекты аварии забудутся буквально через один-два года, а вот о том, что радиационная обстановка

останется неприятной на столетия, нужно обязательно говорить людям. Меня никто не слушал. Но случилось так, как я и предсказывал. Мы примерно знаем, что там технически произошло, хотя есть разные мнения. Ну а Чернобыль до сих пор еще «жив» во многом из-за радиационных проблем. И тогда на Украине «назначили» двух «виновных» — вашего покорного слугу и Юрия Антониевича Израэля. Мы были выбраны «мальчиками для битья». Нас зеленые объявили персонами нон грата. После этого события мы с Израэлем условились, что больше нашей ноги в Киеве не будет, пока нам не принесут извинений.

— **То есть официальных извинений нет до нынешнего дня?**

— Нет.

— **В заключение хочу задать, может быть, странный вопрос. Наши достижения по созданию ядерного оружия и атомной промышленности мы по праву называем великими. И они, безусловно, связаны с системой защиты от атомной радиации, которая создана в нашей стране. Этим можно гордиться?**

— Без ложной скромности можно дать утвердительный ответ. В этой связи я хотел бы, чтобы власть имущие и некоторые руководители нашего государства не только знали об этом, но и всегда с глубоким уважением относились к ученым. Их мнение и советы должны быть в категории приоритетов, по которым принимаются судьбоносные решения на благо России. ■

Беседовал Владимир Губарев





ИЗМЕНЯЮЩИЕ МИР

2014

ИИ ЕИ

Десять научных достижений, позволяющих решить давно назревшие проблемы, повысить качество жизни, облегчить участь тяжело больных людей, станут двигателем прогресса на многие годы вперед

Попытка предсказать, какие научные открытия изменят мир, — пустая затея. Что принесет нам будущее, не знает никто. Но каждый год с завидной регулярностью появляются новые разработки, изумляющие своей неожиданностью. Среди тех, которые принес нам 2014 г., — создание революционного инструмента редактирования генома, превосходящего по скорости, точности и простоте все существующие; разработка способа перепрограммирования живых клеток простым сжатием; получение электричества с помощью ультразвука; создание экранов для смартфонов, корректирующих дефекты зрения; изобретение на основе графена новых материалов с уникальными оптическими и механическими свойствами. Эти инновации несомненно принесут свои плоды в недалеком будущем, и вы станете тому свидетелями.

Illustrations by Ben Voldman

Сет Флетчер, старший редактор

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ДЖИНН

Метод редактирования ДНК, основанный на феномене запоминания бактериями вирусов, может совершить настоящую революцию в медицине. Однако некоторых ученых тревожат его возможные нежелательные последствия



Эра геной инженерии началась в 1970-х гг., когда Пол Берг (Paul Berg) встроил сегмент ДНК бактериофага в геном одного из вирусов обезьян, а Герберт Бойер (Herbert W. Boyer) и Стэнли Коэн (Stanley N. Cohen) сконструировали микроорганизмы, которые передавали включенные в их геном чужеродные гены, остающиеся функционально активными, следующим поколениям. К концу 1970-х гг. созданная Бойером компания *Genentech* выпустила инсулин, вырабатываемый бактерией *Escherichia coli*, которая содержала искусственно созданный ген инсулина человека. Вслед за этим лаборатории по всей стране стали использовать трансгенных мышей для исследования природы различных заболеваний.

Эти триумфальные достижения изменили облик медицины, но произошло это не сразу. На пути практического применения первых методик геной модификации стояли два серьезных препятствия: они были недостаточно точны и плохо воспроизводимы. Первое удалось преодолеть

в 1990-х гг., когда были синтезированы ферменты, разрезающие молекулу ДНК в строго определенных сайтах. Это создало предпосылки для встраивания сегментов ДНК в заранее заданные участки генома клетки-хозяина, а не куда попало. Оставалось найти или синтезировать белки, специфичные для целевых нуклеотидных последовательностей, и это была трудоемкая кропотливая работа.

Два года назад небольшая группа молекулярных генетиков из лаборатории Эмманюэля Шарпантье (Emmanuelle Charpentier), работающего в Университете Умео (Швеция), совместно с Дженнифер Дудной (Jennifer Doudna) из Калифорнийского университета открыли генетический механизм, позволяющий редактировать геном с беспрецедентной быстротой и легкостью. Вскоре коллектив ученых из Гарвардского университета и Массачусетского технологического института показал, что, используя новый механизм, можно одномоментно вносить множество изменений в клеточный геном с высокой точностью.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Вносить изменения в геном живых организмов генетики научились в 1990-х гг., но используемые для этого методы были трудоемкими и не очень точными. В результате многие из задуманных экспериментов долгое время оставались практически невыполнимыми и дорогими.
- Появление нового метода редактирования ДНК, CRISPR, произвело настоящую революцию в этой области. Метод основан на использовании защитных механизмов бактерий («иммунитета»), он дешев и прост в применении в отличие от всех прежних. Компании, которые занимаются поиском сфер применения CRISPR-технологии в медицине, не испытывают недостатка средств.
- Уже предпринимаются попытки использовать новый метод для лечения больных СПИДом и шизофренией. Вносить изменения в геном с его помощью настолько просто, что встает вопрос безопасности и этичности процедуры.



В результате уже сегодня в геномной инженерии достигнуты успехи, которые определенно скажутся на дальнейшем развитии генетики и медицины. Теперь трансгенных лабораторных животных можно получать за неделю, а не за год, как раньше, и успешно бороться с такими разными заболеваниями, как СПИД, болезнь Альцгеймера и шизофрения. Новый метод позволяет вносить изменения в геном с такой легкостью, что возникают опасения, как бы это не привело к непредсказуемым последствиям.

Новый метод получил название *CRISPR* — сокращение, составленное из первых букв словосочетания *clustered,*

regularly interspaced, short palindromic repeats (сгруппированные регулярно встречающиеся короткие повторы). Он основан на использовании природной способности бактерий запоминать вирусы, которые их ранее инфицировали. Исследованием упомянутых необычных повторов генетики занимаются с конца 1980-х гг., когда они были открыты японскими учеными. Но о том, что они могут стать эффективным инструментом при редактировании ДНК, стало известно лишь после выяснения механизма действия белка *Cas9* в результате совместных усилий научных коллективов, возглавляемых Дудной и Шарпантье.

РНК в качестве гида

Дудна и Шарпантье познакомились в 2011 г. на конференции в Сан-Хуане, Пуэрто-Рико. Их многое объединяло. Оба возглавляли научные группы, которые занимались исследованием механизмов защиты бактерий от вирусов. Оба получили данные, свидетельствующие о том, что бактерии «запоминают» ДНК инфицировавших их вирусов, идентифицируют при повторной встрече и тут же их атакуют.

Вскоре после конференции Шарпантье и Дудна решили объединить усилия: первый сосредоточился на сборе свидетельств того, что для уничтожения вируса, вошедшего в клеточную мембрану, бактерии *Streptococcus* используют всего один белок, *Cas9*; вторая — на выяснении механизма его действия.

По случайности, благодаря которой сотрудничество двух коллективов стало еще более тесным, двое его участников — Кшиштоф Хилински (Krzysztof Chylinski) из группы Шарпантье и Мартин Енек (Martin Jinek) из группы Дудны — выросли в соседних польских городках и говорили на одном диалекте. «Они стали общаться друг с другом по скайпу, делиться данными и обсуждать эксперименты, — говорит Дудна. — По существу, из этого общения родился наш совместный проект».

Вскоре стало ясно, что *Cas9* может оказаться чрезвычайно полезным инструментом редактирования ДНК — процедуры, в которой используются особые ферменты нуклеазы, разрезающие макромолекулу в строго определенных местах. Образующийся пробел заполняют другие ферменты, при этом иногда в место разреза встраивается чужеродный генетический материал, специально введенный в клетку. В то время, когда Дудна и Шарпантье начали сотрудничать, генетикам всякий раз приходилось решать трудную задачу: чтобы вырезать целевой участок ДНК, необходимо было подобрать фермент, который расщеплял бы молекулу в нужном месте. Иными словами, для каждой генетической модификации приходилось искать свой белок, распознающий нуклеотидную последовательность — мишень.

Обойти эту трудность позволили исследования, в ходе которых выяснилось, что *Cas9*, используемый стрептококками в качестве иммунологического инструмента, отыскивает целевую нуклеотидную последовательность с помощью РНК. Комплекс *Cas9*-РНК перемещается по молекуле ДНК с места на место, казалось бы, случайным образом, но на самом деле он останавливается всякий раз, когда нападает на след короткой «сигнальной» последовательности. *Cas9* связывается с ней, локально расплетает двойную спираль и «смотрит», комплементарен ли открывшийся участок молекуле РНК. *Cas9* разрезает ДНК только тогда, когда комплементарность имеет место. Приспособив эту природную поисковую систему для своих нужд, можно было не искать свой фермент для каждого сайта в геноме. Процесс редактирования стал бы проще, дешевле и точнее.

После нескольких месяцев совместной работы «трансатлантический» коллектив получил желаемый результат. Впоследствии Дудна с воодушевлением рассказывала: «Енек ставил эксперименты один за другим и как-то

ОБ АВТОРЕ

Маргарет Нокс (Margaret Knox) — свободный писатель и редактор, живет в Боулдере, штат Колорадо.



раз зашел в мой кабинет, чтобы обсудить результаты и те соображения, к которым он пришел совместно с Хилински. Бактерия *Streptococcus* использует в качестве «проводника» не одну молекулу РНК, а две. Что если объединить их в одну, созданную искусственно, но так, чтобы эффективность работы всего комплекса не пострадала?» С одной модифицированной РНК процесс ускорился бы многократно. РНК-проводник синтезировать гораздо проще, чем используемые до сих пор ферменты с их сложной системой кодирования.

«Это был один из тех моментов, когда ты видишь результаты экспериментов — и вдруг тебя осеняет, — говорит Дудна. — Мы поняли, что сможем на основе двух РНК-гидов создать один. Я почувствовала, как по спине у меня побежали мурашки, и мысленно воскликнула: "О господи, нужно немедленно бежать в лабораторию! Если это работает, то..."»

И это действительно заработало и принесло плоды, о которых Дудна при всем своем богатом воображении не могла догадываться. Когда в августе 2012 г. были опубликованы результаты исследований системы *CRISPR/Cas9*, научное сообщество сразу оценило по достоинству ее потенциал — и началась гонка за первенство в выявлении сфер применения новой технологии.

На пути к коммерциализации

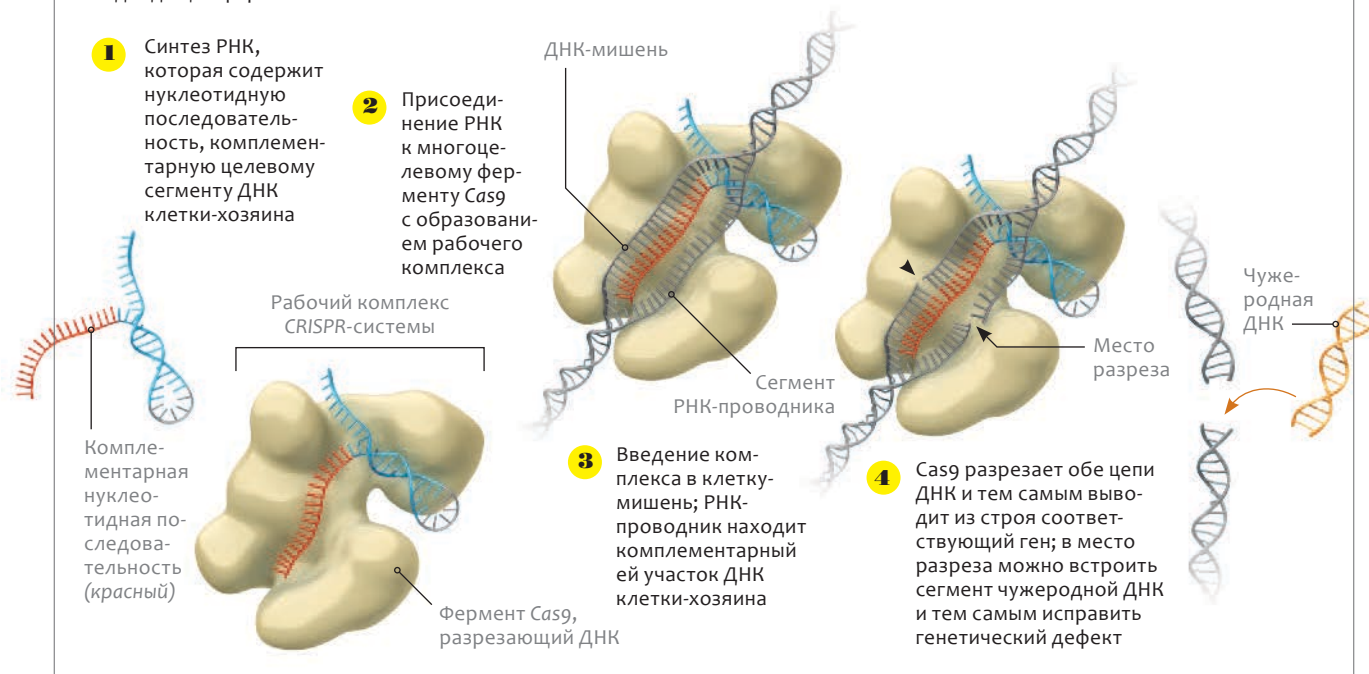
К началу 2013 г. систему *CRISPR/Cas9* апробировали на организмах гораздо более сложных, чем бактерии. Поговаривали даже о том, чтобы попытаться с ее помощью вернуть к жизни неандертальцев и шерстистых мамонтов. Группа генетиков под руководством Джорджа Черча (George Church) из Гарвардской медицинской школы использовала *CRISPR* для внесения изменений в гены человека, проложив дорогу к применению новой технологии в медицине.

Неудивительно, что вскоре новое направление генной инженерии стало привлекать инвестиции. Чуть больше года назад Дудна совместно с Черчем и Фэн Чжаном (Feng Zhang) из Массачусетского технологического института основали фирму *Editas Medicine* с уставным капиталом \$43 млн. Ее основной задачей было создание лекарственных препаратов нового типа на основе *CRISPR*. В апреле 2014 г. в Базеле и Лондоне открылись филиалы компании *CRISPR Therapeutics*, перед которыми стоят такие же задачи. До практического применения новых продуктов пока далеко. Но фирмы, занимающиеся поставкой лабораторного оборудования, химических веществ, биологического материала и прочего, уже готовы к выполнению заказов на подготовленных к введению *CRISPR* и *CRISPR*-видоизмененных мышей, крыс и кроликов.

Прошлым летом я побывала в компании *SAGE Labs* в Сент-Луисе, которая первой получила лицензию

КАК ЭТО РАБОТАЕТ

Для защиты от вирусов бактерии используют генетическую «иммунную систему» под названием CRISPR. С ее помощью можно направленно вырезать или модифицировать сегменты ДНК клеток-мишеней. В отличие от прежних редактирующих систем CRISPR оперирует единственным универсальным ферментом — белком Cas9. Нужно только синтезировать специальную для данного случая РНК, комплементарную вырезаемому сегменту ДНК. Сделать это гораздо проще, чем синтезировать подходящий фермент.



на применение CRISPR-технологии для специфической модификации грызунов, и увидела своими глазами, как технология работает. SAGE сотрудничает с 20 крупнейшими фармацевтическими компаниями, а также со многими университетами, биотехнологическими научно-исследовательскими институтами и фондами. (В сентябре 2014 г. ее за \$48 млн купила биотехнологическая английская фирма *Horizon Discovery Group*.) Комплекс многоэтажных зданий SAGE располагается на задворках промышленной зоны. Здесь работники компании принимают заказы от лабораторий, скажем, от одной из них, находящейся в Сакраменто, штат Калифорния, на получение крыс с нокаутированным *Pink*-геном, на которых ставятся опыты по исследованию болезни Паркинсона. В недавно отстроенном крыле комплекса в стерильных условиях при контролируемых температуре и влажности содержатся крысы с требуемой генной модификацией. Нужно только отобрать 20 из них, аккуратно упаковать в стерильные контейнеры и отправить самолетом в Калифорнию. Аналогичным образом поступают с животными, предназначенными для исследования других заболеваний, от шизофрении до болевого синдрома.

Если потребителю нужны модифицированные грызуны, которых нет в виварии компании, поступают по-другому. Предположим, что кто-то хочет исследовать связь между болезнью Паркинсона и только что идентифицированным геном, возможно, причастным к развитию данной патологии. В таком случае можно

с помощью CRISPR-технологии выключить этот ген, внести в него мутацию либо заменить другим геном. Такие заболевания, как болезнь Паркинсона, муковисцидоз, СПИД и многие другие, — мультифакторные, т.е. зависят от нескольких генов, и на создание мышей с модификациями соответствующих генов раньше уходило до года. Сегодня с помощью CRISPR-технологии можно внести изменения сразу во все целевые гены всего за несколько недель.

Процесс начинается с синтеза целевой ДНК-последовательности и комплементарной РНК. В чашке Петри смешивают РНК и Cas9, которые, соединяясь друг с другом, образуют основной инструмент CRISPR-технологии — комплекс, способный редактировать ДНК. Его проверяют на работоспособность на клетках животных, на что уходит около недели. Поскольку эффективность нового метода не достигает 100%, разрывы в молекуле ДНК и мутации происходят не во всех клетках. Чтобы посмотреть, насколько хорошо он работает, из отобранных клеток выделяют ДНК и многократно копируют участки в окрестности предполагаемой мутации. После соответствующей обработки образцов материал разделяют и выводят результаты на экран компьютера. Вырезанные сегменты ДНК выглядят на экране как размытая полоса: чем больше ДНК разрезано, тем полоса отчетливее.

Дальнейшие процедуры совершаются в другом помещении. Здесь с помощью CRISPR получают генетически модифицированные эмбрионы и выращивают

мутантных грызунов. Я наблюдала за виртуозными манипуляциями с эмбрионами, которые осуществлял на моих глазах один из сотрудников, Эндрю Браун (Andrew Brown). Одетый в голубой бумажный комбинезон с капюшоном, в бахилах и хирургических перчатках, он склонился над препаровальной лупой и отсасывал в пипетку крысиный эмбрион. Осторожно перенес драгоценный материал через всю комнату к большому микроскопу, снабженному руками-манипуляторами, Браун выдул его в каплю жидкости на предметном стекле и уселся на высокий табурет. Правой рукой он подвел с помощью джойстика полую стеклянную иглу к стенке эмбриона.

Под микроскопом два пронуклеуса эмбриона — один от отца, другой от матери — выглядели как небольшие кратеры на поверхности Луны. Браун аккуратно подталкивал клетку, пока один из пронуклеусов не оказался напротив кончика иглы. Затем он нажал на клавишу компьютерной мыши, и игла ввела каплю жидкости с CRISPR в клетку. Пронуклеус раздулся — это было похоже на то, как набухает бутон цветка, если снять процесс на видео, а затем просматривать его в ускоренном режиме. Эксперимент удался: Браун получил мутантную клетку. Три сотрудника компании проводят такие манипуляции 300 раз в сутки по четыре дня в неделю.

Эмбрионы переносят с помощью пипетки в чашки Петри и хранят в термостате при температуре тела животных, а затем вводят в количестве 30–40 штук в матку суррогатной матери. Через 20 суток появляется потомство — от пяти до 20 крысят. На десятый день у них берут образцы ткани, чтобы определить, какие животные несут модифицированные гены.

«Это очень волнующий момент, — говорит Браун. — Иногда мутантным оказывается всего один крысенок из 20. Его мы называем животным-основателем». Когда наблюдаешь за работой Брауна, кажется, что в ней нет ничего особенного, — аналогичные манипуляции осуществляются на тысячах животных в лабораториях по всему миру. Но, как сказал сотрудник SAGE Дэвид Смоллер (David Smoller), «здесь мы имеем дело с возможностью массового редактирования генов».

Надежды и опасения

Сразу после выхода CRISPR-технологии на рынок ей стали находить все новые применения, иногда весьма экзотические. Высказывались предположения, что с ее помощью можно будет устранять на ранних стадиях беременности хромосомные аномалии, ассоциированные с болезнью Дауна, или восстанавливать чувствительность к гербицидам семян растений, ставших к ним устойчивыми, или даже возрождать исчезнувшие виды живых существ. Неудивительно, что некоторым такие планы кажутся невыполнимыми. Встревоженные комментаторы опасаются, что в попытках искоренить малярию или болезнь Хантингтона можно получить генетический аналог парка юрского периода, «населенный» множеством опаснейших генов.

Остановимся на идее уничтожения с помощью CRISPR-технологии переносчиков малярии. «Это совсем

другая задача, чем уничтожение малярийных плазмодиев», — говорит Тодд Куйкен (Todd Kuiken), специалист по биобезопасности из Международного научного центра им. Вудро Вильсона в Вашингтоне. Если ваша конечная цель — искоренение малярии, которая ежегодно поражает 200 млн человек и уносит жизни 600 тыс., то следует подумать, не породит ли решение этой проблемы десять новых.

К чести научного сообщества, оно очень быстро осознало, какие риски может нести CRISPR-технология, и озаботилось их предотвращением. Когда в июле 2013 г. группа ученых из Гарварда опубликовала статью о возможности использования нового метода уничтожения малярийных комаров, тут же было организовано ее публичное обсуждение, в ходе которого были предложены технологические и регуляторные способы ограничения распространения модифицированных генов в дикой природе. «CRISPR-метод отличается невероятным быстроедействием, — говорит Джинтайн Ланшоф (Jeantine Lunshof), специалист по биоэтике. — Многие даже ничего не слышали о нем, но он уже полным ходом применяется. Динамика, которую ранее невозможно было представить!» В рамках *Innovative Genomic Initiative* в Беркли Дудна создает группу специалистов для обсуждения этической стороны применения CRISPR.

Нелегко говорить об этике на фоне уже достигнутых успехов. Так, в июне 2013 г. из Массачусетского технологического института пришло известие об излечении мышей от тирозинемии (редкого заболевания печени, обусловленного мутацией в гене одного из ферментов) прямым введением CRISPR-комплекса в хвост животных. Используя три РНК-гида вместе с Cas-белком и правильной версией мутантного гена, исследователи устранили генетический дефект в каждой из 250 клеток печени. В конце концов здоровые клетки заменили примерно треть мутантных — этого достаточно для того, чтобы печень нормально функционировала. А в августе вирусолог Камел Халили (Kamel Khalili) с коллегами из Темпльского университета сообщили об использовании CRISPR-методики для элиминации вируса иммунодефицита из нескольких линий клеток человека.

Для Халили, который занимается проблемой СПИДа со времени его распространения в человеческой популяции в 1980-х гг., появление CRISPR-технологии стало настоящей революцией. Несмотря на значительные успехи, достигнутые в борьбе с этим недугом, до сих пор мы могли лишь держать вирус под контролем. Сегодня, используя новый метод, Халили полностью элиминирует копии вирусного генома, интегрированного в геном клетки-хозяина. Помимо этого CRISPR защищает от инфицирования не затронутые вирусом клетки, иммунизируя их введением сегмента его ДНК, — точно так же, как Дудна иммунизировала бактериальные клетки. Данный процесс можно назвать генетической вакцинацией. «Спроси меня кто-нибудь года два назад, можно ли безошибочно вырезать ДНК ВИЧ из генома клетки-хозяина, я бы категорически ответил: "Нет". А сегодня мы умеем это делать, а значит — добиваемся полного излечения», — говорит Халили.

ЕЩЕ ДЕВЯТЬ НОВАТОРСКИХ ИДЕЙ



ПРОГРАММИРУЕМЫЕ КЛЕТКИ

Изменение поведения клеток при сжатии

Если бы мы могли заставить клетки подчиняться нашим указаниям, они, выполняя их, стали бы вырабатывать инсулин, атаковать опухоли и делать массу других полезных вещей. Но изменить поведение клеток не так просто. Существующие методы предполагают введение в нее различных векторов, в частности вирусов, которые должны для этого пройти сквозь клеточную мембрану, нанеся ей необратимые повреждения.

В 2009 г. исследователи из Массачусетского технологического института решили проблему, и произошло это случайно. Им нужно было ввести в клетку макромолекулы и наночастицы, для чего они использовали микроскопическое водное ружье. Целью экспериментов было изменение поведения клетки без потери жизнеспособности. Инженер-химик Армон Шарей (Armon Sharei) обратил внимание на то, что некоторые из обстреливаемых водой клеток деформируются на короткое время и тогда в них свободно проходят посторонние вещества. «Обнаружилось, что если клетку достаточно быстро сжать, то в ее мембране возникают временные разрывы», — говорит Шарей. — Однако водное ружье — слишком грубый инструмент. Нужно было найти более тонкий способ делать то же самое.

При содействии Клавса Йенсена (Klavns F. Jensen), одного из основоположников новой области науки под названием «микробиодинамика», и пионера биотехнологии



Роберта Лангера (Robert S. Langer) Шарей сконструировал микрочип из стекла и кремния с вытравленными в нем каналами, через которые продавливается клеточная масса. К концу каналы сужаются до размеров, меньших диаметра клетки. Под действием давления последние деформируются, и в их мембране образуются поры — очень узкие, но пропускающие различные вещества: белки, нуклеиновые кислоты и даже углеродные нанотрубки. Метод пригоден для деформации стволовых и иммунных клеток, слишком хрупких, чтобы манипулировать ими другими способами. «Поразительно, как

много разных клеток можно деформировать этим методом», — говорит Шарей. Руководимая им группа сконструировала уже 16 разных чипов с каналами, предназначенными для обработки различных клеток. Еще больше чипов находится на стадии разработки. Создано также устройство, которое позволяет пропускать через каналы до 500 тыс. клеток в секунду. Предпринимаются усилия по коммерциализации новой технологии. Появилась фирма SQZBiotech; ученые из Великобритании, Франции, Германии и Голландии готовы использовать ее продукцию.

Райан Брэдли



ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ, РАБОТАЮЩИЙ НА СЛЮНЕ

Новым возобновляемым источником энергии для медицинских устройств может стать слюна

Мухаммад Мустафа Хусейн (Muhammad Mustafa Hussain), профессор электротехники из Научно-технологического университета им. короля Абдаллы в Саудовской Аравии, проводит почти все свое время за созданием крошечных устройств. «Вы делаете миниатюрные вещи и быстро получаете результаты», — говорит он. Так, в 2010 г., когда Хусейн вознамерился найти какой-нибудь возобновляемый источник энергии, пригодный для использования в труднодоступных местах в медицинских целях (например, чтобы отфильтровать воду или поставить диагноз), ему неизбежно пришлось начать с малого. Естественной отправной точкой мог бы стать, например, крошечный микробный топливный элемент. Однако было совсем не очевидно, что источником энергии для него станет слюна.

Идею использования слюны высказал коллега Хусейна Джастин Минк (Justine E. Mink), в то время докторант, работавший в его лаборатории (а теперь научный сотрудник американской химической компании Dow Chemical). Тогда Минк трудился над созданием устройств, отслеживающих уровень глюкозы в крови у больных диабетом, с таким маленьким источником энергии, чтобы он помещался внутри тела больного рядом с поджелудочной железой. Микробный топливный элемент вырабатывает энергию, «скармливая» органические вещества, в избытке присутствующие в слюне, бактериям, которые в процессе своей жизнедеятельности высвобождают электроны. Эти двое ученых взяли обладающий высокой проводимостью графеновый электрод, погрузили его в среду с обитающими в слюне бактериями и через несколько недель получили один микроватт (одну миллионную часть ватта) энергии.

Микроватт — это, конечно, крошечная мощность, но ее достаточно для питания миниатюрных устройств типа «лаборатория на чипе» или диагностических и контролирующих инструментов, подобных отслеживающей системе Минка для диабетиков. В сотрудничестве с компаниями, которые создают с помощью трехмерных принтеров искусственные органы, Хусейн вживил свой топливный элемент в искусственную почку, где источником «топлива» служит физиологическая жидкость. По его словам, это всего лишь первый шаг, ведущий к увеличению масштаба: его долгосрочная цель заключается в получении электричества на фабриках по переработке органических отходов, что могло бы обеспечивать энергией опреснительные установки в слаборазвитых странах.

ПРОЗРАЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Технология, идею которой подсказала автору передвижная выставка «Миры тела», может существенно упростить биомедицинские исследования

Пять лет назад Вивиана Градинару (Viviana Gradinaru), работавшая в нейробиологической лаборатории, занималась тем, что, объединяя изображения тонких срезов головного мозга мыши, получала трехмерную компьютерную картинку исследуемого объекта. Работа была трудоемкой и требовала много времени. В свободное время она иногда ходила на выставку «Миры тела» (Body Worlds), где ее особенно поражал вид подвергнутых пластикации тел умерших людей с их кровеносной системой, выставленной на всеобщее обозрение. Это не было праздным любопытством: многое, чем она занималась в лаборатории, можно было бы делать гораздо быстрее и результативнее, если использовать технологию, подобную применяемой создателем выставки.

«Высветление тканей» широко использовалось уже более столетия, но существующая методика включала выдерживание образцов в растворителях, разрушавших флуоресцирующие белки, которые визуализируют исследуемые клетки и ткани. В поисках другой, более совершенной технологии Градинару, в то время аспирантка, вместе со своими коллегами по Нейроиммунологической лаборатории Пола Паттерсона (Paul Patterson) решила заместить липидные молекулы, образующие каркас ткани, которые делают ее непрозрачной. Но чтобы предотвратить тканевый коллапс, нужно было заменить липиды другими структурными элементами. Вот в чем состояла инновация.

Грызуна умерщвляли и закачивали в его тело формальдегид, пока оно еще не остыло. Затем с него удаляли кожу и заполняли кровеносные сосуды акриламидными мономерами, белым веществом кристаллической структуры без запаха. Мономеры образовывали гидрогелевую арматурную сетку, которая заменяла липиды и не затемняла ткань. В конце концов они добились того, что тело мыши становилось прозрачным через две недели.

А вскоре исследователи получили детальную картину нервной системы грызуна. Полная прозрачность тела позволила идентифицировать периферические нервы — крошечные нервные веточки, назначение которых не вполне очевидно, — и проследить за проникновением вирусов сквозь гематоэнцефалический барьер, для чего вирусные частицы маркировали флуоресцирующим веществом, вводя его в хвост мыши. «Это похоже на наблюдение целого мира, а не отдельных его сторон», — говорит Градинару. Новая технология позволяет избежать ошибок, связанных с человеческим фактором, ускоряет работу лаборатории в целом, обеспечивает получение более информативных данных при меньшем числе подопытных животных. Градинару предлагает рецепт получения гидрогелевых смесей всем, кто в этом заинтересован. В будущем она намеревается применить свою технологию для обнаружения, картирования и изучения раковых и стволовых клеток.

Райан Брэдли

Райан Брэдли



ДИСПЛЕЙ, КОРРЕКТИРУЮЩИЙ ЗРЕНИЕ

Саморегулируемые экраны смартфонов и айпадов подстраиваются под зрение пользователя — и очки становятся ненужными

Более 40% граждан США старше 40 лет для чтения пользуются очками, и эта цифра возрастает почти до 70% для людей в возрасте за 80. «Чем старше мы становимся, тем больше сказывается на зрении неправильное преломление света хрусталиком глаза», — говорит Гордон Вецштайн (Gordon Wetzstein), доцент электротехники Стэнфордского университета.

К сожалению, очки и контактные линзы не всегда идеально подходят для коррекции зрения. Например, если у вас дальность зрения, то для управления автомобилем в дорожном потоке очки вам не нужны, но чтобы увидеть показания спидометра или GPS-навигатора, они необходимы. Лучшим решением в таком случае, по мнению Вецштайна, мог бы стать корректирующий зрение дисплей — экран, в который «встроены» ваши очки.

Вецштайн с коллегами из Массачусетского технологического института (где

он до этого работал) и Калифорнийского университета в Беркли разработали такой экран. Он выполнен в двух модификациях — для обычного смартфона с высоким разрешением и для планшета. Первый стоит недорого и представляет собой перфорированную пленку (аналог перфорационной линзы), покрывающую экран. Во втором случае в смартфон или планшет вводят программу, которая определяет положение пользователя относительно экрана и соответствующим образом деформирует высвечиваемую картинку. Когда изображение проходит через решетку из крошечных отверстий в покрывающей экран пленке, специальная программа создает искажения на экране, которые компенсируют дефект зрения пользователя, и изображение становится четким. Такой экран может корректировать близорукость, дальность зрения, компенсировать астигматизм и устранять другие,

более сложные проблемы со зрением. Разработчики представили свое изобретение на очередной конференции SIGGRAPH (Special Interest Group on GRAPHics and Interactive Techniques) в августе прошлого года в Ванкувере.

«Тестирование на небольшом количестве пользователей показало, что технология работает, — говорит Вецштайн. — Но для ее доводки нужны масштабные испытания». Уже сейчас планируется усовершенствовать слайдер, который можно использовать для ручной фокусировки изображения на экране. По словам Вецштайна, эта технология может стать полезной жителям развивающихся стран, для которых мобильные устройства более доступны, чем качественные дорогие очки.

Рэйчел Ньюер

«ЛЕГО» В АТОМНОМ МАСШТАБЕ

Плотно прижатые друг к другу слои вещества толщиной всего в один атом образуют материалы с уникальными свойствами, открывающими удивительные возможности

Андрей Гейм





Андрей Гейм (Andre K. Geim) — физик из Манчестерского университета, лауреат Нобелевской премии по физике 2010 г. (совместно с Константином Новоселовым), присужденной за изобретение метода получения графена.

Не одно поколение людей по всему земному шару увлекалось конструктором «Лего». Из его деталей — сцепляющихся между собой пластиковых кубиков, трубок, колес и множества других модулей — можно собирать фантастические автомобили, строить причудливые замки и многие другие конструкции, которые представляют собой нечто большее, чем набор простых элементов. Сегодня новое поколение молодых ученых-материаловедов одержимо идеей создания нового типа «Лего», строительные блоки которого сравнимы по размерам с атомами. Новые конструкционные элементы представляют собой слои вещества толщиной всего в один атом, которые можно укладывать в стопку в заданной последовательности. Ювелирная точность наслаивания позволяет получать материалы с уникальными электрическими и оптическими свойствами. Из них можно создавать ком-

двумерными, поскольку атом, мельчайшая частица вещества, имеет ненулевой размер и представляет собой минимальную толщину любого материала. Интересны и слои потолще, из трех или около того атомов. Их ширина и длина могут быть намного больше — это зависит от желания исследователя. Благодаря своим уникальным свойствам за последние несколько лет двумерные кристаллы стали объектом пристального внимания материаловедов и специалистов в области физики твердого тела.

Слои можно укладывать так, что образуемые ими структуры будут крайне стабильными, несмотря на отсутствие в них ковалентных связей. Слои удерживаются вместе с помощью других сил — ван-дер-ваальсовых. Они относятся к категории слабых. Как правило, их недостаточно для удерживания вместе атомов и молекул, но поскольку в нашем случае двумерные

ними дополнительные кристаллические слои? Мы знаем, что сверхпроводимость оксидов зависит от расстояния между слоями и что в результате дополнительного прослаивания плохо проводящие материалы и даже изоляторы могут превратиться в сверхпроводники.

Эта идея не была до конца проверена в основном потому, что технология изготовления материалов по типу конструктора «Лего» атомного масштаба находится на стадии становления. Сформировать сложные многослойные структуры очень трудно, и сегодня они редко состоят более чем из пяти разных слоев. В них используются в основном лишь два или три вида «Лего»-деталей — чаще всего это графен в сочетании с двумерными кристаллами диэлектрика нитрида бора и таких полупроводников, как дисульфид молибдена и диселенид вольфрама. Подобные конструкции часто называют гетероструктурами, поскольку они состоят из разных материалов. Пока они очень малы, обычно всего примерно 10 мкм в ширину и длину (меньше толщины человеческого волоса). Но уже сегодня с помощью этих блоков можно проводить эксперименты по созданию материалов с новыми электрическими или оптическими свойствами и поиску сфер их применения. Еще один интересный аспект: поскольку слои исключительно тонки, они также очень гибки и почти прозрачны. Это позволяет создавать на их основе светотехнические устройства с изменяемой формой, например сворачивающийся в рулон экран монитора, размер которого пользователь может уменьшать или увеличивать по своему усмотрению. С их помощью можно изготавливать также гораздо более экономичные компьютерные чипы.

Мы надеемся, что в ходе этих исследований обнаружатся принципиально новые вещи, позволяющие вывести технологию на уровень, когда ее можно будет использовать в промышленности. Это уже произошло с графеном и некоторыми другими двумерными кристаллами: изначально они представляли собой крошечные кристаллиты размером в несколько микрометров в сечении, а теперь это слои площадью в сотни квадратных метров, находящие разнообразное применение.

Ни о каком прикладном прорыве в обсуждаемой нами сфере пока речи не идет. Но уже сейчас самые разные идеи будоражат научное сообщество. Прогресс человечества всегда сопровождался изобретением новых материалов. Они лежали в основе перехода от каменного века к бронзовому, затем к железному, а позднее — кремниевому. «Лего» в атомном масштабе — это нечто, не существовавшее ранее, и теперь наши возможности расширятся.

Прогресс человечества неразрывно связан с изобретением новых материалов, и «Лего» в атомном масштабе стоит в этом ряду, представляя собой нечто, не существовавшее ранее

поненты устройств, обладающие очень низким электрическим сопротивлением, более быстрые и мощные компьютеры, гибкие, необыкновенно легкие гаджеты, которые можно носить в кармане, не опасаясь, что они сломаются.

Этот научно-технический прорыв стал возможен с появлением на свет графена — двумерной пленки из атомов углерода, похожей на микроскопическую проводящую сетку. В 2004 г. нам с коллегами из Манчестерского университета в Англии удалось получить такую пленку, «отшелушивая» слои толщиной в один атом от цельного бруска высокоориентированного пиролитического графита с помощью клейкой ленты. За последующее десятилетие было обнаружено несколько десятков других видов объемных кристаллов с подобными свойствами, и их число быстро растет: это, например, слюда, а также материалы с менее привычными названиями, например нитрид бора гексагональный (он же белый графит) и дисульфид молибдена. Эти кристаллические слои называют

слои состоят из плотно расположенных атомов и тесно прилегают друг к другу, кумулятивная сила притяжения достигает значительной величины.

Чтобы по достоинству оценить потенциальные возможности новых материалов, вспомним о давней мечте физиков — сверхпроводимости при комнатной температуре. Создание материалов с такими свойствами имело бы далеко идущие последствия для нашей цивилизации. Считается, что эта цель в принципе достижима, но как именно — не знает никто. Самая высокая температура, при которой сегодня вещества проявляют свойства сверхпроводимости, не превышает -100°С. За последние два десятилетия эту планку удалось лишь немного приподнять.

Недавно стало известно, что некоторые сверхпроводники, состоящие из оксидов — соединений, содержащих по меньшей мере один атом кислорода, — можно расслоить описанным выше способом. Что если попробовать снова соединить их, но в другой последовательности, и построить между

СВЕРХТВЕРДЫЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫЕ ПЛАСТМАССЫ

Экологически безопасные полимеры достаточно прочны для использования в производстве автомобилей и самолетов

Когда химик-исследователь Джаннет Гарсия (Jeannette Garcia) обнаружила в колбе, которой недавно пользовалась, комок белого вещества размером с конфету, она понятия не имела, откуда он взялся. Комок так крепко прилип к колбе, что отодрать его удалось, лишь отбив стекло молотком. Но когда она изо всех сил ударила тем же молотком по самому комку, он не раскололся. «Когда я осознала, насколько прочен материал, который мною получен, стало просто необходимо выяснить, что он собой представляет», — говорит Гарсия.

Чтобы разобраться в этой головоломке, Гарсия, работающая в исследовательском центре IBM Research — Almaden, обратилась за помощью к нескольким своим коллегам. Выяснилось, что она случайно получила новый вид термореактивного полимера (реактопласта) из класса исключительно прочных пластмасс, которые используются для изготовления широкого круга изделий — от смартфонов до крыльев самолетов. На долю термореактопластов приходится около трети всех производимых полимеров, но их трудно использовать вторично. Открытый Гарсия новый материал, которому дали название *Titan*, — это первый в истории многократно используемый термореактопласт, пригодный для применения в промышленных масштабах.

В отличие от обычных термореактивных пластмасс, которые в большинстве случаев нельзя перерабатывать, этот новый материал можно повторно использовать, прибегнув к некоей химической реакции. О своем открытии Гарсия вместе со своими коллегами рассказала в майском номере журнала *Science*.

Как ожидается, спрос на прочные повторно перерабатываемые пластмассы вскоре неизмеримо возрастет. Так, к 2015 г. до 95% производимых в Европе и Японии запчастей для автомобилей будут изготавливаться из таких материалов. «Наш *Titan* отлично подошел бы для этого», — говорит Гарсия. Но она полагает, что этим сфера применения нового термореактопласта не ограничится. Он подойдет для получения антикоррозионных и антибактериальных покрытий, адгезивных материалов, для 3D-печати, очистки воды и т.д.

Titan появился не один. Гарсия с коллегами открыли вторую его разновидность — самовосстанавливающееся гелеобразное вещество, которое было названо *Hydro*. Оно формируется при более низких температурах. «Если кусок этого материала разрезать пополам, а потом снова соединить, то между частями тут же образуются межмолекулярные связи», — поясняет Гарсия. Его можно использовать в качестве связующего вещества или самовосстанавливающейся краски. Вероятно, вскоре будут открыты другие подобные материалы. «Это не просто один новый полимер, а новая полимеробразующая реакция», — заявляет Гарсия.

Рэйчел Ньюер



БЕСПРОВОДНАЯ ЗАРЯДКА С ПОМОЩЬЮ ЗВУКОВЫХ ВОЛН

Эффективный способ передачи электричества по воздуху

Как-то раз Меридит Перри (Meredith Perry), дипломница кафедры палеобиологии Пенсильванского университета, в очередной раз достала зарядное устройство для своего ноутбука и с досадой подумала: «Когда же взамен этого толстого длинного провода появится что-то более удобное?» И попыталась решить эту проблему сама. Было это в 2011 г. Перри знала, что существуют беспроводные средства передачи энергии, принцип действия которых основан на явлении магнитного резонанса и индукции, но у них весьма ограниченный радиус действия. Это ограничение налагается физическим законом, согласно которому интенсивность электромагнитного излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника излучения.

Однако для механических колебаний такой проблемы не существует. Идея использования энергии колебания воздуха с помощью пьезоэлектрического преобразователя, который превращал бы механическую энергию в электричество, выглядит совсем неплохо. Звук — не что иное, как колебание частиц воздуха, и он тоже должен быть носителем энергии. И уж просто идеальным был бы ультразвук — он не создает шума и обладает гораздо большей энергией.

Многие профессора в университете и за его пределами, с которыми Перри обсуждала свою идею, убеждали ее в бесперспективности работы: невозможно извлечь из ультразвука столько энергии, чтобы заряжать ею электронные устройства. Ей вежливо советовали лучше изучить электротехнику и акустику. «Но я знала, что математические расчеты верны», — говорит Перри. — И никто не смог привести мне достаточно веские доводы в пользу неосуществимости моей идеи». Тогда Перри обратилась за помощью в совершенствовании технологии в компанию *iVeat*. Спроектированный ею преобразователь (сейчас создан его прототип) представляет собой направленный громкоговоритель. Он фокусирует ультразвуковые волны, и вся их энергия концентрируется в одной точке. Соединенный с электронным устройством приемник улавливает ее и превращает в электричество. Компания намерена в течение двух лет выпустить на рынок первую партию своего изделия.

«Универсальное беспроводное зарядное устройство», — говорит Перри, — освободило бы нас от необходимости использовать множество несовместимых проводов и уменьшило перечень приспособлений, которые мы вынуждены всегда носить с собой». Кроме того, это позволило бы мобильным устройствам совершать более энергозатратные операции без электрической подзарядки аккумуляторов. С помощью беспроводных технологий можно было бы создавать новые варианты дизайна интерьера. Это помогло бы уменьшить вес самолетов, автомобилей, космических кораблей и других транспортных средств, которые сегодня напичканы множеством тяжелых проводов и кабелей. «В целом беспроводные технологии изменят характер нашего взаимодействия с физическим миром. Стены рухнут», — говорит Перри.

Рэйчел Ньюер

БАТАРЕИ, ЗАРЯЖАЕМЫЕ ОТБРОСНЫМ ТЕПЛОМ

*Треть всей отбросной энергии в США
можно было бы использовать для получения электричества*

**Заводские
дымовые трубы
или трубы
тепловых
электростанций
можно будет
облицовывать
блоками батарей,
которые будут
преобразовывать
отбросное тепло
в электроэнергию**

Ежегодно 10 ГВт потенциальной энергии теряется в виде тепловых отходов промышленного производства — этого хватило бы для освещения 10 млн домов. Используя термоэлектрический эффект, состоящий в том, что при разности температур на концах проводника в нем возникает электрический ток, можно было бы преобразовывать это тепло в электричество — но не все тепло, а лишь некоторую его часть. «Для получения сколько-нибудь значимого для дальнейшего использования количества энергии эта разность должна составлять не менее 500°С», — поясняет Юань Ян (Yuan Yang) из Массачусетского технологического института. Между тем, по оценкам Агентства по охране окружающей среды, треть всех тепловых отходов в США выбрасывается в атмосферу при температуре ниже 100°С. Ян, его руководитель профессор Ган Чэнь (Gang Chen), доктор наук Сеок Ву Ли (Seok Woo Lee) и И Цуй (Yi Cui) из Стэнфорда разработали способ использования тепловых отходов при разности температур, в десять раз меньших 500°С. Хитрость состояла в использовании родственного термоэлектрическому термогальванического эффекта, при котором с изменением электрического напряжения равномерно меняется температура всего образца без образования градиента температур. Исследователи взяли разряженные элементы аккумуляторной батареи с медными электродами, нагрели их, зарядили в нагретом состоянии, а затем охладил. И вот что получилось: напряжение на батареях было выше, чем то, при котором их заряжали. Другими словами, часть энергии, затраченной на нагревание, превратилась в электричество.

«Лишь в последние два года мы добились того, чтобы электроды могли преобразовывать столь малую разность температур в электрическую энергию», — говорит Ян. — И нам многое еще предстоит сделать, прежде чем можно будет говорить о коммерческой стороне дела. Но уже сейчас мы думаем над тем, где могло бы найти применение наше детище». Так, электрическими батареями можно будет облицовывать заводские дымовые трубы или трубы тепловых электростанций и преобразовывать отбросное тепло в электроэнергию. «Это выглядит очень заманчиво», — говорит Ян, — поскольку отбросное тепло рассеяно повсюду».

Райан Брэдли

ВИДЕОКАМЕРЫ ДЛЯ НАНОЧАСТИЦ

Электронный микроскоп с нанометровым разрешением для промышленности

Электронные микроскопы с нанометровым разрешением используются очень широко, но они стоят миллионы долларов, а приготовление образцов требует особой тщательности. Такая ситуация приемлема лишь для исследовательских лабораторий, но не для промышленности, где часто бывает необходимо оперативно отсканировать продукцию, например для того, чтобы проверить, имеются ли на ней микроскопические водяные знаки.

Решать подобные задачи позволит новый вид голографического микроскопа, который вместе со своими коллегами разработал Дэвид Грир (David Grier), физик из Нью-Йоркского университета. Он начал с обычного цейссовского микроскопа, заменив в нем источник света — лампу накаливания — лазером. Лазерный луч падал на исследуемый образец, рассеивался, и в результате интерференции между ним и рассеянным светом получалось двумерное изображение — голограмма, которую снимали на видеокамеру.

Голограммы микроскопических объектов физики создают уже несколько десятилетий, но извлечь из них полезную информацию до сих пор удавалось с большим трудом. Именно это позволяет делать изобретение Грира. Коллектив его сотрудников написал компьютерную программу,

которая быстро решает уравнения, описывающие процесс рассеяния света на сферических объектах. Определяя значения некоторых величин, входящих в эти уравнения, программа выдает информацию об объекте, от которого рассеялся свет. Благодаря высокой разрешающей способности микроскопа можно будет обнаруживать наночастицы, плавающие в коллоидных растворах (например, в образце краски), используя оборудование, которое по крайней мере в десять раз дешевле электронного микроскопа.

Грир надеется, что с помощью его устройства впервые удастся быстро и недорого

идентифицировать отдельные наночастицы в больших объемах. Представьте себе ведро краски или флакон с шампунем, каждая капля которых содержит частицы, где закодирована история изготовления этого товара: как он был произведен, на каком предприятии и когда. «Что-то вроде отпечатка пальца», — говорит Грир и добавляет, что его микроскоп позволит читать аналогичные «молекулярные послания», вмурованные в медицинские, взрывчатые и другие продукты.

Бен Фогелсон

Перевод: С.Э. Шафрановский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Идеи, меняющие мир // BMH. № 2. 2014.
- A Vector-Free Microfluidic Platform for Intracellular Delivery. Armon Sharei et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 110, No. 6, pages 2082–2087; February 5, 2013. <http://www.pnas.org/content/110/6/2082.full>
- Fast Feature Identification for Holographic Tracking: The Orientation Alignment Transform. Bhaskar Jyoti Krishnatreya and David G. Grier in Optics Express, Vol. 22, No. 11, pages 12,773–12,778; June 2, 2014.
- Eyeglasses-Free Display: Towards Correcting Visual Aberrations with Computational Light Field Displays. Fu-Chung Huang et al. in ACM Transactions on Graphics, Vol. 33, No. 4, Article No. 59; July 2014.



ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР

ОЧЕВИДНОЕ
НЕВЕРОЯТНОЕ



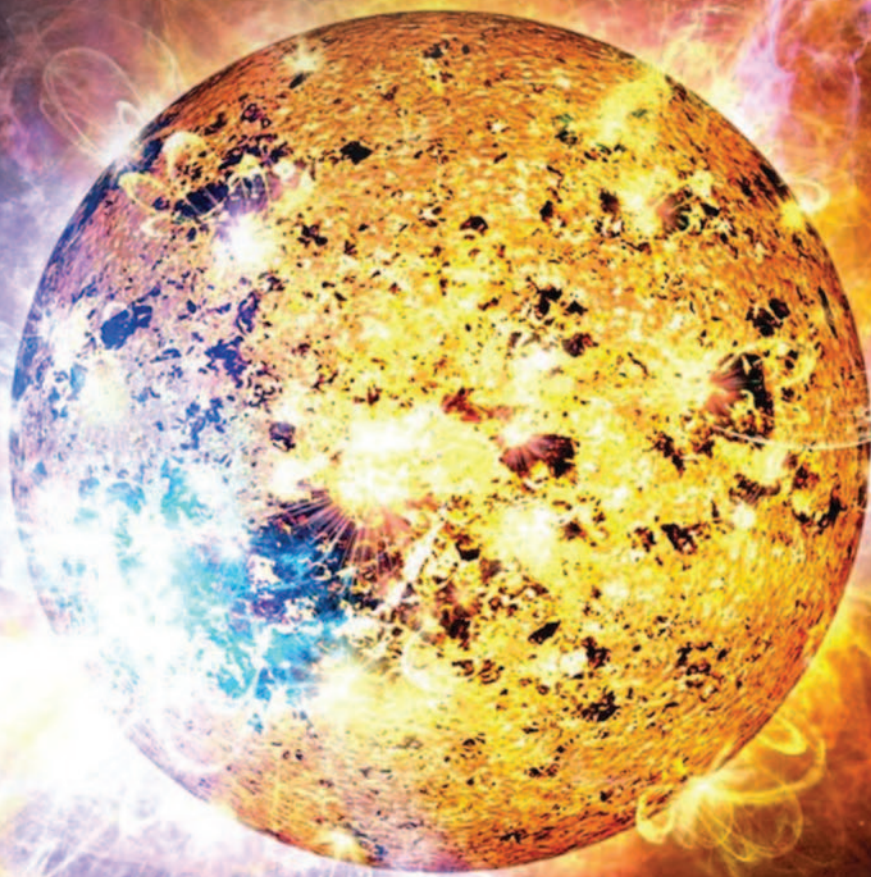
ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

РОССИЯ

24





Виктор
Анатольевич
Матвеев,
Директор ОИЯИ

СОТВОРЕНИЕ СУЩЕГО:

**коллайдер НИКА смоделирует
процесс рождения материи**

Обычная стройплощадка в окружении хвойного леса в 126 км к северу от Москвы. Тяжелая техника, рабочая суета... На самом деле — передовой край науки. Здесь, на территории Объединенного института ядерных исследований в Дубне, идут строительство двух подземных колец сверхпроводящего коллайдера, а также разработка и монтаж оборудования ускорительного комплекса НИКА. Один из самых перспективных проектов в области ядерной физики стал темой очередного выпуска нашей программы «Идеи, меняющие мир» (производство телекомпании «Очевидное — невероятное» по заказу телеканала «Россия 24»). Автор и ведущая **Эвелина Закамская** побывала в Дубне, чтобы разобраться в сложных технических деталях проекта и понять, как при помощи этой огромной экспериментальной установки ученые ОИЯИ прольют свет на первые микросекунды жизни Вселенной.



Автор и ведущая
программы «Идеи, меняющие мир»
Эвелина Закамская

Въезжая в «охранный периметр» Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ, мы попадаем на ухоженную лесную территорию, чем-то напоминающую ведомственный санаторий. Здания с колоннами в стиле сталинский ампир. Улицы с именами советских ученых-ядерщиков. Минимум машин, да и людей на территории в это время года не слишком много — стоят крещенские морозы. Уже за КПП нас ждет сюрприз: оказывается, мы покинули территорию Российской Федерации и оказались в некотором роде за рубежом. Проникнуть сюда без личного разрешения директора не могут ни полиция, ни пожарные, не говоря уже о представителях прессы. ОИЯИ — это международная межправительственная организация, а значит, юридически обособленное пространство, где действуют собственные законы.

Пересекая «границу» с пропуском за подписью руководителя института академика РАН Виктора Анатольевича Матвеева, приятно сознавать, что тебе выпал мало кому доступный шанс — увидеть, как создается ускорительный комплекс, самый крупный тип экспериментального оборудования, на котором физики воссоздают подробности сотворения видимого нам мира.

В погоне за плотностью

«Здесь под землей будет коллайдер эллиптической формы, тоннель протяженностью чуть более 500 м, в котором будут сталкиваться частицы», — руководитель дубнинской Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ Владимир Дмитриевич Кекелидзе, стоя на крыше действующего экспериментального корпуса, демонстрирует ведущей «Идей» Эвелине Закамской масштаб ведущегося строительства. Формально размах установки не столь впечатляющий, как в европейском CERN, где кольцо Большого адронного коллайдера имеет протяженность около 27 км. Но физические размеры отражают вовсе не сложность задачи и амбиции ученых, а энергии, которые требуются физикам для проведения экспериментов. БАК в Женеве обеспечивает супервысокие энергии для столкновений, чтобы в этих процессах ученые смогли изучать структуру материи вплоть до,

возможно, субкваркового уровня. НИКА будет сталкивать тяжелые частицы при существенно меньших энергиях, и тоннели рекордной длины в данном случае не нужны.

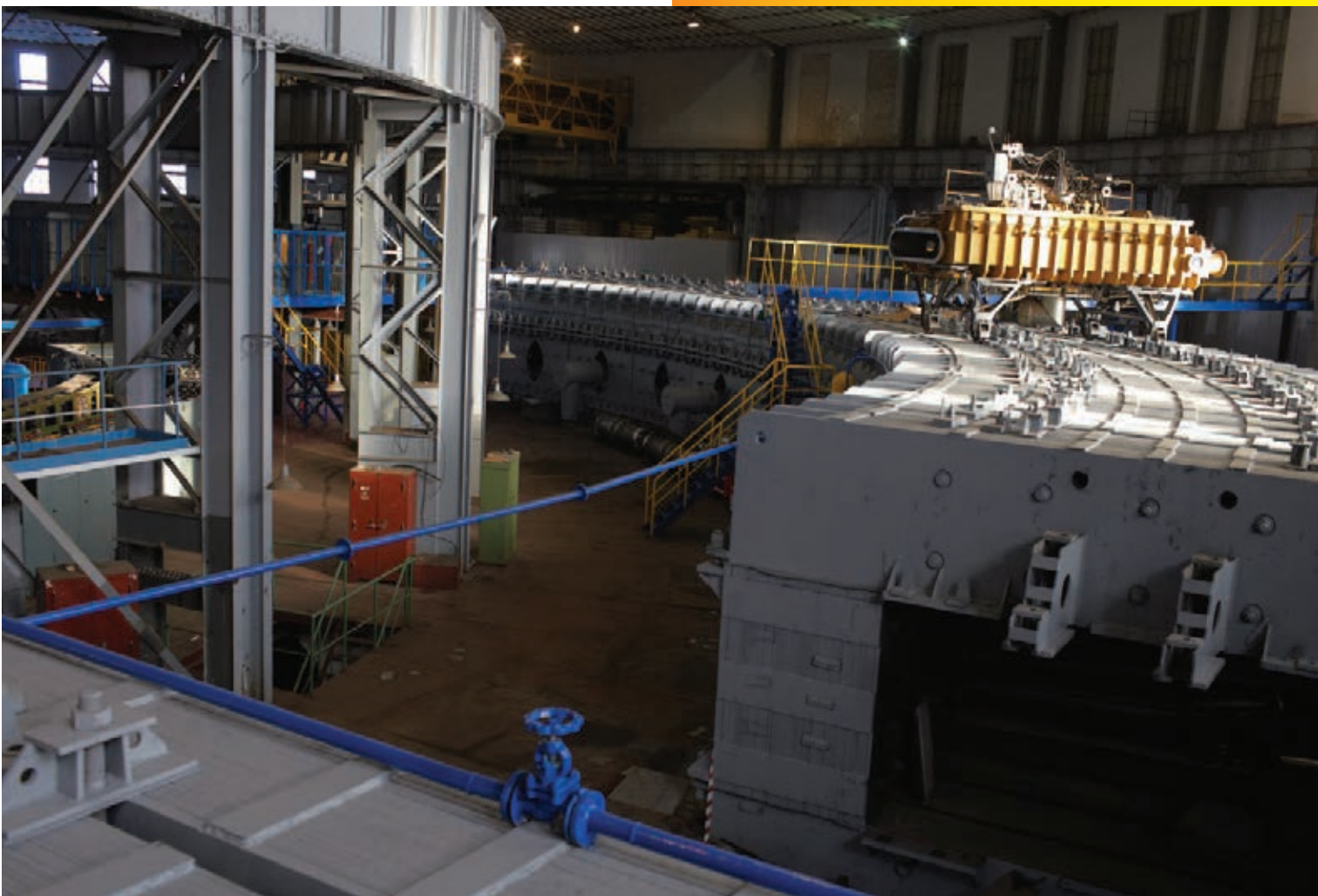
«Комплекс НИКА компактен потому, что у него иная задача, — поясняет Кекелидзе. — Здесь мы изучаем не структуру материи, а процесс формирования из кварков, мельчайших на данный момент известных кирпичиков мироздания, того вещества, из которого мы все состоим». Владимир Дмитриевич сам много лет работал в Швейцарии и за полгода до этой съемки проводил для нашей команды аналогичную экскурсию по CERN, где снимался выпуск «Идей», посвященный бозону Хиггса. Перспективы будущего коллайдера в родном институте вдохновляют его ничуть не меньше: «Потенциал открытий здесь не менее значим. Мы будем искать смешанную фазу, область перехода от кварк-глюонной к обычной материи. Для этого нужны не высокие энергии, а большие плотности».

Объясняя неподготовленным людям суть предстоящей работы, ученые Дубны используют аналогию с жидкостью и газом. Переходное состояние — это когда пузырьки пара плавают в закипающей воде. Изучить параметры подобной смешанной фазы вещества — кварк-глюонной материи, «поймать» точные характеристики, при которых произошла трансформация из одного типа материи в другой в процессе рождения Вселенной после Большого взрыва, — и есть основной предмет исследования. «Нам предстоит создать самую

плотную барионную материю, которую когда-либо создавало человечество на Земле в лабораторных условиях. Такую, которая предположительно существует только в коре нейтронных звезд. Для достижения этой сверхплотности нам предстоит сталкивать очень тяжелые ионы: золота, свинца, урана».

Эксперименты с кварк-глюонной материей уже ведутся на коллайдере тяжелых ионов RHIC в США, на установке ALICE в CERN, а также планируются в рамках международного проекта FAIR в германском Дармштадте. С одной стороны, это обеспечивает ученым элемент азарта и конкуренции, с другой — взаимодополняемость, поскольку используются разные энергии и технологии. И даже отрицательный результат в науке работает на общее дело. Именно данные предыдущих экспериментов позволили разработчикам проекта НИКА точно знать, на каких параметрах нужно фокусироваться при разработке оборудования для Дубны. «Область необходимых энергий теоретиками более-менее обозначена, и мы строим коллайдер точно под этот диапазон. Вероятность открытий у нас очень велика», — уверен директор ЛФВЭ.

*Ярмо магнита разобранного
синхрофазотрона послужит
тоннелем для бустера*



Каскад синхротронов

В Объединенном институте ядерных исследований до сих пор практически в первозданном виде сохранился старый зал управления легендарным синхрофазотроном, на языке сотрудников института — «пультавая». Тысячи приборов, которые когда-то считались чудом техники: осциллографы, самописцы, лампочки... Воспетый молодой Аллой Пугачевой знаменитый циклический ускоритель «Синхрофазотрон» был запущен в ОИЯИ еще в 1957 г. практически одновременно с первым советским спутником и стал без преувеличения первой установкой в области мировой физики высоких энергий. Именно в командном пункте старого синхрофазотрона когда-то проходили натурные съемки «Девяти дней одного года» — культового советского фильма Михаила Ромма про романтику научного поиска, в котором герой Алексея Баталова пытался управлять термоядерным синтезом.

Современная пультува, из которой осуществляется управление ныне действующими компонентами ускорительного комплекса, расположилась в соседнем зале.

Магнит разобранного синхрофазотрона до сих пор считается крупнейшим в мире: его вес с обмоткой составлял 36 тыс. т. Если верить легенде, в первые годы его работы к нему намертво примагнитило местного пожарного, который опрометчиво прикрепил к поясу железный топор

Минимум «железа», компьютеры и огромные ЖК-панели, на которых отражаются текущие параметры работы оборудования и ход эксперимента. Здесь же программным способом формируются управляющие команды (инжекция, подъем поля и т.д.) для нуклотрона — ныне действующей базовой экспериментальной установки ЛФВЭ ОИЯИ. Этот синхротрон стал своеобразной «душой» и отправной точкой для выстраивания всей сложной архитектуры будущего ускорительного комплекса НИКА. Собственно, от него и произведено международное название проекта *NICA (Nuclotron based Ion Collider fAcility)*. Именно с его усовершенствования начался в 2007 г. первый этап реализации проекта.

Передовой сверхпроводящий жесткофокусированный ускоритель релятивистских тяжелых ионов «Нуклотрон» вводился в строй в непростое для нашей страны время. СССР обеспечивал большую часть финансирования международной программы ОИЯИ, но к моменту запуска в 1993 г. из-за экономических трудностей проект не мог быть реализован в задуманном объеме. Не имеющей

аналогов особенностью нуклотрона было применение сверхпроводящих магнитов нового типа, впервые разработанных здесь же, в Дубне. На тот момент это были пионерские разработки: дубнинские криогенно-магнитные модули позволяли экспериментаторам рекордно быстро поднимать и опускать поле. Нуклотрон приводится в рабочее состояние всего за 36 часов. Для сравнения: чтобы запустить БАК, требуется более месяца.

Сами сеансы по продолжительности сейчас не столь велики, как в *CERN* (где на пике экспериментальной программы ускорители непрерывно работали по восемь-девять месяцев). Но это объяснимо: работающим на нуклотроне ученым приходится делить время с инженерами, которые модернизируют его для нужд НИКА и встраивают в каскад новых ускорителей. Ставятся вакуумные камеры, системы тестирования, контроля проекций пучка, новая криогеника — и все это параллельно с научными экспериментами.

Нуклотрон размещается в том историческом здании, которое изображено на эмблеме ОИЯИ и в котором некогда работал знаменитый синхрофазотрон. Это круглая по периметру постройка со сферическим куполом, напоминающая большой ангар. Энергия, достижимая при помощи синхрофазотрона, была в тысячу раз меньше, чем на сегодняшнем БАК. Он ускорял ядра легчайшего из атомов — водорода, но на заре развития релятивистской физики это были рекордные величины. Синхрофазотрон проработал полвека и в 2002 г. был остановлен, а позднее частично демонтирован. Нам удалось увидеть лишь его каркас — ядро колоссального магнита. Магнит разобранного синхрофазотрона до сих пор считается крупнейшим в мире: его вес с об-

моткой составлял 36 тыс. т. Если верить легенде, в первые годы его работы к нему намертво примагнитило местного пожарного, который опрометчиво прикрепил к поясу железный топор.

Впрочем, руководство ОИЯИ сохранило эту массу металла не для истории, а из вполне практических соображений. Во-первых, магнит обеспечивает стабильность исторического здания, во-вторых, представляет собой уже готовый тоннель для бустера — будущего предускорителя комплекса НИКА. Придав в нем начальный импульс тяжелым ионам, ученые смогут обеспечить оптимальные параметры для вывода пучка в быстрый ускоритель нуклотрон, который располагается в том же здании точно под ярмом старого магнита, только на цокольном этаже. Здесь пучок разгонят до той энергии, которая заказана физиками-экспериментаторами, а затем транспортируют в кольца строящегося сейчас на лесной площадке нового синхротрона. Кольца коллайдера спроектированы таким образом, чтобы обеспечить накопление нужного количества частиц, движущихся



в противоположных направлениях, и их столкновение в двух точках встречи. Кроме того, в ускорительно-экспериментальный комплекс НИКА в завершенном виде войдут инжекторы ионов на входе в систему и два детектора в точках столкновения.

Устроить такую встречу — сложнейшая техническая задача. По сложности она равносильна тому, как если бы два стрелка стреляли друг в друга с поверхности Луны и Земли, и на лету их пули встретились «в лоб». Однако организовать это на микроуровне современной науке под силу. «Каждое ядро золота имеет порядка 200 протонов и нейтронов, при их столкновении возникают очень большие плотности и температура, — популярно объясняет заместитель директора ЛФВЭ по научной работе Александр Савельевич Сорин ведущей «Идей» суть предстоящего эксперимента. — В этих условиях мы можем смоделировать те состояния, которые существовали на ранних этапах эволюции Вселенной, изучить ядерную материю и ее превращения в экстремальных условиях. Для этого у нас есть два «глаза»: многоцелевой детектор *MPD* и спиновый детектор *SPD*».

Павильоны, где разместятся детекторы, считаются сложнейшими объектами идущей стройки. Запас прочности фундамента здесь требуется колоссальный. Например, допустимая величина прогиба рельсов, по которым будет двигаться огромный соленоидальный магнит весом более 1 тыс. т, составляет всего 1,5 мм. Чуть больше — и для качества эксперимента уже катастрофа. Предсказуемо, что тендер на столь ответственное

**Директор ЛФВЭ ОИЯИ
Владимир Димитриевич Кекелидзе
показал телезрителям, где разместится
кольцо коллайдера**

строительство должна была выиграть наиболее признанная в мире в этой области компания. Так и произошло: тендер выиграл австрийский генподрядчик. Так что проект получается международным с точки зрения не только финансирования и научной работы (в число учредителей ОИЯИ входят 18 стран), но и его материальной реализации.

Физика не без лирики

Интернационализм — главный принцип современной экспериментальной физики. Чтобы ставить масштабные опыты над природой, ни финансовых, ни интеллектуальных ресурсов отдельных стран давно не хватает. Именно по этой причине в середине XX в. в Европе появились две международные организации ядерных исследований: *CERN* в Швейцарии и ОИЯИ как альтернатива для стран социалистического лагеря. Между ними возникли тесные научные связи. Даже в разгар холодной войны организации обменивались группами ученых и уже начиная с 1960-х гг. взаимно командировали своих сотрудников на длительные сроки.



Параллельно с научными экспериментами осуществляется модернизация действующего нуклотрона

Разумеется, множество ученых и инженеров всех поколений из Дубны работали в Женеве и все последние годы, когда шли интенсивные поиски бозона Хиггса. Эвелину Закамскую как журналиста не мог не заинтересовать вопрос мотивации молодых специалистов, которые при наличии альтернатив сознательно выбрали работу в Подмоскowie. «Здесь реализация программы только начинается и можно развиваться», — такой ответ чаще всего давали и россияне, и, например, болгарские ребята,

которых мы застали на участке производства и тестирования детекторов. Сегодня в решении молодых людей работать в ОИЯИ есть как прагматический карьерный расчет, так и подлинная романтика. Ведь для перспективного инженера что Москва, что технопарки самой Дубны предлагают множество материальных соблазнов. Однако там нет таких творческих вызовов, работа более рутинная. А самореализация, пресловутая возможность «сделать имя» и «внести личный вклад», как оказалось, для многих молодых очень важна.

В ОИЯИ сейчас производят оборудование, которое предназначено не только для собственных программ, но и для использования в других научных центрах мира, — в частности, координатные детекторы для экспериментов CERN. Чтобы посмотреть, как собира-

ется высокоточное оборудование, которое фиксирует при столкновении в коллайдере треки мельчайших частиц, ведущей программы «Идеи, меняющие мир» пришлось надеть бахилы и белоснежный халат. К сожалению, многие любопытные детали этой экскурсии остались за кадром программы, поскольку не имели прямого отношения к физике. Например, оказалось, что алюминиевые рамы для детекторов изготавливаются на предприятии, которое выпускает автомобили *Ferrari*. Отечественные заводы не смогли обеспечить за приемлемую цену требуемой точности отверстий под трубки (лучше 100 мкм).

Многие любопытные детали этой экскурсии остались за кадром программы, поскольку не имели прямого отношения к физике. Например, оказалось, что алюминиевые рамы для детекторов изготавливаются на предприятии, которое выпускает автомобили *Ferrari*

Зато у нас могут обеспечить отличное качество ультразвуковой сварки. В отверстия вклеиваются трубочки из тончайшей пленки, покрытой в Швейцарии напылением из настоящего золота, с единственным швом, сделать который с требуемым качеством могут только в ОИЯИ. Такую золотую «соломинку» смог получить на память о пребывании в ОИЯИ каждый член нашей съемочной группы — разумеется, из отбракованного тестирующими материала. Тысячи трубочек располагаются в алюминиевых камерах в 16 слоев, что позволяет с высокой точностью определять координаты и углы пролетающих через детектор частиц. Хрупкое чувствительное оборудование после сборки в Дубне с величайшими предосторожностями доставляется на автопоезде под охраной к месту эксперимента в Швейцарию.

При наблюдении за этой ювелирной работой вспоминается фраза из «Девяти дней одного года»: «Физика — это упорный, кропотливый труд». Впрочем, герою Алексея Баталова в отсутствие подобных детекторов приходилось неизмеримо сложнее: в поисках следов эмиссии нейтронов он отсматривал бесконечные фотоснимки. Обработка результатов эксперимента в те годы была чрезвычайно трудоемким занятием. Облученные на ускорителях фотоэмульсии приходилось пристально исследовать под микроскопом силами большого коллектива лаборантов, а обрабатывать результаты — на примитивных по нынешним меркам счетно-вычислительных машинах «Урал». Современная электроника, которую разрабатывают в ОИЯИ и которой снабжают дубнинские детекторы, позволяет с высочайшей точностью измерять, например, время пролета частиц — до 50 пикосекунд. Промежуток времени, за которое свет способен преодолеть расстояние меньше 2 см, — такие величины трудно постигнуть обыденным сознанием. «Наша область науки, наверное, характеризуется максимальной концентрацией интеллекта, потому что физика высоких энергий — это передний край современного естествознания», — подкрепил наши впечатления от пребывания в ОИЯИ его директор Виктор Анатольевич Матвеев.

Для финального интервью с главой института Эвелина Закамская приберегла в том числе и сакраментальный вопрос, который так любят задавать ученым политики, эффективные менеджеры и просто обыватели: а зачем вообще нужны обществу колоссальные затраты на фундаментальную науку? Да, мы узнаем, откуда и куда движется Вселенная, но ведь одного только жидкого азота за месяц-другой работы нуклотрона расходуется на \$150 тыс. А ведь еще и гелий, электричество, не говоря о капиталовложениях в новую инфраструктуру...

«Я иду в неизвестное» — так первоначально назвал свою ленту о физиках-подвижниках 1960-х гг. Михаил Ромм. «Соображения экономической эффективности — это неизбежная часть жизни, но хочется, чтобы мы не перестали быть романтиками, как послевоенное поколение», — соглашается с режиссером академик РАН В.А. Матвеев. При этом глава института в принципе не видит конфликта между экономикой и служением чистому знанию: «Процесс научного поиска рождает новые инструменты, приборы, технологии, которые затем неизбежно переходят в повседневную жизнь». Прикладные технологии всегда появляются там, где решаются фундаментальные задачи, как веточки на стволе большого дерева науки.

Тысячи трубочек располагаются в алюминиевых камерах в 16 слоев, что позволяет с высокой точностью определять координаты и углы пролетающих через детектор частиц. Хрупкое чувствительное оборудование после сборки в Дубне с величайшими предосторожностями доставляется на автопоезде под охраной к месту эксперимента в Швейцарию

Запуск дубнинского проекта в стартовой версии к 2019 г. обещает вывести ОИЯИ на позиции лидера не только в новых открытиях о микромире, но и во многих практически ориентированных областях исследований. Криогенные магниты — это новый уровень лучевой терапии. Бустер — материаловедение, развитие космических программ. Наконец, ускорительные установки в целом — это трансмутация ядерных отходов, толчок для развития безопасной энергетики. В общем, если развить предложенную дубнинскими учеными аллегорию, то их НИКА обещает стать чрезвычайно ветвистым и плодоносящим деревом.

Подготовила Ольга Платицина

**Программу «Идеи, меняющие мир»
смотрите на портале «Научная Россия»
(www.sci-ru.org) и на телеканале Россия 24**

**НАУЧНАЯ
РОССИЯ**

РОССИЯ 24

ЗВЕЗДНАЯ НОЧЬ: Млечный Путь
сияет в ночном небе над Тихим
океаном у чилийского побережья
в районе пустыни Атакама

Кэтрин Джонстон

ОХОТА ЗА

На заре своей истории Млечный Путь с жадностью пожирал множество крошечных галактик. Россыпи космических обломков, которые избежали этой участи, дают новые факты о том, как образовался наш уголок Вселенной



РЕЛИКТАМИ

В МЛЕЧНОМ ПУТИ

ОБ АВТОРЕ

Кэтрин Джонстон (Kathryn V. Johnston) — профессор и заведующая кафедрой астрономии Колумбийского университета. Уроженка Йоркшира (Англия), она училась в Кембриджском университете и в Калифорнийском университете в Санта-Крузе. Научные интересы Джонстон направлены на изучение того, каким образом формируются и растут галактики, и в частности Млечный Путь.



Темной ясной ночью поезжайте подальше, туда, где нет сияния городских огней, и взгляните в небо прямо над собой. Вы увидите сияющую ленту Млечного Пути, словно арка эффектно протянувшуюся над головой. Прошло уже четыре столетия с тех пор, как Галилео Галилей первым направил телескоп на это вызывающее благоговейный трепет полотно и увидел, что «молоко» — это на самом деле бесчисленное скопление отдельных звезд, слишком тусклых, чтобы их можно было различить невооруженным глазом. Еще три столетия понадобились астрономам, чтобы убедиться, что Млечный Путь — всего лишь одна из миллиардов галактик во Вселенной.

На самом деле Млечный Путь — это не просто одиночная галактика: недавние исследования показали, что за время своего существования она заманила к себе и поглотила множество более мелких галактик, включив их звезды в свой состав. Известно, что вокруг нее обращаются по крайней мере 20 карликовых галактик величиной от одной миллионной до одной сотой массы Млечного Пути — и, не исключено, десятки еще не открытых. Ныне существующие галактики-спутники, как полагают, составляют всего лишь крошечную долю из тех, которые когда-то существовали, все прочие, которые силы гравитации затащили в нашу Галактику, давным-давно были ею поглощены. Это космическое пиршество началось, когда Млечный Путь был моложе и меньше, чем сейчас,

и продолжается по сей день: по всей видимости, галактики-спутники, которые все еще существуют, в конце концов тоже будут проглочены.

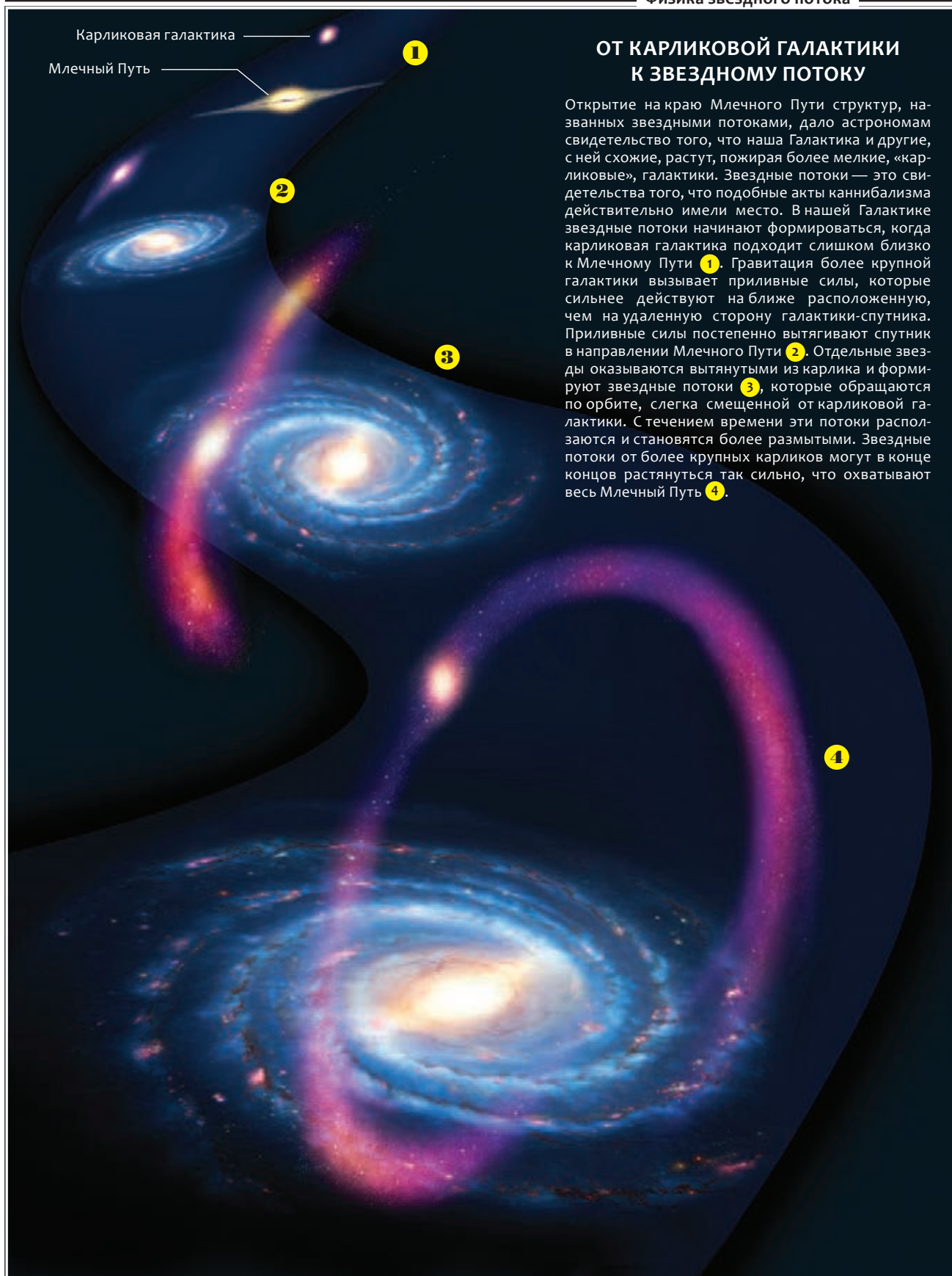
И хотя после гибели этих жертв гравитационного аппетита Млечного Пути прошло немало времени, следы их остались в виде едва различимых звездных потоков, протянувшихся через весь небосвод. За последние 15 лет относительно новая область астрономии, которую стали называть галактической археологией, обнаружила много таких потоков. Изучая эти ископаемые остатки прошлого нашей Галактики, галактические археологи складывают вместе, как части пазла, события из истории Млечного Пути и получают ключи к загадке рождения и эволюции нашей и других так называемых спиральных галактик.

В идеале хорошо было бы изучать галактики не только изнутри, но и снаружи. Мы не можем проделать это в отношении нашей собственной Галактики. Но воспользовавшись возможностью наблюдать картину с близкого расстояния, находясь внутри Млечного Пути, мы можем извлечь подробную информацию, которую не в состоянии получить, исследуя другие галактики со стороны.

Эта область науки уже помогла найти подтверждение одному из процессов, благодаря которому разрастаются Млечный Путь и другие молодые галактики. Открытие многочисленных звездных потоков из областей, где когда-то давным-давно находились галактики-спутники, подкрепляет широко распространенную теорию, что изначально наша Галактика была небольшой и отчасти разрослась, поглощая массу большими глотками, — в ходе процесса, называемого формированием иерархической структуры. Хотя многие особенности этого сценария до сих пор остаются загадкой, мы медленно, но верно пишем биографию Млечного Пути.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Карликовые галактики обращаются вокруг Млечного Пути, гравитация которого медленно разрывает их на части и превращает в длинные звездные потоки. Астрономы, называющие себя галактическими археологами, используют ископаемые останки исчезнувших галактик для изучения прошлого Млечного Пути.
- Астрономы обнаружили первые свидетельства протяженного звездного потока вокруг нашей Галактики в 2003 г. и нашли с тех пор примерно дюжину новых. Анализ этих потоков подкрепляет теорию, что Млечный Путь рос, заглатывая более мелкие галактики.
- Будущие исследования орбитальных характеристик звезд и их химического состава, возможно, покажут, из чего состояли давно исчезнувшие звездные потоки. В конце концов галактическая археология, возможно, позволит прояснить не только историю Млечного Пути, но и то, как все галактики эволюционируют во времени.



ОТ КАРЛИКОВОЙ ГАЛАКТИКИ К ЗВЕЗДНОМУ ПОТОКУ

Открытие на краю Млечного Пути структур, названных звездными потоками, дало астрономам свидетельство того, что наша Галактика и другие, с ней схожие, растут, пожирая более мелкие, «карликовые», галактики. Звездные потоки — это свидетельства того, что подобные акты каннибализма действительно имели место. В нашей Галактике звездные потоки начинают формироваться, когда карликовая галактика подходит слишком близко к Млечному Пути **1**. Гравитация более крупной галактики вызывает приливные силы, которые сильнее действуют на ближе расположенную, чем на удаленную сторону галактики-спутника. Приливные силы постепенно вытягивают спутник в направлении Млечного Пути **2**. Отдельные звезды оказываются вытянутыми из карлика и формируют звездные потоки **3**, которые обращаются по орбите, слегка смещенной от карликовой галактики. С течением времени эти потоки расплываются и становятся более размытыми. Звездные потоки от более крупных карликов могут в конце концов растянуться так сильно, что охватывают весь Млечный Путь **4**.

Как построить галактику

Иерархическая теория формирования галактик утверждает, что основная движущая сила роста больших галактик вроде Млечного Пути — это не барионное вещество, т.е. не звезды, газ и пыль, которые мы наблюдаем и которые сделаны из тех же самых частиц, что и мы с вами. Напротив, движущая сила этого процесса — гигантские «гало» или сферы невидимой темной материи, в которые вкраплены галактики. Считается, что сначала сформировались небольшие гало темной материи, которые постепенно объединялись в более крупные и таким образом заставляли более крупные галактики проглатывать более мелкие.

Сегодня гало темной материи каждой из галактик во много раз массивнее и простираются гораздо дальше, чем нормальное видимое вещество. Как ни странно, несмотря на то что астрономам еще только предстоит открыть природу темной материи (которую мы ощущаем лишь по ее гравитационному влиянию на все вокруг), у нас есть определенная уверенность в достоверности этой версии процесса группирования галактики в единое целое, поскольку наблюдаемые скорости кластеризации и взаимодействия галактик в точности соответствуют предсказаниям моделей, за основу которых взята идея о больших сгустках темной материи. Загадка формирования галактики на самом деле связана не с темной материей, а с обычным барионным веществом, состоящим из частиц, которые взаимодействуют известным образом и взаимодействие которых мы можем изучать здесь, на Земле.

Фундаментальный взгляд на вклад барионного вещества в эволюцию галактик начинается с гало темной материи. Это тело притягивает к себе обычное вещество в форме газа посредством силы гравитации. Когда газ движется к центру гало, он при благоприятных обстоятельствах может сформировать звезды. Когда жизнь части этих звезд подходит к концу, они взрываются, возвращая свои атомы в газ, находящийся внутри и (возможно) вне галактики, и часто запускают процесс формирования нового поколения звезд из еще оставшихся газа и пыли. Именно таким путем, скорее всего, и образовались центральное ядро («балдж») Млечного Пути и его спиральные рукава («диск»).

Но Млечный Путь включает в себя и гигантскую сферу (гало) из гораздо реже рассеянных звезд, которая окружает балдж и диск. Многие из этих звезд — вероятно, чужестранцы, прилетевшие из давно рассыпавшихся карликовых галактик. Согласно иерархической теории формирования галактик звезды попадают в гало в результате следующей цепи событий. Когда карликовая галактика обращается вокруг Млечного Пути, она испытывает гравитационное притяжение большой галактики, которое по мере приближения к ней становится все сильнее. Вещество (звезды, газ, пыль и темная материя),

расположенное на стороне галактики-спутника, которая ближе к центру Млечного Пути, испытывает чуть большую силу притяжения, чем вещество на ее противоположной стороне.

В результате галактика-карлик вытягивается вдоль линии, проходящей между ней самой и более крупной галактикой. Такое вытягивание есть результат действия так называемых «приливных сил» — такого же физического явления, как то, посредством которого Луна вызывает приливы на земных океанах. В отличие от взаимодействия Луны и Земли воздействие приливных сил Млечного Пути на его спутники может быть достаточно сильным, чтобы в конце концов оторвать от них вещество — в данном случае звезды вытягиваются из тела карликовой галактики. Оторвавшись от карлика, эти звезды остаются во власти гравитации Млечного Пути и продолжают двигаться по орбите, слегка смещенной от собственной орбиты карликовой галактики. Со временем это небольшое смещение заставляет осколки непрерывно расходиться и, все больше рассеиваясь и удаляясь от галактики-спутника, образовывать звездные потоки.

Известные звездные потоки, вероятно, — лишь малая часть всех существующих. Должно быть гораздо больше потоков, но они слишком тусклые, чтобы их можно было сегодня увидеть

Такая теоретическая картина вполне логична, но долгое время ученые не могли подтвердить ее результатами наблюдений. Теперь они их получили. Открытие множества звездных потоков показало, что Млечный Путь начал пожирать своих соседей миллиарды лет назад, когда сама наша Галактика была молодой, и даже сегодня она продолжает лакомиться карликовыми галактиками. Несмотря на то что мы наблюдали свидетельства потоков от карликовых попутчиков преимущественно нашей Галактики, такие потоки, вероятно, возникают и вокруг всех похожих на нее спиральных галактик, хотя в большинстве случаев эти далекие потоки, по всей видимости, слишком тусклые, чтобы их можно было заметить изда- лека.

Тем не менее множество деталей процесса иерархического формирования все еще остаются неуловимыми. Когда Млечный Путь поглотил большую часть своих галактик-спутников? Как часто он пожирает карликов? Сколько времени ему требуется, чтобы включить их звезды в свой состав? Чтобы ответить на эти вопросы, астрономы должны выявить новые звездные потоки, поддающиеся подробному изучению, а также остатки исчезнувших потоков.

Раскопки галактических ископаемых

Астрономы ищут звездные потоки в Млечном Пути множеством способов. Во-первых, мы можем атаковать проблему в лоб — искать группы равноудаленных от нас звезд, которые собрались в тонкие нити. Для этого нам необходима хорошая трехмерная карта звезд нашей Галактики, на которой указаны расстояние и расположение как можно большего числа звезд во всех направлениях.

В последние 15 лет галактические археологи получили в свое распоряжение именно то, что им требуется: Слоуновский цифровой обзор карты звездного неба (*SDSS*), охватывающий четверть небосвода и содержащий данные более чем о 80 млн звезд внутри Млечного Пути с информацией о расстоянии до каждой звезды и ее цвете. Для построения этой цифровой карты используется специальный телескоп Обсерватории Апаچی-Пойнт в штате Нью-Мексико. Огромное число звезд на карте Слоуна делает ее прекрасным местом для поиска следов прошлого Млечного Пути.

Считается, что доля звезд, которые были рождены в других галактиках, а затем вошли в состав нашей, невелика — где-то около 1% или даже меньше от сотен миллиардов звезд Млечного Пути. Но для поиска свидетельств давно почивших в бозе галактик карта Слоуна дала астрономам информацию о почти миллионе звезд-перебежчиков. Астрономы-археологи ищут на этой карте звезды с такими координатами, чтобы они предположительно находились в галактическом гало. Среди найденных светил астроархеологи выделяют звездные потоки, сфокусировав свое внимание на области, где плотность звезд выше, чем рядом с ними, а сами они выстраиваются в форме хвостов. На что должны быть похожи эти хвосты, астрономы знают отчасти по результатам компьютерного моделирования, которое я провела и опубликовала в 2005 г. в сотрудничестве с космологом Джеймсом Баллоком (James Bullock) из Калифорнийского университета в Ирвайне. Мы исходили из представлений о том, как гало темной материи формировались иерархически, в сочетании с физикой приливных сил, чтобы предсказать размеры и протяженность звездных потоков, которые возникнут в результате поглощения множества карликовых галактик в процессе формирования Млечного Пути.

Первое убедительное свидетельство протяженного потока звезд появилось в 2003 г., когда астрономы из Виргинского университета во главе со Стивом Маевски (Steve Majewski) обнаружили гигантские хвосты, исходящие из ближайшего к Млечному Пути из известных спутников — карликовой галактики в Стрельце, в данных Двухмикронной цифровой карты всего неба (аналогичного Слоуновскому проекту, проводимого не в видимом, а в инфракрасном диапазоне). Потоки расположены близко к предполагаемой орбите карлика в Стрельце и содержат почти столько же звезд, сколько их в самом карлике. Эти хвосты настолько длинны, что полностью окружают нашу Галактику. Мы застали Млечный Путь в момент его атаки на самого близкого (географически; но, очевидно, не самого дорогого сердцу) соседа.

После этого открытия галактические археологи откопали в Слоуновской базе данных еще примерно дюжину звездных потоков вокруг нашей Галактики. Исходя из длины хвоста Стрельца, мы можем сказать, что он терял свои звезды на протяжении 2–3 млрд лет. Другие потоки, которые мы наблюдаем, вероятно, также имеют возраст в несколько миллиардов лет. Эти открытия показывают, что Млечный Путь пожирал галактики активнее в течение раннего периода своей истории и умирал аппетит уже позже, когда число карликовых галактик, которые можно было бы съесть, значительно уменьшилось. До сих пор эти открытия лежат в русле предсказаний иерархической теории формирования. Хотя известные нам звездные потоки — это, вероятно, лишь небольшая часть всех таких потоков. По-видимому, там имеется гораздо больше потоков, слишком тусклых, чтобы их можно было разглядеть в настоящее время, но хранящих ценную информацию о прошлом Галактики.

Новые инструменты для раскопок

Если в поисках звездных потоков полагаться на расположение звезд, то можно пропустить множество более ранних хвостов, поскольку за несколько миллиардов лет небольшая разница в параметрах орбит у звезд может вызвать удлинение, диффузию и ослабление яркости потоков настолько, что они утратят свои характерные признаки. Сейчас астрономы работают над тем, как использовать другие звездные свойства, чтобы найти потоки, которые претерпели большие разрушения, а также останки потоков, которые полностью распались на части. Эти совокупности звезд помогут ученым исследовать самую активную эпоху формирования Галактики, которая была более 10 млрд лет назад, всего через несколько миллиардов лет после Большого взрыва, когда формировалось большинство звезд Вселенной. Это время, в течение которого не несколько, а сотни небольших галактик и звездных скоплений срослись воедино и образовали Млечный Путь.

Один из способов охоты на эти останки ныне исчезнувших галактик — поиск звезд с общими орбитами. После того как звезды в потоках рассеялись до такой степени, что потоки уже не удастся идентифицировать, мы можем распознать звезды, которые когда-то были частью одной и той же галактики-спутника, и выяснить, как они присоединились к Млечному Пути, по их движению. Эта задача — одна из многих поставленных Европейским космическим агентством перед спутником «Гейя», запущенным в декабре 2013 г. Четыре следующих года «Гейя» проведет, собирая уникальные данные для галактических археологов, измеряя расстояние, положение и движение более миллиарда звезд. Этот улов открывает потрясающие перспективы для решения нашей задачи ввиду огромного числа звезд, заносимых в каталог, и благодаря тому, что многомерность получаемой информации для каждой из звезд позволит нам вычислить их полные орбиты. Таким образом, мы можем с большой вероятностью отбирать звезды со схожими параметрами орбит как прилетевшие к нам из одной и той же

родительской галактики, даже если их положение на небосводе не указывает на какую-либо связь между ними в настоящее время.

Помимо всего прочего существует признак, который не позволяет звездам забыть, где они родились: это их химический состав. Он дает еще один способ обнаружить звездные потоки. Звезды непрерывно изменяют свой состав в результате идущего в их недрах ядерного синтеза, который превращает легкие элементы в более тяжелые. Однако ядерный синтез может происходить лишь в самых плотных и горячих центральных областях звезды. А в атмосфере звезды (именно ее параметры и измеряют астрономы) сохраняется газ, из которого звезда родилась. Астрономы Кеннет Фриман (Kenneth Freeman) из Австралийского национального университета и Джосс Блэнд-Хоторн (Joss Bland-Hawthorn) из Сиднейского университета намерены использовать эту совершенную память не для поиска звездных потоков, а чтобы сгруппировать звезды с идентичными химическими «отпечатками пальцев» в кластеры по месту их рождения, безотносительно к тому, где на небе они расположены сегодня.

Простой метод Фримана и Блэнд-Хоторна, использующий только химический ярлык, не поможет в идентификации звезд, связанных с галактиками-карликами, поскольку в самих этих галактиках, по всей видимости, есть звезды, рожденные во множестве других скоплений, имеющих широкий спектр вариантов химического состава. Тем не менее история космоса и процесс формирования звезд «сговорились» таким образом, что подход, базирующийся на химической аналогии, быть может, даст нам какие-то сведения об истории роста Млечного Пути.

Во-первых, звезды, сформировавшиеся позднее, внутри уже существующей галактики, как правило, содержат больше тяжелых элементов, чем те, которые сформировались ранее, поскольку вещество, из которого формируются звезды, уже обогащено остатками предыдущих поколений звезд. Во-вторых, о том, как проходило обогащение, нам подробно сообщают потоки газа, которыми частично управляет гравитационное воздействие со стороны галактического гало темной материи. Эти два эффекта предполагают, что галактики примерно одинаковой массы, которые были поглощены и разрушены приблизительно в одно и то же время, должны были принести с собой звезды с одинаковым распределением химического состава — т.е. с одинаковым разбросом относительного содержания многих химических элементов. Наоборот, разница либо в массе галактики, либо во времени поглощения приведет к разнице в распределении химических элементов в ее звездах. Следовательно, суммарное распределение химического состава звезд вокруг Млечного Пути, возможно, позволит нам распознать, какая доля их появилась из галактик одинаковой массы в одно и то же время, а может быть, и точно определить, что они из одной и той же галактики. Дуэйн Ли (Duane Lee) исследовал эту идею, будучи студентом моей группы в Колумбийском университете. Его предварительная работа предполагала, что химические бирки, возможно, достаточно чувствительны, чтобы обнаружить вклад от самой маленькой

карликовой галактики, разрушенной еще на заре галактической истории. Зная, какая часть звезд Млечного Пути появилась в каждую конкретную эпоху, мы можем проследить последовательность галактического каннибализма и восстановить историю роста нашей Галактики с самого раннего периода ее существования. Две группы сейчас занимаются измерением химического состава миллионов звезд, и их данные, возможно, будут использованы для поиска решения этой проблемы. Первую группу, работающую над программой «Галактическая археология с помощью спектрометра ГЕРМЕС» (*GALAH*), возглавляют Фриман и Блэнд-Хоторн. Их пилотный проект уже идет полным ходом. Другая программа, получившая название «Эксперимент Обсерватории Апаچی-Пойнт по изучению эволюции Галактики» (*APOGEE*), стартовала в 2011 г. как составная часть ведущегося там Слоуновского проекта.

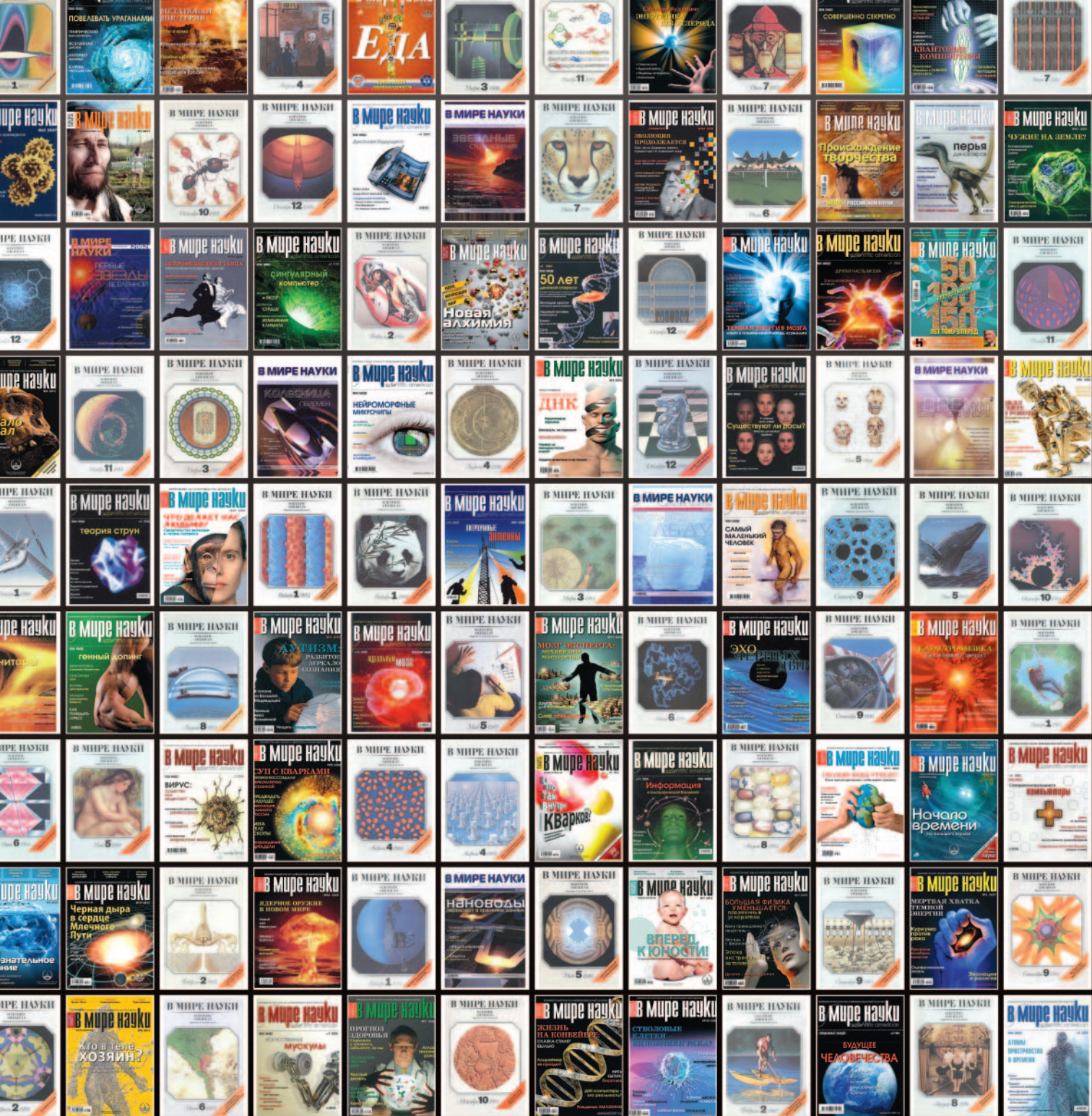
Галактические археологи только начинают понимать, что изучение Млечного Пути равнозначно изучению 1 тыс. галактик, поскольку именно такое количество объектов меньшего размера объединились, чтобы построить небесное тело подобной величины. Ископаемые останки этих «переваренных» галактик повествуют нам историю не одного лишь Млечного Пути, но и всех галактик меньшего размера, вошедших в его состав. Скоро мы, наверное, сможем изучать то, как галактики самых различных размеров создавались в самые различные эпохи, причем проделывать все это, не выходя из собственной лаборатории. Подобного рода анализ в следующем десятилетии, возможно, даст такой же вклад в наше понимание процесса формирования галактики, какой ошеломляющее открытие звездных потоков, охватывающих Млечный Путь, сделало в минувшем десятилетии.

В конечном счете нам хотелось бы выяснить, как сформировались самые первые галактики во Вселенной. Предки галактик, похожих на нашу, слишком малы и удалены, чтобы их можно было увидеть путем прямых наблюдений. Однако галактическая археология, возможно, позволит обнаружить останки этих ранних зародышей — долгоживущие звезды, которые все еще несут отпечатки своего происхождения, разбросаны прямо здесь, в Млечном Пути. Тогда естественным образом раскопки «на заднем дворе» смогут открыть нам окно в раннюю Вселенную и рассказать о первых этапах формирования Галактики, чего невозможно достичь никаким другим способом. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Гибсон Б., Ибата Р. Призраки погибших галактик // ВМН, № 6, 2007.
- Либескинд Н. Карликовые галактики и темная паутина // ВМН, № 5, 2014.
- Tracing the Milky Way's History. Cristina Chiappini in Sky & Telescope, Vol. 108, No. 4, pages 32–40; October 2004.
- Слоуновский цифровой обзор карты звездного неба (SDSS): www.sdss.org



Хотите знать о науке больше?

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

ежемесячный научно-информационный журнал
В мире науки

АРХИВ



Поднятые ветром волны озера
во время жестокой зимней
бури в Мичигане замерзли,
покрыв льдом маяк



Джефф Мастерс

СТРУЙНОЕ

Погодные катаклизмы,

ТЕЧЕНИЕ

наблюдавшиеся в последние четыре года,

СТАНОВИТСЯ

могут стать нормой

ФАТАЛЬНЫМ

ОБ АВТОРЕ

Джефф Мастерс (Jeff Masters) — заведующий отделом метеорологии и один из основателей в 1995 г. известной службы погоды *Weather Underground*, где он рассказывает о погодных катаклизмах. Он также пишет в *WunderBlog*, одном из самых популярных погодных блогов в Интернете.



Ноябрь 2013 г. и весь январь 2014 г. струйное течение устойчиво занимало самые дальние позиции над территорией Северной Америки и Европы. Этот глобальный поток ветров высоко в атмосфере, дующих преимущественно в восточном направлении, продвинулся над восточными районами США на юг гораздо глубже, чем обычно, позволив пресловутому околополярному вихрю холодного воздуха из Арктики ворваться и ввергнуть две трети страны в ледяную стужу. На Великих озерах толщина ледяного покрова достигла второй из известных величин, а в Атланте две разрушительные бури со снегом и льдом на много дней парализовали жизнь города.

В то же самое время полоса устойчивого высокого давления нависла над Калифорнией и там была зарегистрирована самая теплая зима. Конечно, мягкая и теплая погода может быть привлекательной, но последующие засухи оказались самыми сильными с начала их регистрации в первые годы XIX столетия, и сельское хозяйство понесло убытки на миллиарды долларов.

Изгибы струйного течения ударили и по Европе: там череда интенсивных бурь также нанесла ущерб, оцениваемый в миллиарды долларов. В Англии и Уэльсе зима была самой сырой по крайней мере с 1766 г. На большей части остальной территории Европы царил исключительное тепло: Норвегия в январе пострадала от небывалых случайных пожаров, в России на зимних Олимпийских играх в Сочи боролись с таянием снега на лыжных склонах, в мае треть Боснии была затоплена мощными ураганскими ливнями.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Серьезные погодные катаклизмы происходили в последние четыре года, когда сильно искривлялось струйное течение.
- Продолжительные возмущения погоды случались, когда сильно изогнутое струйное течение надолго застывало на одном месте.
- Некоторые ученые утверждают, что главная причина своеобразных изменений характера струйного течения — таяние морского льда в Арктике, хотя другие специалисты не согласны с этой точкой зрения.
- Так или иначе, еще большее искривление струйного течения повлечет за собой еще более суровые засухи, морозы, наводнения, вспышки жары во многих частях земного шара.

Обычно струйное течение напоминает картину ветров средних широт. Когда мы смотрим прогноз погоды по телевизору, то часто видим мягкие изгибы, идущие с севера на юг и снова на север, как синусоидальные волны на осциллографе. Эти изгибы, называемые планетарными или же волнами Россби, как правило, распространяются над США в течение трех-пяти дней и обеспечивают повседневную погоду.

Следует отметить, что зимой 2013–2014 гг. волны многократно увеличились и стали гигантскими и крутыми, напоминая случайные всплески на распечатке электрокардиограммы. Кроме того, ветры такой конфигурации двигались над землей гораздо медленнее, чем обычно, временами останавливаясь на недели и принося необычную для данного места погоду на весьма продолжительное время. В мае под руководством Шию (Саймона) Вана (Shih-Yu (Simon) Wang) из Университета штата Юта было проведено исследование струйного течения над Северной Америкой, которое в это время проявило свои самые экстремальные из когда-либо зарегистрированных черт.

Было ли это радикальное струйное течение аномалией? Очевидно, нет, поскольку, кажется, оно случается все чаще. В 2010 г. по России прошла самая страшная волна жары за всю историю, погубив более 55 тыс. человек. В это же время мощные ливни разразились над Пакистаном. Ущерб от стихийного бедствия стал крупнейшим за всю историю наблюдений. В 2011 г. Оклахома перенесла самую жестокую летнюю жару из когда-либо виданных в американских штатах. В 2012 г. В США была зафиксирована наиболее сильная засуха с 30-х гг. XX в.

Согласно материалам, опубликованным в апреле 2013 г. учеными из Потсдамского института исследований воздействий на климат (Германия) под руководством



Высокие облака собираются вдоль струйного течения над восточной Канадой (вид с космического корабля Space Shuttle). Север внизу изображения, где в центре виден остров Кейп-Бретон. Скорость течения может превышать 300 км в час.

Владимира Петухова, в изгибах струйного течения во время всех этих необычайных происшествий наблюдалась одна общая черта. Два автора исследований писали в блоге, что обычно движущиеся в восточном направлении волны останавливались и сильно увеличивались. В отдельных случаях изгибы оставались на месте на дни, а иногда даже на месяцы. Учеными было также отмечено в летние периоды с 2001 по 2012 г. в два раза больше таких крайне нехарактерных форм воздушного течения, чем в то же время за предшествующие 22 года.

Как пел Боб Дилан: «Не нужен нам метеоролог, чтобы знать, куда дует ветер». В отношении струйного течения кое-что проясняется, и нетрудно понять вероятные тому причины. За последние 150 лет основное состояние климата коренным образом изменилось, и это изменение начинает влиять на характер струйного течения. Например, концентрация теплоулавливающего диоксида углерода в атмосфере увеличилась более чем на 40% из-за сжигания угля, нефти и природного газа. С 1900 г. площадь морского льда летом в арктических широтах сократилась на 50%, что оказывает негативное воздействие на теплопередачу в атмосфере и океане. Отражение солнечной энергии от поверхности Земли также значительно изменилось, поскольку половина ландшафтов на планете была преобразована под посевные площади, пастбища и городскую застройку. Гигантские облака сажи и загрязнений, отражающие и поглощающие

солнечный свет, изрыгаются электростанциями, транспортными средствами, жилыми домами и промышленными предприятиями. Огромная озоновая дыра разрывает на самом верху ветровое движение над Атлантическим океаном.

Человечество сильно ударило по климатической системе, и в результате физические процессы продиктовали изменение основного режима погоды на Земле. Ван и его коллеги сделали заключение, что форма струйного течения, вероятнее всего, не могла бы разрастись таким странным образом, если бы не влияние глобального потепления, вызванного человеческой деятельностью.

Опасность состоит в том, что климат изменяется нелинейно. Незначительное глобальное потепление может вызвать неожиданный переход в новый режим безумно неустойчивых погодных условий. Климатологи ведут бурные дебаты по поводу того, перешли ли в новое устойчивое состояние климат в целом и струйное течение в частности. Они также обсуждают противоречивую гипотезу, выдвинутую потсдамскими учеными и другими, постулирующую, что изменения струйного течения происходят главным образом из явлений, происходящих в самой быстро теплеющей части планеты — Арктике.

Если и в самом деле струйное течение переходит в новое состояние, то это не сулит человечеству ничего хорошего. В августовском докладе, опубликованном в *Nature Climate Change* и подготовленном Джеймсом Скрином

РАДИКАЛЬНОЕ СТРУЙНОЕ ТЕЧЕНИЕ ПРИНОСИТ ПОГОДНЫЕ КАТАКЛИЗМЫ

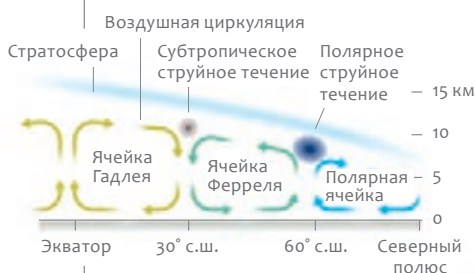
Два высотных ветровых потока дуют вокруг Земли в каждом полушарии. Когда изгибы полярной струи увеличиваются (слева), аномально теплый или холодный воздух захватывает большие площади континентов. Этот извилистый ход может также зависеть на недели, вызывая засухи, наводнения, подъемы жары и сильные морозы. Две основные гипотезы призваны объяснить образование крупных изгибов (справа): одна исходит из изменения климата, вторая основывается как на изменении климата, так и на естественной изменчивости.

Формирование струйного течения

На экватор поступает больше солнечной энергии, чем на полюсах, и поднимающийся здесь горячий воздух, достигая стратосферы, растекается в сторону полюсов. Вращение Земли вокруг своей оси разгоняет потоки воздуха в три главных взаимосвязанных вихря атмосферной циркуляции, или ячейки, в каждом из полушарий. Струйное течение возникает на границе ячеек, выравнивая разницу давлений.

Извитость приносит волны тепла и глубокое похолодание

Когда слабые изгибы приполярного струйного течения усиливаются (извилистая синяя стрелка), огромные массы теплого воздуха могут прорваться гораздо дальше на север, чем обычно, а холодные массы, как, например, зимний полярный вихрь, могут двинуться далеко на юг. Как правило, извилины развиваются над территорией США в течение трех-пяти дней, обуславливая повседневную погоду.



Ячейки атмосферной циркуляции

Полярная ячейка

Ячейка Ферреля

Ячейка Гадлея

АНОМАЛЬНО ТЕПЛЫЕ И СУХИЕ

В

АНОМАЛЬНО ХОЛОДНЫЕ И ВЛАЖНЫЕ

Н

В Центр высокого давления

Н Центр низкого давления

Приповерхностные ветры

НОРМАЛЬНОЕ ПОЛЯРНОЕ СТРУЙНОЕ ТЕЧЕНИЕ

60° с.ш.

УСИЛЕННОЕ ПОЛЯРНОЕ СТРУЙНОЕ ТЕЧЕНИЕ

Временами изгибы, известные как волны Россби, могут застрять на месте, тогда на долгий период устанавливается непогода

СУБТРОПИЧЕСКОЕ СТРУЙНОЕ ТЕЧЕНИЕ

30° с.ш.

Солнечные лучи

Поглощенное тепло

Экватор

Долгосрочные последствия

Если приполярное струйное течение перейдет через порог в новое состояние, для которого большие изгибы станут характерными, на западе США прибавится жарких дней, на востоке — холодных, а в центре — засух.

Почему изменяется волнообразность: два варианта

1 Атмосферные осцилляции

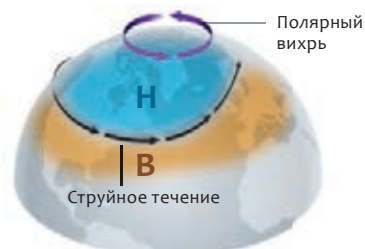
Природные явления в атмосфере могут изменить путь струйных течений. Две наиболее вероятных причины — Эль-Ниньо / Южная осцилляция и Арктическая осцилляция.



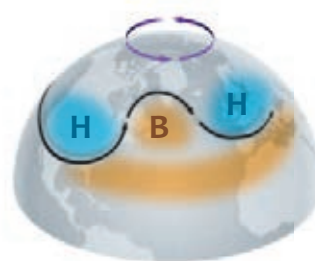
Эль-Ниньо / Южная осцилляция

Последовательность изменения атмосферного давления имеет две фазы: в условиях Эль-Ниньо более теплые воды Тихого океана идут на восток, струйное течение отклоняется к югу, в условиях Ла-Нинья воды более прохладные, струйное течение отклоняется на север. Недавно отмеченные большие различия в фазах, связанные с волнообразным струйным течением, возможно, имеют чисто природное происхождение или вызваны изменением климата.

Положительная фаза связана с большой разницей в давлении, которая способствует выпрямлению пути струйного течения, и сильным полярным вихрем, который удерживает холодный воздух на севере



Отрицательная фаза связана с небольшой разницей в давлении, которая ослабляет струйное течение, при этом образование больших изгибов более вероятно, она также ослабляет полярный вихрь, что позволяет холодному воздуху проникать на юг

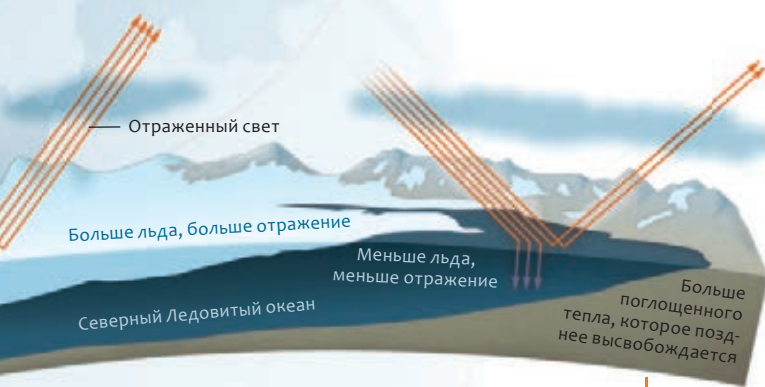


Арктическая осцилляция

Это явление вызвано изменением давления на уровне моря между Арктикой и средними широтами на протяжении недель; причины смены фаз полностью не выяснены.

2 Арктическая амплификация

Потепление в Арктике происходит в два-три раза быстрее, чем на средних широтах. Исчезновение морского льда (внизу) тому главная причина: чем больше площадь не покрытой льдом воды, тем больше она поглощает солнечного тепла летом и высвобождает его зимой, поднимая температуру воздуха в полярной ячейке быстрее, чем в ячейке Ферреля (справа). Снижение разницы между ячейками приводит к отрицательной фазе Арктической осцилляции и более очевидному развитию волн струйного движения (выше справа).



Меньше льда, слабее ветры

С 1979 по 2012 г. минимальное сокращение ледяного покрова в Северном Ледовитом океане составляет 40%, а ослабление осенних сильных ветров над Северной Америкой — 10% (график). Замедление ветров связано с большими загадочными изгибами струйного течения.

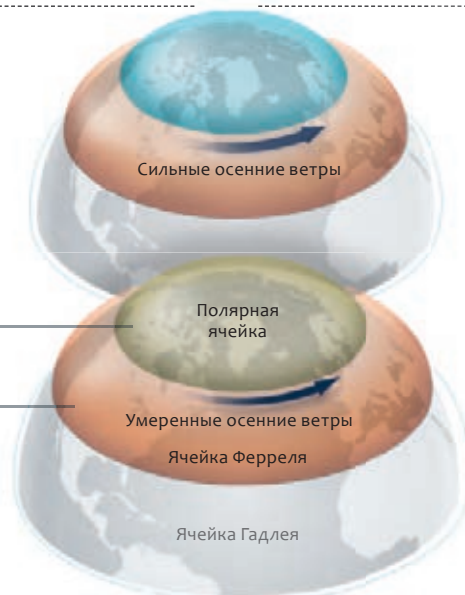


1979

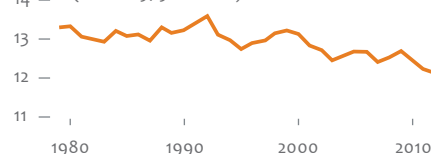
2012

Примерно на 3°С теплее

Примерно на 1°С теплее



Уменьшение скорости высотных ветров (осень 1979–2012 гг.)



(James Screen) из Эксетерского университета, Великобритания, и Иэном Симмондсом (Ian Simmonds) из Мельбурнского университета, Австралия, были даже указаны будущие последствия. Они писали, что если, как предполагалось, волны струйного течения усилятся в ответ на антропогенные климатические изменения, то прежде всего возрастет вероятность приливов жары в западной части Северной Америки и в Средней Азии, а холода в восточной части Северной Америки, засухи усилятся в центре Северной Америки, в Европе и Средней Азии, а сырость захватит западную часть Азии.

Установление нового погодного режима ведет к еще более ужасным летним засухам на Среднем Западе. Зимы со снежными бурями, как это произошло в 2010 г. в Вашингтоне, округ Колумбия, и получило название «Армагеддон», будут все чаще выбивать из колеи жителей восточных районов США. А люди по всему миру будут наблюдать, как растут цены на продовольствие вследствие сильных и постоянных засух в центральной части Северной Америки, Европе и Средней Азии.

Если в дальнейшем будут усиливаться волны струйного течения, суровые погодные условия будут еще ужесточаться, вызывая смертельные случаи и разрушения

Естественные колебания

Изменение климата, вероятно, подвергает перестройке струйное течение, воздействуя косвенным образом с помощью великих сил атмосферы, которые в итоге его и формируют. Вековой поток ветров высотой 9–14 км огибает земной шар, проходя над обоими полушариями, он служит проводником действия систем низкого давления, насыщенных осадками. Как правило, струйное течение подразделяется на две ветви: первая, полярная, играет роль границы между холодным полярным воздухом и теплым, что ближе к экватору, а вторая, менее сильная, субтропическая, расположена ближе к экватору. Далее, говоря о струйном течении, мы будем иметь в виду только доминирующую полярную ветвь.

Распространение этого течения немного смещается по широте в зависимости от времени года. Зимой оно обычно наблюдается над центральными районами США, а летом — в приграничной области с Канадой. Следует отметить, что сам поток отличается хаотичностью, а большие волны Россби присутствуют всегда. В Северном полушарии, когда струйное течение поворачивает на север в виде гребня высокого давления, теплый воздух перетекает с юга на север. Там, где струйное течение делает петлю на юг в виде ложбины низкого давления, холодный воздух переливается на юг.

Струйное течение обязано своим происхождением трем главным взаимосвязанным так называемым ячейкам циркуляции атмосферного воздуха над каждым полушарием. И хотя в этих ячейках в основном и формируется струйное течение, в дальнейшем его могут искривлять разные силы. В действительности атмосфера реагирует на солнечную энергию, форму и местонахождение материков и океанических течений, наличие горных массивов, концентрации в воздухе теплоулавливающих парниковых газов и пылинок, способных к отражению. Как гитара по-разному резонирует, когда перебирают струны, так и атмосфера при изменении этих факторов откликается множественными тонами, называемыми дальними корреляционными связями. Они могут перестроить струйное течение и усложнить наше понимание того, свидетельствует ли его недавнее поведение о постоянстве изменения.

В Северном полушарии два самых важных типа дальних корреляционных связей — это Эль-Ниньо / Южная осцилляция и Арктическая осцилляция. Эль-Ниньо / Южная осцилляция представляет собой цикл изменения атмосферного давления в тропиках с периодом три-восемь лет. Более теплые, чем в среднем, океанические воды направляются к восточной части Тихого океана в фазу Эль-Ниньо, и более холодные, чем в среднем, в противоположную фазу, Ла-Нинья.

Как правило, над восточной частью Тихого океана струйное течение заходит далеко на юг во время Эль-Ниньо, но вклинивается на север во время Ла-Нинья. Арктическая осцилляция происходит ввиду еженедельного колебания атмосферного давления на уровне моря между полярными и средними широтами. Если эта разница давлений невелика, то ветры струйного течения имеют тенденцию ослабевать, образуя петли широкого размаха; обычно зимой, в условиях небольших перепадов давления, холодный воздух может проникать далеко на юг над восточной частью США, Западной Европой и Восточной Азией.

Открытие в Калифорнии

Дальние корреляционные связи, переплетаясь в атмосфере, могут погашать или усиливать друг друга. Возмущения атмосферы там, где эти связи возникают, могут настолько их видоизменить, что те могут породить странный характер струйных течений. Я размышлял над этим в 2011 г., когда крайне необычное струйное течение установилось в условиях Ла-Нинья, изменяющихся от слабого к умеренному значению в течение только части года, что было нетипично. В то время не было никаких публикаций, объясняющих, как могла сложиться подобная ситуация. Но в декабре того же года на собрании Геофизического союза США в Сан-Франциско, самой значительной встрече климатологов всего мира, Дженнифер Фрэнсис (Jennifer Francis), специалист по атмосфере из Ратгерского университета, представила любопытные новые данные, относящиеся к этому явлению.

В какой-то момент своей речи она заявила: «Вопрос не в том, вызывает ли потеря морского льда в Арктике неблагоприятные крупномасштабные последствия в циркуляции атмосферы, а в том, как этого не допустить». Франсис подчеркнула, что в Арктике потепление идет в два-три раза быстрее, чем в остальной части Северного полушария, феномен получил название «арктическая амплификация», и именно он может значительно нарушить поток струйного течения в Северном полушарии.

Это заявление было отлично понято. Одна из причин арктического усиления осенью и зимой кроется в потере морского льда. Северный Ледовитый океан утратил ошеломляющее количество своего льда в последние годы по причине его таяния и неблагоприятных ветров. В сентябре 2012 г. пропало 49% ледяного покрова (43% площади прилегают к территории США) по сравнению со средней его величиной на период 1979–2000 гг. В процессе таяния морского льда открывается темная поверхность вод, способная поглотить больше солнечной энергии, чем белый лед. Затем океан и атмосфера нагреваются, добавляя тепла и таяния в порочный круг.

Открытая вода высвобождает накопленное тепло осенью и зимой, в результате в течение месяцев крупные возмущения атмосферы царят в Арктике. Необычная арктическая амплификация также может возникать и в летнее время, когда снежный покров в Арктике уменьшается. Глобальное потепление обуславливает ранний приход весны (три дня на декаду), при этом таяние снежного покрова и обнажение темного слоя почвы происходят быстрее. Почва поглощает тепло и высыхает, запуская раннее наступление жаркого сезона на материках.

Арктическая амплификация, вызванная уменьшением морского льда и снежного покрова в весенний период, наряду с другими факторами значительно сократила разницу между температурами на средних широтах Северного полушария и Северном полюсе. Это уменьшение может значительно повлиять на струйное течение: если разница температур падает, то меньше энергии переносится между двумя крупными ячейками атмосферной циркуляции, и ветры струйного течения затихают. Фрэнсис и Стивен Ваврус (Stephen Vavrus) из Висконсинского университета в Мадисоне документально подтвердили осеннее сокращение ветров в средних слоях атмосферы над Северной Америкой и северной частью Атлантического океана приблизительно на 10% с 1979 г., происходящее в тесной связи с уменьшением разницы температур.

При замедлении движения струйное течение делает большие петли, и Фрэнсис обосновала значительный рост амплитуд волн приполярного струйного течения и летом и зимой с 2000 г. Чем больше изгибы, тем свободнее теплый воздух проникает дальше, чем обычно, на север по одной из сторон струйного потока, выталкивая холодный воздух по другой стороне дальше на юг. Такая картина сложилась в январе прошлого года, когда холодный воздух прорвался в восточные районы США (тогда вокруг вторжения полярного вихря разразилась

шумиха), а в то же время в Калифорнии были зафиксированы небывалая оттепель и засуха. Математически доказано, что замедленное струйное течение также вызывает более медленное распространение на восток волн Россби, и при больших амплитудах устанавливается аномальная погода, продолжающаяся дольше в каждом отдельном месте. Эти гребни и ложбины также могут иметь тенденцию к полному застою и созданию преград, останавливающих продвижение волн: так обратные вихревые потоки в реке образуют мертвые точки, где нет тока.

Разногласия по поводу роли Арктики

Исследования, связавшие арктическую амплификацию с аномалиями струйного течения, вызвали сильное смятение в среде климатологов. В сентябре 2013 г. в Мэрилендском университете на симпозиуме, созванном Национальным научно-исследовательским советом, более 50 климатологов вступили в оживленную дискуссию по данному вопросу. Хотя большое число экспертов согласилось, что, вероятнее всего, струйное течение подвергается изменениям, но многие усомнились, достаточно ли относительно короткий период существования устойчивой арктической амплификации (около 15 лет), чтобы связать оба феномена.

Многие специалисты также выразили сомнение по поводу предположений, основывающихся на энергетических доводах. Поскольку мощные потоки струйного течения обладают большой энергией, потребуются также много энергии, чтобы их изменить. Кевин Тренберт (Kevin E. Trenberth) из Национального научно-исследовательского центра изучения атмосферы констатировал, что количество тепловой энергии, добавленное в приполярную зону путем арктической амплификации, на порядок меньше энергии изученных естественных изменений струйного течения, вызванных Эль-Ниньо / Южной осцилляцией. Тренберт — соавтор доклада, опубликованного в августе в электронной версии *Nature Climate Change*, где говорится, что большие естественные изменения энергии, случившиеся в тропической зоне Тихого океана в последние годы по причине сложившихся здесь дальних корреляционных связей, называемых тихоокеанской декадной осцилляцией, могли вызвать наблюдаемое струйное течение, осложненное необычным волновым движением. В этой статье также было дано заключение, что характер изменений осцилляции в последние десять лет мог означать, что естественная изменчивость сама преобразовывается изменением климата.

Тренберт — один из пяти ведущих климатологов, кто публично выступил с критикой исследований Фрэнсис в журнале *Science* в феврале прошлого года. Ученые писали, что исследование, связывающее арктическое потепление с чрезмерной извитостью струйного течения, заслуживает беспристрастного слушания. Но они также вынесли решение, что, по их мнению, отсутствуют веские теоретические доказательства.

Некоторые ученые даже сочли спорным утверждение, что амплитуда волн струйного течения увеличивается.

В 2013 г. в своей статье Скрин и Симмондс опубликовали измерения изгибов струйного течения, применяя отличные от характеристик Фрэнсис параметры, они выявили статистически малозначимые изменения амплитуд волн, хотя отметили их общую слабую тенденцию к увеличению. Пока критики добавили немного к объяснению значительных отклонений струйного течения. Один из вариантов был представлен в августовском номере *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* Димом Куму (Dim Coumou) из Потсдама и его коллегами, которые утверждают, что одного падения разницы температур между средними широтами и полярными достаточно, чтобы усилить струйное течение и вызвать его зависание, по крайней мере летом.

Ждать слишком поздно

Хотя ученые еще не пришли к согласию относительно объяснения, данные о погоде очевидны. Некоторые из наиболее известных и разрушительных погодных бедствий в истории США — вторжение суперторнадо в 1974 г., жара и засуха 1936 г. в районе пыльных бурь, великое наводнение 1927 г. на реке Миссисипи — в 2011–2012 гг. были повторены или превзойдены. Недавнее поведение струйного течения может служить отличительным знаком перехода в новый, еще более угрожающий климат с более высоким энергетическим потенциалом.

Поскольку наша планета продолжает теплеть, за повышением высоких температур последуют более мощные приливы жары и засухи там, где антициклоны встанут на пути струйного течения. Более мощные ураганы с еще более сильными ливнями возникнут там, где поток повернет к экватору в область низкого давления, тем более что усиленное испарение с поверхности океана добавит влаги в атмосферу. Если струйное течение будет и далее проявлять замедление движения и повышение амплитуды волн, то суровые погодные условия будут нарастать более интенсивно и держаться на местах дольше, умножая свои способности приносить смерть и разрушения. Если теоретические выкладки Фрэнсис и ее коллег верны, то нет пути назад к прежним климатическим условиям, пока мы не найдем способа наращивания морского льда в Арктике. С учетом того, что в атмосфере количество диоксида углерода, способного удерживать тепло, постоянно растет приблизительно на 0,5% в год, никто из ученых, исследующих арктический лед, не предполагает возможности длительного восстановления.

Главную угрозу представляет засуха, поскольку она отвечает за две самые важные для выживания вещи: воду и пищу. Если установится струйное течение с высокой амплитудой волн при участии небывалых антициклонов и задержится на все лето над зерновыми районами России и США, столь необходимых для урожая осадков не будет. В результате могут сильно подскочить цены на продукты, возникнут голод и волнения, насилие и беспорядки. Во время крупной засухи и жары в России в 2010 г. мощный непробиваемый антициклон стоял над

страной. Он сдвинул в сторону область низкого давления, которая обычно дает дожди российским зерновым культурам, а та, зависнув над Пакистаном, вызвала катастрофическое наводнение. Минувшая засуха вместе с приливом жары стала самым смертельным и дорогостоящим стихийным бедствием в истории России. Страна вынуждена была сократить экспорт пшеницы, что повлекло повышение мировых цен на зерно и способствовало расцвету «арабской весны» и свержению ряда правительств в 2011 г.

Вполне очевидно, что мир не может оставаться в безопасном бездействии, ожидая, пока ученые разберутся, как и почему происходит изменение климата. По мнению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), мы должны действовать быстро, настойчиво и усилиями всего мира удержать темпы нарастания потепления ниже опасного порога в 2° С. Такие источники энергии, как солнечная, ветровая, ядерная, которые не дают совсем или дают очень мало выбросов диоксида углерода, наряду с технологиями улавливания и хранения углерода должны использоваться в три раза больше к 2050 г., в то время как эмиссия парниковых газов должна сократиться на 40–70% по сравнению с уровнем 2010 г. Совет также указал, что такой сдвиг должен быть крайне дешевым, позволяя мировому экономическому росту снижаться только на 0,06% в год. Но если мы будем ждать до 2030 г., необходимые действия нам обойдутся намного дороже, и, вероятно, тогда не избежать перехода за опасную черту.

По мнению некоторых ведущих климатологов, в том же году в Арктике летом совершенно исчезнет морской лед. Если изменения в Арктике действительно виноваты в причудливом поведении струйного течения, то потеря оставшихся 50% ледяного покрова Северного Ледовитого океана до 2030 г. может привести даже к более серьезным последствиям. Если Арктика тут ни при чем, то тревога все равно остается, т.к. в этом случае изменения струйного течения происходят по неизвестным причинам, оставляя нас без понимания того, как струйное течение будет реагировать на дальнейшие трансформации климата. Таким образом, в предстоящие 15 лет мы можем ожидать беспрецедентных событий. ■

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Блог Джеффа Мастерса: www.wunderground.com/blog/JeffMasters/show.html
- Национальная оценка климата США: <http://nca2014.global-change.gov>
- Грин Ч. Зима тревоги нашей // ВМН, № 2, 2013.
- Linkages between Arctic Warming and Mid-Latitude Weather Patterns: Summary of a Workshop. Katie Thomas et al. National Academies Press, 2014. www.nap.edu/catalog.php?record_id=18727

еХперименты



НАУКА 2.0
ТЕЛЕКАНАЛ

Я всегда хотел
воплотить
в жизнь...

... самые
невероятные
«ЕХперименты»

Антон Войцеховский

Автор и ведущий
программы
«ЕХперименты»

Спрашивайте у операторов платного телевидения

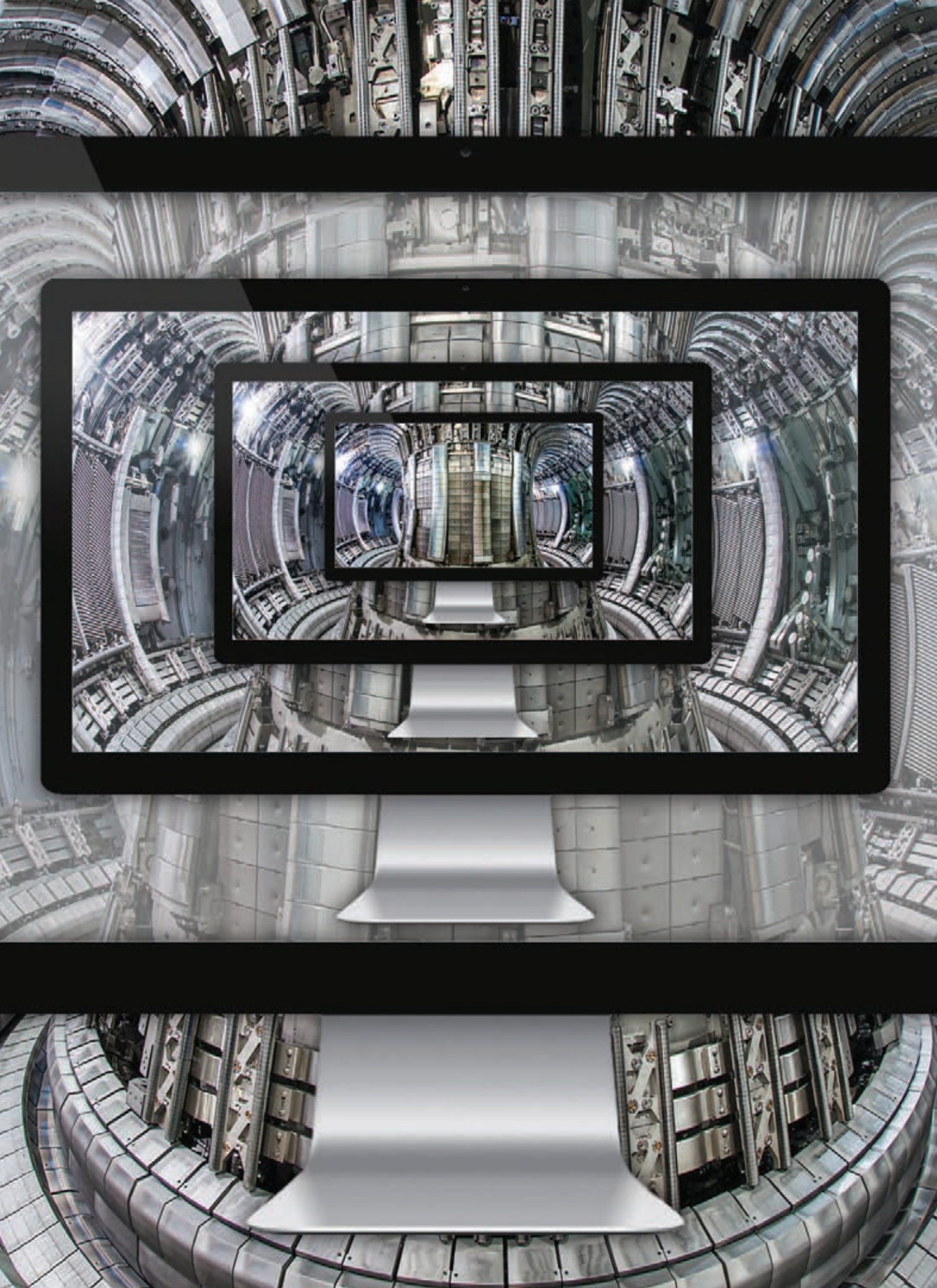


www.naukatv.ru



www.facebook.com/nauka20

16+



ОТ ТОКАМАКА ДО ИНТЕРНЕТА

С президентом Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», председателем Совета ITER (2010–2012) академиком РАН Евгением Велиховым мы встретились незадолго до его 80-летия. Но когда мы вошли в кабинет, ученый сразу попросил: «Давайте только не про юбилей». Мы не возражали: с патриархом российской науки всегда есть о чем поговорить

— **Евгений Павлович, можете открыть секрет: у вас день рождения 2 февраля или 20 января?**

— Официально — 2 февраля. Но в семье говорили, что это ошибка в записи данных, а верная дата — 20 января. Но раз в паспорте записано 2.02., будем придерживаться этой версии.

— **У вас была стремительная карьера. В 1961 г. поступаете после аспирантуры в Курчатовский институт, в 1968 г. вы уже профессор и член-корреспондент академии наук, в 1970-х гг. — вице-президент АН СССР. Как вам это удавалось?**

— Тут много факторов. Мы с друзьями недавно вспоминали профессора Юрия Владимировича Гапонова, он работал и в Курчатовском институте. Замечательный человек, он организовывал в МГУ самодеятельность, поставил оперу «Архимед», устроил встречи с Нильсом Бором, Львом Давидовичем Ландау. Он обладал большими научными и организационными способностями, потенциалом, но, к сожалению, научная карьера в академии не сложилась. Тут многое связано со всякого рода случайными обстоятельствами.

Термояд

— **Вы считаетесь одним из ведущих специалистов по термоядерной энергетике.**

— Термоядерной энергетике как таковой не существует. Энергетика — это отрасль промышленности, которая производит энергию как продукт. Есть термоядерный синтез — физическое явление, связанное с термоядерной реакцией изотопов водорода. Самый яркий и мощный термоядерный реактор — наше Солнце. Вся энергия, которую мы используем, и электрическая, и ядерная, и уголь, и газ, и нефть и все возобновляемые источники, — это результат активности Солнца. Еще одна форма, с которой мы знакомы и которая давно освоена, но, к сожалению, в разрушительных целях, — термоядерная энергия в водородной бомбе. Она родилась здесь, в Курчатовском институте, но без моего участия, я тогда еще в школу ходил.



С братом Володи

Есть интересная, еще довоенная история, связанная с именем известного тогда еще советского физика Георгия Гамова. В 1930-х гг. он был приглашен в Европу, где занялся вопросом ядерной реакции легких ядер. Он довольно быстро сообразил, что ядерная реакция, которая протекает при столкновении легких ядер, может быть использована для получения энергии. Тогда за науку и ее применение в советском правительстве отвечал Н.И. Бухарин. В 1932 г. Гамов на одной из лекций рассказал о своих идеях в области получения термоядерной энергии и заинтересовал этой идеей Бухарина. Гамов объяснил, что для ее воплощения нужно провести исследования: создать очень мощный разряд, сравнимый с мощностью всей московской электрической сети. И Бухарин предложил предоставить в распоряжение Гамова на несколько минут ночью всю московскую энергомощность, чтобы он смог ее направить в очень тонкую медную проволоку, насыщенную маленькими «пузырьками» водорода и лития, тем самым создав контролируемую термоядерную реакцию. Представляете, включиться в московскую сеть и сделать то, что мы сейчас называем пинч-эффектом? «Я решил отклонить это предложение, — писал Гамов в своих воспоминаниях, — и я рад, что так поступил, т.к. это не сработало бы». Потом он эмигрировал и уже в США успешно занимался астрофизикой.

— **А что в этой области происходило в Курчатовском институте?**

— После успешного испытания в августе 1949 г. первой советской ядерной бомбы ученые занялись термоядерной реакцией. Тогда институт еще назывался ЛИПАН (Лаборатория измерительных приборов АН СССР). Большие научные успехи были у коллектива А.Д. Сахарова и И.Е. Тамма, но они привязывали свои работы к ядерному взрыву, пока не появилась одна интересная докладная. Сержант Советской Армии Лаврентьев, служивший срочную на Сахалине, направил в ЦК ВКП(б) письмо, содержащее предложение по электростатическому удержанию ядер дейтерия двумя сферическими сетками под отрицательным и положительным потенциалом.



Е.П. Велихов с коллегами из Курчатовского института на ликвидации аварии на ЧАЭС

Лаврентьев был абсолютным самородком, самоучкой, начальство его воинской части помогало ему с получением образования, выписывало нужную литературу по ядерной физике и поддерживало в написании и отправке письма об этих исследованиях Сталину.

Далее от этого высокого адресата письмо было направлено на отзыв Андрею Дмитриевичу Сахарову, который обсудил эту проблему со своим учителем Игорем Евгеньевичем Таммом. Тамм с Сахаровым скептически отнеслись к описанному сержантом Лаврентьевым методу. Но на них произвело впечатление, что он предлагал сделать то, что мы сейчас называем «ловушка», — систему, в которой находится высокотемпературная плазма, с температурой, измеряемой сотнями миллионов градусов. Реально такую плазму можно удерживать только в магнитном поле, поэтому должна быть довольно хитрая магнитная ловушка.

— Неужели этим сержантом был создатель Новосибирского Академгородка академик Михаил Лаврентьев?

— Нет, однофамилец, Олег Лаврентьев, но тоже очень талантливый ученый. Предложенная им ловушка не работала, но именно он дал первоначальный толчок для начала работ по управляемому термоядерному синтезу.

Сахаров и Тамм уже в октябре 1950 г. дали первые оценки реализации термоядерного реактора с использованием принципа магнитного удержания и предложили для этих целей концепцию установки ТОКАМАК («ТОроидальная КАмера с МАгнитными КАтушками»). Эта идея начала активно разрабатываться в Курчатковском институте. Многие сделали в этом направлении И.Н. Головин и Н.А. Явлинский. С их разработок и началась серия токамаков. Возглавить эту работу было поручено Льву Андреевичу Арцимовичу, который обладал критическим умом и все подвергал сомнению. Затем к работам присоединились талантливые физики Курчатковского института М.А. Леонтович, Б.Б. Кадомцев, В.Д. Шафранов.

На первой и второй Женевских международных конференциях по атомной энергии нашими учеными были

высказаны с трибуны все основные идеи термоядерного синтеза. Наконец, в 1956 г. состоялась поездка И.В. Курчатова с Н.С. Хрущевым в Англию. В Харуэлле Курчатов выступил со своим легендарным докладом о наших планах по развитию атомной энергетики и освоению управляемого термоядерного синтеза. Именно в Курчатковском институте были созданы первые токамаки, в реальность которых западные ученые долго не верили. Академик Арцимович сделал смелый шаг, пригласив в Курчатовский институт англичан, тоже начавших заниматься проблемой удержания плазмы. Они измерили температуру в установке, которая оказалась даже выше нашей заявленной оценки: более 10 млн градусов по Цельсию. Именно наши токамаки стали основой мировой термоядерной программы, вплоть до строящегося сейчас *ITER*.

Перед первой зарубежной поездкой М.С. Горбачева я подал ему идею предложить президенту Франции Франсуа Миттерану и мэру Парижа Жаку Шираку сотрудничество в создании термоядерного реактора на основе токамака. Было ясно, что по отдельности ни одна страна не продвинется в этом деле, потому что оно слишком сложно и непосильно для отдельных государств. Миттеран эту идею поддержал. Осенью 1986 г. Горбачев встретился с Рональдом Рейганом и тоже выдвинул идею сотрудничества в крупном проекте. Года два шло обсуждение, в результате которого родился проект *ITER*.

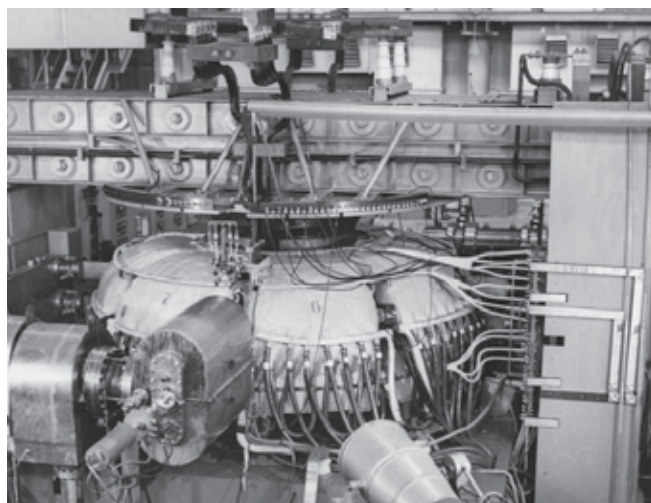
— Это был первый мирный проект по термоядерному синтезу?

— До этого был проект консенсуальной разработки термоядерного реактора, но без политического решения он не выжил. Поэтому начался проект *ITER*.

Вначале было четверо участников. Я взял на себя риск пригласить в *ITER* Евратом — Европейское сообщество по атомной энергии. У нашего Государственного комитета по использованию атомной энергии никаких отношений с ним тогда не было. Меня сразу же вызвали на ковер и в ЦК, и в Министерство атомной промышленности, но я сказал, что плохо знаю английский и не понимаю, о чем они там говорили.



Так начинался «Росшельф»: с В.С. Черномырдиным и Д.Г. Пашаевым



Токамак Т-3 в Курчатковском институте



В.В. Путин в Курчатовском институте 18 апреля 2007 г. на совещании по развитию нанотехнологий в РФ



Буксировка платформы «Приразломная» в Баренцевом море

— Без них нельзя было обойтись?

— Без них *ITER* просто не состоялся бы. Именно Евратом обеспечил сегодняшний успех проекта: у них была наиболее интересная установка — европейский токамак *JET*, который был технологической базой для продвижения *ITER*.

Так началась эпопея с *ITER*. Она тоже была непростой. Те же самые американцы одно время выходили из *ITER*, потом возвращались. В проект пригласили Корею, Китай, Индию. И в результате появилась та конфигурация стран-участниц, которая подписала межправительственное соглашение в Версальском дворце в присутствии президента Ширака. Это соглашение действует по сей день. Затем возник вопрос, где строить реактор. Было три основных претендента: Япония, Испания и Франция. Я по ряду причин поддерживал Японию. Но Жак Ширак и Владимир Путин приняли решение строить международный термоядерный реактор во Франции, в Провансе.

Сейчас в проекте так или иначе участвуют более двух десятков стран, *ITER* пережил все кризисы последнего десятилетия и продолжает развиваться. Заключено 80% контрактов, выровнена площадка в районе Кадараша, начато строительство, уже построены ряд зданий.

Программа, к сожалению, сегодня развивается не без трудностей. Все обязательства выполняют Россия и Китай — в отличие от других стран.

— Когда, по вашему мнению, *ITER* может заработать?

— В марте мы избираем нового директора, им согласился стать Бернар Биго, который возглавлял раньше Комиссариат по атомной энергии во Франции. Он приносит окончательно сформулированную программу *ITER*. На базе *ITER*, на этой платформе, в которую уже вложили десятки миллиардов долларов, в которой участвуют весь мир, все лаборатории, физики, инженеры, металловеды, электрики, мы должны строить следующий вариант.

ITER не представляет собой прототип или модель термоядерной электростанции. Сейчас мы в Курчатовском институте предлагаем идею

гибридного реактора. В гибридной схеме термоядерный реактор выступает в качестве источника нейтронов для наработки топлива в ядерном цикле и для дожигания минорных актинидов, т.е. продуктов деления топлива обычных ядерных реакторов.

Удивительно, но первым идею гибридной энергетики высказал Игорь Васильевич Курчатов. Еще в 1951 г. он передал Сталину письмо, ставшее достоянием общественности совсем недавно. В нем ученый писал, что практически вся энергия (приблизительно 98%), накопленная на Земле, заключена в трех элементах: уране-238, тории или взаимозаменяемых дейтерии и литии. А в оставшиеся приблизительно 2% укладываются нефть, газ и уголь. Поскольку ни уран, ни торий — не топливо, для его создания необходим внешний источник — нейтроны, а для их получения нужен термоядерный реактор. На наш взгляд, производство новых делящихся изотопов из тория и урана-238 с использованием термоядерного источника нейтронов — самый эффективный способ обеспечения атомной энергетики топливом в замкнутом цикле с минимальным радиоактивным загрязнением.

Мы прикинули: когда нам удастся преодолеть сегодняшние геополитические неприятности, тогда и Россия, и каждый из партнеров способны примерно к 2030–2035 гг. построить у себя демонстрационный завод по производству топлива. Наиболее подходящее место для этого — Россия, потому что мы сегодня главные поставщики ядерного топлива во всем мире. Ядерного топлива именно в виде изготовленного конечного продукта, которого хватит на обозримое будущее.

Росшельф

— В начале 1990-х гг. вы возглавили компанию «Росшельф». Физик-ядерщик и шельф... Какая связь?

— Я с детства был связан с «Севмашем» — самым крупным нашим судостроительным заводом. Мой отец в конце 1930-х гг. был главным монтажником на строительстве «Севмаша» и брал меня с собой. Еще в 1938 г., в три года, я был на «Севмаше», когда там собирали знаменитый 50-й цех. В нем потом было построено больше сотни атомных подводных лодок. Я очень любил и люблю этот завод, это одно из величайших достояний России. В свое время Курчатовский институт занимался там созданием атомного подводного флота и сейчас участвует в этой работе.

Когда началась чехарда незадолго до распада Советского Союза, мы встретились с заместителем министра нефтяной промышленности и обсудили освоение российского арктического шельфа. Были данные, что российский шельф имеет больше запасов углеводородов,



Д.А. Медведев в Курчатовском институте 30 сентября 2009 г. на заседании Комиссии по модернизации экономики РФ

чем весь Тихий океан. И «Севмаш» мог стать ключом к освоению этого шельфа. К обсуждению подключился Госплан, и идея была признана перспективной.

— А раньше ее считали бесперспективной?

— Действительно, с этой идеей я и раньше обращался к тогдашнему министру обороны Дмитрию Федоровичу Устинову. Но в те времена было такое бурное развитие атомного флота, что он мне сказал: «Ты даже не суйся на «Севмаш»». Однако настали критические годы, завод стал разваливаться, заказов у него не было. А генеральным директором там был совершенно фантастический человек — Давид Пашаев, азербайджанец и коренной сибиряк. Ясно было, что в завод нужно вложить серьезные инвестиции, чтобы создать соответствующие морские платформенные технологии. Завод умел делать «круглое», а надо было делать «плоское». Такие инвестиции можно было получить только от газовых и нефтяных компаний. Тогда и возникла идея создать с ними совместную собственность.

Эту идею мы рассказали Р.И. Вяхиреву и В.С. Черномырдину. Эпопея была долгая. В качестве стратегической цели было выбрано только что открытое гигантское Штокмановское газаконденсатное месторождение, а в качестве тактической — нефтяное Приразломное, в Баренцевом море.

— Почему? Насколько мне известно, Штокмановское существенно богаче.

— Да, но Приразломное проще в разработке, и значит, строительство платформы должно было обойтись существенно дешевле. Мы планировали начать, заработать на нем деньги, а потом перейти к Штокмановскому. Первую часть мы выполнили, а вторую — нет. Мы решили создать компанию «Росшельф», в которой половина акционеров вносит свою собственность, а половина — средства. Вошли в нее нефтяные компании, прежде всего

«Газпром». Вскоре выяснилось, что без иностранных инвестиций будет трудно. Тут нам помогли внешние связи Рэма Вяхирева. Наконец, нам удалось убедить и Б.Н. Ельцина в том, что если мы сами не начнем производить оборудование для платформы, то вся эта затея окажется бессмысленной. Ведь в итоге реальные доходы получает страна, которая сама производит оборудование. Добыча и продажа нефти — это уже совсем другая история. После этого правительство выпустило специальное постановление, и нам дали лицензии на разработку Приразломного и Штокмановского месторождений.

Кто только нам ни мешал, чего только ни происходило, какие только внешние инвесторы ни возникали, но все равно правда пробилась себе дорогу. Приразломная платформа была построена «Севмашем».

— Платформа заработала?

— И два года уже работает. Это не имеющая аналогов платформа. Почти полмиллиона тонн веса. Движения ледовых полей ей не страшны. А главное — она построена на русском заводе на русские деньги.

Теперь на «Севмаше» появились две производственные ветви. Первая — производство платформ, другая — подводных лодок. Есть соответствующее оборудование, свои технологии и, самое главное, специалисты — инженеры, конструкторы, сварщики.

— Но сегодня при такой динамике цен на нефть оправдывают ли себя нефтяные платформы?

— Думаю, цены еще год-два будут падать, а потом начнется подъем. Когда большие компании съедят всю мелочь, в том числе и сланцевую, дело опять пойдет в гору.

— А если не пойдет?

— Пойдет. Раньше были страны развитые и страны развивающиеся, где средний доход на душу населения отличался примерно раз в десять. Если поместить на одну ось координат средний доход на душу населения, а на другую — количество людей, то должны быть два максимума; так раньше и было. А сегодня их нет,

сегодня максимум один. Строго говоря, развивающихся стран нет. Они могут быть победнее, побогаче, успешные или не успешные, но все они находятся примерно в одной группе. Доход на душу населения однозначно связан с потреблением энергии. Среднее потребление постепенно выравнивается, и доход на душу населения выравнивается. Это приводит к тому, что потребление энергии будет расти фантастически.

Но нельзя все заработанные средства тратить только на нее, есть некий предел затрат на первичную энергию, принятый мировой экономикой. На сегодня он составляет менее 10%. Его превышение делает экономику страны неустойчивой.

Сейчас потребление энергии на душу населения начнет падать, но это будет не очень долго. А дальше опять начнется подъем. Поэтому шельф будет востребован, и Россия в этом отношении должна получить хороший выигрыш. Только нам нельзя терять квалификацию, опыт, специалистов. Потому что самое ценное — это интеллектуальный потенциал.

— А промышленный потенциал?

— И промышленный тоже. А ведь потерять это все очень просто. Достаточно, например, как предлагал Е.Т. Гайдар, начать производить на «Севмаше» ложки.

— В одном из интервью вы рассказывали о «городах Солнца» — волшебных городах на дне океана, где люди будут работать и жить в условиях цивилизации следующего столетия.

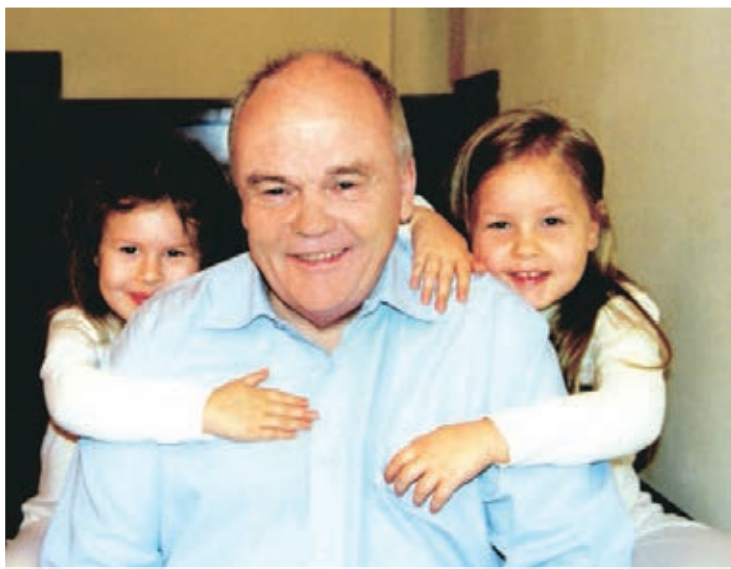
— Если мы говорим о серьезном освоении Арктики, то самая неприятная часть Арктики — это поверхность. Там льды, волны, ветры... А на глубине тихо и спокойно.

Подводное освоение уже идет. Есть технологии, когда вы из одного месторождения добываете газ, но не поднимаете его на поверхность, а закачиваете в другое и вытесняете нефть. У нас есть реальные проекты, когда все это делается на дне морском.

— Но нужно ли там жить человеку?



Евгений Павлович и Наталья Алексеевна Великовы на горных склонах



С внучками Елизаветой и Екатериной

— Это вопрос времени. Если будем осваивать Арктику активно — а мы будем, — то почему бы не жить? Жить там, может быть, значительно комфортнее, чем в современной Москве. Я, например, верю в то, что подводные города будут построены.

Конвергенция наук и технологий

— Курчатовский институт сейчас ассоциируется не только с ядерной энергетикой, но еще и с таким волшебным словом — НБИКС-технологии. В этой аббревиатуре вам какая буква ближе?

— Что значит «какая ближе»? Все-таки я президент НИЦ «Курчатовский институт». Мне все одинаково близко.

Это совершенно уникальный научный, идеологический, организационный вклад директора нашего института Михаила Валентиновича Ковальчука. Очень мало у кого хватило бы пассионарности на то, чтобы ядерный институт повернуть в сторону идеи конвергенции наук: нано-, био-, информационных, когнитивных, а теперь еще и социогуманитарных технологий. Здесь дело даже не в том, чтобы добиться государственной или научной поддержки, а в том, чтобы создать соответствующий коллектив. Михаил Валентинович привлек сюда очень много талантливых людей, здесь работает много молодежи. Этим он вдохнул в институт новую жизнь.

Ковальчук сумел не только проинтегрировать естественно-научные направления, но и добавить к ним гуманитарные науки. Мне кажется, у этого междисциплинарного направления огромное будущее, потому что оно развивается опережающими темпами. Основная цель НБИКС-конвергенции — соединение высших технологических достижений, например, микроэлектроники, с принципами живой природы и создание на их основе гибридных материалов и антропоморфных систем бионического типа. Именно посредством НБИКС, например, решаются проблемы моделирования работы мозга, создания современных способов изучения мозговой деятельности, что ведет к фантастическому прогрессу.

Человек — уникальный вид. Я бы не сказал, что для планеты очень полезный, потому что он самый агрессивный. Но главное в другом. Всякий вид имеет определенную экологическую нишу и численность. Когда он ее заполняет, развитие останавливается — срабатывают механизмы саморегуляции. А на человека эти механизмы не влияют. Или почти не влияют. Человеческий мозг с его подсознанием, сознанием, с его удивительными возможностями — это единственный и неповторимый объект.

На базе Курчатовского комплекса НБИКС-технологий мы проводим сегодня исследования по всем передовым научным направлениям: в области материаловедения, нано- и микроэлектроники, метрологии, нанодиагностики, ядерной медицины, живых систем и биотехнологий.

И это — великая научная революция. Новые результаты в этой области изменят наш мир в ближайшем будущем. ■

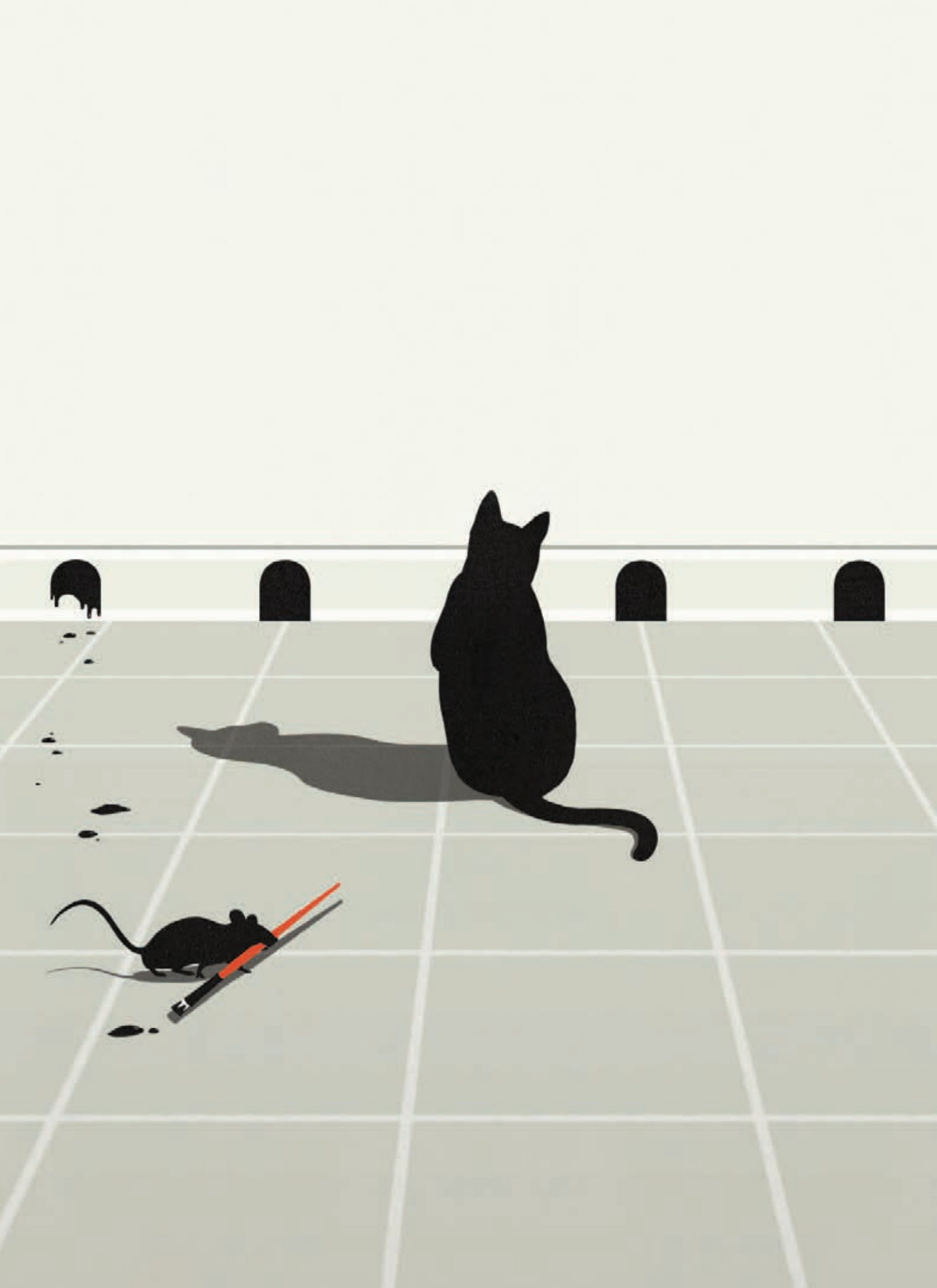
Беседовал Валерий Чумаков



Справка

Евгений Павлович Велихов

- ✓ Родился в Москве. В 1958 г. окончил физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «Теоретическая физика».
- ✓ С 1961 г. работает в Курчатовском институте, с 1989 г. — его директор, с 1992 г. — президент НИЦ «Курчатовский институт».
- ✓ 1978–1996 гг. — вице-президент АН СССР (РАН). Инициатор открытия в академии в 1983 г. отделения информатики и вычислительной техники (в настоящее время — отделение нанотехнологий и информационных технологий РАН), его бессменный академик-секретарь.
- ✓ С 1973 г. — научный руководитель исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР и России. С 1988 г. — председатель правления проекта *ITER*, 2010–2012 гг. — председатель Совета *ITER*.
- ✓ С 2001 г. — член президиума Совета при Президенте РФ по науке и образованию.
- ✓ 2005–2014 гг. — секретарь Общественной палаты РФ, в настоящее время — ее почетный секретарь.
- ✓ В 2011 г. выступил инициатором создания Российской ассоциации содействия науке (РАСН) и возглавил ее.
- ✓ Академик АН СССР (РАН), профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, почетный профессор университетов Европы и Америки, член Европейской академии наук, иностранный член Американской ассоциации содействия развитию науки (AAAS), Шведской инженерной академии и др.
- ✓ Герой Социалистического труда (1985), лауреат Ленинской премии СССР (1984), лауреат Государственной премии (1997, 2003), лауреат премии «Глобальная энергия» (2006), премии Силарда Американского физического общества и др.
- ✓ Награжден орденами Ленина (1971, 1981, 1985), Трудового Красного Знамени (1975), Мужества (1997), «За заслуги перед Отечеством» II, III, IV степеней (2005, 2000, 2010), Дружбы (2012).



Адам Кухарски

И Л Л Ю З И Я

И М М М У-

НИТЕТА

По данным компьютерного моделирования, когда
иммунная система встречается с новым штаммом
вируса гриппа, слабо отличающимся от предыдущих,
она «закрывает глаза» на него

ОБ АВТОРЕ

Адам Кухарски (Adam J. Kucharski) — научный сотрудник отдела эпидемиологии инфекционных заболеваний Лондонской школы гигиены и тропической медицины.



Вспышка какого-либо инфекционного заболевания — тяжелое испытание для детей. Мало того что они целый день находятся в среде (будь то школа или детский сад), изобилующей вирусами и бактериями, у них еще нет защитных механизмов, которые вырабатываются только с возрастом. Можно сказать, что большинство инфекций — от ветряной оспы до кори — служат своего рода «входным билетом» во взрослую жизнь.

Грипп в этом ряду стоит особняком. Анализ последних пандемии 2009 г. показывает, что иммунитет против сезонных штаммов максимален у детей, падает до минимума у людей среднего возраста и снова растет к старости. На протяжении жизни взрослые, в отличие от детей, успевают встретиться с этой инфекцией много раз, и тем не менее иммунный ответ у них ослабевает.

Такой парадокс не мог пройти мимо внимания биологов. Путь к пониманию способов распространения гриппа совсем не прост, и мы пытались подобрать ключи к его разгадке с помощью математических моделей, имитирующих работу иммунной системы. Эти модели позволяют проанализировать, как предыдущая инфекция могла повлиять на иммунный ответ при следующей встрече с патогеном и как изменяется уровень защиты с возрастом. Сопоставляя результаты моделирования с реальными

данными, мы начинаем выявлять процессы, которые опосредуют иммунную реакцию на возбудителя гриппа. В ходе работы мы получили новые подтверждения справедливости одной довольно замысловатой гипотезы, которая была сформулирована более полувека назад и называлась столь же причудливо: «первородный антигенный грех». Она объясняла, почему иммунный ответ на вирус гриппа максимален у детей. Эта теория уже помогла понять, почему некоторые популяции пострадали особенно сильно в ходе последних вспышек, и мы надеемся, что в конце концов сможем прогнозировать, как поведут себя разные группы в будущем.

Моделирование эпидемии

До сих пор большинство математических моделей формирования иммунитета обходили стороной реакцию организма на вирус гриппа, поскольку данный патоген крайне изменчив. Объектом моделирования были такие заболевания, как корь, поскольку ее возбудитель видоизменяется очень медленно и при контакте с ним возникает длительный иммунитет. Если человек хотя бы раз переболел корью или был вакцинирован, его иммунная система обязательно распознаёт специфические белки на поверхности вируса и тут же начнет вырабатывать антитела к ним, поскольку эти же белки находились у вируса ранее. (Такие поверхностные белки называются антигенами — от англ. *antibody generator*.)

Предположим, что некий человек ежегодно контактирует с вирусом кори. Следует ожидать, что его иммунитет будет постепенно укрепляться. Чтобы проверить справедливость такого предположения, можно

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Переболев таким инфекционным заболеванием, как корь или ветряная оспа, человек часто сохраняет иммунитет к его возбудителю на всю жизнь.
- Грипп в этом отношении стоит особняком, поскольку его возбудитель мутирует от года к году, ускользая от защитных систем организма.
- Есть указания на то, что первый штамм вируса гриппа, с которым человек сталкивается в детстве, может снижать его способность бороться с другими штаммами впоследствии.
- Свидетельства в пользу этого иммунологического курьеза, названного «первородным антигенным грехом», дают не только эксперименты, но и результаты компьютерного моделирования.

Что скрывается за завесой тайны

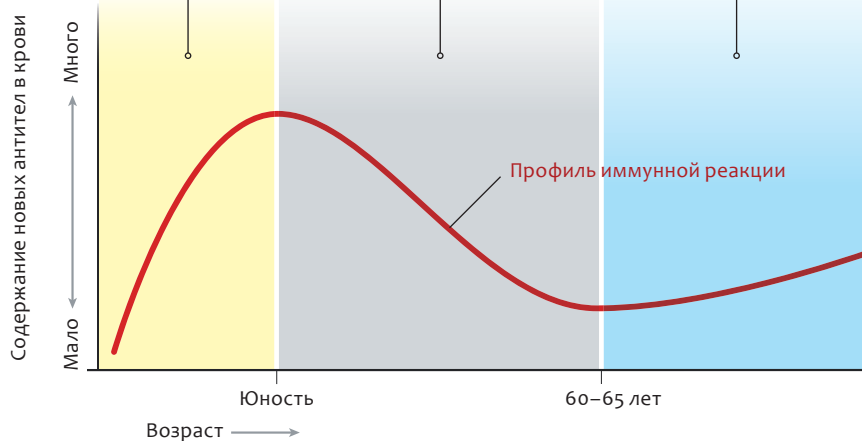
ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО,
ОСТАВЛЯЮЩЕЕ СЛЕД НА ВСЮ ЖИЗНЬ

В большинстве случаев, поборов вирусную инфекцию, человек приобретает устойчивость к вызвавшему ее патогену на всю жизнь. Поэтому дети обычно болеют чаще взрослых. Но с вирусом гриппа все иначе. В детстве, как и ожидалось, иммунитет укрепляется, но по мере взросления все более ослабевает. Одно из возможных объяснений состоит в следующем: иммунная система ошибочно полагает, что, один раз встретившись с вирусом гриппа, во второй раз она будет иметь дело с точно таким же патогеном, в то время как скорее всего это будет другой штамм. Она бросает все свои резервы на борьбу с уже миновавшей угрозой, а не с той, что стоит у порога.

В детском коллективе циркулирует множество патогенов, и при контакте с ними в организме ребенка вырабатываются антитела, защищающие его от будущих инфекций.

В какой-то момент иммунная система перестает вырабатывать огромное количество новых антител. Часто это не создает серьезных проблем, но если возбудитель периодически видоизменяется (а именно так ведет себя вирус гриппа), то выработанные ранее антитела оказываются малоэффективными и у вируса появляется шанс выиграть битву.

Со временем вирус гриппа видоизменяется настолько, что иммунная система воспринимает его как нечто совершенно новое и синтезирует антитела, направленные на этот конкретный штамм. Пожилым людям помогает успешно бороться с инфекцией и регулярная вакцинация.



использовать одну из математических моделей. Моделирование — ценный инструмент в подобных случаях, поскольку оно позволяет анализировать ход биологических процессов, которые трудно или невозможно воспроизвести в эксперименте. С его помощью, в частности, можно исследовать влияние инфекции на иммунитет, не проводя никаких экспериментов на людях.

В простейшей эпидемиологической модели популяции подразделяют на три группы: первую составляют те, кто восприимчив к инфекции, вторую — заболевшие, третью — выздоровевшие и, следовательно, приобретшие иммунитет. В 1980-х гг. эпидемиолог Рой Андерсон (Roy M. Anderson), зоолог Роберт Мэй (Robert M. May) и их коллеги прибегли к моделированию, чтобы получить возрастное распределение иммунитета при кори. Модель с подразделением популяции на группы позволила

к другой? В детстве и юности большинство людей болеют довольно часто, и это в основном инфекционные заболевания. В результате у них развивается стойкий долговременный иммунитет ко многим вирусам. В случае гриппа в их организме вырабатываются антитела к антигенам той разновидности вируса, который циркулирует в популяции в данное время; то же самое происходит при контакте с вирусом кори.

У людей, окончивших университет или колледж, круг повседневного общения становится уже и в среднем вероятность подхватить инфекцию снижается. Это означает, что иммунный ответ опирается на то, что приобретено в более раннем возрасте. Но поскольку вирус гриппа быстро видоизменяется, «старые» антитела не могут бороться с ним столь же эффективно, как с прежними штаммами. Возможно, к среднему возрасту иммунитет падает

обрисовать лишь некую общую картину. В реальности иммунитет у детей укрепляется быстрее, чем это следовало из модели. Возможно, расхождение связано с тем, что дети больше контактируют друг с другом и тем самым — с возбудителем инфекции, чем представители других возрастных групп. Данное различие было учтено при моделировании, и соответствие значительно улучшилось.

К сожалению, иммунитет против гриппа развивается не столь прямолинейно. Вирус гриппа быстро мутирует, т.е. его антигены изменяются от года к году, и организм воспринимает новые штаммы как совершенно незнакомых агентов. По этой причине и вакцины против гриппа приходится возобновлять каждые несколько лет.

Когда я впервые столкнулся с тем, что, судя по эпидемиологическим данным 2009 г., возрастное распределение иммунитета имеет необычный характер, я подумал: не может ли высокая частота мутаций вируса гриппа (наряду с интенсивными социальными контактами между детьми) объяснить такой феномен, как подъем — падение — подъем иммунитета при переходе от одной возрастной группы

потому, что данная категория не проходит систематическую вакцинацию. Рост иммунитета при переходе к последней возрастной группе можно объяснить тем, что пожилые чаще делают прививки против гриппа и вырабатываемые ими антитела больше соответствуют антигенам последних штаммов.

Все это, однако, — только теория. Как же ее проверить? Ввиду высокой вариативности вируса гриппа построить для него математическую модель гораздо сложнее, чем для вируса кори. Если вам сделали прививку против одного штамма, вы, может быть, будете менее восприимчивы ко второму и совершенно не защищены от третьего. Следовательно, при моделировании мы должны учесть, с какими штаммами пациент контактировал и в какой очередности.

Однако комбинаций штаммов вирусов существует великое множество. Предположим, что в недалеком прошлом в популяции циркулировали 20 разных штаммов. Тогда для каждого индивида число возможных комбинаций штаммов будет равно 2^{20} , т.е. более миллиона. Если штаммов 30, то оно возрастет до миллиарда.

Для того чтобы обойти эти сложности, мы вместе с Джулией Гог (Julia R. Gog), в то время руководителем моей диссертационной работы в Кембриджском университете, ввели следующее упрощение: если индивид с некоей вероятностью контактирует с вирусом гриппа каждый год, то вероятности инфицирования любым из двух штаммов независимы. Другими словами, заражение вирусом А никак не влияет на заражение вирусом В. В таком случае вероятность, что случайно выбранный из популяции индивид подвергнется атаке некоей комбинации штаммов, равна произведению вероятностей атаки каждого из них в отдельности. Это означает, что вместо миллиона вероятностей для 20 разных штаммов мы будем иметь дело с 20.

Однако результаты моделирования при таком предположении были совсем не те, что мы ожидали. Модель упорно предсказывала одно и то же: если некто был инфицирован хотя бы одним штаммом, он с большей (а не с меньшей) вероятностью заболеет при контакте с другим. Полный абсурд!

Причина кажущийся абсурдности оказалась простой: мы не учитывали возрастной фактор. Если принять, что вспышки гриппа происходят с постоянной частотой, то чем старше пациент становится, тем выше вероятность, что он хотя бы раз переболел гриппом. Предположим, что выбранный случайным образом член популяции раньше болел гриппом. Отсюда следует, что он с большей вероятностью человек в возрасте, чем молодой, а значит, это скорее всего не единственный случай в его жизни и он подвергся атаке второго штамма вируса гриппа.



Грипп — это серьезно: в 1930-х гг. для госпитализации огромного числа больных гриппом приходилось сооружать временные баракы

Однако если мы находимся в пределах какой-то одной возрастной группы, то вероятности инфицирования снова становятся независимыми и в случае 20 штаммов мы опять имеем дело не с миллионом вероятностей, а с двадцатью. Мы вновь попытались смоделировать процесс изменения иммунитета во времени, но уже при новых начальных условиях. Поскольку вирус год от года видоизменяется, мы предположили, что риск инфекции в пределах каждой возрастной группы зависит от частоты социальных контактов.

Но и с новыми предположениями наша модель не воспроизводила наблюдаемого в реальности падения иммунитета в группе лиц среднего возраста. Модель не была неверна на все 100%: в ее рамках у детей иммунитет был выше, чем у взрослых. Но в реальности спад начинался в возрасте от пяти до десяти лет, а в нашей модели — в период от 15 до 25, когда большинство уже выходит из стен школы или института, где число контактов и концентрация патогенов максимальны.

Первородный грех

Пытаясь разрешить загадку возрастного изменения иммунитета к вирусу гриппа, я обсуждал со многими людьми более широкую проблему моделирования иммунитета. В частности, я говорил с Андреа Грэм (Andrea Graham), специалистом по эволюционной биологии из Принстонского университета, которая и рассказала мне о концепции «первородного антигенного греха». Теперь, когда у нас была модель, позволяющая оперировать большим числом штаммов, я подумал, что, включив в нее эту гипотезу, мы получим более близкие к реальности результаты. Поскольку сама идея была не совсем однозначной, я также предположил, что таким способом мы заодно проверим и ее адекватность.

Как и в Библии, «первородный антигенный грех» — это история первой встречи безгрешного создания (иммунной системы) с опасностью, «искушением» (патогеном). По иммунологической версии, последствия этой встречи были для организма так глубоки, что каждая последующая инфекция запускала образование исходных антител. Они вырабатывались и тогда, когда второй патоген немного отличался от первого, т.е. его поверхностные антигены были слегка другими и для эффективности подавления инфекции нужен был иной набор антител. Организм не мог в полной мере обеспечить иммунную систему антителами к новому набору антигенов, полагаясь на иммунный ответ на вирус, с которым он уже встречался.

Впервые с данной проблемой столкнулся вирусолог Томас Фрэнсис — младший (Thomas Francis, Jr.) в 1947 г. Несмотря на массовую вакцинацию в предыдущем году, студенты Мичиганского университета заболели гриппом, возбудителем которого был новый штамм вируса, сходный с предыдущим. Сравнение иммунитета против штамма, вызвавшего массовое заболевание студентов, показало, что у инфицированных вырабатываются только антитела против антигенов прошлогоднего вируса.

Фрэнсис объяснил этот курьезный факт следующим образом: вместо того чтобы синтезировать антитела против каждого нового штамма, иммунная система воспроизводит свой ответ на сходные вирусы, с которыми она уже встречалась. Другими словами, знакомые штаммы и очередность контакта организма с ними очень важны при оценке реакции его иммунной системы на вирусы, вызывавшие последующие вспышки. Фрэнсис назвал этот феномен «первородным антигенным грехом» — возможно, как впоследствии предположили эпидемиолог Дэвид Моренс (David Morens) и его коллеги, «из желания выразить свое благоговение перед красотой науки, а может быть и из озорства, под влиянием бокальчика мартини, до которого Фрэнсис был большой охотник».

В 1960–1970-е гг. появились новые свидетельства в пользу гипотезы Фрэнсиса, но затем другие исследователи поставили под сомнение существование этого феномена. В 2008 г. биологи из Университета Эмори определили содержание антител в крови группы добровольцев, сделавших прививку против гриппа, и обнаружили, что их иммунная система прицельно реагирует на штамм, послуживший основой для вакцины. Отсюда был сделан вывод, что «первородный антигенный грех», по-видимому, свойствен далеко не всем здоровым взрослым людям, прошедшим вакцинацию против гриппа. Но уже в следующем году другая группа иммунологов из того же Университета Эмори, возглавляемая Джоши Джейкобом (Joshua Jacob), инокулировав большую группу мышей живым вирусом гриппа, а не инактивированным, который обычно служит основой вакцин, увидела, что это мешает развитию полноценного иммунного ответа на другие штаммы и, следовательно, «первородный антигенный грех» может играть значительную роль в естественных условиях.

Джейкоб предположил, что «первородный антигенный грех» уходит своими корнями в процесс выработки В-клеток, которые распознают специфического агента

и запускают синтез нейтрализующих его антител. После того как опасность миновала, в организме остается какое-то количество В-клеток, готовых к «выпуску новой партии» антител при повторной атаке. Как считают Джейкоб и его коллеги, инокуляция живым вирусом гриппа активизирует существующие В-клетки памяти, а не запускает выработку новых В-клеток. Предположим, что вы переболели гриппом в прошлом году, а в этом подхватили слегка видоизмененный штамм. Поскольку В-клетки памяти уже знакомы с прошлогодним вирусом, они попытаются избавиться от него прежде, чем организм начнет вырабатывать новые В-клетки, специфичные для штамма этого года. Ситуация похожа на старую историю о боевых генералах, которые предпочитали использовать такую же тактику, как и в предыдущую войну (особенно если они ее выиграли). Похоже на то, что иммунная система тоже полагается на апробированные способы защиты, если они работают быстро и эффективно.

Когда я уже заканчивал работу над своей докторской диссертацией, мы включили в свою модель гипотезу «первородного антигенного греха» и в результате получили гораздо лучшее совпадение с реальностью — начало падения иммунитета после семи лет, когда ребенок почти наверняка хотя бы раз переболел гриппом (а не после 15, как предсказывала наша предыдущая модель). Откуда следовал логичный вывод: согласно нашей модели, на фоне предыдущих инфекций выработка более адекватных антител снижалась. (Поскольку в тех странах, где мы проводили исследования, дети обычно не подвергаются вакцинации, полученный результат скорее всего был связан с тем, что заражение гриппом происходило естественным путем.) Между тем до сих пор не совсем понятно, почему у пациентов преклонного возраста иммунитет к гриппу выше. Отчасти это может быть связано с более частой вакцинацией людей данной категории или с тем, что они прожили достаточно долго, чтобы антигены любого нового штамма перестали восприниматься иммунной системой как те, с которыми она встречалась в детстве. Как бы то ни было, судя по нашим данным, за парадоксальную на первый взгляд трансформацию иммунитета после семи лет скорее всего отвечает «первородный антигенный грех», а не изменение числа социальных контактов.

Слепые пятна

Убедившись, что «первородный антигенный грех» налагает отпечаток на иммунный профиль целой популяции, мы решили проверить, может ли это также влиять на масштабность вспышек. При каждой итерации мы получали на выходе эпидемию, даже если новый вирус не очень отличался от возбудителя предыдущего года. Создавалось впечатление, что «первородный антигенный грех» закрывает глаза на некоторые возрастные группы: несмотря на предшествующее контактирование со штаммами, которые должны были бы обеспечить защиту в будущем, иммунная система вырабатывает «неправильные» антитела в ответ на новую инфекцию (своего рода «слепое пятно»).

Самым показательным примером такого рода ситуации служит эпидемия гриппа 1951 г., зародившаяся в Ливерпуле. Она разразилась внезапно, набрала силу быстрее и была более смертоносной, чем печально известная «испанка» — пандемия 1918 г. Две последующие пандемии гриппа, 1957 и 1968 гг., меркли по сравнению с тем, что случилось в 1951 г. И мы до сих пор не знаем, почему эта вспышка была столь свирепой.

Самым логичным представлялось следующее объяснение: штамм, вызвавший вспышку гриппа в 1951 г., мог существенно отличаться от того, который циркулировал в 1950 г., и у большинства людей не было к нему иммунитета. Но никаких указаний на то, что упомянутые штаммы действительно сильно различаются, нет. Интересен и другой факт: масштаб эпидемии в Великобритании и других странах зависел от местоположения региона. В Ливерпуле и Уэльсе он был угрожающим, а, например, США пострадали меньше — смертность там мало отличалась от обычной. В 1990 и 2000 гг. Великобританию опять накрыли две эпидемии гриппа, и вновь ничто не указывало на существенное различие между вызвавшими их штаммами.

Но мы смогли, используя свою модель, воссоздать условия, близкие к тем, в которых протекали вспышки 1951, 1990 и 2000 гг. С учетом «первородного антигенного греха» порядок, в котором разные штаммы вируса гриппа появлялись и вызвали вспышки заболевания в данной возрастной группе, может пролить свет на то, насколько хорошо их члены будут справляться с инфекциями в будущем. Другими словами, в период вспышки у населения каждого географического региона может быть свой, уникальный иммунный профиль, слегка отличный от такового у соседей, со своими собственными «слепыми пятнами». Серьезные вспышки, подобные ливерпульской, возможно, наложались на «слепые пятна», которых в других регионах в то время не было, поскольку их «первородный антигенный грех» был иным.

Уточнение гипотезы

Исследования, касающиеся иммунитета к вирусу гриппа, обычно фокусировались на определенных аспектах — эффективности той или иной вакцины или масштабах эпидемии в каком-то определенном году. Но все это — лишь часть одной, гораздо более глубокой проблемы: как наш организм формирует и поддерживает иммунитет к вирусу гриппа и другим вирусам с высокой изменчивостью антигенов, и можем ли мы, выяснив это, понять, как распространяется и эволюционирует грипп?

Над проблемой начали работать в Китае в рамках проекта *FluScape*. Предварительные результаты анализа, опубликованные в 2012 г. Джастином Лесслером (Justin Lessler) с коллегами из Медицинской школы Блумберга им. Джонса Хопкинса, указывали, что концепция «первородного антигенного греха» нуждается в уточнении. Появились свидетельства того, что иммунный ответ не просто определяется первым штаммом, с которым встретился организм; иммунитет — это иерархическая система. Лессер с коллегами предположили, что

первый штамм, которым был инфицирован тот или иной индивид, вносит наиболее весомый вклад в иммунитет, следующий вызывает не столь сильную реакцию, а третий — гораздо более слабую. (Такая иерархия имеет место только для высокоизменчивых вирусов, в число которых входит вирус гриппа.)

Поскольку китайские ученые делали анализ лишь тех проб крови, которые были взяты в течение текущего дня, Лесслер не мог определить, как изменяется содержание антител в крови во времени. Однако в августе 2013 г. исследователи из Медицинской школы Икана при Медицинском центре «Маунт-Синай» просмотрели целую коллекцию проб крови, полученных от 40 пациентов в течение 20 лет. Их результаты свидетельствовали об адекватности идеи антигенной иерархии: при каждой новой вспышке происходил выброс антител против штаммов, инфицировавших данного индивида раньше. Таким образом, реакция иммунной системы человека на штаммы вируса гриппа, которые вызывали у него заболевание в предыдущие годы, сильнее, чем на штаммы, с которыми он контактировал позже.

Несколько лет я в сотрудничестве с группой исследователей из *FluScape* занимался анализом новых данных, полученных в Китае, в надежде, что это поможет определить восприимчивость разных людей к тому или иному штамму и прогнозировать ход инфекции. Вооруженные уточненной моделью и располагая более точными данными, мы постепенно начинаем понимать, как вырабатывается иммунитет к гриппу у отдельных индивидов и целых популяций. Если что-то в прошлом осталось вне нашего внимания, то в будущем, вне всякого сомнения, мы наверстаем упущенное. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Брансуэл Х. Фабрики гриппа // ВМН, № 3, 2011.
- Original Antigenic Sin Responses to Influenza Viruses. Jin Hyang Kim et al. in *Journal of Immunology*, Vol. 183, No. 5, pages 3294–3301; September 1, 2009.
- Evidence for Antigenic Seniority in Influenza A (H3N2) Antibody Responses in Southern China. Justin Lessler et al. in *PLOS Pathogens*, Vol. 8, No. 7, Article No. e1002802; July 19, 2012.
- The Role of Social Contacts and Original Antigenic Sin in Shaping the Age Pattern of Immunity to Seasonal Influenza. Adam J. Kucharski and Julia R. Gog in *PLOS Computational Biology*, Vol. 8, No. 10, Article No. e1002741; October 25, 2012.
- Neutralizing Antibodies against Previously Encountered Influenza Virus Strains Increase over Time: A Longitudinal Analysis. Matthew S. Miller et al. in *Science Translational Medicine*, Vol. 5, No. 198, Article No. 198ra107; August 14, 2013.
- Видеоролик о применении компьютерного моделирования в биологии см. по адресу: ScientificAmerican.com/dec2014/computer-biology

Всё, всем, всегда доступно



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

ПОДПИСКА

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

АРХИВЫ НА DVD

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

ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

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

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

ежемесячный научно-информационный журнал
В мире науки
SCIENTIFIC AMERICAN



Стефани Сазерленд

БОЛЬ, КОТОРОЙ НЕТ КОНЦА

Жжет, ное, стреляет... Хроническая боль может принимать разные формы и не реагировать на лекарства. На основе современных представлений о причинах боли создаются новые способы борьбы с ней

ОБ АВТОРЕ

Стефани Сазерленд (Stephani Sutherland) — нейробиолог и популяризатор науки из Южной Калифорнии.



ди в продуктовый магазин, а не в закусочную, лед из закусочной слишком быстро тает», — такие распоряжения отдавала Джама Бонд своему мужу по мобильному телефону, когда в одну из ночей 2012 г. он поехал за кубиками льда. Тридцативосьмилетняя Бонд была на девятом ме-

сяце беременности, и ей требовалась очень много льда, чтобы охлаждать воду вокруг ног, которые были красными, опухшими и болели. Она научилась оборачивать ноги полиэтиленовыми пакетами, чтобы ледяная вода не повреждала кожу. Всего за несколько месяцев до этого Бонд была здоровой молодой женщиной, работала в офисе компании, занимающейся установкой солнечных батарей, и жила более-менее нормальной жизнью. Теперь она с трудом вынимала ноги из водяной бани только для того, чтобы принять душ, «и это было очень мучительно».

У Джамы Бонд, живущей в Санта-Розе, штат Калифорния, эритромегалгия (в переводе с греческого — «боль красной конечности»). При этом заболевании руки или ноги становятся чрезвычайно чувствительными даже к теплой воде и легкому давлению, в них развивается тяжелая жгучая боль. У большинства пациентов, так же как и у Джамы Бонд, это заболевание возникает без явных причин (данных, что это как-то связано с беременностью, нет). Эритромегалгия — редкое заболевание, оно проявляется у 13 человек из миллиона, но многочисленные другие вариации хронических болей чрезвычайно распространены, и зачастую причины их возникновения неизвестны.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

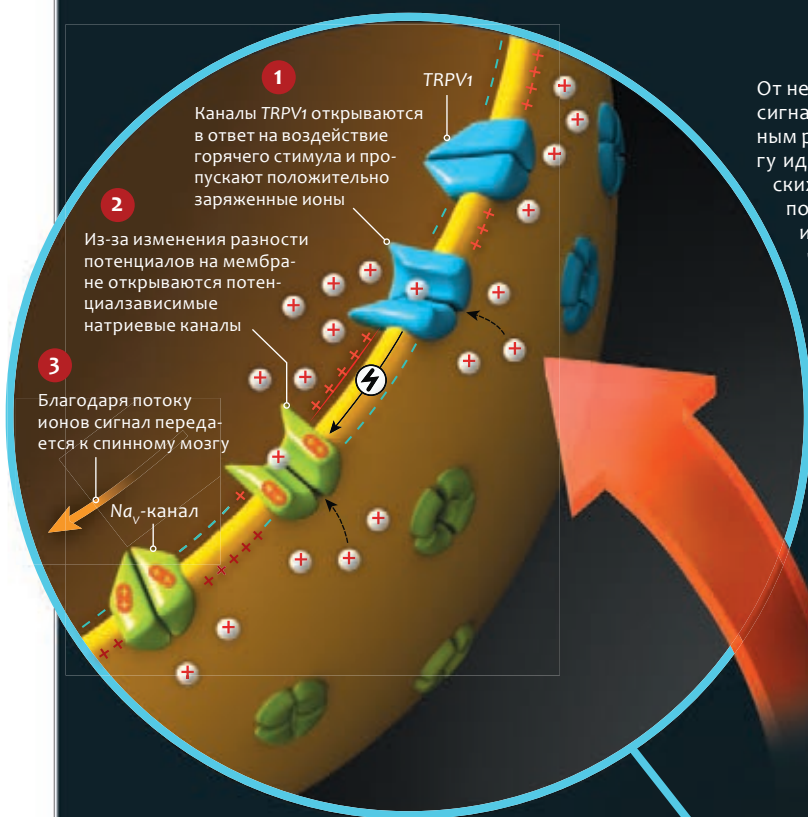
- От хронической боли в США страдает больше людей, чем от рака, сердечно-сосудистых заболеваний и диабета вместе взятых.
- Опиаты и другие лекарства в большинстве случаев хронической боли помогают плохо, а кроме того, их использование опасно.
- В результате открытия молекулярных механизмов боли появились новые направления разработки лекарств.
- Некоторые вещества, найденные в ядах животных, проверяются сейчас на роль возможных обезболивающих средств.

В США с такой болью борются примерно 100 млн человек, чаще всего это головная боль, боль в спине или артрит. От хронических болей страдает больше американцев, чем от диабета, рака и болезней сердца вместе взятых, и платить за это приходится больше: по данным 2012 г., на медицинскую помощь таким больным и компенсацию при потере трудоспособности ежегодно тратится порядка \$635 млрд. Масштаб бедствия трудно переоценить. У людей, вынужденных бороться с болью, повышаются вероятность потери трудоспособности, развития депрессии, аффективных расстройств и нарушений сна, наркотической и алкогольной зависимости, а также риск самоубийства. Линда Портер (Linda Porter), специалист по вопросам, связанным с болью, в Национальном институте изучения неврологических нарушений и инсульта и руководитель отделения по исследованию боли в Национальных институтах здоровья США, называет хронические боли «огромной общественной проблемой, которой не уделяется должного внимания».

Вообще-то боль человеку нужна: это встроенная система, предупреждающая возникновение телесных повреждений, она заставляет нас отдернуть руку от горячей плиты прежде, чем мы получим сильный ожог, и не дает ходить на сломанной ноге. Но иногда она сохраняется еще долго после того, как угроза миновала. Хотя хронические боли могут возникать по непонятным причинам, их можно разделить на две группы: воспалительная —

ЧТО МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ БОЛИ

От нервных окончаний в коже и других структур болевой сигнал поступает к спинномозговому узлам, расположенным рядом со спинным мозгом, а потом по спинному мозгу идет в головной. Однако на этом пути из-за генетических мутаций или повреждения нервов может меняться поведение некоторых ключевых молекул, в том числе ионных каналов, в результате чего возникает хроническая боль. Надеясь облегчить страдания больных, исследователи сейчас пытаются разными способами воздействовать на эти молекулы.

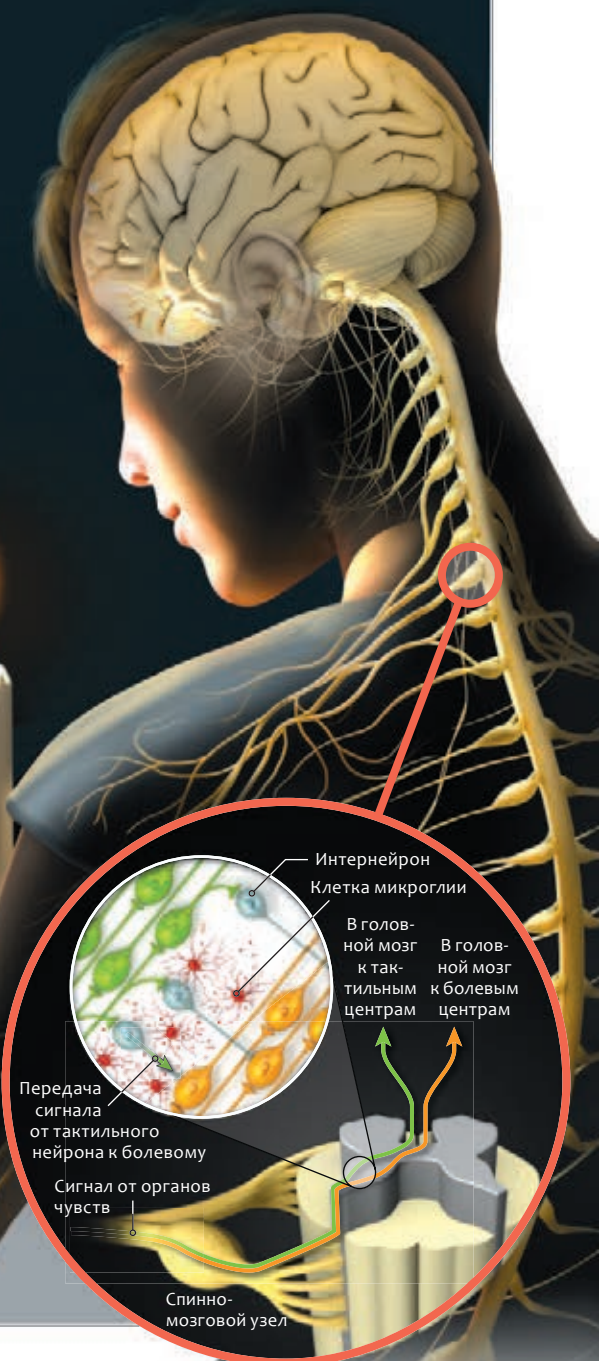


Чрезмерно активные каналы

В мембранах болевых окончаний имеются молекулы, которые называются ионными каналами: они открывают и закрывают отверстие канала в ответ на воздействия. Каналы TRPV1 реагируют на повышенную температуру. Когда они открываются, через них проходят положительно заряженные ионы (в основном ионы натрия) и меняется разность потенциалов на мембране. Тогда открываются потенциалзависимые натриевые каналы (Na_v), и болевой сигнал идет к спинному мозгу. Неправильная работа Na_v или TRPV1 может привести к избыточной передаче сигналов. Сейчас изучаются вещества, которые могут снижать активность каналов и таким образом предотвращать возникновение лишних сигналов.

Пересечение проводящих путей

Некоторые нервы специализируются на передаче болевых сигналов, другие реагируют просто на прикосновение. Взаимодействие этих двух проводящих путей контролируется интернейронами спинного мозга (синий). Эта система часто бывает нарушена у людей, страдающих от разнообразия хронических болей, называемой аллодинией, при которой безобидные раздражители, такие как легкое прикосновение, вызывают боль. Показано, что это состояние может возникнуть в результате повреждения нерва, когда иммунные клетки (микроглия) выделяют химический сигнал, из-за которого нейроны спинного мозга утрачивают молекулы, необходимые для нормальной передачи сигнала. Сейчас идут работы над созданием лекарства, которое помогло бы исправить это замыкание и избавить пациентов от аллодинии.



возникающая, например, при остеоартрите, и невропатическая, обычно вызванная повреждением нерва из-за травмы или заболевания.

Как известно, хроническая боль плохо поддается лечению, особенно невропатическая, отчасти потому, что на нее почти не влияют обычные противовоспалительные препараты, такие как ибупрофен и напроксен. При сильной непродолжительной боли стандартным методом лечения считают использование морфина и других опиатов. Но они дают побочные эффекты, начиная от обычных, таких как запор и сонливость, и заканчивая угрожающим для жизни подавлением дыхания. Если употреблять эти препараты на протяжении длительного времени, к ним развивается невосприимчивость и приходится использовать все более высокие дозы, что увеличивает риск. Другая серьезная проблема, связанная с применением опиатов, — зависимость и злоупотребление: на сегодня в Америке от передозировки этих отпускаемых по рецепту средств погибает больше людей, чем от передозировки героина и кокаина. Другие современные препараты для лечения хронических болей первоначально применялись для лечения судорог и депрессии, и все они тоже имеют свои противопоказания. Чтобы вернуть сон и снизить опасно высокий уровень стресса, Джаме Бонд прописали комплекс препаратов, включающий опиаты, противосудорожные средства и антидепрессанты, несмотря на возможный риск для будущего ребенка.

Вопреки всем усилиям науки до сих пор не удавалось получить безопасные и эффективные препараты. Ситуация только сейчас начала меняться. Недавние открытия позволили наметить несколько новых перспективных направлений для создания лекарств. Портер считает, что ученые значительно продвинулись вперед, сосредоточив внимание на молекулярных механизмах передачи болевого сигнала. По ее словам, надежда есть.

Цепочка передачи боли

Чтобы понять, что представляет собой новое направление исследований, полезно разобраться, как возникает боль. Сначала болевое воздействие регистрируется специальными нервными клетками — болевыми рецепторами, отростки которых распространены по всему телу. Эти нервные окончания реагируют на стимулы, которые могут нанести вред организму: очень высокую или низкую температуру, механическое или химическое воздействие. От них сигналы поступают к телам клеток, расположенных в спинномозговых узлах рядом со спинным мозгом. Далее информация передается на нейроны спинного мозга. Это в свою очередь вызывает активацию большого количества разных участков головного мозга, связанных с восприятием боли, и в том числе областей, отвечающих за мысли и эмоции (именно поэтому боль иногда можно облегчить с помощью плацебо или отвращения).

Как и любой нервный сигнал, информация о боли быстро передается из одного конца нейрона в другой за счет электрического механизма, который называется

потенциалом действия; при этом через мембрану клетки движутся потоки ионов калия и натрия. Ионы проходят через крошечные отверстия в мембране — ионные каналы, которые состоят из белков, способных открывать и закрывать канал. В болевых окончаниях специальные ионные каналы реагируют на опасные воздействия, такие как жар или химические вещества, выделяемые соседними поврежденными клетками. Когда каналы открыты, положительно заряженные ионы перетекают внутрь клетки, чуть-чуть меняя разность потенциалов на мембране. Эти изменения в свою очередь воздействуют на другие, потенциалзависимые ионные каналы. Когда открывается достаточное количество потенциалзависимых каналов, поток ионов вызывает потенциал действия, который распространяется по всему нейрону, подобно волне, которую создает толпа на стадионе. Потенциал действия приводит к выбросу нейромедиатора — химического вещества, с помощью которого информация передается на следующий нейрон, расположенный в спинном мозге.

Последние 20 лет большое внимание при изучении боли уделялось ионным каналам: как они улавливают сигналы, такие как жар или повреждение ткани; какие

«Ученые значительно продвинулись вперед, сосредоточив внимание на молекулярных механизмах передачи болевого сигнала. Надежда есть». — Линда Портер

именно каналы определяют восприятие боли, а какие играют только вспомогательную роль. По-видимому, самый актуальный вопрос таков: на какие каналы надо воздействовать, чтобы безопасно отключить ненужные болевые сигналы?

Ученые и производители лекарств давно уже знают, что блокировка натриевых каналов в нервных окончаниях облегчает боль. Местные анестетики кратковременного действия, такие как лидокаин и новокаин, блокируют натриевые каналы, выключая не только боль, но и остальные ощущения, в которых эти каналы задействованы. У человека и других млекопитающих описано девять типов потенциалзависимых натриевых каналов, каждый из которых открывается при своем, определенном, потенциале на мембране. Если заблокировать все типы натриевых каналов, последствия будут разрушительными, т.к. эти каналы присутствуют не только во всех нервных, но и в других клетках организма тоже. Они работают и в головном мозге, и в сердце, их неизбежная блокада мешает сигналам, регулирующим сердцебиение, дыхание и движение. Поэтому в течение многих

Открытия

ПОЧЕМУ Я?

Существует множество причин, почему одни люди сильнее подвержены хроническим болям, чем другие

Возьмите десять человек с одинаковой травмой спины, полученной в результате автомобильной аварии: трое из них в результате заполучат хроническую боль. Или возьмите десяток человек с диабетом: примерно у половины разовьется повреждение нерва, или невропатия, но непрекращающаяся боль будет преследовать только трех из них. Почему одни уязвимы, а другие устойчивы? Ответ на этот вопрос до конца не ясен, но исследования указывают на три основных фактора, которые, по-видимому, действуют совместно.

Биологические особенности. Гены помогают предопределить, насколько человек будет чувствителен или невосприимчив к боли, и иногда смещают чашу весов в сторону необычной восприимчивости к хронической боли. Пол — один из важнейших генетических факторов: у женщин значительно чаще, чем у мужчин, в течение жизни развиваются хронические боли.

Индивидуальный опыт. Стресс, травма и насилие, как физическое, так и эмоциональное, могут повысить риск. Исследования показывают, что такие переживания могут вызвать долговременные изменения активности генов, включая или выключая те гены, которые влияют на передачу болевых сигналов. Кроме того, вероятность хронических болей повышается с возрастом — не только из-за изнашивания организма, но и потому, что способность организма восстанавливаться после травмы, в том числе после нервных повреждений, снижается по мере старения.

Особенности личности. Некоторые черты личности влияют на степень риска. Более уязвимы мнительные люди, пессимисты и люди, склонные к катастрофическому мышлению (как Дебби Даунер из шоу «Субботним вечером в прямом эфире»). Системы мозга, отвечающие за мотивацию и вознаграждение, тоже влияют на восприятие боли.

лет ученые преследовали заветную цель: найти такие натриевые каналы, которые есть только у клеток, воспринимающих боль.

В конце 1990-х гг. исследователи вплотную подошли к цели, были описаны три разновидности потенциалзависимых натриевых каналов, которые имеются только в периферической нервной системе, где обычно и возникает болевой сигнал, а в спинном и головном мозге их нет. Это каналы $Na_v1.7$, $Na_v1.8$ и $Na_v1.9$, они присутствуют в болевых окончаниях и в некоторых нейронах, отвечающих за другие ощущения (Na означает натрий, V — потенциалзависимость, номер указывает, к какой из девяти известных разновидностей относится этот канал). После того как были определены гены, кодирующие белок канала, ученые получили возможность изменять активность каналов у лабораторных животных. В последующие десять лет были проведены тесты, подтверждающие, что по крайней мере у мышей снижение чувствительности Na_v -каналов может облегчить невропатическую боль.

К 2000 г. Na_v -каналы рассматривались как перспективная мишень для разработки лекарств, но фармацевтическим кампаниям, прежде чем вкладывать большие деньги, нужны были более веские доказательства, чем результаты опытов на мышах. И эти доказательства были приведены в четырех ключевых работах о связи $Na_v1.7$ -каналов с болью у человека. В 2004 г. группа исследователей, работавшая в Пекине, обнаружила мутацию в гене, кодирующим $Na_v1.7$, у двух китайских семей, в которых наблюдалась наследственная форма эритро-мелалгии — того самого заболевания, которое внезапно

казали, что мутации, из-за которых не работают каналы $Na_v1.7$, приводят к полной потере чувства боли. Это редкое и опасное заболевание, часто заканчивающееся смертью от травмы, которую человек не почувствовал. Все вместе данные случаи необычных генетических заболеваний подтвердили важную роль $Na_v1.7$ в ощущении боли у людей.

Ваксман изучает редкие генетические заболевания, поскольку, по его мнению, «с их помощью можно выявить основные патологические пути». В 2012 г. вместе с коллегами из Нидерландов он обратился к более распространенным патологиям. Полиневропатия мелких волокон — широкое понятие, означающее повреждения периферических болевых нервов, обычно кистей и стоп. Примерно у половины пациентов с этим диагнозом причина повреждения нервов вполне определенная, например диабет, но у других причина боли остается неясна. Ваксман вместе с нидерландскими коллегами исследовал ДНК пациентов, боль которых не имела понятных причин, и обнаружил, что среди них примерно 30% имеют мутацию в гене канала $Na_v1.7$, 95% — мутацию в гене $Na_v1.8$ и 3% — мутацию в $Na_v1.9$. Его сотрудники также выяснили, что у людей с хронической болью вследствие повреждения нерва было отмечено увеличение в нем количества $Na_v1.7$ -каналов.

После всех этих открытий фармацевтические компании всерьез взялись за натриевые каналы сенсорных нейронов. Компания *Pfizer* уже несколько лет занимается разработкой препаратов для воздействия на $Na_v1.7$ и $Na_v1.8$. Нил Касл (Neil Castle) из подразделения *Neusentis*, которое в компании *Pfizer* занимается

возникло у Бонд во время беременности. В 2005 г. сотрудники Йельской школы медицины Стивен Ваксман (Stephen Waxman) и Сулейман Диб-Хадж (Sulayman Dib-Hajj) подтвердили, что эти мутации приводят к повышенной активности $Na_v1.7$, что может вызывать боль. Вскоре после этого Джон Вуд (John Wood) из Университетского колледжа Лондона вместе с коллегами сообщили, что другая проблема — пароксизмальное экстремальное болевое расстройство, при котором появляется боль в области прямой кишки, глаз и челюстей, — также возникает при повышенной активности мутантного $Na_v1.7$ -канала. Важно отметить, что в 2006 г. Джефф Вудс (Geoff Woods) и Джеймс Кокс (James Cox), работавшие в то время в Кембриджском университете, по-

ВЫРВИТЕ У БОЛИ ЖАЛО

Молекулы яда как альтернатива
вызывающим привыкание опиатам

Марк Пеплов

Когда биохимик из Квинслендского университета в Австралии Глен Кинг (Glenn King) доит многоножку, он берет у нее отнюдь не молоко. Он собирает яд, и это непростая задача. Кинг рассказывает, что сколопендры фиксируют с помощью эластичных ремней, подносят два электрода к их клешням, дают разряд, и животные выбрасывают яд. Микролитры этого вещества могут подсказать ученым, где искать обезболивающие нового типа. Яды — природный источник молекул, вызывающих онемение. В своей лаборатории Кинг работает с 400 различными типами ядов, он на переднем крае науки в области выявления обезболивающих веществ, используемых многоножками, пауками, улитками и другими ядовитыми тварями.

Крупные фармацевтические компании пытаются создать болеутоляющие средства, не вызывающие привыкания, что-то альтернативное таким веществам, как морфин. Основная проблема в том, чтобы получить молекулы, которые воздействовали бы только на определенные группы нервных клеток. Однако яды в процессе эволюции естественным образом приобрели такую специфичность. У лабораторных животных они вызывают онемение нервов без ущерба для остальных частей тела. Многие исследователи работают с потенциалзависимыми натриевыми каналами, которые характерны именно для нервов, обеспечивающих болевую чувствительность. В статье «Боль, которой нет конца» обсуждается, что перекрытие одного определенного типа таких каналов ($Na_v1.7$) позволяет заблокировать передачу болевого сигнала.

Некоторые компоненты яда обладают такой формой и химическими свойствами, что могут блокировать ту часть канала, которая реагирует на изменение мембранного потенциала, и таким образом перекрывать канал. В прошлом году Кинг выделил один из таких компонентов яда — молекулу, имеющую название *m-SLPTX-Ssm6a*. Это вещество очень избирательно подавляет активность $Na_v1.7$ -каналов. Он нашел его в яде китайской рыжей сколопендры (*Scolopendra subspinipes mutilans*), вырастающей до 20 см в длину и имеющей пару ужасных ногочелюстей. Кинг рассказывает, что если они впиваются, то это очень больно. Однако выделенное из их яда вещество воздействует на травмированных мышей противоположным образом, блокируя боль даже лучше морфина. Кроме того, в отличие от опиатов оно не вызывает нежелательных реакций организма (изменений артериального давления, частоты сердечных сокращений или со стороны двигательных функций), следовательно, это вещество не оказывает тормозящего воздействия на центральную нервную систему.

Группа Кинга синтезировала это вещество, чтобы выяснить, можно ли его использовать в качестве лекарства. Но, к сожалению, оказалось, что искусственная версия не дает такого хорошего эффекта. Кинг предполагает, что в препарате *m-SLPTX-Ssm6a* естественного происхождения содержатся следовые количества какого-то другого активного компонента. Сейчас он снова доит многоножку в надежде найти это загадочное вещество.

Змеиный яд тоже содержит блокаторы определенных каналов. Энн Барон (Anne Baron), фармаколог из Института молекулярной и клеточной фармакологии во Франции, выделила два обезболивающих вещества из яда черной мамбы, которые назвали мамбалгинами. Барон говорит, что они почти готовы к клиническим испытаниям. Уже проведено множество



Обезболивающее. Яд китайской рыжей сколопендры содержит вещество, которое вызывает онемение нерва, не оказывая другого влияния на организм.

тестов на грызунах для оценки возможной токсичности препаратов. Мамбалгины блокируют определенную группу кислотно-чувствительных ионных каналов в периферических нервных клетках, которые, подобно натриевым каналам, помогают клетке передавать болевые сигналы. К счастью, мамбалгины не влияют на большинство других ионных каналов, поэтому у мышей, которым вводили эти вещества, побочных эффектов не было.

По словам Дэвида Крейка (David Craik), биохимика из Квинсленда, узкая специфичность действия — не единственная проблема, которая стоит перед исследователями. Чтобы молекулы яда можно было использовать в качестве средства от боли, они не должны разрушаться пищеварительной системой. В 2004 г. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) одобрило болеутоляющее лекарство под названием зиконотид, созданное на основе вещества, выделенного из яда моллюска конуса (*Conus victoriae*). Но препарат разрушается в пищеварительном тракте, поэтому его надо медленно вводить в виде инъекции, а это сложная процедура. По словам Крейка, зиконотид плохо продавался.

Крейк провел работы по изменению обезболивающих, полученных из яда конуса. Молекулу, которая в норме представляет собой цепочку аминокислот, он решил свернуть в кольца. Кольца — значительно более устойчивая структура, т.к. ферменты не могут обрезать их концы. Он срастил концы вместе и опробовал полученное вещество на крысах. Соединение, получившее название *cVc1.1*, оказалось в 100 раз более сильным, чем габапентин, обычно используемый для лечения неврологической боли. В начале 2014 г. на заседании Американского химического общества в Далласе, штат Техас, Крейк представил еще пять кольцевых конотоксинов, долговечность которых подтверждается первыми исследованиями.

Учитывая, что во всем мире существуют десятки тысяч ядовитых видов, ученые считают, что поиск вещества, которое воздействует нужным образом, устойчиво и может быть легко получено в нужном количестве, — это просто вопрос времени. Барон говорит, что сейчас, возможно, известно только около 1% веществ, содержащихся в этих ядах.

Марк Пеплов (Mark Peplow) — популяризатор науки, живущий в Лондоне.

разработкой средств от боли и нарушений чувствительности, рассказывает, что, хотя еще слишком рано говорить о том, когда появятся новые обезболивающие, кое-что уже сейчас тестируется на пациентах. Старые препараты, такие как лидокаин, были нацелены на центральное отверстие натриевого канала, почти одинаковое у всех разновидностей каналов. Новые же воздействуют на ту часть канала, которая реагирует на изменение мембранного потенциала и отличается у разных каналов, поэтому такие средства более специфичны и, следовательно, более безопасны. В 2013 г. группа Кас-

из Калифорнийского университета в Сан-Франциско в 1997 г. описал ген для этого канала, ученые увлеклись поиском веществ, которые могли бы перекрыть его, заглушив тем самым боль.

Линда Портер говорит, что *TRPV1* долгое время был очень перспективной, но неуловимой мишенью. Первые блокаторы, которые перекрывали этот канал, давали неконтролируемые побочные эффекты, такие как перегрев тела и нечувствительность к высокой температуре, что могло привести к ожогам. Недавно обнаружили, что эти каналы восприимчивы к более сложному набору сигналов, в том числе к кисло-

те, паучьему яду и веществам, вызывающим воспаление. Джулиус говорит, что хорошее лекарство не должно нарушать тепловую чувствительность канала, оно должно просто успокоить слишком активный канал.

Его группа продвинулась вперед в декабре 2013 г., когда они опубликовали первые подробные фотографии структуры *TRPV1* в различных состояниях. Эта информация должна помочь ученым найти способ заблокировать канал только тогда, когда он принимает форму, способствующую распространению чувства боли.

Боль в результате ошибки

Большинство людей с невропатической болью страдают от трех ее форм: повышенной чувствительности к болевым воздействиям, внезапной боли, возникающей ниоткуда, и аллодинии, при которой безвредные воздействия ощущаются как болезненные. (Из-за аллодинии льющаяся вода в душе вызывала у Бонд ощущение пытки.) В то время как изучение ионных каналов помогло объяснить повышенную чувствительность, другое направление исследований объяснило, как она возникает. В норме болевые сигналы и сигналы о безболезненных воздействиях идут разными путями сначала от кожи к спинному мозгу, потом вверх в головной мозг, но при аллодинии сигналы в спинном мозге пересекаются: нейроны, реагирующие на прикосновение, активируют болевые нервные пути.

Почему сигнал идет неправильно, выясняли ученые из Японии и две научные группы из Канады, одной из которых руководил Ив де Конинк (Yves De Koninck) из Института психического здоровья в Квебеке, а другой Майкл Солтер (Michael Salter) из Детского госпиталя в Торонто. В исследованиях на животных обнаружилось, что при повреждении нерва клетки микроглии (иммунные клетки нервной системы) выделяют вещество, которое заставляет нейроны спинного мозга снизить количество молекул *KCC2*, занимающихся переносом ионов через мембрану (*KC* означает хлорид калия). Этот переносчик поддерживает правильное соотношение ионов

Большинство исследователей считают, что медицина будущего станет персонализированной. Что касается лечения хронических болей, то будущие возможности пока только появляются на горизонте. Сейчас даже в лучших центрах, специализирующихся на борьбе с болью, лечение в основном происходит методом проб и ошибок

ла сообщила об открытии вещества, которое избирательно связывается с детектором мембранного потенциала *Na_v1.7*-канала. По словам Касла, такие молекулы высокоизбирательны и не влияют на работу сердца и мышц, по крайней мере на начальных стадиях тестирования этого отмечено не было.

Между тем группа ученых из Университета Дьюка тоже выбрала в качестве мишени детектор мембранного потенциала *Na_v1.7*-канала, но воздействует на него с помощью антител — молекул, вырабатываемых иммунной системой. В июне 2014 г. было опубликовано исследование, в котором показано, что эти антитела снимают у мышей и воспалительную, и невропатическую боль, а также ослабляют зуд, т.е. такой подход дает тройное облегчение. Кроме того, исследователи изучают способность некоторых компонентов ядов воздействовать на *Na_v1.7*-каналы, и в этой области тоже есть некоторые успехи.

Нагревание

Натриевые каналы — не единственная мишень. Другой ионный канал — ванилоидный рецептор (*TRPV1*) — активируется при высоких температурах или воздействии капсаицина, вещества, придающего перцу чили жгучий вкус. Большинство данных каналов расположены именно на клетках, воспринимающих боль. С тех пор как Дэвид Джулиус (David Julius) с коллегами

хлора внутри и снаружи клеток. В нормальных условиях интернейроны — небольшие нервные клетки в спинном мозге — контролируют связь между болевыми нервными путями и путями неболевой чувствительности. Они не дают обычному прикосновению ощущаться как болевое, но позволяют успокаивающим поглаживаниям облегчать боль. Однако когда нейроны спинного мозга теряют КСС2, эта связь начинает работать неправильно и даже легкое прикосновение может вызвать боль. Исследователи предположили, что если восстановить уровень КСС2, то неадекватная передача сигналов прекратится.

В ноябре 2013 г. де Конинк с коллегами сообщили, что нашли вещество, улучшающее перенос ионов хлора с помощью КСС2. Это средство восстанавливает ионный баланс и нормальную электрическую активность нейронов спинного мозга. Более того, оно уменьшает проявление невропатической боли у крыс. Вещество безопасно и не дает побочных эффектов у животных даже при высоких дозах.

Несмотря на то что пока исследования проводились только на животных, некоторые особенности КСС2 превращают его в прекрасную мишень при лечении людей. Де Конинк говорит, что в отличие от других лекарств, которые блокируют все ионные каналы определенного типа, вещество, усиливающее перенос хлорид-ионов, воздействует только на поврежденные клетки. Клетки с нормально работающим КСС2 будут вести себя как обычно, лекарство не повысит их активность. В экспериментах показано, что вещество не влияет на поведение КСС2, а подгоняет большее количество молекул-переносчиков к поверхности клетки. Для создания эффективных и безопасных болеутоляющих средств очень важно полностью понять, как работает система контроля над количеством молекул-переносчиков.

Индивидуальный подход к лечению боли

Большинство исследователей считают, что медицина будущего станет персонализированной, т.е. на основе информации о генах конкретного человека и его восприимчивости к тем или иным лекарственным средствам будут подбираться оптимальный способ лечения и надежные методы профилактики. Что касается лечения хронических болей, то будущие возможности пока только появляются на горизонте. Невролог из Оксфордского университета Дэвид Беннетт (David Bennett) считает, что было бы полезно определять для каждого конкретного человека, что именно пошло не так. Тогда можно было бы сказать: «Вам нужно вот это лекарство, а вам — другое». Сейчас даже в лучших центрах, специализирующихся на борьбе с болью, лечение в основном происходит методом проб и ошибок.

Взаимодействие с пациентами с редкими генетическими мутациями, влияющими на N_{α} -каналы, способствует поиску индивидуальных подходов к лечению. Например, большинству людей, страдающих от жгучей боли в конечностях из-за эритромелалгии вследствие наследственной мутации $N_{\alpha}1.7$, не помогает карбамазепин — противосудорожный препарат, который иногда

используют для лечения боли. Однако в одной семье, имеющей определенную мутацию (мутаций может быть много и разных), этот препарат дает хороший эффект. Изучая молекулярную структуру и особенности работы канала у этих людей, Ваксман и Диб-Хадж увидели, как именно карбамазепин снизил повышенную активность канала, и сумели точно предсказать, что он будет эффективен и при немного другой мутации. Ваксман говорит, что это потрясающие результаты, поскольку они означают, что появляется возможность подбирать лечение для больных эритромелалгией и тех, кто страдает от более распространенных болезненных состояний, с учетом индивидуальных генетических особенностей человека.

Что касается Джамы Бонд, то ее симптомы исчезли незадолго до того, как она родила здорового мальчика на несколько недель раньше срока. Неожиданно оказалось, что инъекции стероидов, которые делали для того, чтобы ускорить созревание легких у младенца, исцелили его мать. Она вспоминает, как проснулась среди ночи от того, что впервые за последние шесть месяцев больше не болят ноги. Никто не может объяснить, почему так получилось. Симптомы возникали снова, но никогда больше они не проявлялись с такой силой, как во время беременности. Бонд рассказывает, что если проводит на ногах длительное время, то боль возвращается. Сейчас она может ее контролировать и жить без лекарств. Но ее страстное желание — вылечиться полностью. А ученые мечтают принести облегчение Джаме Бонд и многим миллионам других людей. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Басбаум А., Джулиус Д. Скажи боли «Нет!» // ВМН, № 10, 2006.
- Black Mamba Venom Peptides Target Acid-Sensing Ion Channels to Abolish Pain. Sylvie Diatchov et al. in Nature, Vol. 490, pages 552–555; October 25, 2012.
- Discovery of a Selective $N_{\alpha}1.7$ Inhibitor from Centipede Venom with Analgesic Efficacy Exceeding Morphine in Rodent Pain Models. Shilong Yang in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 110, No. 43, pages 17,534–17,539; October 22, 2013.
- Pain Vulnerability: A Neurobiological Perspective. Franziska Denk, Stephen B. McMahon and Irene Tracey in Nature Neuroscience, Vol. 17, pages 192–200; February 2014.
- Regulating Excitability of Peripheral Afferents: Emerging Ion Channel Targets. Stephen G. Waxman and Gerald W. Zamponi in Nature Neuroscience, Vol. 17, pages 153–163; February 2014.
- Видео с трехмерной реконструкцией мишени для будущих лекарств см. по адресу: ScientificAmerican.com/dec2014/pain

Трудности набора

Как Apple избавила нас от необходимости набирать тексты на традиционной клавиатуре и обогнала конкурентов

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Поуг (David Pogue) — обозреватель Yahoo Tech, ведущий научно-популярного телесериала NOVA на телеканале PBS.



Стив Джобс часто ломал стереотипы. Ему говорили: нельзя создать компьютерную мышшь без двух кнопок! Не может быть компьютера без дисководов! Нельзя сконструировать мобильный телефон с несъемными аккумуляторными батареями! Однако он неоднократно опровергал все эти мнения.

Правда, иногда он действовал слишком уж радикально, в результате чего компьютерная отрасль оказывалась в тупике, из которого никак не могла выбраться. Так, например, Джобс был одержим идеей создания смартфона, у которого клавиатура вообще бы отсутствовала. И здесь ему сопутствовал успех: созданный им iPhone стал хитом и породил подражателей.

Гаджет без клавиатуры? В этом есть преимущества: теперь на экране можно смотреть фотографии, фильмы, карты, тексты значительно большего размера, чем раньше. Но при этом страдает одна функция — ввод текста.

В первой модели iPhone клавиатура появилась прямо на экране. Ее преимущество заключается в том, что она появляется и исчезает по мере необходимости. Кроме того, на ней можно быстро переключать языки и шрифты. Правда, вдруг оказалось, что при этом набор текста происходит более медленно и неудовлетворительно, если сравнить с набором на обычной клавиатуре. И теперь конструкторы смартфонов на протяжении вот уже семи лет вынуждены эту проблему как-то решать.

В первом iPhone создатели предложили два конструктивных решения, актуальных и по сей день. Во-первых, в «яблочный» гаджет была встроена программа, которая с помощью вероятностных алгоритмов увеличивает

размеры одних клавиш и уменьшает размеры других (нет-нет, в реальности размеры одинаковы, но программа условно считает их в каждый отдельный момент времени разными). Во-вторых, появилась функция автодополнения, которая зачастую вызывает раздражение, а иногда и смех. Правда, и от нее подчас тоже бывает польза.

Следующий большой прорыв — появление так называемого предиктивного ввода текста. Что это значит? Пользователю в окошке поверх клавиатуры предлагаются на выбор по три наиболее вероятных слова, которые он скорее всего предпочтет напечатать. Скажем, ты набрал «поздравляю с», а смартфон добавил — «праздником». Эта подсказывающая программа умеет самообучаться. Но все же она не решает проблему принципиально, поскольку во время ввода текста взгляд постоянно вынужден перескакивать между ним и подсказками, что замедляет весь процесс.

Быть может, для ускорения набора стоит использовать распознаватель речи? Возможно, как раз здесь и кроется решение проблемы? Увы! Как все мы знаем, программы распознавания речи далеко не совершенны, поскольку попутно приходится вручную исправлять множество ошибок. Эти технологии предостоят еще очень долго доводить до ума. Трудность в том, что у каждого человека своя неповторимая манера произносить слова. К тому же возникает проблема передачи надиктованных слов на отдаленные сервера, а затем преобразования нечетких звуков в текст.

Но даже если все звуки были бы записаны безупречно, как в студии звукозаписи, то все равно без клавиатуры не обойтись, поскольку возникает задача различения омофонов. Скажем, человек произнес слово «парок», но что именно он имел в виду? Ведь на письме этому слову соответствуют целых три: «порог», «порок» и «парок» — какое из них выбрать?

В общем, задача ввода текста полностью не решена. Поиски решения продолжаются во всем мире. Предлагались и альтернативные методы, например *Swype* и *SwiftKey*, позволяющие вводить текст не отрывая палец от кнопок клавиатуры на сенсорном экране. Похоже, идеального решения пока что не найдено, у каждого из предложенных есть свои плюсы и минусы.

Остается утешаться тем, что набор текста с помощью надиктовывания, предугадывания и автодополнения с каждым годом будет совершенствоваться. Однако мне кажется, что стремление окончательно решить задачу набора текста, не задействуя при этом обычную клавиатуру, напоминает стремление добежать до горизонта. ■

Перевод: И.В. Ногаев

СКАЗ О БОГЕ ГРОЗЫ

*Найденное недавно
произведение
изобразительного искусства
мая рассказывает о борьбе
двух древних сверхдержав*

Зак Зорич

Правитель пребывал в темноте более 1,4 тыс. лет. Когда он был обнаружен археологами, половина его тщательно вылепленного лица отсутствовала, зато изысканный головной убор и все положенные ему регалии находились в сохранности. Его оставшийся один глаз смотрел в мрачный туннель, который грабители пробили когда-то в основании одного из крупнейших архитектурных памятников Холмуля — древнего города майя на северо-востоке современной Гватемалы. Иероглифическая надпись возле этой фигуры указывала ее имя: Оч-Чан-Йопаат, что в переводе означает «Вступающий на небо бог грозы».



Сама фигура размещалась в центре найденной недавно панели со скульптурными лепными изображениями, которая вызывает сегодня огромный интерес у всех специалистов по археологии, занимающихся изучением цивилизации майя. Раскопки этого архитектурного памятника — он представляет собой прямоугольную пирамиду с плоской вершиной, где совершались религиозные обряды, — производил гватемальский

AP PHOTO



Удивительный фриз, найденный археологами в Холмуле (древний город майя на территории современной Гватемалы), помогает понять жизнь государств майя в период долгой междоусобной войны, которая более чем на тысячу лет предопределила историю этой цивилизации

археолог Франсиско Эстрада-Белли (Francisco Estrada-Belli) из Бостонского университета, который стремился разобраться в политической жизни одного особенно бурного периода истории майя. Внутри данной пирамиды находятся остатки сооружений предыдущих столетий, стоявшие на этом самом месте до того, как над ними, один поверх другого, стали возводиться более крупные

храмы. Эстрада-Белли со своей группой археологов-исследователей продвигался по туннелю сквозь эти плотно расположенные сооружения, последовательно изучая остатки все более ранних памятников истории, когда на пути возникло вдруг основание какой-то лестницы. Летом 2013 г. они начали подниматься по ступеням на наружной стороне старого десятиметрового храма,

который каким-то образом избежал в свое время разрушения. Самую верхнюю часть этого храма украшал великолепный фриз — огромная, художественно выполненная из гипса (если точнее, майя использовали материал под названием «штук» — смесь гипса и мела, которой покрывали стены и из которой изготавливали лепные украшения. С помощью острого резца на покрытые штукатуркой поверхности наносились рисунки и надписи. — Примеч. пер.) панель размером 8 x 2 м.

Однако найденный фриз — не простое архитектурное украшение. Сегодня он представляет собой ценное историческое свидетельство, помогающее археологам понять, как проходила жизнь государств майя в период их жестоких междоусобиц. Когда создавался сам фриз, примерно в 590 г. н.э., государство Холмуль находилось в центре военного конфликта, который, по мнению многих ученых-историков, более чем на тысячу лет предопределил историю цивилизации майя. Речь идет о войне между государствами Тикаль и Кануль. Как полагают специалисты, изображенный на фризе правитель был основателем династии, правившей государством Холмуль в тот важнейший период. Если они правы, сделанная археологами находка могла бы помочь ответить на давно возникавшие вопросы об общем характере правления у майя.

Надпись на гипсе

Причина той надолго затянувшейся войны затерялась во времени, однако многие исследователи полагают, что она была связана с доступом к ценностям. Скорее всего, повелители Тикаля и Кануля соперничали за контроль над торговыми путями, по которым доставлялись такие товары, как обсидиан (вулканическое стекло) для производства орудий труда и оружия, жадеит (минерал зеленого цвета) для изготовления предметов религиозного культа, а также какао-бобы. Такие какао-бобы использовались майя и как деньги, и в качестве главного ингредиента шоколадного напитка, который они пили во время совершения религиозных ритуалов. Вероятно, Холмуль был всего лишь одним из десятков или даже сотен городов в сети торговых партнеров, обеспечивавшую концентрацию экономического благополучия региона в столице какого-то одного местного государства, с которым на данный момент существовали союзнические отношения. Как бы то ни было, сейчас данный город

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- При раскопках в Холмуле, древнем городе майя на территории современной Гватемалы, был найден причудливый фриз, объясняющий сложный период истории майя.
- Полагают, что на фризе изображен основатель правящей династии Холмуля, которая оказалась в центре конфликта между двумя сверхдержавами.
- Насыщенное символами и надписями, это произведение изобразительного искусства содержит давно искавшуюся информацию о характере правления у майя в тот важный период.

ОБ АВТОРЕ

Зак Зорич (Zach Zorich) — живущий в штате Колорадо внештатный автор и редактор журнала *Archaeology*.



приобретает для археологов особую важность из-за обилия информации, сохранившейся в его остатках: это сведения и о самом месте раскопок, и о политической жизни того времени.

Изучение храма и его замечательного фриза продолжается. Однако уже сейчас Эстрада-Белли и его коллеги начали с его помощью понимать, как жил город Холмуль в решающий для него период истории. Правители майя использовали огромные накопленные богатства, возводя монументальные сооружения в знак благодарности богам и духам предков за создание возможности для преуспевания, а также в расчете на то, чтобы заручиться их дальнейшим покровительством. Похоже, именно этой цели служил храм в Холмуле: рельефные лепные изображения по сторонам фриза позволяют даже говорить о своеобразном «доме рода правителей» — храме для поклонения предкам правящей семьи.

Чтобы разобраться в этом насыщенном символами фризе, Эстрада-Белли обратился за помощью к Карлу Таубе (Karl Taube), специалисту по иконографии майя из Калифорнийского университета в Риверсайде. Как пояснил Таубе, правитель в центре фриза сидит на макушке мифологического горного духа Виса, из уголков рта которого выползают два пернатых змея, олицетворяющие ветер. Пещеры на склонах горы служат проходами в подземный мир, из них выходят ветер и дождь. Правитель находится над расщелиной в горной вершине. «Полагаю, они изобразили здесь правителя рядом с неким священным местом — возможно, это местность, откуда он родом», — предположил Таубе. Он отметил, что «расщелина представляет собой отверстие, откуда появляются предки» — из подземного мира. Майя верили, что часть мира под землей и под водой служит домом мертвых, а также многих страшных сверхъестественных существ. Соответственно, пещеры — это ходы между подземным миром и миром живых.

По обе стороны от правителя расположились фигуры, символизирующие смерть и ночь. По мнению Таубе, они представляют собой богов подземного мира, персонифицированных в виде ягуаров. Поскольку ягуары — ночные хищники, различные группы майя отводили им самые разные роли. Ягуары были для них олицетворением солнца в ночное время, когда, как они считали, наше светило проходит через подземный мир мертвых. Любопытно, что в других изобразительных работах майя правители обычно сами приносят подношения богам, однако на данном фризе именно боги-ягуары выражают подобным образом почтение к данному правителю. непонятно, почему здесь так поменялись их роли — возможно, это было сделано для придания особой значимости

Оч-Чан-Йопаату и, соответственно, всей правящей семье.

Группа лепных фигур в нижней части фриза, в свою очередь, лишь добавляет интриги этой истории самовосхваления.

По заключению эпиграфиста Гарвардского университета Александра Токовина, переведившего этот древний текст, данный храм был построен по указанию правителя соседнего, более крупного и могущественного города-государства Наранхо. Этот правитель Наранхо прямо называется человеком, возродившим правящую династию Холмуля. Однако та же надпись указывает, что правитель Наранхо находится в вассальной зависимости от правителя государства Кануль. Таким образом, как бы ни восхваляли символические лепные изображения фриза место правителя Холмуля в космосе, становится понятно, что само государство Холмуль фактически находилось в самом низу трехъярусной иерархии значимости. Правитель Холмуля был вассалом правителя Наранхо, который, в свою очередь, подчинялся правителю Кануля. «Это показывает, что все государства майя были связаны между собой, — отмечает Эстрада-Белли. — Мы не представляли, какое место занимал Холмуль в огромной геополитической схеме майя, пока не нашли эту информацию в надписи на фризе».

Бесконечные войны

Детали фриза дополнили растущий объем сведений, противоречивших традиционному представлению о миролюбивости древнего народа майя. За период с 1995 по 2000 г. исследователи Саймон Мартин (Simon Martin) из Пенсильванского университета и Николай Грубе (Nikolai Grube) из Боннского университета расшифровали надписи на памятниках, где упоминалось о силовых взаимоотношениях государств майя, а затем нанесли на карту места таких столкновений на всей их территории — от южной Мексики до северного Гондураса. Как показала эта работа, война была здесь частым явлением, отводившим каждому городу его место в строгой иерархии. Хотя отдельные правители представлялись независимыми, фактически все они подчинялись либо династии Тикаль, либо династии Кануль. «Похоже, это были своего рода сверхдержавы, которые в полной мере господствовали, осуществляя свою власть над всеми остальными государствами майя», — поясняет Эстрада-Белли.

«Возникает вопрос: кто же из них двух доминировал в тот период?», — продолжает тему Мартин. По видимому, до середины 500-х гг. верх одерживал Тикаль. Вероятно, благодаря прочным связям с мощным городом-государством Теотиуакан в восточной Мексике Тикаль сумел распространить свое влияние на весь полуостров Юкатан на востоке и плато Петен в северной Гватемале. Падение Теотиуакана произошло около 550 г.,

Город Холмуль занимал стратегически важное положение между столицами двух государств майя

а в 562 г. Тикаль потерпел сокрушительное военное поражение, после которого в этом городе-государстве на протяжении более 130 лет не велось никакого крупного строительства. В этот же период правители Кануля начали оказывать влияние на весь регион. Одним из городов, перешедших тогда под контроль династии Кануль, стал Холмуль.

Как отмечает Эстрада-Белли, имеющаяся на фризе иероглифическая надпись о необходимости «привести в порядок» династию Холмуль позволяет предположить, что ранее, примерно в V в., Холмуль был завоеван Тикалем, а его правящая семья оказалась отстранена от власти. Отвоевав этот город обратно, государство Кануль вернуло властные полномочия его первоначальной правящей династии. Токовинин предлагает иную интерпретацию тех событий. Он допускает, что правители государства Наранхо могли поменять Тикаль на вассальную зависимость от Кануля, взяв с собой Холмуль. В любом случае Холмуль был бы ценным приобретением с учетом его стратегически важного расположения между столицей государства Кануль к северу и столицей государства Тикаль к западу.

И все же, даже оставаясь зависимым от Кануля, правитель Холмуля в определенной степени сохранял свободу действовать по собственному усмотрению. В отличие от Древнего Египта или Римской империи, прямо управлявших завоеванными территориями, сверхдержавы майя предпочитали оставлять местным властям возможность продолжать править, не забывая собирать с них плату. «Они были заинтересованы в установлении отношений доминирования. Они почти наверняка стремились получать дань, но не очень-то хотели вводить войска или расширять свою территорию. В этом смысле налицо картина высокой степени децентрализации», — замечает Мартин.

Сверхдержава или империя?

Именно децентрализованный характер правления майя оказался в центре спора о том, следует считать государства Тикаль и Кануль сверхдержавами или империями. По мнению Мартина, контролировавшиеся ими географические районы были чересчур малы: вся территория

маяя примерно равнялась по площади штату Нью-Мексико в США. К тому же их контроль над зависимыми государствами был чересчур нестабильным, чтобы рассматривать Тикаль и Кануль наравне с известными империями Европы, Азии и Африки. Для этих более мелких и относительно нестабильных майяских государств Мартин предпочитает использовать термин «сверхдержава». Эстрада-Белли возражает: благодаря прояснению с помощью фриза в Холмуле силовых взаимоотношений между местными городами-государствами проще сказать, что у маяя были империи. «Пора уже сменить старую парадигму, — настаивает он. — Майя более всего внешне соответствуют культуре, существовавшей

экономической зависимости. «Поток ресурсов, включая коммерческие товары и воинов для ведения бесконечных войн, направлялся в столицы этих двух сверхдержав, — указывает он. — Не приходится сомневаться, что это имело характер эксплуатации».

Фрейдель, который совместно руководит раскопками в другом вассальном городе Кануля, считает, что государства маяя во многих отношениях были похожи на страны в других частях света, где возводились памятники для прославления лидеров, например египетские пирамиды или римские триумфальные арки. «Они любили эстетику силы, — поясняет он. — Это есть во всех цивилизациях. И ярким примером служит вот этот фриз. Они зако-

пали его, поскольку он прекрасен и им хотелось как-то сохранить его в целостности и запомнить». Возможно, фриз в Холмуле был закопан, чтобы не сердить богов и духов предков, которых он должен был прославлять, во время возведения сверху более крупного памятника. Таким образом правители Холмуля получили возможность продолжать строить здесь новые грандиозные памятники, в каком-то смысле сохраняя старые.

Фрейдель говорит, что согласен с большей частью интерпретаций нового фриза, предложенных Мартином и Грубе, однако чем больше археологи узнают об истории государств маяя, тем более эти государства напоминают империи. К раз-

Возможно, фриз в Холмуле был закопан, чтобы не сердить богов и духов предков, которых он должен был прославлять, во время возведения сверху более крупного памятника. Таким образом правители Холмуля получили возможность продолжать строить здесь новые грандиозные памятники, в каком-то смысле сохраняя старые

когда-то при одном правителе, — например, в государстве Кануль того периода. В этом смысле они очень сильно напоминают некоторые великие цивилизации Старого Света».

Определение того, были Кануль и Тикаль сверхдержавами или империями, важно для понимания, как именно проходила повседневная жизнь этих государств маяя — и почему они так часто воевали между собой. При обоих вариантах Холмуль, скорее всего, платил бы какую-то дань Наранхо, а Наранхо в свою очередь платило бы правителю Кануля. Но что (если хоть что-то вообще) мог получать взамен Холмуль? Археологические свидетельства не дают внятного разъяснения на этот счет.

«Какая-то привлекательность должна была присутствовать», — полагает Мартин. Он допускает, что элита Холмуля могла получать какие-то экзотические подарки или приглашения принять участие в празднованиях и разных торжественных церемониях в столице государства Кануль — все это как способ склонить ее содействовать амбициям Кануля.

Археолог и антрополог Дэвид Фрейдель (David Freidel) из Университета Вашингтона в городе Сент-Луис смотрит на эти взаимоотношения по-иному. Он считает, что та дань, которую правители Кануля требовали от зависимых государств, приобрела вид односторонней

решению этого спора может привести возобновление раскопок закопанного храма в Холмуле — помимо всех прочих объектов. Здесь Эстрада-Белли планирует продолжить прокладку туннеля, направив его через остальные части сооружения. Он собирается также обследовать два недавно найденных помещения внутри, а кроме того далее открывать внешние стены данного храма. Сам этот фриз, каким бы большим он ни казался, занимает только лишь верхнюю часть одной из сторон сооружения. Поэтому в других его местах может обнаружиться немало других произведений изобразительного искусства маяя, которые позволят нам лучше понять, как проходила жизнь в Холмуле во время многовековой и полной превратностей междоусобицы древних государств. ■

Перевод: А.Н. Божко

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Стюарт Д., Хьюстон С. Письменность маяя // ВМН, № 10, 1989.
- Remote Sensing and GIS Analysis of a Maya City and Its Landscape: Holmul, Guatemala. Francisco Estrada-Belli and Magaly Koch in Remote Sensing in Archaeology. Edited by James Wiseman and Farouk El-Baz. Springer, 2007.

Манекен для краш-тестов

Оказалось, что пользователь вынужден помимо своего желания тестировать бета-версии компьютерных продуктов



Несколько лет тому назад в бизнес-школе Колумбийского университета я читал лекцию под названием «Почему успех называют успехом, а неудачу неудачей». Я рассказал слушателям историю про первый смартфон *BlackBerry Storm* с сенсорным экраном; поведал, как компания *BlackBerry*, пытаясь не упустить сезон праздников в конце 2008 г., по-быстрому выбросила на рынок свой гаджет, не лишенный некоторых недостатков. А под конец я заявил: «Не вздумайте обкатывать бета-версии IT-продуктов на покупателе. На рынок надо выкладывать уже протестированное, готовое программное обеспечение, иначе потом вам придется долго отмывать свою репутацию».

В общем, я донес свою точку зрения и с удовлетворением собирался заканчивать лекцию, как вдруг поднялись несколько рук. Это были студенты, работавшие летом в IT-компаниях. «Но ведь программные продукты всегда выходят недоделанными! Именно в таком виде они, как правило, и попадают к покупателю, а уже потом их латают», — заявила одна из студенток.

Я с удивлением спросил: «Неужели вы бы стали продавать софт, прекрасно понимая, что в нем полно недоработок?» И тут студенты удивленно посмотрели на меня: «Профессор, всем известно, что в программном обеспечении, поступающем на рынок, всегда можно найти баги. Наиболее грубые и заметные выявляются уже на стадии версии 1.0, но затем продукт все равно поступает в продажу, ведь прибыль-то нужна. А доводку можно оставить на потом».

По дороге домой я понял, что ребята правы: шероховатости в программном обеспечении — не случайность,

а норма, причем хай-тек-компании рассматривают клиентов именно в качестве бесплатных бета-тестеров. Но эти испытатели нужны им не только, чтобы выискивать ошибки. В наше время IT-разработчики, успешно полагаясь на обратную связь с покупателем, стали даже корректировать фундаментальные характеристики своих программных продуктов — их базовые функции и свойства.

Выскажусь яснее: я большой поклонник краудсорсинга. И поэтому я убежден, что коллективный разум покупателей намного мощнее, чем коллективный разум группы программистов, — именно в этом заключается достоинство публичной обкатки бета-версий, и здесь никто внакладе не остается: энтузиасты-пользователи без промедления получают желанный программный продукт (и затем доводят его до ума), а компания-производитель — тысячи испытателей, выискивающих (причем бесплатно) в нем ошибки.

Вот почему корпорация *Microsoft* всякий раз стремится обнародовать очередную версию ОС *Windows* за несколько месяцев до окончательного релиза. Кроме того, в 2013 г. корпорация *Apple* впервые за много лет точно так же поступила со своей *OS X Yosemite*. Кстати, и *Google* славится тем же: так, скажем, бета-версия *Google Docs* обкатывалась три года, а *Gmail* — аж целых пять. Но в этих случаях пользователь хотя бы знает, что все эти продукты — бесплатные неотшлифованные бета-версии. Другое дело, когда программный продукт продается, а покупателям ничего не сообщается о том, что он окончательно не доведен до ума. Получается как-то некрасиво.

Пользователь недоволен сырым программным продуктом отчасти потому, что свято убежден: любой софт обязан быть законченным, доведенным до совершенства. Ведь что обычно клиент привык получать? Коробку, на которой проставлен номер версии. И эту штуку пользователь привык воспринимать как вещь превосходного качества — программный продукт, застывший в мраморе на веки вечные. Однако в наше время все поменялось: программные продукты постоянно совершенствуются. Взять хотя бы мобильные приложения, новые версии которых выходят постоянно, — и ведь никто по этому поводу не возмущается. Или возьмем веб-сайты — с ними такая же история. Быть может, именно по этой причине *Adobe* теперь не продает *Photoshop* в коробках, а ежегодно обновляет его на платной основе через Интернет?

Вероятно, все-таки пришло время переосмыслить само понятие «программный продукт» и избавиться от фирменных коробок. Правда, в этом случае недоработок не станет меньше, зато покупатель по крайней мере будет знать всю правду, а именно: софт — это программный продукт, шлифовка которого не завершена. ■

Дэвид Поуг (David Pogue) — обозреватель Yahoo Tech.

Перевод: И.В. Ногаев

**Чужой
СРЕДИ СВОИХ:**

замаскировавшись под муравья, паук-скакун прячется среди группы азиатских муравьев-ткачей — насекомых, которым он подражает во внешности и поведении





Химена Нельсон

Паучья хитрость

На что только не идут некоторые пауки, чтобы достоверно имитировать внешний вид и поведение муравьев



ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Мимикрия — это эволюционно обусловленное подражание одних видов другим.
- Виды, подражающие муравьям, очень широко распространены в природе, но изучены они недостаточно.
- Недавние исследования частично приоткрыли завесу тайны над этим явлением, а заодно помогли ученым понять, что мимикрия — гораздо более сложный феномен, чем представлялось ранее.
- Выясняется, что животные используют мимикрию для самых разнообразных целей и что все они вынуждены платить за преимущества, обусловленные мимикрией, другими рисками, не очевидными при поверхностном наблюдении.

ОБ АВТОРЕ

Химена Нельсон (Ximena Nelson) читает курс лекций о поведении животных в Университете Кентерберри в Крайстчерче, Новая Зеландия. Ее собственные исследования посвящены вопросам коммуникации животных и их восприятию окружающего мира, в том числе на примере пауков-скакунов и птиц.



В животном царстве полным-полно обманщиков, в том числе любителей выдать себя за кого-нибудь другого. Загляните в любой учебник биологии — и вы найдете там описания множества случаев мимикрии, эволюционного приспособления, при котором один вид подражает внешности другого. Существуют классические, широко известные примеры такого подражания наподобие безвредной королевской змеи, внешне почти неотличимой от ядовитой коралловой змеи, или мух-журчалок, не имеющих жала, но маскирующихся то под ос, то под пчел. Есть, однако, куда менее известные примеры, и некоторые из них действительно поражают воображение. Один из самых удивительных — это пауки-скакуны из семейства *Myrmarachne*, которых сторонний наблюдатель никогда и не принял бы за пауков, потому что выглядят они в точности как муравьи.

Вообще-то «нормальные» пауки-скакуны имеют тело округлой формы и густо покрыты волосками, однако у видов *Myrmarachne* туловище совершенно голое и удлинённое, причем кажется, что оно состоит из трех отдельных частей: головы, груди и брюшка, — совсем как у муравьев, хотя на самом деле скакуны, как и любые другие пауки, имеют всего две части тела — головогрудь и брюшко. Для завершения образа пауки (у которых, как известно, восемь ног) при ходьбе опираются лишь на три задние пары конечностей, а четвертую поднимают над головой, имитируя движения муравьиных усиков. Они перенимали у муравьев даже характерную для этих насекомых манеру быстро и безостановочно передвигаться, постоянно рыская из стороны в сторону, — в отличие от обычных пауков-скакунов, которые при движении то и дело замирают на месте. Актерское мастерство муравьеподобных пауков воистину достойно «Оскара» и, очевидно, лежит в основе процветания этой группы хелицеровых. Действительно, в тропических лесах Африки, Азии, Австралии и Америки широко распространено более 200 видов семейства *Myrmarachne*. С учетом этого разнообразия можно сказать, что так называемая мирмекоморфия (т.е. внешнее сходство с муравьями) — наиболее распространенная форма мимикрии в животном мире. Но, как ни удивительно, данный вид мимикрии до сих пор изучен очень слабо.

Изохронный артистизм восьмиликих лицедеев действительно способен кого угодно поставить в тупик. Однако новые исследования демонстрируют, что в основе мирмекоморфии лежат те же закономерности, что существуют в более хорошо изученных случаях мимикрии. Подобно королевской змее и мухам-журчалкам пауки-скакуны научились выживать в природе, копируя внешний вид более опасных животных, в данном случае — наиболее агрессивных видов муравьев. Хищники, охотящиеся на пауков, стараются держаться подальше от этих насекомых, а заодно и от всех, кто на этих муравьев похож. Однако парадокс ситуации состоит в том, что пауки вынуждены платить за такое преимущество

большую цену. Эволюция сыграла со скакунами своего рода смертельную шутку: идеально подражая муравьям, мирмекоморфные пауки сумели избежать одних врагов, зато подвергли себя риску стать жертвами других, и существование их можно сравнить с хождением по лезвию бритвы. Изучение этих паукообразных открыло для науки неожиданные опасности, сопряженные с мимикрией, и позволило взглянуть на данный феномен подражания под иным углом.

Кто кого обманывает?

Мое увлечение проблемами мимикрии началось в 1995 г. с обсуждения возможных тем для магистерской работы в кабинете моего тогдашнего руководителя Роберта Джексона (Robert R. Jackson). Джексон, специалист по паукам из Университета Кентерберри в Новой Зеландии, уже тогда имел репутацию одного из ведущих арахнологов благодаря своим работам по изучению рода *Portia* — еще одной группы пауков-скакунов, известных своим исключительными (едва ли не на уровне развития млекопитающих) когнитивными способностями. Неудивительно, что Джексон предложил и мне посвятить свою диссертацию этому роду. Однако мимоходом он упомянул также пауков-скакунов, обитающих в тропиках и маскирующихся под муравьев, и я немедленно

заинтересовалась этим фактом. Теперь, 20 лет спустя, мы с Джексоном стали коллегами, у нас общая лаборатория и мы исколесили три континента — Африку, Австралию и Азию, исследуя мирмекоморфных пауков. Во время наших путешествий мы обнаружили, что мимикрия помимо широко известных имеет и множество необычных последствий, и это показывает, насколько общепринятая точка зрения недооценивает уровень сложности экологических связей у животных-подражателей.

Традиционная концепция мимикрии была первоначально разработана в трудах английского натуралиста Генри Уолтера Бейтса (Henry Walter Bates), который в 1861 г. выдвинул первую научную гипотезу, объясняющую причины возникновения мимикрии в природе, на основе своих наблюдений за бабочками, обитающими в бассейне Амазонки. Бейтс предположил, что съедобный вид, внешне похожий на другой, ядовитый или неприятный на вкус, заставляет потенциальных хищников обходить его стороной и получает тем самым преимущество в борьбе за выживание в природе. По сценарию, предложенному Бейтсом, животные опытным путем узнают, что охотиться на некоторые виды неприятно или даже опасно. После первого неудачного опыта хищники начинают избегать жертву, оказавшуюся для них ядовитой или невкусной, и, соответственно, похожие виды, пусть фактически и совершенно безвредные, тоже не поедаются. Явление, когда одни виды эксплуатируют способ защиты других, известно сейчас как бейтсовская мимикрия.

Но, оказывается, мимикрия далеко не всегда может быть описана столь простым и прямолинейным образом. Для начала можно упомянуть, что некоторые животные-имитаторы используют свое сходство с другими видами вовсе не для того, чтобы избежать внимания хищников, а наоборот, чтобы самим перехитрить свою жертву, так сказать, переодевшись ягненком; это называется агрессивной мимикрией. Существуют и иные стратегии, использующие внешнее сходство одних видов с другими. Но ни одна группа организмов не иллюстрирует всю сложность мимикрии в целом, а также действие эволюционных сил, формирующих стратегию подражания, лучше, чем пауки-мирмекоморфы.

Плюсы и минусы

Людам, далеким от энтомологии, муравьи, возможно, покажутся не самым достойным примером для подражания. Однако в тропическом ливневом лесу, где общая биомасса этих насекомых превышает суммарную биомассу всех позвоночных вместе взятых, муравьи — влиятельная сила, создающая саму природную среду и вместе с тем опасная для многих организмов, эту среду населяющих. Именно поэтому муравьи и служат здесь прекрасным образцом для мимикрии.

Пауки семейства *Myrmarachne* выигрывают из-за того, что многие муравьи имеют репутацию грозных агрессивных существ, которые яростно защищают свои гнезда, кусая или жаля незваных гостей, иногда до смерти. Хищники достаточно сообразительны, чтобы

не атаковать добычу, напоминающую им опасных муравьев. И все же, чтобы надежно обмануть хищников, паукам приходится идти на серьезный риск. Например, они должны жить рядом с муравьями, чтобы не выделяться из общей массы несъедобных и потенциально опасных существ. Но это близкое соседство оборачивается для пауков реальной опасностью: если их разоблачат сами муравьи, то, скорее всего, они же пауков и съедят.

Необходимость все время жить рядом с тем, кто в любой момент может обернуться врагом, — далеко не единственная плата, взимаемая природой с мирмекоморфных арахнид. Мимикрия может оказаться настолько убедительной, что на пауков по ошибке станут нападать хищники, специализирующиеся как раз на поедании муравьев, в том числе и некоторые представители других групп пауков-скакунов. Риск увеличивает существующая у *Myrmarachne* конкуренция между самцами за самок. «Разборчивость» самок привела к развитию у самцов этого семейства очень крупных хелицер, в результате чего длина тела у их может увеличиваться в полтора раза. Причина, по которой самки предпочитают самцов с крупными ротовыми органами, пока не известна, предположительно это может быть одним из показателей здоровья самца. На первый взгляд может показаться, что это снижает шансы на выживание, делая пауков менее похожим по виду на обычного муравья. И действительно, крупные хелицеры часто становятся причиной гибели пауков-самцов, но по иной причине. Дело в том, что увеличенные ротовые органы делают их похожими на муравьев, которые несут что-то во рту. Челюсти — главное оружие муравьев, поэтому специализирующиеся на истреблении муравьев пауки-скакуны, как правило, выбирают для нападения тех особей, чьи челюсти заняты ношей и, соответственно, не могут использоваться для защиты. Итак, увеличенные хелицеры позволяют самцам пауков иметь больший успех у самок, но и становятся для них источником проблем, делая их более привлекательными для хищников.

Будучи изобретательными артистами, пауки могут успешно противостоять некоторым из этих угроз, проявляя удивительную гибкость в поведении. Например, когда паук-скакун, питающийся обычно муравьями, начинает преследовать одного из своих братьев-мирмекоморфов, последний устраивает перед своим потенциальным убийцей целое представление: он замирает на месте и меняет положение передних конечностей, обычно изображающих муравьиные антенны, вертикально подняв их над головой, и, не отрываясь, смотрит на преследователя. Скорее всего, такое поведение призвано показать хищнику, что перед ним тоже паук — или, по крайней мере, точно не муравей. Впрочем, каким бы ни был смысл всей этой жестикуляции, она эффективно отпугивает хищника. Сходным образом, когда докучливый ученый (и, предположительно, любой другой возможный хищник) пытается поймать сидящего на веточке паука, тот немедленно перестает притворяться муравьем и соскальзывает с растения с помощью выбрасываемой шелковой паутины в полном соответствии

с повадками своих многочисленных сородичей. Можно сказать, что пауки-мирмекоморфы весьма удачно решили проблему сидения на двух стульях одновременно.

Один из самых изощренных пауков-подражателей — *Myrmarachne melanotarsa* — ухитряется получать двойную выгоду от своей обманчивой внешности. Способ, которым данный вид добивается успеха в борьбе за существование, опровергает известное утверждение, что бейтсовская и агрессивная мимикрия — совершенно независимые явления, возникшие в результате естественного отбора, шедшего по различным направлениям. Сходство *M. melanotarsa* с муравьями настолько вводит в заблуждение других, обычных пауков-скакунов, что (помимо уже описанной защиты от хищников) он может использовать маскировку и для добычи пропитания. Особи этого вида выманивают незадачливых самок других пауков-скакунов из их гнезд, а затем проникают в неохраняемое гнездо, чтобы пожрать яйца или детенышей. Настоящим муравьям довольно затруднительно разорвать паучьи гнезда, потому что их лапки могут запутаться в паутине, но особое строение лапок пауков позволяет им без труда передвигаться по липким нитям — и *M. melanotarsa* в полной мере пользуется этим преимуществом.

Опыт или инстинкт?

Чтобы полностью разобраться в причинах, порождающих явление мимикрии со всем многообразием ее форм, исследователям необходимо лучше понять, какие именно факторы заставляют хищников избегать «обманщиков». Вернемся опять в позапрошлое столетие. Бейтс предположил, что хищник должен каким-то образом испытать на собственном опыте ту опасность, которую представляет собой определенное существо, причем еще до того, как он столкнется с его подражателями. Только с этих позиций можно объяснить желание хищника держаться подальше как от опасного оригинала, так и от безвредных «самозванцев». Однако пауки, копирующие внешний вид муравьев, опровергают и эту широко распространенную гипотезу. Выяснилось, что обычные пауки-скакуны отказываются от охоты как на муравьев, так и на мирмекоморфных пауков инстинктивно, а не вследствие получения негативного опыта. Иначе говоря, эволюция привела к закреплению у «нормальных» скакунов поведенческой особенности избегать и муравьев, и всех, кто на них похож.

Если взглянуть на инстинкт избегания с точки зрения адаптации, то ничего удивительного в нем нет: ведь если ты гибнешь в первой же стычке с муравьями, то научиться избегать их тебе будет просто некогда. Формирование инстинкта избегания куда вероятнее связано с тем, что особи, которые уклонялись от столкновений с муравьями по чисто поведенческим причинам, чаще выживали и оставляли потомство, и, соответственно, их гены накапливались в популяции. В конечном счете инстинктивное отвращение к муравьям становится доминирующим, а с теми, у кого по каким-то причинам данный признак отсутствует, быстро разбираются сами муравьи.

Многообразие поражает

Сложный комплекс морфологических и поведенческих признаков, способствующих успеху мимикрии у *Myrmarachne*, обнаруженный мной и моими коллегами, позволяет сделать следующий вывод: замысловатые механизмы, действующие в этом конкретном случае, почти наверняка обнаружатся и в других формах мимикрии. Несомненно, в этой области нам предстоит узнать еще много интересного. Ученые, склонные считать мимикрию адаптацией к давлению отбора со стороны только одного вида хищника, руководствуются лишь своим зрением. (Кстати, из всех чувств люди более всего зависимы именно от зрения, вот почему исследователи зачастую только ему и доверяют.) Благодаря примеру мирмекоморфных пауков мы теперь знаем, что на эволюцию видов-подражателей оказывают влияние сразу несколько различных типов хищников. Мои исследования показывают, что и «нормальные» пауки-скакуны, и такие насекомые, как богомолы, а возможно, еще и птицы, и ящерицы, и лягушки представляют собой важные компоненты сложной экологической системы, формирующей своеобразие семейства *Myrmarachne*. Исследования других организмов позволяют предположить, что мимикрия может обманывать не только зрение, но также обоняние и слух. Например, съедобные виды бабочек-медведиц подражают акустическим сигналам несъедобных видов, тем самым сбивая с толку систему эхолокации летучих мышей. Другие виды бабочек копируют химические сигналы, испускаемые муравьями, чтобы проникнуть в их обычно неприступные гнезда и отложить там яйца, которые будут охраняться всей муравьиной колонией.

Звучит невероятно, но уже сейчас ученые обладают технологиями, позволяющими исследовать чувственное восприятие окружающего мира существами, непохожими на нас. Высокочастотные устройства записи помогают нам делать слышимыми звуки, находящиеся выше порога чувствительности человеческого уха, в том числе и те, которые издают бабочки-медведицы и летучие мыши; а масс-спектрометры визуализируют химические сигналы муравьев и их подражателей, давая нам возможность понимать их обонятельные впечатления. Применение подобных методов к изучению мимикрии и других загадочных явлений живой природы наверняка покажет нам, каким сложными и неожиданными путями шла вечная гонка вооружений между хищниками и их жертвами. ■

Перевод: В.Э. Скворцов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Collective Batesian Mimicry of Ant Groups by Aggregating Spiders. Ximena J. Nelson and Robert R. Jackson in *Animal Behaviour*, Vol. 78, No. 1, pages 123–129; July 2009.
- Specialized Exploitation of Ants (Hymenoptera: Formicidae) by Spiders (Araneae). R.R. Jackson and X.J. Nelson in *Myrmecological News*, Vol. 17, pages 33–49; 2012.



ФЕВРАЛЬ 1965

Вред в глобальном масштабе.

В докладе «Целостность науки» (*The Integrity of Science*) Комитета по использованию науки для повышения благосостояния человечества Американской академии наук и искусств упор сделан на отсутствие предварительной оценки широких последствий научных экспери-

ментов и технологических инноваций. В нем отмечается, в частности, широкое внедрение в практику пестицидов и детергентов без предварительного исследования их влияния на загрязнение окружающей среды. Особо отмечены два крупных американских военных проекта: *Project Starfish* (высотный термоядерный взрыв над Тихим океаном) и *Project West Ford* (вывод на орбиту миллионов крошечных медных игл в качестве отражающего слоя для военной связи). «Наука создала средства невиданной силы, действующие во всемирном масштабе, и сегодня вся планета может служить научной лабораторией», — говорится в докладе.



ФЕВРАЛЬ 1915

Трансконтинентальный телефон.

39 лет назад Александр Грэм Белл поднял трубку примитивного телефонного аппарата в своем номере пансионата и крикнул: «Мистер Уотсон, идите сюда, я хочу видеть вас». Томас Уотсон, находившийся в соседнем номере у другого конца провода, услышал первое пе-

реданное по телефону предложение и бросился в номер Белла, чтобы поздравить своего коллегу. На прошлой неделе Белл снова позвонил Уотсону с копии того, старого телефона. Но на этот раз Белл находился в офисе компании *American Telephone and Telegraph*, и от бывшего коллеги, который был в это время в Сан-Франциско, его отделял целый континент.

Загадка солнечной энергии. Для объяснения того, почему Солнце веками излучает практически неизменное количество энергии, были предложены три гипотезы: выделение энергии в результате химической реакции, выделение внутриатомной энергии (какое наблюдается у радия) и результат гравитационного притяжения. Точные расчеты на основе новейших данных, похоже, говорят, что наиболее состоятельна последняя гипотеза, выдвинутая Гельмгольцем. Согласно расчетам, энергия, выделяемая падающей на Солнце массой, в 400 раз меньше необходимой для поддержания его температуры. Таким образом, остается последняя теория: тепло выделяется

в результате гравитационного сжатия самого Солнца, оно одно может и должно отвечать за все тепло, излучаемое нашим светилом.

Передвижные рентгеновские установки. «Хотя рентгеноскопия стала настолько важной помощницей врачей, что даже в обычных условиях ни одна больница уже не может обходиться без рентгеновской установки, она еще ценнее на войне. Например, когда требуется определить местонахождение пули или осколка в теле раненого, рентгеновский снимок позволяет быстро получить нужную информацию. Поэтому для армейских полевых госпиталей, которые обычно какое-то время остаются на одном месте, были разработаны специальные транспортабельные рентгеновские установки. Кроме собственно источника рентгеновского излучения они содержат генератор электрического тока, вращаемый чаще всего бензиновым двигателем, что дает им возможность быть независимыми от внешних источников тока». — От берлинского корреспондента *Scientific American*.

Примечание: ознакомиться с медицинской аппаратурой 1915 г. можно по адресу: www.ScientificAmerican.com/feb2015/medicine



ФЕВРАЛЬ 1865

Коровы помогают в борьбе с оспой.

В Неаполе вакцинацию выполняют напрямую от коров. В Париже к этому отнеслись серьезно, и предполагается, что такая вакцинация может стать весьма прибыльным делом. Каждая корова, как считают, может дать 100 пустул ценой по 5 фран-

ков, принеся 500 франков, причем сама корова от этого не страдает. Такая практика настоятельно рекомендуется, т.к. обеспечивает безопасность, поскольку никакой инфекции, кроме коровьей оспы, человеку при этом не передается. В Париже и его окрестностях оспа весьма распространена, и люди проявляют все больший интерес к этому способу вакцинации.



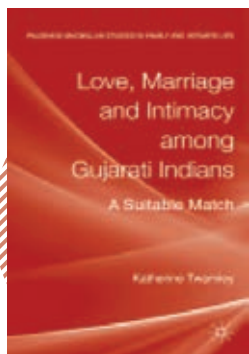
Германская передвижная рентгеновская установка, применявшаяся военными медиками в ходе Первой мировой войны, 1915 г.

Марсель Данези. История поцелуя: рождение популярной культуры (Marcel Danesi. *The History of the Kiss! The Birth of Popular Culture*)



Книга известного канадского семиотика и лингвиста, профессора Торонтского университета, главного редактора журнала *Semiotica* и члена Королевского общества Канады Марселя Данези посвящена установлению роли и места поцелуя в человеческой культуре. Как мы должны понимать этот культовый акт? Как и когда поцелуй приобрел романтическую окраску? Когда поцелуй впервые появился в фольклоре, мифе, а затем в средневековой прозе и поэзии, он нередко становился символом плотских утех. На множестве неожиданных и малоизвестных примеров Марсель Данези прослеживает восприятие и роль поцелуя в различных культурах и исторических эпохах. Он доказывает, что понимание и толкование поцелуя прошло длительную эволюцию, в которой нашлось место и для акта предательства (поцелуй Иуды), и для символа чистой и непорочной любви. В результате поцелуй превратился в тот символ, который мы знаем сегодня. В заключительных главах книги показана роль поцелуя в современной поп-культуре, кинематографе и даже в Интернете. Марсель Данези разворачивает перед читателем увлекательную панораму истории человеческой культуры и доказывает, что именно романтическое воплощение поцелуя на экране ознаменовало рождение современной массовой культуры. Несомненный талант популяризатора (ученый многие годы вел популярные передачи на канадском радио и телевидении) делает его книгу доступной самым широким читательским массам.

Кэтрин Твомли. Любовь, брак и близость среди гуджаратцев: подходящая партия (Katherine Twamley. *Love, Marriage and Intimacy among Gujarati Indians: A Suitable Match*)



Английский антрополог и этнограф Кэтрин Твомли впервые сравнивает систему свадебных обычаев у представителей одной культурной группы — гуджаратцев, родившихся и выросших в двух разных странах: на родине и в Великобритании. Она собрала сведения как от представителей возрастной группы от 20 до 30 лет, так

и от информантов старшего возраста. Основной метод собирания информации — беседа по заранее составленному вопроснику — достаточно традиционен. Соединение данных, собранных в Индии еще в XX в., с современными результатами позволило показать изучаемые явления в динамике. Главный интерес в книге представляет проведенное впервые сравнение данных, полученных в Индии и в Великобритании. Оно позволило прояснить механизм межкультурного взаимодействия и открыть некоторые неожиданные особенности. Например, исследование становления отношений и формирование брака, автор доказывает, что традиционные обычаи не просто сохраняются в условиях массированного инокультурного воздействия, но подчиняют их многовековой традиции. Именно такой сплав древности и современности характерен для того, как выглядят «респектабельный» брак среднего класса и семейный идеал в глазах молодых гуджаратцев.

Книга Твомли может быть использована и как руководство по методике собирания подобного материала и приемам его представления посредством современных компьютерных технологий.

Памела Стюарт и Эндрю Стратерн. Полевые исследования: антропология во всем мире (Pamela Stewart and Andrew Strathern. *Working in the Field: Anthropological Experiences across the World*)



Книга двух профессоров-антропологов из университета Питтсбурга, супругов Памелы Стюарт и Эндрю Стратерна — это не только серьезный научный труд, но и прекрасное руководство по методике полевых исследований. Основываясь на огромном опыте, накопленном за многие годы во время экспедиций в Папуа — Новую Гвинею, Тай-

вань, Шотландию и Ирландию, они показывают, как постепенно накапливался опыт, вырабатывались необходимые навыки и оттачивалась их научная зоркость. Анализируя типичные ошибки начинающих исследователей, они щедро делятся собственными находками. Вместе с тем они стараются раскрыть ту роль, которую играет полевая работа в наши дни, и показывают, что она ничуть не меньше, чем была на заре становления современной антропологии. Такое же значение имеет и последующее изучение накопленного материала. Настаивая на необходимости точной фиксации всего собранного, Стюарт и Стратерн приводят примеры того, как кажущиеся на первый взгляд незначительными факты углубляются при последующем анализе и сопоставлении с материалами из других регионов и могут привести к неожиданным открытиям.

Элеонора Бельфоре и Анна Апчерч. Гуманитарное знание в XXI веке: вне выгоды и рынка (*Eleonora Belfiore and Anna Upchurch. Humanities in the Twenty-First Century: Beyond Utility and Markets*)



Представляет ли гуманитарное знание ценность для современного человека? Этот вопрос не перестает волновать как специалистов, так и обычных людей. Два профессора-культуролога из ведущих британских университетов пытаются найти ответ на него, обратившись к ведущим ученым-гуманитариям. Элеонора Бельфоре и Анна Апчерч собрали коллекцию оригинальных эссе, которые предлагают новые пути решения этой трудной проблемы. Они считают, что вместо традиционного изучения взаимовлияния искусства и науки сейчас можно говорить о существенном вкладе ученых-гуманитариев в решение острых этических, политических, технологических и экологических проблем современной жизни. Участники беседы — видные ученые и бизнесмены, а также влиятельные политики из Великобритании и США. Богатство и разнообразие взглядов и позиций, которые они привносят в рассмотрение места и роли искусств и гуманитарных наук в современном обществе, становятся стимулом для поиска новых направлений приложения гуманитарных знаний.

Аманда Кирни. Разрушение, восстановление и выживание этноса (*Amanda Kearney. Cultural Wounding, Healing, and Emerging Ethnicities*)



Книга австралийского этнолога, профессора Школы общественных наук Университета Нового Южного Уэльса Аманды Кирни посвящена проблеме, сохраняющей свою актуальность в начале XXI в., — выживанию традиционной культуры в условиях современных политических конфликтов. Она показывает механизм разрушения этноса и пытается найти алгоритм его выживания в новых обстоятельствах. Кирни исходит из того, что в современных условиях этническая идентичность постепенно перестает быть лишь исконным самосознанием. Что же происходит с ней, когда разрываются территориальные связи этнической группы? Толчком для написания книги стали ее многолетние изыскания, проведенные в Австралии

и Бразилии. Оказалось, что выявленные там процессы восстановления утраченных этносов актуальны и для других районов мира. Исследовательница показывает возможные пути изменения этноса при изменении условий его существования, например попадании в новое окружение. В заключительной части книги Кирни реконструирует возможный механизм восстановления этноса в современных условиях на примере Австралии.

Рэнди Николс. Видеоигры в современном мире (*Randy Nichols. The Video Game Business*)



Книга Рэнди Николса посвящена истории становления и развития современной индустрии видеоигр. Во вводной части они рассматриваются как глобальное явление — от первых опытов до современного этапа. Впервые затрагиваются такие аспекты, как культурная составляющая, сюжетика и особенности разработки и производства популярных видеоигр. Основную часть книги составляют монографические главы, посвященные отдельным производителям и типам игр. Важно, что все подобные главы выстроены по одному алгоритму, что позволяет выявить главные тренды развития игровой индустрии и показать, что огромный информационный ресурс видеоигр используется далеко не полностью. Главным для производителей, считает Николс, становится извлечение максимальной прибыли, а не создание культурно значимого продукта. Однако, делает вывод исследователь, в современных условиях индустрия видеоигр превращается в важную часть политического процесса, что и стимулирует изменение отношения к ним со стороны как производителей, так и заказчиков. ■

Подготовил Федор Капица

palgrave
macmillan

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

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
 - по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, к. 46, офис 138, редакция журнала «В мире науки»;
 - по электронной почте podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
 - по факсу: +7 (495) 939-42-66

Стоимость подписки на первое полугодие 2014 г. составит:

Для физических лиц: **1140 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью*.

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

Стоимость одного номера журнала: за 2010 г. — **30 руб. 00 коп.**, за 2011 г. — **40 руб. 00 коп.**, за 2012 г. — **60 руб. 00 коп.**; за 2013 г. — **100 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **70 руб** заказной бандеролью, **50 руб.** — простым письмом.

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

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

* Если ваша заявка о подписке получена до 10-го числа месяца, то, начиная со следующего месяца, с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014 г.												
2013 г.							объединенный выпуск					
2012 г.												
2011 г.												
2010 г.										объединенный выпуск		

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Платательщик

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Платательщик

**ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ
НА ЖУРНАЛ "В МИРЕ НАУКИ"**

МОЖНО:

В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

ПО КАТАЛОГАМ:

"РОСПЕЧАТЬ",

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

81736 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

19559 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

"ПОЧТА РОССИИ"

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

16575 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

11406 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724

WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:

ООО "УРАЛ-ПРЕСС",

WWW.URAL-PRESS.RU

СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ

ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА",

WWW.PERIODICALS.RU

РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:

ООО "АГЕНТСТВО "КНИГА-СЕРВИС",

WWW.AKC.RU



Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Executive Editor:

Fred Guterl

Managing Editor:

Ricki L. Rusting

Managing Editor, Online:

Philip M. Yam

Design Director:

Michael Mrak

News Editor:

Robin Lloyd

Senior Editors:

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

Associate Editors:

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon,

Ferris Jabr, John Matson

Podcast Editor:

Steve Mirsky

Contributing editors:

Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi,
Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna,
John Rennie, Sarah Simpson

Art director:

Ian Brown

President:

Steven Inchcoombe

Executive Vice President:

Michael Florek

Vice President and Associate Publisher,

Marketing and Business Development:

Michael Voss

Vice President, Digital Solutions:

Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development:

Bruce Brandfon

© 2014 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:

В поисках лучших миров

Астрономы ищут «близнецов» Земли, вращающихся вокруг звезд, похожих на Солнце. Правда, пока обнаружение подобных небесных тел по-прежнему находится на грани наших технологических возможностей. Планеты и их спутники, отличающиеся от Земли, могут стать идеальным домом для жизни вне Солнечной системы — возможно, даже лучшим, чем наша собственная планета.

Уязвимое место в крепости бактерий

Исследователи, специализирующиеся в новой области науки под названием «социомикробиология», считают, что нашли новый способ борьбы с резистентностью к антибиотикам у болезнетворных бактерий: они намерены атаковать процессы, позволяющие микроорганизмам общаться и сотрудничать.

Движущийся мир

Люди и объекты движутся даже в те моменты, когда кажутся находящимися в состоянии абсолютного покоя. Конечно, эти движения невозможно уловить обычным зрением, но они могут быть настолько незаметными, насколько важными — подобно дыханию младенца. Ученые создали «двигательный микроскоп», который делает видимыми эти мельчайшие изменения положения вещей.

Почему мы до сих пор смакуем вина

Виноделы пытаются сохранить любимые нами вкусы знаменитых красных и белых вин в условиях глобального потепления.

В поисках затонувших сокровищ

Специалисты применяют экзотические технологии для того, чтобы обнаружение и поднятие со дна останков некогда потерпевших кораблекрушение судов осуществлялось с такой же точностью, как археологические раскопки.

Жизнь крупным планом

Под микроскопом красоту можно найти в самых неожиданных местах.



Почему свободная воля существует

Один из главных и широко обсуждаемых вопросов нейронауки и философии заключается в том, есть ли у нас на самом деле свободная воля. Если окажется, что ее нет, то многие наши юридические и моральные установки потребуют серьезного пересмотра. Это сомнение возникло из-за ряда хитроумных экспериментов, в которых было показано, что наш мозг запускает некоторые действия раньше, чем мы осознаем принятие этого решения.



**МОСКОВСКОМУ
УНИВЕРСИТЕТУ -
260 ЛЕТ!**

