

НЕЙРОНАУКИ

Сила
детского мозга

ЗДОРОВЬЕ

Спасительная
горечь

КОСМОС

Как обнаружить
жизнь на Марсе

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org

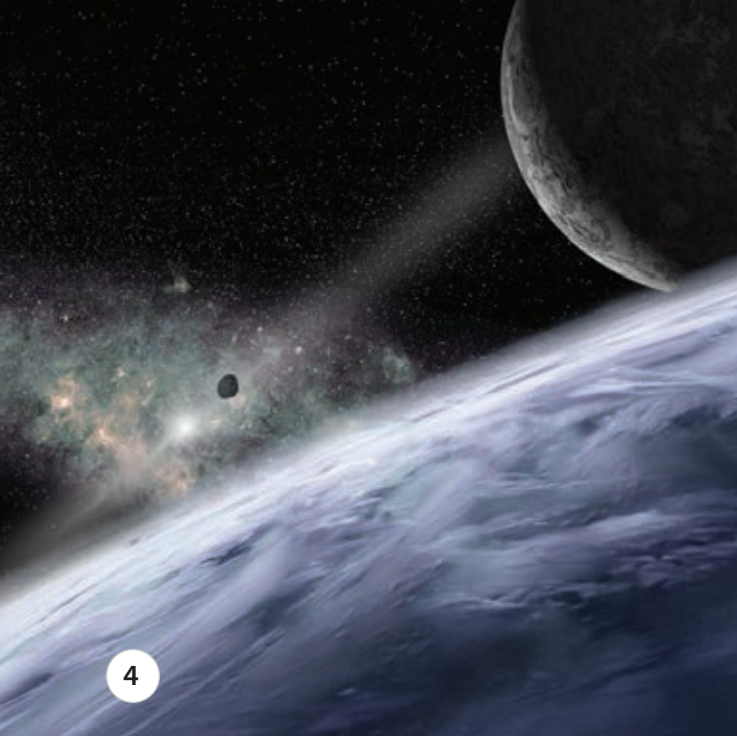
4 2016

12+

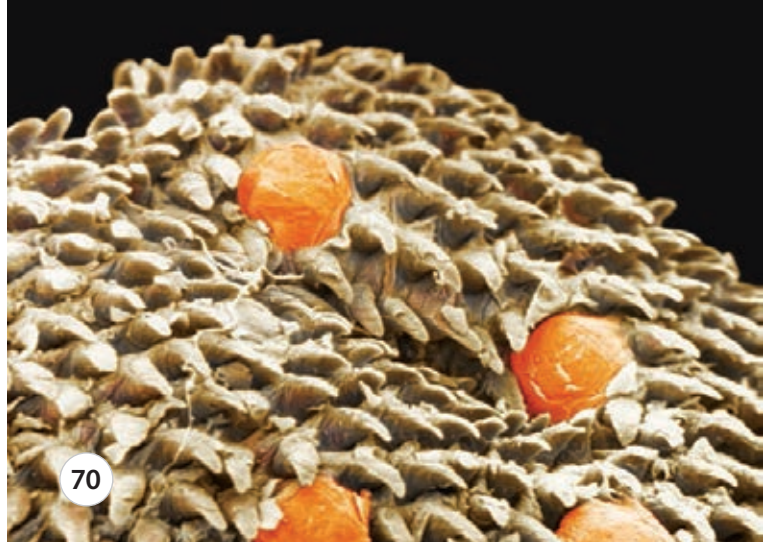
В поисках планеты X

Что скрыто
на отдаленных
окраинах
Солнечной
системы?





4



70

СОДЕРЖАНИЕ

Апрель 2016

Темы номера

ОТ РЕДАКЦИИ

Где находится планета X?

55 лет покорения космоса: достижения, проблемы, перспективы

КОСМОС

Поиски планеты X

Майкл Лемоник

На окраине Солнечной системы может находиться планета, размерами превышающая Землю

А все-таки — есть ли жизнь на Марсе?

Наталья Лескова

Институт космических исследований РАН реализует грандиозный проект «Экзомарс». С подробностями — директор института академик Лев Зеленый

В космос — бизнес-классом?

Ксения Чернявская

Зачем государство тратит средства на полеты в космос? Может быть, правильнее привлечь деньги частного бизнеса? Отвечают Герой России космонавт Сергей Крикалев и заслуженный конструктор РФ Александр Чернявский

Александр Чернявский



3 **От Ломоносова до «Ломоносова»** 30
Владимир Губарев
Ректор МГУ академик Виктор Садовничий в очередной раз поднимает свой университет в космос, теперь на совершенно новом уровне

3



АСТРОНОМИЯ

4 **Моя жизнь охотника за кометами** 36
Дэвид Леви
К полувековому исследованию космоса меня побудило не что иное, как необходимость пройти тест по французскому

4



РАДИОБИОЛОГИЯ

14 **Лучи живые и мертвые** 38
Валерий Чумаков
В марте Объединенный институт ядерных исследований отметил 60-летний юбилей. Одну из семи лабораторий ОИЯИ, Лабораторию радиационной биологии, представляет ее директор, член-корреспондент РАН Евгений Красавин

14



20

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

44 **Безопасный атом — культурный атом** 44
Валерий Чумаков
Спустя 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС мы встретились с одним из тех, кто возглавил тогда работы по ликвидации последствий. Сегодня член-корреспондент РАН Виктор Сидоренко — советник директора НИЦ «Курчатовский институт»



НАУКА И ОБЩЕСТВО

50 **На границе между знанием и незнанием** 50
Александр Аннин
В апреле телеканалу «Наука» исполняется пять лет. О роли СМИ в популяризации научных знаний размышляет ведущий телевизионной программы «Вопрос науки» доктор физико-математических наук Алексей Семихатов



92

БИОЛОГИЯ

Корпус «А» — кирпичики живого

Елена Кокурина и Ольга Стрельцова
НИИ физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского — 50 лет. Об истории и современности корпуса «А» рассказывает заместитель директора института по научной работе академик **Алексей Богданов**

ГЕОЛОГИЯ

Арктика грез и реальности

Владимир Губарев
Какие тайны открывают ученые на шельфе океана?

ЗДОРОВЬЕ

Горький вкус иммунитета

Ноам Коэн и Роберт Ли
Рецепторы горького вкуса находятся у нас не только на языке, они рассредоточены по всему телу, где активно защищают наш организм от опасных микробов

НЕЙРОНАУКИ

Сила детского мозга

Такао Хени
Понимание того, что происходит с мозгом в детстве, в периоды интенсивного обучения, поможет в поиске новых путей коррекции неврологических и психических заболеваний у взрослых

56

64

70

78



36

ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ

Что есть у нее и чего нет у него?

Теодор Шааримидт
Результаты некоторых исследований мозга показывают, что у мужчин и женщин разные предпочтения и навыки, однако за этими данными кроются многие методологические недостатки

ТЕХНОЛОГИИ

Квантовый взлом

Тим Фолджер
Квантовые компьютеры сделают современные методы криптографии безнадежно устаревшими. И что тогда будет?

ЭТОЛОГИЯ

Коллективная мудрость муравьев

Дебора Гордон
Муравьиные колонии живут без какого-либо централизованного управления. Выяснив, как им это удастся, мы сможем понять и работу других систем, функционирующих без «указок сверху», — от головного мозга до Интернета

86

92

104

**Разделы**

50, 100, 150 лет тому назад

Книжное обозрение

85

110



В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Наши партнеры:



PETER



SERVICE



Сибирское отделение РАН



РОСАТОМ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



очевидное
невероятное



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

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



Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство
распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортвов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Заместитель главного редактора:

С.В. Попова

Ответственный секретарь:

О.И. Стрельцова

Зав. отделом иностранных материалов:

А.Ю. Мостинская

Шеф-редактор иностранных материалов:

В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских материалов:

О.Л. Беленицкая

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

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

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

акад. РАН, д.х.н., проф. А.А. Богданов; акад РАН, д.ф.-м.н., проф. Л.М. Зеленый;
член-корр. РАН, д.ф.-м.н. Е.А. Красавин; д.г.-м.н., проф. А.К. Мазуров; д.ф.-м.н.
А.М. Семихатов; член-корр. РАН, д.т.н., проф. В.А. Сидоренко; к.ф.-м.н., с.н.с. ГАИШ
МГУ В.Г. Сурдин

Над номером работали:

А.А. Аннин, М.С. Багоцкая, Е.В. Кокурина, Т.М. Колядич, А.П. Кузнецов, Н.Л. Лескова,
Е.С. Новоселова, А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников, К.А. Чернявская,
С.Э. Шафрановский

Арт-директор:

Д.В. Левин

Верстка:

А.Р. Гукасян

Корректур:

Я.Т. Лебедева

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

В.Е. Фортвов

**Директор НП «Международное партнерство
распространения научных знаний»:**

С.В. Попова

**Заместитель директора НП «Международное
партнерство распространения научных знаний»:**

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Е.Р. Мещерякова

Адрес редакции:

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

Отпечатано:

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

Заказ №4 16-03-00324

© В МИРЕ НАУКИ. Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.

Свидетельство ПИ № Ф077-43636 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 ответ-
ственности 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.



12 апреля 2016 г. исполняется 55 лет со дня первого в мире полета человека в космос. 108 минут, которые Юрий Гагарин находился в полете, навсегда изменили представление людей о мире и о себе. Достижения в исследовании космического пространства с этого дня стали самым важным критерием уровня развития страны и науки. Из материалов, опубликованных в этом номере, вы узнаете о новейших приоритетных исследованиях космоса в современном мире.

Где находится планета X?

Глядя на ночное небо, нельзя не удивляться тому, как ученые смогли по движению мерцающих точек составить карту строения Солнечной системы. Но еще более поражает, что большая часть работы астрономов посвящена поиску того, что практически невидимо. В главной статье номера «В поисках планеты X» Майкл Лемоник пишет, что вокруг Солнца за пределами дальности обнаружения могут вращаться некие суперпланеты почти в десять раз массивнее, чем Земля. Они слишком далеки, чтобы сегодня их можно было обнаружить, но, возможно, будущие наблюдения подтвердят их существование.

Разумно ли государству тратить деньги на дорогостоящие исследовательские проекты, в частности на полеты в космос? Может быть, правильнее летать туда на деньги частного бизнеса? И вообще, нужны ли сегодня пилотируемые полеты в космос? На эту тему рассуждают космонавт Сергей Крикалев и конструктор Александр Чернявский в материале «В космос — бизнес-классом?»

Между тем, по словам героя интервью «А все-таки — есть ли жизнь на Марсе?», директора Института космических исследований РАН Льва Зеленого, Россия сегодня, как и раньше, сильна ракетносителями, способными доставлять космические аппараты на околоземные и межпланетные орбиты. Поэтому когда европейские коллеги предложили сотрудничество в амбициозном проекте «Экзомарс», российская сторона активно поддержала эту идею. Цель проекта — исследование марсианского метана. Это одна из основных на сегодня загадок исследования Красной планеты.

Университетская наука тоже не стоит на месте. Московский государственный университет готовит к запуску в космос научную станцию «Ломоносов». Это уже седьмой спутник, созданный в МГУ. Станция предназначена для изучения неизвестных ранее явлений. О том, на какие прорывные направления в науке нацелен новый спутник, рассказывает в статье «От Ломоносова до "Ломоносова"» ректор Московского университета Виктор Садовничий.

В честь 100-летнего юбилея другого университета — Томского политехнического — в ближайшее время планируется запуск очередного грузового корабля с первым малым космическим аппаратом *CubeSat*. Новый уникальный миниспутник построен с применением 3D-аддитивных технологий. По замыслу его создателей, в космос нужно отправлять целый рой таких аппаратов. Подробности — в следующем номере нашего журнала. ■

Редакция журнала «В мире науки / Scientific American»

Несколько странных объектов в поясе Койпера, за орбитой Нептуна, наводят на мысль о существовании массивной невидимой планеты, у которой, возможно, даже есть спутник, подобный нашей Луне

В ПОИСКАХ



КОСМОС

ПЛАНЕТЫ

На окраине Солнечной системы
может находиться планета,
размерами превышающая Землю

Майкл Лемоник

ОБ АВТОРЕ

Майкл Лемоник (Michael Lemonick) — автор книги «Зеркало для Земли: в поисках близнеца нашей планеты» (*Mirror Earth: The Search for Our Planet's Twin*, 2012). В течение 21 года писал статьи на научные темы в журнале *Time*. В настоящее время — редактор журнала *Scientific American*.



Что-то странное происходит за пределами орбиты Плутона. Уже более 20 лет назад астрономы установили, что эта крошечная планета (которую, впрочем, лишили данного статуса) на краю Солнечной системы не одинока: она входит в состав обширного облака ледяных глыб, известного под названием пояса Койпера. Но в отличие от большинства своих попутчиков, а также планет и астероидов, которые обращаются вокруг Солнца между Марсом и Юпитером, небольшая часть объектов пояса Койпера (ОПК) имеет чрезвычайно странные орбиты. Так, по сравнению с практически круговыми орбитами большинства планетных тел их траектории сильно вытянуты.

Эти необычные объекты числом от четырех до дюжины — в зависимости от того, кто их считает, — отличаются еще одной особенностью. Подобно большинству ОПК, они движутся по орбитам, сильно наклоненным по отношению к плоскости эклиптики, в пределах которой «живут» планеты, на какое-то время поднимаясь над ней, а затем «проваливаясь» глубоко вниз. Но в отличие от своих замороженных собратьев все эти объекты пересекают плоскость эклиптики в наименее удаленной от Солнца области своей орбиты, т.е. в области перигелия.

Если использовать термин, не очень понятный даже многим астрономам, у них на удивление близки аргументы перигелия. «Принято считать, — говорит Скотт Шеппард (Scott Sheppard), планетолог из Института науки Карнеги, — что аргументы перигелия рандомизируются, (т.е. хаотически перемешиваются) за время существования

Солнечной системы». Возможно, у всех этих немногочисленных тел аргументы перигелия одинаковы лишь по случайному стечению обстоятельств; но такое могло произойти с вероятностью менее нескольких процентов за все это время, что сопоставимо с вероятностью выпадения орла десять раз подряд при подбрасывании монеты: трудно вообразить, но все же возможно.

Однако такое выпадение орла может означать также, что монета неоднородна по массе, и, возможно, некая неоднородность имеет место в случае ОПК. Аналогом неоднородности может служить гравитационное воздействие со стороны неизвестного космического объекта — скажем, огромной планеты, значительно превосходящей Землю по массе и обитающей на «задворках» Солнечной системы: настоящей суперземли (т.е. планеты примерно в десять раз массивнее Земли). Если такой таинственный объект — иногда его

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Несколько далеких ледяных объектов, обращающихся вокруг Солнца по странным орбитам, наводят некоторых астрономов на мысль, что в Солнечной системе может быть больше планет, чем нам известно.
- По мнению сторонников этой гипотезы, за пределами орбиты Нептуна находится одна или даже несколько суперземель — планет, почти в десять раз более массивных, чем Земля.
- Вероятно, эти космические тела слишком далеки и тусклы, чтобы их можно было увидеть в современные телескопы; возможно, их удастся обнаружить в ходе будущих наблюдений.

называют планетой *X* — существует, он должен обращаться вокруг Солнца по крайней мере на десятикратно большем расстоянии от него, чем Нептун. Это слишком далекий и слишком тусклый объект, чтобы его можно было заметить в современный телескоп, и, тем не менее, благодаря своей огромной массе он должен оказывать ощутимое воздействие на всю Солнечную систему, в частности на ОПК, чьи необычные орбиты вызывают большой интерес у астрономов.

«Пока у нас нет беспоспных свидетельств существования на краю Солнечной системы тела, сравнимого по массе с какой-нибудь из планет, — говорит Нейтан Кэйб (Nathan Kaib), занимающейся теорией формирования планет и, как Шеппард, работающий в Институте науки Карнеги. — Но там определенно происходит нечто странное, чего мы пока не понимаем». Все больше астрономов склоняются к мысли о справедливости некогда осмеянной идеи о существовании в Солнечной системе суперземли — планеты *X*.

Сам Кэйб считает, что полученные свидетельства о наличии такой планеты отнюдь не бесспорны, да и многие астрономы с ним согласны. И даже те, кто высказываются в ее пользу, не уверены в этой идее полностью. История астрономии полна случаев «обнаружения» таинственных объектов, на мысль о существовании которых наводили необычные орбиты других небесных тел. Некоторые из таких объектов стали реальностью, большинство же оказались ложной тревогой. Вполне возможно, что мы знаем о Солнечной системе гораздо меньше, чем нам кажется. Если планета *X* — не мираж, это неизбежно повлечет за собой переосмысление некоторых ключевых периодов истории Солнечной системы.

По следам скрытых миров

Первые попытки обнаружить еще одну планету в Солнечной системе были предприняты в начале XIX в., когда астрономы начали склоняться к мнению, что Уран, случайно открытый в 1781 г. английским астрономом и музыкантом немецкого происхождения Уильямом Гершелем (William Herschel), движется по орбите, не вполне соответствующей закону всемирного тяготения Ньютона. Находились такие, которые утверждали, что причиной этого служит притяжение со стороны крупной неизвестной пока планеты, — и в 1846 г. немецкий астроном Иоганн Галле (Johann Galle), основываясь на расчетах французского математика Урбена Леверье (Urbain Le Verrier), открыл газовый гигант Нептун. (Существуют достоверные данные, что Галилей наблюдал Нептун гораздо раньше, в 1612 г., используя свой примитивный несовершенный телескоп, но принял его за звезду.)

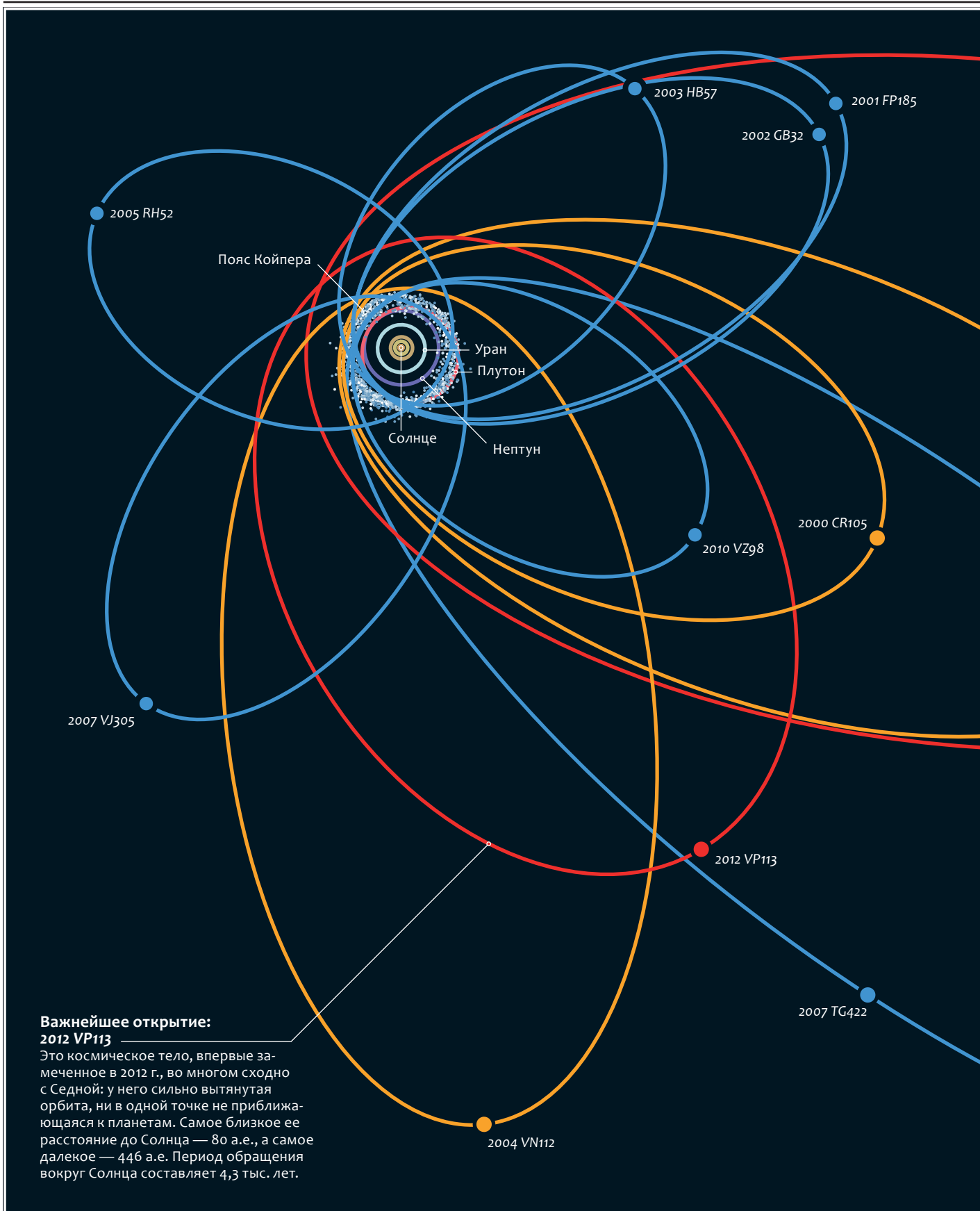
В начале 1900-х гг. бизнесмен, дипломат, астроном и математик из Бостона Персиваль Лоуэлл (Percival Lowell), построивший собственную обсерваторию вблизи Флагстаффа, штат Аризона, занялся поисками другой неизвестной пока планеты. В то время появились свидетельства аномалий орбит как Урана, так и Нептуна, указывающие на существование еще одной планеты-гиганта. В 1930 г. молодой сотрудник обсерватории Лоуэлла Клайд Томбо (Clyde Tombaugh) обнаружил планету, расположение которой более или менее соответствовало расчетам, повторив историю открытия Нептуна. 14 марта 1930 г. газета *New York Times* возвестила: «Обнаружено сферическое тело, о существовании которого давно догадывались, воз-

История астрономии полна загадочных невидимых планет, на мысль о существовании которых наводили необычные орбиты других небесных тел

можно, превышающее по размерам Юпитер и находящееся от нас на расстоянии в 4 млрд миль».

Однако не все здесь соответствовало действительности. Спустя несколько десятилетий выяснилось, что новому объекту, Плутону, далеко до размеров Юпитера: на самом деле он меньше спутника Земли. Его гравитация настолько мала, что ни о каком отклонении под ее действием орбит Нептуна и Урана не может быть и речи. Да и сами отклонения, как выяснилось позже, были не так уж велики. В этом смысле Плутон оказался отчасти ложной тревогой.

Но само по себе это открытие было чрезвычайно важным. В 1980-е гг. планетологи начали склоняться к мнению, что Плутон — вовсе не маленькая планета, движущаяся в одиночестве где-то на ледяных окраинах Солнечной системы, а самый яркий представитель обширной и густонаселенной области, известной под названием пояса Койпера. В 1992 г. с помощью расположенного на острове Гавайи телескопа был обнаружен первый (помимо Плутона) ОПК, и с тех пор этих объектов насчитывается уже около 1,5 тыс. Открытие в 2005 г. карликовой планеты Эриды, которая близка к Плутону по размеру и значительно превосходит его по массе, предвещало добавление нескольких новых планет к уже существовавшему списку из девяти. Это побудило Международный астрономический союз в 2006 г. перевести Плутон в разряд карликовых планет.



Важнейшее открытие:
2012 VP113

Это космическое тело, впервые замеченное в 2012 г., во многом сходно с Седной: у него сильно вытянутая орбита, ни в одной точке не приближающаяся к планетам. Самое близкое ее расстояние до Солнца — 80 а.е., а самое далекое — 446 а.е. Период обращения вокруг Солнца составляет 4,3 тыс. лет.

Самые отдаленные объекты

Далеко за пределами орбит восьми планет, пояса астероидов и даже пояса Койпера, располагающегося за орбитой Нептуна, астрономы обнаружили около дюжины объектов, движущихся по необычным траекториям. Все эти льдистые тела обращаются вокруг Солнца по вытянутым орбитам и имеют одну странную особенность — они максимально приближаются к Солнцу в то время, когда пересекают плоскость планетных орбит — эклиптику. Одной из причин этого может быть наличие на окраинах Солнечной системы крупной неизвестной нам планеты — суперземли. Возможно, ее гравитация синхронизирует поведение этих объектов.

Десять других примечательных удаленных объектов

Астрономы обнаружили по меньшей мере десять других космических тел, сходных по некоторым параметрам с Седной и 2012 VP113; для всех них характерны вытянутая орбита и максимальное приближение к Солнцу во время пересечения плоскости эклиптики. Их среднее удаление от Солнца — не менее 150 а.е. Все их можно разделить на три группы в зависимости от значения перигелия (ближайшего расстояния от Солнца): те, которые никогда не приближаются к светилу на расстояние менее 50 а.е. («внутреннее облако Оорта»); те, которые приближаются на расстояние от 40 до 50 а.е. («периферия обособленного диска»); и те, которые приближаются на расстояние от 430 до 40 а.е. («периферия рассеянного диска»).

Самые отдаленные известные объекты окраин Солнечной системы

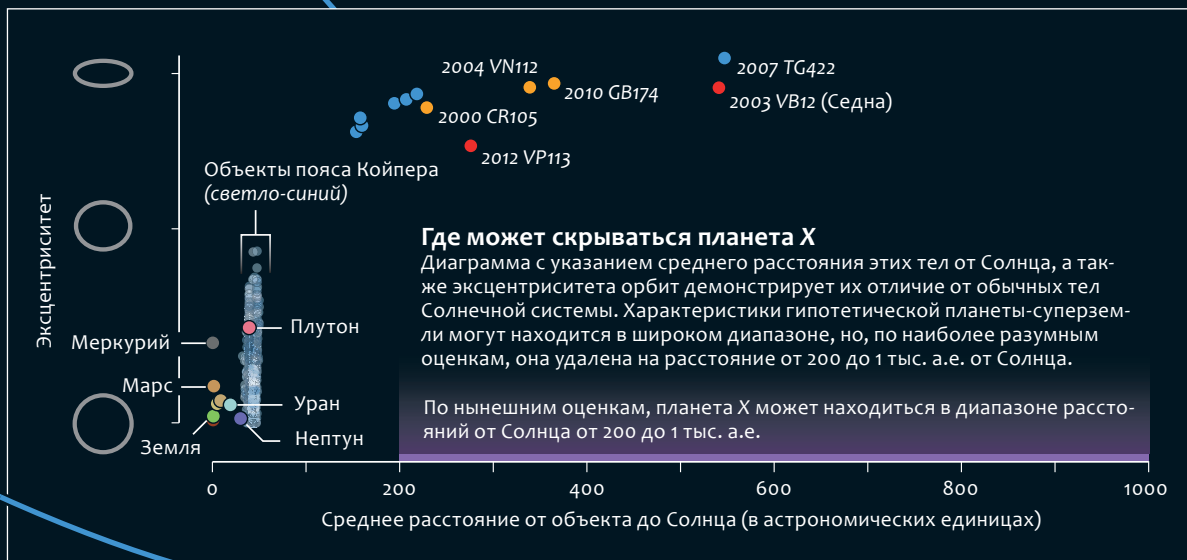
- ● — Внутреннее облако Оорта
- ● — Периферия обособленного диска
- ● — Периферия рассеянного диска

2003 VB12 (Седна)

Важнейшее открытие: Седна

Открытая в 2003 г. Седна — один из самых удаленных известных объектов Солнечной системы, возможно, имеющий самую необычную из когда-либо наблюдаемых орбиту. Это льдистое тело примерно 2,25 тыс. км в поперечнике; совершая один оборот вокруг Солнца за 11,4 тыс. лет, оно максимально удаляется от центра Солнечной системы на расстояние 930 а.е. и не приближается к нему менее чем на 76 а.е. (1 а.е. — расстояние от Земли до Солнца)

2010 GB174



SOURCES: INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION MINOR PLANET CENTER'S LIST OF TRANSNEPTUNIAN OBJECTS (Kuiper belt object data); SCOTT S. SHEPPARD, Carnegie Institution for Science (extreme outer solar system object data); Graphic by Jan Willem Tulp

Перетасовка в Солнечной системе

Открытие пояса Койпера (первое прямое доказательство его существования было получено только в 1992 г.) вселяет уверенность, что ведущиеся в последнее время поиски планеты X не напрасны. Это открытие помогает объяснить, каким образом подобные объекты могут находиться так далеко от Солнца, что мы до сих пор их не видели. Компьютерные модели наводят на мысль, что льдистые космические тела, принадлежащие поясу Койпера, скорее всего сформировались где-то в окрестностях сегодняшнего местоположения Нептуна, а затем что-то отбросило их очень далеко — туда, где они находятся сейчас. По одной из гипотез, рассеяние происходило в период хаоса, воцарившегося вскоре после зарождения планет из сгустков протопланетного диска, состоящего из газа и пыли, которые кружились вокруг новорожденного Солнца. Скорее всего, в этот период нестабильности Юпитер, Сатурн, Уран и Не-

«Никому не приходила в голову мысль о существовании подобного объекта, — говорит Чад Трухильо, — и никто не может объяснить, как он там оказался»

птун сместились на сотни миллионов километров со своих изначальных орбит, а под действием их гравитации ОПК были отброшены еще дальше. Некоторые модели даже указывают на возможность существования пятого газового гиганта, который был вытолкнут за пределы Солнечной системы, в то время как расположение других лишь немного скорректировалось.

Можно предположить, что во время вселенских пертурбаций гипотетическая суперземля тоже была отброшена на периферию Солнечной системы. А поскольку суперземли весьма широко распространены среди примерно 2 тыс. экзопланет, обнаруженных вокруг других звезд за последние два десятилетия, также резонно предположить, что когда-то одна такая экзопланета могла обращаться вокруг Солнца. «Основываясь на этих допущениях, — говорит Бен Бромли (Ben Bromley) из Университета Юты, работающий совместно со Скоттом Кеньоном (Scott Kenyon) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра, — мы разработали несколько сценариев того, что могло произойти с суперземлей, вытолкнутой из окрестностей нынешних орбит Юпитера и Сатурна». Вероятнее всего, она двигалась бы по сильно вытянутой эллиптической орбите, постепенно

растягивающейся еще больше, пока наконец не вышла за пределы Солнечной системы. «Но если рассеяние произошло достаточно рано — в пределах около 10 млн лет после образования планет, до диссипации протопланетного газа, — продолжает Бромли, — то суперземля могла, гравитационно взаимодействуя с газом, обосноваться на задворках Солнечной системы и двигаться по более или менее круговой орбите».

Этот сценарий — один из возможных способов образования такого рода планеты X, которую в начале 1900-х гг. намеревался отыскать Лоуэлл и которую Галле и Леверье обнаружили 50 годами ранее во время совместной работы, посвященной поискам Нептуна. Не исключено, впрочем, как считают Кеньон и Бромли, что суперземля сформировалась на расстоянии 200 астрономических единиц (а.е.) от Солнца; это в 200 раз больше расстояния от Земли до Солнца, равного 149,6 млн км (Нептун обращается вокруг Солнца на расстоянии 30 а.е.). Такое могло произойти, только если там было достаточно много «строительного материала» (кусков горной породы и льда размером с гальку), который обращался вокруг Солнца на столь удаленной орбите.

Никаких более или менее достоверных свидетельств того, что подобное могло когда-либо случиться в Солнечной системе, не существует, но есть указание на то, что так оно и было в других планетных системах, чьи звезды очень похожи на Солнце. «Если вы посмотрите на ближайšie к нам звезды того же типа, что и Солнце, — говорит Кеньон, — то увидите, что некоторые из них окружены дисками из обломков горных пород, простирающимися на расстояние до 200 а.е. от самой звезды. Поэтому наши предположения не беспочвенны. И хотя никаких прямых доказательств формирования суперземли на таком расстоянии от ближайших к нам звезд не существует, по крайней мере у нас есть разумные предположения на этот счет». Все эти модели были умозрительными, когда около десяти лет назад Кеньон и Бромли начали их строить. Не было даже намека на то, что суперземля действительно там есть.

Обнаружение Седны

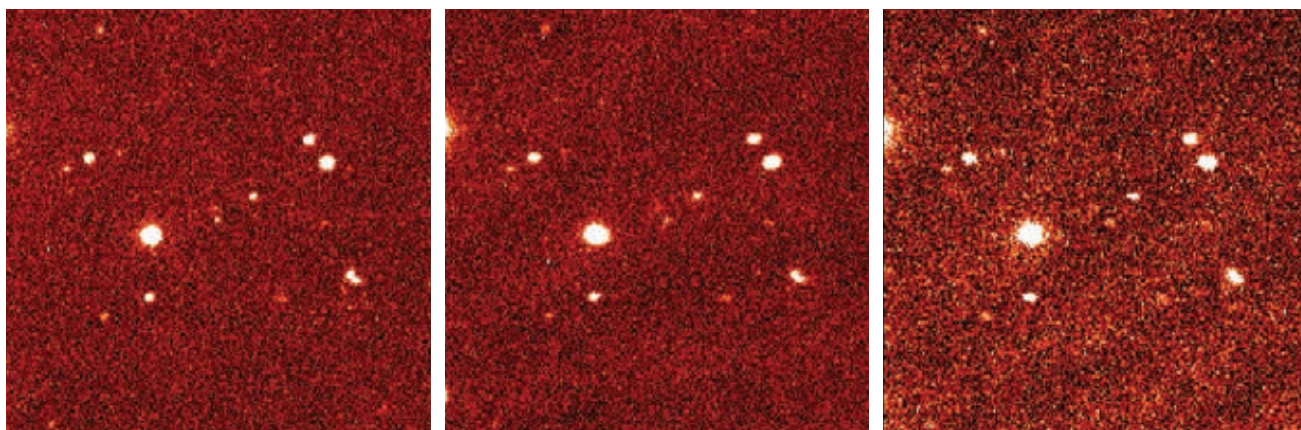
Ситуация сдвинулась с мертвой точки с открытием Седны. В 2003 г. Майк Браун (Mike Brown) из Калифорнийского технологического института вместе с двумя коллегами зафиксировали некий объект, который мог оказаться самым странным в Солнечной системе из всех известных до сих пор. Это было ледяное тело размером около 2,25 тыс. км в поперечнике, во многом похожее на Плутон, Эриду и другие ОПК. Однако такой орбиты, как у Седны, до сих пор никто не видел. Седна никогда не приближается к Солнцу

ближе 76 а.е. (перигелий), что в два раза дальше, чем для Нептуна. У нее самый большой период обращения среди крупных объектов Солнечной системы: 11,4 тыс. лет. Максимальное удаление Седны от Солнца — более 930 а.е., что в 31 раз больше, чем у Нептуна.

«Седна — это действительно нечто странное, — говорит Чад Трухильо (Chad Trujillo), соавтор открытия, работающий сегодня в Обсерватории Джемми на острове Гавайи. — Все, что мы о ней знаем, не поддается объяснению». Ее сильно вытянутая орбита сходна с орбитами долгопериодических комет, но, в отличие от Седны, один конец их орбит зафиксирован гравитацией планет-гигантов. Седну ничто не держит «на якоре». «Никому не приходило в голову, что может существовать такой объект, — говорит Трухильо, — и никто не может объяснить, как он там оказался».

Трухильо, — и обнаружили некое таинственное существо, то вы почти уверены, что существуют и другие подобные ему создания. Так же и в астрономии. Конечно, если это первое существо не было абсолютной случайностью». И продолжает: «Может быть, наш уникальный космический объект был заброшен на такую орбиту по причине, о которой мы не догадаемся, пока не обнаружим еще один подобный объект». И вот теперь он найден.

Этот транснептуновый объект, получивший временное обозначение *2012 VP₁₁₃*, движется по эксцентрической орбите с периодом 4,3 тыс. лет, перигелием в 80 а.е. и афелием — наибольшим удалением от Солнца — в 446 а.е. Как и Седна, *2012 VP₁₁₃* гравитационно полностью независим от Нептуна. И, что очень важно, его аргумент перигелия почти совпадает с таковым у Седны, так же как и у других немногочисленных менее похожих на Седну



На трех снимках, сделанных с промежутками около полутора часов телескопом Паломарской обсерватории в Калифорнии, виден тусклый объект, который астрономы назвали Седной. Странные орбиты Седны и некоторых других подобных объектов наводят на мысль о существовании массивной планеты за орбитой Плутона.

За последующие десять с небольшим лет были обнаружены еще десять объектов меньшего размера, которые тоже движутся по сильно вытянутым орбитам и никогда не подходят близко к Нептуну. В общем-то, в этом нет ничего особенно удивительного: ни один из них не имеет такой экстремальной орбиты и такого дальнего относительно Нептуна перигелия, как Седна. Но у всех них, в том числе и у Седны, сходны аргументы перигелия, важный параметр орбиты, который характеризует, насколько выше или ниже плоскости Солнечной системы находится объект, когда он достигает перигелия. И это обстоятельство представляется по меньшей мере странным.

Все стало еще более удивительным в 2014 г., когда Трухильо и Шеппард в результате десятилетних поисков чего-то подобного сообщили на страницах журнала *Nature* об открытии еще одного похожего на Седну объекта, примерно вдвое уступающего ей по размеру. «Если вы биолог, — говорит

ОПК. Это стало последним шагом на пути к дерзкой гипотезе, аккуратно сформулированной в статье, опубликованной в журнале *Nature*. «Можно предположить, — писали Трухильо и Шеппард, — что на периферии Солнечной системы существует массивный "возмутитель спокойствия" (объект-пастух), по нашим представлениям — суперземля, обращающаяся вокруг Солнца на расстоянии до 250 а.е.». Его гравитация может синхронизировать аргументы перигелия небольших объектов. «Я не думаю, что кто-либо прежде всерьез задумывался о существовании подобной массивной планеты, — заявляет Мэг Швамб (Meg Schwamb) из Йельского университета. — но статья Трухильо и Шеппарда сделала эту мысль рабочей гипотезой».

Масла в огонь подлила опубликованная в сентябре 2014 г. в *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters* статья двух не очень известных испанских астрономов, братьев Рауля и Карлоса

де ла Фуэнте Маркос (Raúl & Carlos de la Fuente Marcos) из Мадридского университета Комплутенсе. Основываясь на характеристиках орбит Седны, $2012 VP_{113}$ и тел меньшего размера, они пришли к выводу, что существует не одна суперземля. Результаты их анализа «однозначно указывали» на то, что за орбитой Нептуна могут находиться по крайней мере две планеты. «Согласно нашим необнародованным расчетам, — говорит Рауль, — этих предполагаемых сравнимых по массе с Землей планет должно быть как минимум две, а может быть, их более 15».

Как и Трухильо и Шеппард, братья де ла Фуэнте Маркос не делают однозначных выводов. Обе группы говорят лишь о том, что существование суперземли вполне вероятно. Но если это окажется реальностью, уверенность астрономов в том, что они понимают, как устроена Солнечная система, будет поколеблена.

Строящийся на севере Чили Большой обзорный телескоп (*LSST*) не будет больше самого крупного работающего ныне, но его поле зрения будет значительно шире. Это позволит охватывать гораздо более обширные области неба и сделает *LSST* незаменимым для поисков тусклых далеких объектов

Сомнения остаются

Существование планеты *X* — весьма заманчивое объяснение странностей Седны и подобных ей объектов, но оно не единственное. По мнению планетолога-теоретика Хэла Левисона (Hal Levison) из Юго-Западного исследовательского центра, Седна и другие аналогичные ей тела могли попасть на удаленные орбиты в то время, когда Солнце еще входило в состав исходного скопления тысяч звезд, которые образовались из сгустков единого газового облака. Перед рассеянием звезды в скоплении находились так близко друг к другу, что искажали орбиты тел на окраинах Солнечной системы, сильно удлиняя и вытягивая их. «Другой причиной удлинения орбит могли стать галактические приливы — более сильное притяжение с одной стороны, чем с другой, во время прохождения Солнца вблизи более плотных областей своей орбиты вокруг центра Млечного Пути. «Мы построили несколько компьютерных моделей этого сценария, — говорит Шеппард, — но они ничего

не проявили. По-видимому, такое развитие событий маловероятно, однако существует множество других».

Вытянуть орбиты могло любое из таких воздействий, но сблизить аргументы перигелия — только суперземля. Или же чистая случайность. Может показаться, что 12 объектов, о которых говорят Шеппард и Трухильо в своей статье, — это слишком много, но если учитывать, что тел в поясе Койпера миллионы, статистически это почти ничто.

Если согласиться со Швамб и ее коллегой Рамон Брассером (Ramon Brassier) из Токийского технологического института, то гипотеза существования планеты *X*, таким странным образом искажившей орбиты Седны и ей подобных, станет еще более маргинальной. «Согласно результатам недавно проведенного нами исследования, — говорит Швамб, — существуют всего четыре похожих

на Седну объекта». Остальные из 12 не приближаются к Нептуну настолько близко, но все же ощущают его гравитацию. Поэтому планетой *X* может оказаться сам Нептун, чем и объясняется такая близость их аргументов перигелия. И если 12 объектов считать статистически маргинальными, то четыре из них маргинальны в еще большей степени (стоит отметить, что слово «маргинальный» в науке имеет несколько другой смысл, чем в обиходной речи). «Все четыре оставшихся объекта могут оказаться синхронизированными случайным образом

за все время их существования с вероятностью не более 1%», — говорит Брассер. Однако большие шансы — вовсе не гарантия успеха. «Тот факт, что у вас есть основания думать, что планета существует, — говорит Швамб, которая согласна с такой возможностью, — вовсе не означает, что она там окажется».

Планетологи проходили через это неоднократно. В 1980-х гг. Ричард Мюллер (Richard Muller), профессор физики Калифорнийского университета в Беркли, счел, что причиной имевшего место в далеком прошлом массового вымирания биологических видов на Земле была тусклая звезда или коричневый карлик — объект с массой, меньшей чем у звезды, но большей, чем у планеты — обращающаяся вокруг Солнца на расстоянии примерно 10 тыс. а.е., или около 1,5 светового года. Согласно его предположению, один раз примерно в 26 млн лет гипотетическая звезда, которую он назвал Немезида, приближается к Солнечной системе и врежется в облако Оорта (гипотетическая сфера

вокруг Солнца, содержащая льдистые тела и служащая источником долгопериодических комет), окружающее Солнечную систему далеко за орбитами Седны и других известных нам объектов. Некоторые из комет направляются во внутреннюю область Солнечной системы, а единицы обрушиваются на Землю, что и приводит к исчезновению на ней многих видов животных.

Но, как и сегодняшняя история с планетой X, та давняя ситуация была лишь похожа на правду: поиски Немезиды ничем не закончились. Немного позже Джон Мэйтис (John Matese) и Дэниел Уитмайр (Daniel Whitmire), оба из Луизианского университета в Лафайетте, высказали предположение, что многочисленность долгопериодических комет, прилетающих с одной стороны небосклона, связана с наличием соизмеримой с Юпитером планеты, обитающей на дальних окраинах Солнечной системы. Наблюдения с помощью высокочувствительных датчиков принадлежащего NASA инфракрасного телескопа WISE ничего не дали. «Мы непременно увидели бы объект размером с Юпитер, находящийся на расстоянии порядка 30–40 тыс. а.е. от Солнца, — говорит Кевин Лахман (Kevin Luhman) из Университета штата Пенсильвания, который руководит поисками. — Точно так же мы рассмотрели бы объект размером с Сатурн, удаленный от Солнца на расстояние 10–15 тыс. а.е.». Но они не обнаружили ничего. Возможно, сопоставимая по размерам с Землей планета X находится гораздо ближе, но она настолько тусклая, что остается незамеченной.

Так есть ли там что-нибудь?

Ориентируясь лишь на 12 необычных объектов, планетологи не могут ответить на вопрос, существует ли в Солнечной системе суперземля. Они лишь могут утверждать, что эта гипотеза не противоречит наблюдениям. Очень важно обнаружить как можно больше объектов с подобными орбитальными параметрами, вот почему астрономы с таким интересом отнеслись к известию об открытии в ноябре прошлого года нового объекта. Обозначенный как V774104, он имеет еще больший перигелий, чем Седна. «Пока рано говорить, какова его орбита и повысятся ли шансы на существование планеты-гиганта, когда это станет известно», — говорит Шеппард, руководитель команды исследователей. Так же рано всерьез говорить о наличии 40 или около того удаленных объектов, «обнаруженных» коллективом Шеппарда, хотя сам он называет эти изыскания «самым глубокими и обширными в истории исследований внешних областей Солнечной системы». Так или иначе, чем больше новых объектов будет открыто, тем с большей уверенностью можно будет утверждать, что на окраинах Солнечной системы находится нечто массивное.

Надеясь еще больше упрочить свои позиции, планетологи с нетерпением ждут введения в строй в 2018 г. на севере Чили Большого обзорного телескопа (LSST). Он не будет больше самого крупного работающего ныне, но его поле зрения будет значительно шире, что позволит охватывать гораздо более обширные области неба. «Сегодня, — говорит Трухильо, — в поисках тусклых далеких объектов мы обследовали площадь в десять квадратных градусов (для сравнения: полная Луна покрывает четверть квадратного градуса), а с помощью LSST можно будет обозревать десятки тысяч».

В случае если суперземля действительно существует и если она достаточно большая и яркая, LSST непременно ее обнаружит. А может быть, кто-то другой сделает это раньше. В декабре прошлого года астрономы заявили, что с помощью расположенного в Чили комплекса радиотелескопов «Атакамская большая миллиметровая решетка» (ALMA) получены прямые изображения объектов, которые могут оказаться суперземлями. Большинство их коллег отнеслись к этому заявлению крайне скептически; кто прав — покажут дальнейшие наблюдения. А может быть, какой-нибудь другой телескоп случайно уже сфотографировал нашу местную суперземлю. «Возможно, это фото находится у кого-то на жестком диске, и его владелец просто не обратил внимания на изображение, поскольку не занимается поисками подобных объектов, — говорит Трухильо. — Люди вообще склонны видеть только то, что их интересует».

Перевод: С.Э. Шафрановский

20 января 2016 г. в *Astronomical Journal* (т. 151, вып. 2) появилась статья американских астрономов Майкла Брауна (Michael Brown) и Константина Батыгина, в которой сообщалось о возможности существования с вероятностью более 99,9% суперземли, находящейся от нас на расстоянии 600 а.е. — Примеч. пер.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ A Sedna-like Body with a Perihelion of 80 Astronomical Units. Chadwick A. Trujillo and Scott S. Sheppard in *Nature*, Vol. 507, pages 471–474; March 27, 2014.

■ Extreme Trans-Neptunian Objects and the Kozai Mechanism: Signalling the Presence of Trans-Plutonian Planets. C. de la Fuente Marcos and R. de la Fuente Marcos in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters*, Vol. 443, No. 1; pages L59–L63; September 1, 2014.

А все-таки – есть ли **ЖИЗНЬ** на Марсе?

У Марса нет ни магнитного поля, ни атмосферы. Эти два «одеяла» спасают Землю от смертельной жесткой радиации.



Хорошо помню, как после катастрофы грандиозного российского проекта «Фобос-Грунт» выглядел директор Института космических исследований РАН академик **Лев Матвеевич Зеленый**. Так выглядят люди, пережившие личную трагедию. И говорить он мог тогда только об этом. О чем бы ни шла речь, возвращался к «Фобосу». До сих пор Лев Матвеевич не может и не хочет обходить эту тему стороной. И в этом его сила: да, у нас не получилось, но мы не опустим руки — и у нас обязательно получится. Последовательное осуществление этого тезиса не дает сбыться самым пессимистичным прогнозам судьбы отечественной космонавтики. Пусть мы пока не впереди планеты всей, но и позади быть не собираемся, доказывает своей работой Л.М. Зеленый. Нынешний амбициозный проект института вновь связан с упрямым, будто не желающим покоряться Марсом.

— **Лев Матвеевич, мы разговариваем в дни, когда стартует грандиозный космический проект «Экзомарс». Когда и как он начинался?**

— «Экзомарс» начался в те дни, когда мы пережили потерю «Фобоса». Надо сказать, пережили мы это с трудом. Пепел «Фобоса» и сейчас стучит в мое сердце... Но тогдашний руководитель «Роскосмоса» Владимир Александрович Поповкин правильно понял ситуацию. Надо сказать, с Марсом нам исторически не везло. Это же не первая потеря. Похожим образом был потерян «Марс-96» в еще более сложной экспедиции 1996 г. И когда европейские коллеги обратились к Поповкину с предложением о сотрудничестве по «Экзомарсу», он активно принял идею. Чем и раньше была сильна, и сейчас сильна Россия? Ракетами-носителями, способными доставлять космические аппараты на околоземные и межпланетные орбиты. Иногда это называют космическим извозом, но это наше бесспорное конкурентное преимущество.

Так вот, В.А. Поповкин чувствовал, что российским ученым нужна возможность продолжить исследования Марса не через 20 лет, а завтра или в крайнем случае послезавтра. Он пообещал европейским коллегам два носителя, но четко обусловил, что российские приборы составят примерно 50% полезной нагрузки. Так и получилось: аппарат, который летит сейчас, состоит из четырех больших приборных комплексов, два из которых — российские.



— **Почему же два носителя?**

— «Экзомарс» состоит из двух этапов: первый космический аппарат (КА) стартовал с космолета Байконур 14 марта, а второй, более сложный, отправится в путь позднее.

— **Насколько я знаю, одна из главных задач проекта — исследование марсианского метана?**

— Проект так и называется — *TGO (Trace Gas Orbiter)*. *Trace* — это характеристические газы и в частности метан, который действительно присутствует на Красной планете. Это одна из основных на сегодня загадок исследования Марса.

— **А первой загадкой была вода?**

— Да, поиски воды были первой научной задачей исследования Марса. Чисто внешне планета выглядит очень сухой, и сначала воду находили лишь в полярных шапках. Но в конце концов на Марсе открыли воду, причем даже в жидком состоянии, и в этом тоже участвовали российские приборы. Сегодня мы точно знаем, что на Марсе есть H_2O , хотя пока достоверно не знаем сколько. Но радарные измерения показывают, что довольно много. Конечно, когда-то воды было много больше. В начале своего существования, когда планета была теплой и влажной, сверху ее покрывал толстый слой океана. А потом Марс потерял свою атмосферу, и вода испарилась, но, как мы теперь понимаем, далеко не вся. И тут всплыла новая загадка — метан.

— **Ведь наличие метана на Марсе открыли с помощью наземных телескопов?**

— Да, характерные линии поглощения метана впервые заметил бывший сотрудник нашего института Владимир Краснопольский (сейчас, кстати, заведующий одной из «мегагрантных» лабораторий МФТИ). Потом было еще несколько экспериментов, которые показали: метан есть, но появляется он нерегулярно. Например, на марсоходах *Curiosity* его почти не видят. Нельзя сказать, что он заполняет атмосферу и существует там миллиарды лет. Нет, он постоянно выбрасывается в виде сгустков, или, как мы говорим, клампов. Дело в том, что метан достаточно легко

разлагается под действием ультрафиолетового излучения Солнца, а на Марсе атмосфера разреженная и от этого излучения его не защищает. На Земле, как мы знаем, есть озоновый слой, на Марсе же его нет. Поэтому метан, по идее, должен быстро разложиться. Однако этого не происходит. То есть атмосфера постоянно пополняется за счет каких-то пока не совсем понятных процессов.

— **За счет чего же?**

— Вот в этом и загадка! Вообще метан — это гниение, брожение. Если вы когда-нибудь оказывались вблизи болота, то знаете этот характерный не слишком приятный запах. Все запасы природного газа возникли как результат этого процесса.

— **Но разве на Марсе есть болота?**

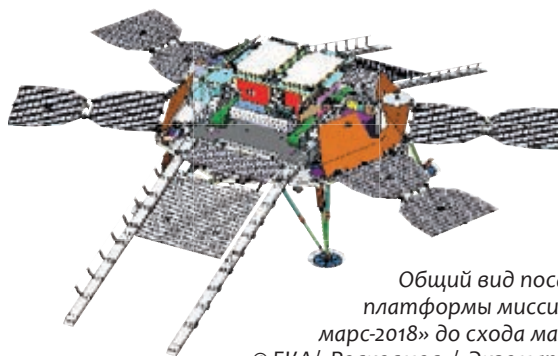
— Нет, болот там нет, но под поверхностью есть вода и возможно существование каких-то органических субстанций.

— **Выходит, мы недалеко от ответа на sacramентальный вопрос, есть ли жизнь на Марсе?**

— Жизнь на Марсе очень давно ищут, и иногда даже кажется, что находят. Но проходит время, и выясняется, что сенсация не состоялась. «Экзомарс» нацелен в том числе и на то, чтобы пролить свет на этот вопрос. Но знаете, как в науке часто бывает: ищешь Индию, а найдешь Америку. Поэтому не будем забегать вперед.



Запуск РН «Протон-М» с РБ «Бриз-М», миссия «Экзомарс-2016» © ESA – Stéphane Corvaja, 2016



Общий вид посадочной платформы миссии «Экзомарс-2018» до схода марсохода © ЕКА/«Роскосмос»/«Экзомарс»/НПОЛ

Кроме того, на этих аппаратах большие приборные комплексы для изучения химического и, по возможности, изотопного состава атмосферы Марса, наличия там редких и благородных газов. Это поможет нам понять, как происходила эволюция Марса и его атмосферы.

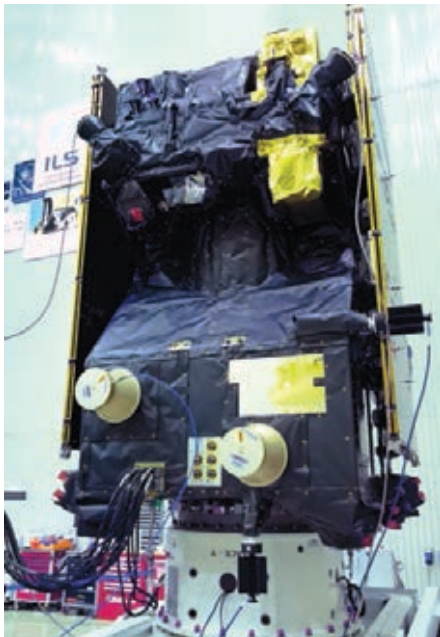
— **Какие отечественные приборы помогут это выяснить?**

— Это большой комплекс масс-спектрометров, сделанный у нас в институте, которые будут проводить измерения в ближнем и среднем спектрах инфракрасного диапазона. Комплекс включает в себя и фурье-спектрометр, также изучающий основные линии в инфракрасной области. Похожие приборы есть у европейских коллег. Очень хорошая, надежная оптическая система разработана коллегами из Швейцарии.

Плюс нейтронные измерения. С их помощью будут продолжены исследования марсианской воды в подповерхностном слое Марса. Прибор этот сильно усовершенствован по сравнению с российским же прибором *HEND*, с 2001 г. успешно работающим на американском КА *Mars Odyssey*. Сейчас дополнительно установлен коллиматор, благодаря чему пространственное разрешение измерений стало на полтора-два порядка выше, чем раньше. В результате мы сможем построить гораздо более точную картину распределения воды.

— **Есть несколько гипотез, что произошло с Марсом, и одна из самых популярных — грандиозный космический катаклизм. Как вы к этому относитесь?**

— Пожалуйста, я расскажу, как было дело. Планеты, как и люди, рождаются разными. Марс родился маленьким. У него были атмосфера, вода, как на всех планетах. Но это было миллиарды лет назад, в период, когда формировалась вся Солнечная система. А потом у всех планет все пошло по-разному. Ну, Земля, слава богу, в основном все сохранила, даже сумела из своего вещества и Луну родить. Марсу повезло меньше. Атмосфера удерживается гравитацией, которая у него из-за малой массы оказалась недостаточной. Второй эффект — высокие слои атмосферы ионизируются ультрафиолетовым излучением Солнца. У Земли ничего



Общий вид космического аппарата Trace Gas Orbiter на космодроме Байконур (слева); М.И. Мокроусов (ИКИ РАН), ведущий разработчик прибора FRENД, начинает процедуру установки второго летного образца FRENД на борт космического аппарата Trace Gas Orbiter (справа) © ЕКА/«Роскосмос»/FRENД/ИКИ

страшного не происходит, потому что магнитное поле удерживает солнечный ветер очень далеко от этой области. А Марс сначала потерял магнитное поле, а потом его верхние слои его атмосферы, ионизируемые УФ-излучением Солнца, стали непосредственно взаимодействовать с солнечным ветром. Ионизованные атомы атмосферы, которые подхватываются солнечным ветром, необратимо уносятся в космическое пространство. Этот процесс неплохо нами изучен и называется эрозией атмосферы. Так Марс остался без атмосферы и магнитного поля.

— **Иначе говоря, это был совершенно естественный для него процесс, и никакой космической катастрофы, удара гигантского метеорита не было?**

— Нет-нет, это естественный процесс, и он был предопределен. Судьба такая у Марса. У Венеры все пошло по-другому. Она, наоборот, перегрелась, ее океаны испарились и создали суперпарниковый эффект. А парниковый эффект — очень важная часть нашей жизни. Это захват отраженного от Земли солнечного излучения облачным слоем, дающий определенную прибавку к температуре на поверхности планеты. На Марсе он составляет всего один-два градуса, это очень мало. А на Венере этот эффект прибавляет 500 градусов. На Земле — примерно 40 градусов. Если бы не парниковый эффект, мы с вами сейчас стучали зубами. Тоже ничего хорошего, согласитесь. Но и радоваться рано. Парниковый эффект имеет тенденцию к самораскачиванию. Это своеобразная климатическая неустойчивость: чем становится горячее, тем больше испаряется воды. И планета теряет океаны, перегревается. Что будет с Землей, тоже пока непонятно. Земля где-то посередине

между двумя этими крайностями ледяного Марса и раскаленной Венеры. Поэтому когда мы объясняем, зачем нужно изучать планеты, ответ прост: в первую очередь, чтобы понять самих себя. Великие фантасты (Стругацкие, Лем, Брэдбери) признавались: говоря о космосе, мы всегда смотрим вверх, но имеем в виду то, что у нас под ногами, — нашу Землю и нас, человечество.

— **А что вы думаете по поводу того, что на Марсе могла быть жизнь и, вероятно, все мы оттуда родом?**

— Вообще, это хороший вопрос. Мы знаем, что удары метеоритов, столкновения крупных астероидов с Марсом выбивали из него вещество, оно разлеталось в космосе и часть попадала на Землю. В Антарктиде находили фрагменты таких метеоритов. В нескольких институтах в мире есть коллекции марсианских метеоритов. Никаких особых биологических вкраплений там не нашли, но этого и не должно быть, потому что они пережили сильнейший удар и мощный нагрев при пролете через атмосферу Земли. Однако если вернуться к вопросу о том, каким образом зарождалась жизнь на Земле, то можно предположить, что именно так. Есть теория панспермии, гласящая, что споры жизни переносятся по Вселенной. И есть другие теории, предполагающие что на каждой планете жизнь может зародиться самостоятельно. Был ли такой обмен спорами жизни между Землей и Марсом, пока неизвестно. Но, может быть, скоро мы это узнаем. Когда увидим хотя бы простейшие биологические образования — на Марсе или где-то еще, выясним, какой у них генетический код, тогда нам станет ясно, совпадает он с нашим или нет. Потому что если это самоорганизация, то она может развиваться совершенно независимо от подобных



Директор Института космических исследований РАН академик Лев Матвеевич Зеленый

процессов в других частях Вселенной. Теория панспермии, наоборот, предполагает существование какого-то общего источника. И это, конечно, великая задача.

Здесь, кстати, стоит упомянуть о так называемом планетном карантине, требовании жесткой стерилизации всех КА, летящих к Марсу, а тем более предназначенных для посадки на его поверхности. Иначе мы найдем там жизнь, которую могла занести туда земная техника.

— Невероятно интересно. А есть ли у ваших исследований долгосрочная задача освоения Марса? Как в фильме «Марсианин», где вместо яблона цветет картошка.

— Там проблема не в картошке. Как раз вырастить что-то на Марсе возможно. Но, если помните, Мэтт Дэймон там гуляет, ездит на какой-то тележке, путешествует по поверхности. Так вот, это совершенно невероятно. То есть он, конечно, может это сделать, но смертельный диагноз за такое долгое время его путешествий ему гарантирован. Возможно, не сразу, но довольно скоро. Я говорил, что у Марса нет ни магнитного поля, ни атмосферы, — это два «одеяла», которые нас спасают от смертельной жесткой радиации.

— Как я понимаю, важны еще сроки перелета: пока люди долетят до Марса, космическая радиация успеет превратить их в глубоких инвалидов.

— Именно так. С Луной проще, там лететь два-три дня, а тут — несколько месяцев. Поэтому скажу так: колонизация Марса возможна, но вряд ли она будет выглядеть так, как в том кино. Скорее всего, это будут глубокие бункеры, какая-то подземная жизнь.

— Лев Матвеевич, значит, шанс встретить марсиан у нас все-таки остается? Думаю, этот вопрос будет волновать человечество всегда.

— Конечно, Аэлиту всем хочется найти. Где-то под землей какая-то микробная Аэлита, вероятно,

и существует. Как ни крути, Марс — опасная планета для человечества. Это правда. Другого нет. Марс — плохой, невыносимый, там радиация, холод, разреженная атмосфера, но альтернатива все равно отсутствует. Только на Марсе существует какая-никакая атмосфера, а значит, можно ее сгущать, конденсировать, еще что-то придумывать. Придумаем обязательно.

— Лев Матвеевич, помню, как тяжело вы переживали неудачу «Фобоса». Можно ли сказать, что неудачи позади?

— Надеюсь на это. И вот что тут важно. Мы к этому дню запуска «Экзомарса» были готовы. Да, были аварии, мы очень переживали, но не сидели в глубокой тоске, а работали и готовились, анализировали, делали новые приборы.

Причем я уверен, что наши приборы во всех этих аварийных проектах повели бы себя нормально, долети они до Марса. Просто до них не дошла очередь. Аппараты погибали раньше. У меня есть любимое стихотворение Бориса Слуцкого, которое он написал на смерть своего друга. «Я не жалею, что его убили. Жалею, что его убили рано. Не в Третьей мировой, а во Второй». «Фобос» тоже так погиб. Хоть бы долетел до Марса — было бы не так трагично. Но, тем не менее, приборы, которые делались в ИКИ РАН, оказались надежными, на пяти космических аппаратах ЕКА и NASA летают наши приборы, и работают они успешно уже по десять и больше лет. Этот опыт очень пригодился и при работе над приборами для «Экзомарса».

— Насколько я знаю, речь не только об изучении Красной планеты?

— Не только. Буквально в эти дни у нас идут российско-американские переговоры о совместной экспедиции на Венеру. Это отдельный очень интересный разговор. А главное в нашей программе на следующие десять лет — это Луна. У нас там несколько посадочных миссий, большая международная программа, и Европейское космическое агентство в ней тоже участвует. Причем если к марсианской программе мы присоединились, то лунная программа — российская, а европейцы присоединились к нам. Общая концепция определена Советом РАН по космосу совместно с «Роскосмосом». Хотя и с «Экзомарсом» мы играем вполне полноправную роль, и сравнивать, чей вклад важнее, было бы неправильно. Но самое главное, что я хочу сказать: Марс — это замечательно, но есть у нас много других, не менее интересных и амбициозных планов. Так что списывать Россию со счетов, заменив нас китайцами, как это сделали создатели фильма «Марсианин», не стоит. Мы еще летаем. ■

Беседовала Наталья Лескова

Пилотируемая
космонавтика ближе
к фундаментальной
науке, которая не дает
сиюминутную отдачу,
но без которой
следующие шаги
невозможны

В КОСМОС — **БИЗНЕС-** КЛАССОМ?



Ну выйдет человечество в космос — и что? На что ему космос, когда не дано вечности?

Сальвадор Дали

Эта мысль — не единственное творение выдающегося мастера концепций, с которым можно было бы поспорить. С другой стороны, именно в самых спорных из них заложен повод для размышлений и интересного разговора. А тут редкий случай, когда сам Сальвадор Дали — и вдруг не оригинален! Похожие вопросы в отношении космонавтики звучат часто. В чем смысл полетов в космос? Зачем государство тратит на это средства? К чему программы и эксперименты, которые не окупаются? Может быть, правильнее летать в космос на деньги частного бизнеса?

За ответами на эти вопросы мы обратились к Герою Советского Союза, Герою России, космонавту **Сергею Константиновичу Крикалеву** и заслуженному конструктору Российской Федерации, без малого 40 лет проработавшему в РКК «Энергия», **Александрю Григорьевичу Чернявскому**.

Такая странная наука

— Вы никогда не обращали внимания на одну из любопытных особенностей космонавтики: наука существует, но нет ученого?

С.К.: Ученого-космонавта?

— Физики есть, математики есть, а космос всегда идет как приставка. Почему?

С.К.: Думаю, потому, что космонавтика — интегральная наука. Она объединяет очень много разных направлений. Поэтому многие люди приходят в нее, имея определенную специализацию, и у нас нигде не учат или мало где учат специалистов, готовых работать в космонавтике в широком смысле слова. Все доучиваются. Физик или материаловед, получив базовые знания в университете, приходит на работу и доучивается. Мало того, с течением времени появляются новые материалы, понятия, технологии, люди учатся всю жизнь. Космонавтика очень обширна, поэтому никто и не ставит задачи научить космонавтике как базовой науке.

А.Г.: Я сейчас приехал с научно-методического совета по образованию как раз по специальности, которая называется «Ракетно-космические комплексы и космонавтика». И у меня был вопрос...

С.К.: ...что такое космонавтика?

А.Г.: Да. Все технические вузы присутствовали на этом методическом совете. На сегодня в образовательной программе науки под названием «космонавтика» нет.

С.К.: Наверное, «нет» сказать нельзя, просто понятия не очень четко определены.

А.Г.: Не определены — значит и нет изучения, нет научных исследований в области космонавтики как таковой.

— В этом году мы отмечаем 55-летний юбилей со дня полета в космос первого космонавта планеты — Юрия Алексеевича Гагарина. Одно из мнений, сложившихся к настоящему моменту, — что пилотируемая космонавтика не должна существовать за счет государства, поскольку уже доказала свою низкую экономическую и практическую отдачу. Как вы на это смотрите?

С.К.: Спорный вопрос. Это все равно что сказать: «Испытательные полеты экономически нецелесообразны, потому что экономически целесообразными становятся пассажирские полеты». Пилотируемая космонавтика ближе к фундаментальной науке, которая не дает сиюминутную отдачу, но без которой следующие шаги невозможны.

А.Г.: Я тоже не согласен. В любой ситуации раньше или позже люди захотят полететь на Марс, захотят исследовать Венеру — и дальше, в другие галактики, потому что человеку свойственно исследовать неведомое. Авиация появилась благодаря этому свойству, а не подсчетам экономической выгоды. Человек просто хотел летать.

ПЕРВЫЙ ПОЛЕТ

12 апреля 2016 г. исполняется 55 лет с того дня, как летчик-космонавт Юрий Алексеевич Гагарин на корабле «Восток-1» совершил первый космический полет вокруг земного шара. Продолжительность полета составила 108 минут, скорость — 28 тыс. км/ч, высота — 302 км. Покорение космоса — единственный случай, когда одной из самых значительных вех истории человечества во всем мире была признана не война и не революция.

БЛИЦВОПРОСЫ

Сергей Крикалев

— **Помните ли вы, как и когда впервые услышали о Юрии Гагарине?**

— Мои первые воспоминания — рассказы воспитателей в детском саду. Представление о дне, когда Гагарин полетел в космос, сложилось у меня позднее — по картинкам, из услышанного от разных людей. Ощущение общего стихийного ликования. Но это скорее не о Гагарине, а о стране. Не представляю, какое событие сейчас могло бы так ее объединить.

— **Какая первая ассоциация возникает у вас в памяти в связи с полетом Юрия Гагарина?**

— Что это был «симметричный» год — если перевернуть цифры 1961 вверх ногами, получится то же самое число задом наперед.

— **Что вы поняли о Гагарине, когда впервые полетели в космос?**

— Понял величие поступка. Осознал, до какой степени полет Гагарина был шагом в неизвестное. Даже когда имеешь за спиной опыт Юрия Алексеевича и других космонавтов, собственный первый полет так или иначе остается таковым. А до Гагарина никто не испытывал того, что предстояло ему, и ничего не было известно наверняка...

— **Ваше самое яркое личное впечатление, связанное с Гагариным?**

— В 2011 г. я присутствовал на выступлении советского ученого-конструктора Бориса Евсеевича Чертока, который в свое время работал с Сергеем Павловичем Королевым. Черток говорил о нюансах полета Юрия Гагарина. Для меня стало открытием, как много существенного мы до сих пор не знаем о том полете, сколько по сей день осталось непознанным...

Александр Чернявский

— **Помните ли вы, как и когда впервые услышали о Юрии Гагарине?**

— Я учился в младших классах киевской школы. На перемене мы выбежали во двор, а в это время над городом с самолета разбрасывали листовки с портретом Гагарина. Потом было сообщение ТАСС, что первый человек полетел в космос.

— **Какая первая ассоциация возникает у вас в памяти в связи с полетом Юрия Гагарина?**

— Празднование в стране. Как по телевизору показывали встречу Гагарина в Москве, приветствие на Красной площади.

— **Ваше самое яркое личное впечатление, связанное с Гагариным?**

— Когда я узнал, что мой папа связан с космонавтикой и лично знаком с Гагариным.

С другой стороны, кто на сегодня посчитал экономикой по спутникам связи, по дистанционному зондированию Земли? Это приносит колоссальные прибыли.

С.К.: Это очень большой бизнес — многомиллиардный.

— **Да, но мой вопрос был о пилотируемой космонавтике.**

С.К.: Приведу аналогию. Создается новый автомобиль. Прежде чем начать штамповать его на конвейере, проводятся испытания, делаются деревянные макеты, продувается что-то в аэродинамической трубе, работают дизайнеры, делается концепт, потом собирается опытная версия, которая испытывается на полигоне. Существует много вещей, которые сами по себе выхода не дают, а только в комбинации с тем, что потом будет сделано на конвейере. Если сравнивать космонавтику в целом и пилотируемую космонавтику, последняя как раз играет роль такого испытательно-исследовательского отдела.

Похожие рассуждения уже были: «Зачем нам другие автомобили, когда есть “Жигули”? Народ их покупает. Зачем создавать новые модели? Это же затратно!» Перестали заниматься разработкой нового. В результате на протяжении 20–30 лет делали старые автомобили, отстали от всех и в конце концов экономически рухнули. Это оправданно или нет? Подобная позиция очень близорука

и абсолютно невыгодна. Так же можно сказать: у нас есть спутники, которые делают фотографии, — пусть и дальше делают. Пройдет десять лет, и потом повторится ситуация, как с «Жигулями».

А.Г.: С другой стороны, к вопросу о пилотируемой космонавтике. Сейчас постоянно говорят о разогреве Земли, о том, что она столкнется с какими-то другими планетами, метеоритами и пр. Кто прав, кто нет — спорить бессмысленно. Один из проектов, который в разных вариантах предлагали и предлагают мне до сегодня, — переселение землян на другие планеты. Вполне возможная ситуация.

С.К.: Она не сегодняшняя и не завтрашняя.

А.Г.: Да, но двигаться, искать решение нужно, раз существует такой риск. Есть проекты, где по 20 млн человек перелетают целыми колониями. Во время пилотируемых полетов проводятся исследования. И еще это отработка технологий для тех же спутников мониторинга, телекоммуникационных спутников, спутников дистанционного зондирования Земли и т.д. Руками того же Сергея Константиновича проведена масса научных экспериментов. Много может только космонавт.

С.К.: Приведу пример из нашей отрасли. Любая экономическая эффективность — это отношение полученного результата к затратам. Результат может быть не очень большим, но если затрат почти нет — это эффективно. Если ты много потратил,

КОСМИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Космический эксперимент «Краб» был осуществлен советскими специалистами в 1989 г. Две кольцевые рамочные крупногабаритные конструкции диаметром 20 м каждая должны были раскрыться в открытом космосе по команде с Земли. Их звенья приводили в действие приводы из никелида титана — сплава с эффектом памяти формы.

Конструкции были установлены на космическом транспортном грузовом корабле «Прогресс-40». Это был первый подобный эксперимент в мировой практике. Он продемонстрировал возможность развертывания крупногабаритных космических конструкций с использованием приводов из материалов с памятью формы в космосе.

но получил гораздо более важный результат, это тоже эффективно. Например, всем известный телескоп «Хаббл», на который было потрачено много денег. Сразу после его выведения на орбиту стало понятно, что ошиблись с оптикой, — она у него не сфокусирована. Хорошо, что с самого начала делали этот телескоп обслуживаемым, т.е. таким, чтобы человек с ним мог работать. Несмотря на то что каждый полет к «Хабблу» стоил очень дорого, затраты на эту миссию позволили привести телескоп в рабочее состояние, отремонтировать его на протяжении многих лет, что дало огромный результат, о котором мы все сейчас знаем. Это говорит еще и о том, что попытка создать полностью роботизированную миссию имеет право на жизнь, но чтобы сделать робота очень надежным, придется его дублировать, троировать, делать пятикратное резервирование. Стоимость увеличится, и не факт, что результат будет большим. Поэтому на деле экономически более эффективна разумная комбинация человека и автомата.

— **Человек стоит дешевле робота?**



А.Г. Чернявский

С.К.: В некоторых случаях — да, как ни странно. В сложных задачах. Можно сделать универсального робота, но он выйдет непомерно дорогим и не таким надежным, как человек.

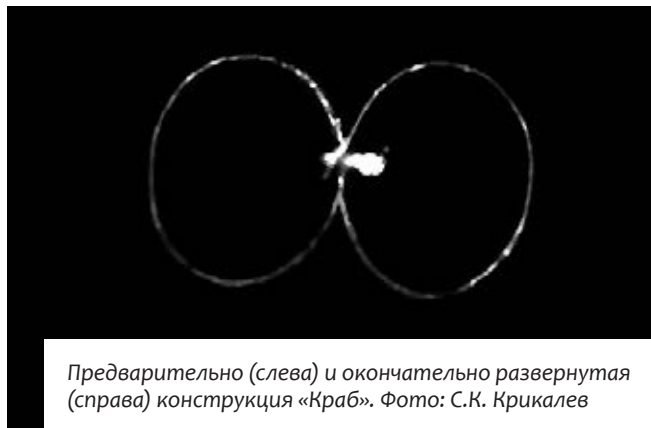
А.Г.: Еще один пример — эксперимент «Краб», который осуществлялся при непосредственном участии Сергея Константиновича, под его контролем. От него пришло в ЦУП первое сообщение о том, что полностью раскрылись две двадцатиметровые большие конструкции.

С.К.: Если вспоминать этот эксперимент, то он пошел не совсем так, как планировалось. Корабль отстыковался. Вблизи станции развертывание конструкции «Краб» произошло не полностью. Если бы не пилотируемая часть этого полета, не удалось бы зафиксировать окончание эксперимента. Корабль стал удаляться. Но мы с борта станции «Мир» продолжали наблюдения далеко за пределами того диапазона времени, который был изначально отведен. Нам удалось подтвердить, что конструкция раскрылась, хотя и не в то время, в которое предусматривалось, а гораздо позже.

А.Г.: Со своей стороны могу рассказать: ночь мы проработали в Центре управления полетами и пытались, управляя кораблем «Прогресс», раскатать конструкцию, предполагая, что там что-то зацепилось. Ближе к утру мне пришла мысль, что не хватило электричества для повышения температуры приводов до достаточного уровня, поскольку раскрытие происходило в теневой зоне. Поэтому при выходе корабля на солнечную часть орбиты у нас суммируются температура от Солнца и от поданного электричества. Сработало!

БЕЗ КОММЕНТАРИЕВ

В 1970 г. специалисты NASA подсчитали, что средний американец с годовым доходом в \$10 тыс. платит около \$30 налога в пользу космических программ. Поскольку процент бюджета, выделяемый правительством США на исследования космоса, по-прежнему составляет 1,6, а средний подоходный налог для граждан не менялся с 1950-х гг., цифра верна и сегодня. Средний россиянин, конечно же, не зарабатывает десятки тысяч долларов в год. Но и на космонавтику в нашей стране выделяется куда меньше средств — около 0,2% государственного бюджета. То есть человек, получающий зарплату 10 тыс. рублей в месяц, из которой вычитается налог 13%, отдает на космические исследования 31 руб. 2 коп. в год.



Предварительно (слева) и окончательно развернутая (справа) конструкция «Краб». Фото: С.К. Крикалев

С.К.: Мы на станции тоже не спали.

А.Г.: И от Сергея Константиновича сразу пришло известие: «Ребята, раскрылось!»

— В фильме «Девять дней одного года» герои сообщают о неудаче с экспериментом, а он отвечает: «Зато из ста возможных путей к истине один испытан и отпал».

— **С.К.:** И это уже успех. Да, совершенно верно.

— **Насколько призрачна в космонавтике эта грань между удачей и неудачей?**

С.К.: В одном фильме говорилось, что в науке отрицательного результата не бывает, потому что если ты ожидал получить одно, а получил другое, то результат все равно положительный. Конечно, бывают ситуации, когда гибнут люди, разрушается техника. Во всех других случаях, как правило, если мы получаем неожиданный или не тот, который хотели, результат эксперимента, эта информация тоже позволяет приблизиться к ответам на наши вопросы.

— **Возвращаясь к тому, что может случиться через миллиарды лет: зачем все это налогоплательщику, особенно в кризис?**

С.К.: То есть мы согласились с тем, что развиваться надо и что часть космонавтики должна быть пилотируемой. Дальше вопрос: почему мы это делаем сейчас, а можно было бы отложить, подождать, пока кризис закончится?

— **Исходя из чего среднестатистический налогоплательщик, который вряд ли проживет больше сотни лет, должен согласиться, что вложения в судьбу планеты Земля через миллиарды лет для него целесообразны?**

С.К.: Философский вопрос. Тут многое зависит от образования, от информирования общественности. Свою роль могут сыграть и журналисты. Могу сказать, что, когда люди начинали плавать на бревнах через реки или на примитивных судах через моря, была масса тех, которые говорили: «Зачем это надо? Сидишь здесь и сиди». Но цивилизации, которые сидели на берегу, потихоньку вымерли, а те, кто расширяли свой ареал обитания, продвигались дальше и существовали дольше.

Что нам стоит дом построить

— **В этом году исполняется 25 лет эксперименту «Софора», непосредственными участниками которого вы были. В чем он состоял?**

А.Ч.: Был проведен очень хороший, важный для космической техники, для технологии и даже для науки эксперимент. В открытом космосе Сергей Крикалев вместе с командиром экипажа космонавтом Анатолием Арцебарским вручную собрал крупногабаритную космическую конструкцию «Софора» длиной 14,5 м, состоявшую из 20 секций, в каждой из которых было шесть конструктивных элементов. Впоследствии на нее была установлена выносная двигательная установка массой 800 кг. И то и другое — серьезное научно-техническое достижение.

С.К.: Ферменная конструкция «Софора» — по сути, рычаг.

А.Г.: Рычаг для управления по каналу крена станцией «Мир», благодаря которому была сэкономлена масса топлива, сэкономлены грузовики, которые должны были его доставлять. Мало того, станция «Мир» при затоплении до последнего момента управлялась по каналу крена с помощью этой выносной двигательной установки.

С.К.: Есть разные технологии сборки конструкций. Можно сваривать, можно свинчивать, можно соединять. Для сборки «Софоры» была создана новая технология — соединение элементов конструкции с помощью узлов из материалов с памятью формы. На Земле провели массу экспериментов, отработок, тренировок. Кстати, похожий эксперимент по сборке фермы делали американцы. Они собрали только одно, правда, большое звено и пришли к выводу, что данная технология слишком трудоемка, чтобы использовать ее в дальнейшем.

А.Г.: Нам один американский астронавт на выставке в Ошкоше рассказывал про эту сборку. Когда мы обсуждали его опыт, он показал свои руки с оставшимися следами от кровавых мозолей, которые у него появились за время того эксперимента.

С.К.: У нашего эксперимента был другой результат. Нам удалось собрать ферменную конструкцию полностью. Еще одна задача была — поставить на нее двигательную установку. Конечный результат мерился килограммами топлива, каждый из которых в свою очередь меряется десятками тысяч долларов. Мы сделали задел на будущее, показывающий, что так можно решать сложные задачи.

А.Г.: Технологии, о которых Сергей Константинович говорит, начинались с исследований применяемых материалов. Необходимо было проверить, какие деформационные характеристики, какие температуры мартенситных превращений и т.п. Все эти данные нужно было совместить с требованиями к конструкциям, работающим в космическом пространстве. Были созданы и отлажены специальные приборы и устройства для сборки. Для этого была подключена большая кооперация научных организаций и вузов. Мы рассчитывали жесткости, все превращения, управление динамикой, чтобы космонавт мог надежно работать.

— **Я читала, что результаты эксперимента «Софора» будут применены при создании элементов корабля для полета на Марс.**

С.К.: Не обязательно на Марс, они могут быть применены в разворачивании новых конструкций, при строительстве новых полей солнечных батарей, модулей на орбите или на поверхности Луны — где угодно.

— **А в связи с чем «Софора» попала в Книгу рекордов Гиннеса?**

ВОЗВРАЩАЯ ФОРМУ

Мартенсит — внутренняя структура некоторых металлов и металлических сплавов. Их кристаллическая решетка при внешнем воздействии перестраивается, но большинство связей между ее атомами сохраняются, т.е. из старых положений в новые они перемещаются практически одновременно. Подобный способ перестроения кристаллической решетки был назван мартенситным превращением. Впервые его обнаружили при изучении процессов, происходящих при закалке стали. Позднее выяснилось, что он свойствен многим чистым металлам, сплавам цветных металлов, полупроводникам и полимерам. Некоторые из них обладают памятью исходной формы. В отдельных сплавах (их единицы) этот эффект проявляется настолько сильно, что может иметь практическое значение. При нагреве в деформированных частях таких сплавов возникает внутреннее напряжение. Оно заставляет атомы, связи между которыми, как уже говорилось, при мартенситном превращении не разрушаются, стремиться в их исходное положение. Соответственно, материал принимает исходную форму.

С.К.: По тем временам это была и, наверное, остается самая большая собранная в космосе конструкция. То есть какие-то объекты собирались на Земле, запускались, были больше, были меньше, а вот так, чтобы собрать не на Земле...

— **А чем вам больше всего запомнилась станция «Мир»? Может быть, есть какой-то случай, связанный с ней?**

С.К.: Для меня это мой первый полет, первый вход в станцию. Одно дело, когда ты лазаешь по тренажерам, другое — когда прилетаешь на объект, который реально находится в полете. Для меня станция — это еще и люди, с которыми я работал. Мы прилетели, там заканчивала полет третья экспедиция, куда входили Володя Титов, Муса Манаров и недавно к ним прилетевший Валерий Поляков. Были довольно интересные работы по французской программе. В мой второй полет тоже было много интересных исследований: «Софора», эксперименты с большой центрифугой, технологические эксперименты. С самого начала своего существования «Мир» был международной станцией. Первый полет был с французом Жаном-Луи Кретьеном, второй полет — мы стартовали с англичанкой Хелен Шарман, а в конце его должен был прилететь австриец Франц Фибек, но это оказался не конец, а середина моей экспедиции. Австриец прилетел вместе с казаком Токтаром Аубакировым, потом мы еще работали с немцем Клаусом-Дитрихом Фладе. Это была красивая международная программа. «Мир» стал для нас вторым домом, к которому начинаешь относиться более лично.

— **Если говорить о первом полете, о моменте старта, можно ли в полной мере быть внутренне к нему готовым?**

С.К.: Абсолютно готовым нельзя быть никогда и ни к чему. Система подготовки делает нас готовыми в той мере, которая достаточна для выполнения программы. Все равно какие-то вещи для нас были сюрпризом. Много я знал теоретически, но ощущал впервые. Многие вещи я сейчас переоцениваю. Вспоминаю свое первое впечатление: ракета толкается сильнее в конце работы, а отделение гораздо более динамично, чем я ожидал...

— **Как вы восприняли затопление станции «Мир»?**

С.К.: С печалью.

А.Г.: Правильное определение, по-другому даже трудно сказать, когда затапливается труд сотен тысяч людей — техника, находящаяся в абсолютно здоровом состоянии.

С.К.: Вы видите, как сносят дом. Кому-то интересно посмотреть, кто-то сочувствует, кто-то думает об архитектурном облике района. Может быть, и правильно дом сносят, потому что у него закончился срок эксплуатации, но если ты прожил в нем какую-то часть своей жизни, у тебя

Ферменные конструкции «Софора» и «Рапана». Фото: А.А. Серебров



устанавливаются личные отношения с этим неодушевленным объектом. Затопление станции «Мир» происходило, когда заканчивалась первая экспедиция на МКС. И мы, наверное, были одними из последних, кто видел «Мир» в полете. Наши баллистики предупредили, что станция «Мир» сейчас будет пролетать недалеко от нас, может быть, будет шанс ее увидеть. Мы смотрели в разные иллюминаторы, стараясь охватить как можно больше пространства. Вроде бы Юрий Гидзенко (*космонавт-испытатель. — Примеч. ред.*) видел мелькнувшую точку в иллюминаторе... Когда мы вернулись на Землю и только-только начали ходить (в специальных штанах, которые, как каркас, помогали нам преодолевать земную силу тяжести), мы пришли к нашим друзьям, коллегам, работавшим в американском Центре управления полетами. Многие из них тоже отдали месяцы, а то и годы жизни работе на станции «Мир». Это все выглядело как поминки.

От общего к частному

— У нас часто говорят о науке, о космонавтике, что они должны сами себя окупать. Как вы относитесь к таким утверждениям?

С.К.: Есть наука фундаментальная, есть прикладная. Говорить, что каждая составная часть научных поисков должна быть самоокупаемой, — глупость.

А.Г.: Особенно для космонавтики.

С.К.: Физик-теоретик сидит и что-то пишет на листке бумаги. Листок бумаги с цифрами сам по себе никогда не будет окупаемым. Он окупится только тогда, когда все выкладки и расчеты, сделанные на нем, превратятся в атомную электростанцию, которая будет давать ток на 2% больше, чем без этих линий, которые там нарисованы.

Это важная тема: что должно делать государство, а что частный бизнес. Такие вещи, как фундаментальная наука, частный бизнес никогда



С.К. Крикалев

развивать не будет. Ни один бизнес не будет строить, например, сверхзвуковые аэродинамические трубы. В космонавтику сейчас приходят коммерческие компании, и это целесообразно. Рискованные вещи государство берет и должно брать на себя. А вот полученные результаты исследований, когда дальше можно просчитать бизнес-проект и измерить риски, может уже брать на себя коммерция. На Западе государство платит крупным авиационно-космическим компаниям деньги и поручает некую матчасть. Для фирм, получивших такой заказ, это чистой воды бизнес: выполнил работу — получил денег больше, чем потратил. Что касается глобальных вещей — определение направлений, стратегии, проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, — это государство должно оставлять за собой. Оно должно иметь контроль над тем, что делают частные компании в высокотехнологичных областях.

А.Ч.: Я, например, не знаю ни одного предприятия космической промышленности в Соединенных Штатах и в Западной Европе, которое было бы государственным.

— А что вы скажете о примере Илона Маска? Его компания построила коммерческий космический корабль, долетевший до МКС и успешно пристыковавшийся к ней.



Сборка первого звена конструкции «Софора» внутри ОС «Мир». Фото: А.П. Арцебарский

С.К.: Результаты сложнейших расчетов, многочисленных испытаний, которые осуществило государство, взяв деньги налогоплательщиков, были предоставлены не только Илону Маску, но и всем, кто захотел попробовать поиграть в этой зоне. И, кстати, Илон Маск не единственный, кто сейчас решает подобную задачу. Вот исследования по поведению высокотемпературной плазмы. Вы думаете, они сами проводили эти исследования? Они их получили от NASA.

— **Теперь Илон Маск утверждает, что его летательные аппараты в десять раз снижают затраты на космические полеты по сравнению с теми, что разрабатывались NASA.**

С.К.: Правильно. Придумать автомобиль — сложная задача. А когда уже автомобили сделаны и все результаты отданы очередной фирме, которая производит автомобили, конечно, затраты будут

меньше. С самолетами то же самое. Создание и испытание самолетов — очень дорогостоящее занятие. Изготовление тоже недешевое, но оно в разы дешевле, чем создание первых образцов.

А.Ч.: У меня вопрос: вот Илон Маск, будучи частным предпринимателем, работает на пилотируемую космонавтику, создает на своем SpaceX пилотируемый корабль — на какие средства? Он вытащил из другого своего бизнеса и вложил? Это не совсем так — большую часть ему выдало NASA.

С.К.: Государство.

— **Еще одно имя — профессор Сассекского университета Мариана Маццукато. Она консультирует NASA по вопросам распределения ответственности между государственным и частным секторами. Она считает: раз частный бизнес зарабатывает на государственных вложениях, то должен отдавать государству часть своих доходов. Как вы к этому относитесь?**

С.К.: Ровно это и происходит. Государство, потратив деньги на те или иные исследования, отдает результаты промышленности. Промышленность развивается, начинает создавать что-то новое, появляются новые рабочие места. Деньги возвращаются государству в виде налогов. Часть этих средств снова вкладываются в науку, которая создает новые идеи.

СКОЛЬКО СТОИТ РАКЕТА

Илон Маск — канадско-американский бизнесмен, миллиардер. Его компания SpaceX занимается частными разработками ракет-носителей, кроме того, она выступает коммерческим оператором космических систем. Согласно подсчетам Los Angeles Times, объем государственных субсидий, которые Илон Маск получил для реализации своих проектов, составляет \$4,9 млрд.

— **Речь идет о дополнительном возмещении в виде процента акций и других подобных решениях.**

С.К.: Вопрос в том, как это делать. Есть несколько вариантов. Например, если Илон Маск сделал что-то более дешевое, может, это и есть способ возврата вложений государства. Ему предоставляют исходные данные и результаты испытаний, таким образом, он избегает необходимости проверять пять вариантов решения задачи, чтобы выбрать один. Значит, он экономит, идя по уже проторенной дорожке. Кстати, в этом смысле Илон Маск, может быть, в какой-то мере исключение, поскольку его бизнес достаточно крупный, он мог себе позволить играть в более масштабные проекты, опираясь как на знания NASA, так и на собственные ресурсы.

— **Профессор Мацзукато сказала: «Мы живем в эпоху, когда космос приватизируется». Согласны ли вы с этим?**

С.К.: Если под космосом подразумевается космическая деятельность — да. Если космос как пространство — нет. Вопрос в масштабах. «Винтики» и «гаечки» уже давно делает частный бизнес. Затем ему доверили не только отдельные элементы, а какие-то части сборки. Позже бизнес стал принимать участие в более крупных сегментах. Я был свидетелем больших дебатов в Америке, когда крупный заказ на подготовку «Шаттла» к очередному полету был отдан частной компании. Правда, она была соизмерима с нашими крупными государственными предприятиями. Но государство все равно взяло на себя более масштабную задачу. А если государство начинает решать сиюминутные вопросы, закрывая сегодняшнее, тактическое, можно потерять в стратегии. Мы шарахались из государственного в полностью частное, а истина где-то посередине.

Высокие сферы для реалистов

— **Часто создается впечатление, что работа в сфере космонавтики — исключительно для мечтателей.**

С.К.: Не исключительно, но для мечтателей — это, наверное, правда. Поскольку русский язык очень богат, слово «мечтатель» может иметь как положительный, так и отрицательный оттенок. Когда мы говорим о человеке, который мечтает и ничего не делает, в этом смысле я начинаю с какого-то момента понял, что настало время действовать. Хотя в положительном смысле этого слова мы все равно мечтаем. Сергей Королев был тоже мечтателем, но он реализовывал свои мечты.

— **Что вас сейчас вдохновляет?**

С.К.: Мне часто задавали вопрос: «Почему ты пошел в эту профессию?» Я сам долго пытался понять, что послужило толчком. Любопытство, наверное. Оно и сейчас остается. Хотелось бы

сделать что-то новое, посмотреть, как будет лететь корабль к Марсу. Хорошо бы слетать на Марс. Интересно то, что мы делаем. И очень хочется увидеть результат.

А.Г.: Я бы сказал то же самое, что и Сергей, но кое-что добавил. Меня окружают хорошие люди, их вполне достаточно — тех, кто толкает меня к тому, чтобы все время совершенствовать и себя, и технику. Не согласен со словом «мечтатели». Мне больше нравится «реалист», который хочет результата. Понимаю, что получу интересный для всех — предприятия, отрасли, людей, науки — очередной результат. Это меня побуждает к работе. Есть масса проектов, которые я хочу реализовать, — и они обязательно будут реализованы. ■

Беседовала Ксения Чернявская

СПРАВКА

Сергей Константинович Крикалев

- Летчик-космонавт, заместитель директора ЦНИИ машиностроения по пилотируемым программам, действительный член Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, кандидат психологических наук.
- Окончил Ленинградский механический институт.
- В 1985 г. вошел в отряд космонавтов.
- 1988–2005 гг. — совершил шесть космических полетов: три длительных экспедиции на станцию «Мир» и три — на МКС.
- 2007–2009 гг. — заместитель генерального конструктора РКК «Энергия»
- 2009–2014 гг. — начальник Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина
- С марта 2014 г. — заместитель генерального директора ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» по пилотируемым программам.
- Герой Российской Федерации (звезда Героя РФ № 1), Герой Советского Союза.

Александр Григорьевич Чернявский

- Заслуженный конструктор РФ, советник РКК «Энергия».
- Окончил Московский авиационный институт.
- С 1976 г. по настоящее время — сотрудник РКК «Энергия».
- Прошел путь от инженера-конструктора до заместителя генерального конструктора — руководителя научно-технического центра «Конструкция космических кораблей, орбитальных комплексов, автоматических космических аппаратов и средств выведения».
- С 2016 г. — советник РКК «Энергия».
- Опубликовал более 55 научных статей, имеет 48 авторских свидетельств и пять патентов РФ.



ОТ ЛОМОНОСОВА ДО «ЛОМОНОСОВА»

Создание нового космического научного комплекса в МГУ — это рывок в будущее. Так считает ректор МГУ академик **Виктор Антонович Садовничий**, и с этим невозможно не согласиться.

Безэховая камера ОАО «Корпорация "ВНИИЭМ"» для проверки космического аппарата на электромагнитную совместимость



Монтажно-испытательный комплекс ОАО «Корпорация "ВНИИЭМ"», лаборатория сборки космического аппарата «Ломоносов»

М

ного лет назад В.А. Садовничий сказал: «Я мечтаю о том, чтобы у Московского университета появились собственные спутники, а создавать их должны профессора и студенты — именно такой союз позволяет поднимать образование до "космических высот". Повторяю: я мечтаю об этом...»

Ректор МГУ им. М.В. Ломоносова принадлежит к тем людям, которые осуществляют свои мечты. Нашу беседу, в основном касавшуюся подготовки к запуску в космос научной станции «Ломоносов», я начал с вопроса:

— **Шесть раз вы поднимали МГУ в космос — я имею в виду спутники, созданные здесь, — но, как мне кажется, только сейчас вы полностью удовлетворены, не так ли?**

— Вся моя жизнь связана с университетом, а потому мне хотелось, чтобы он становился все сильнее и сильнее. Космос — моя «научная болезнь». Еще будучи ассистентом, я получил задание создать тренажер, который позволил бы готовить космонавтов к встрече с невесомостью. Это было интересно, и я создал группу на мехмате. В нее вошел руководитель службы медицинской подготовки космонавтов Л.И. Воронин. А в качестве испытуемого — летчик-космонавт В.Ф. Быковский.

Мы использовали существующую центрифугу, другую аппаратуру и, конечно же, взялись за математику. С помощью Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина мы сумели создать на Земле полную имитацию невесомости и всего полета. Старт — перегрузки, затем невесомость, когда совсем другая циркуляция крови, использовали скафандр «Чибис», чтобы кровь отжималась от ног к голове, потом — разные этапы посадки с волнами перегрузок. Космонавты, которые пошли тренироваться на нашем комплексе, сразу же подтвердили, что он эффективен и полностью соответствует

всем этапам космического полета. С тех пор все космонавты, наши и зарубежные, тренируются на этом комплексе. Мы получили тогда Государственную премию СССР.

— **Это, безусловно, гарантия отличной работы. Понятно, что вы сразу же заболели космосом. А самому слетать не хотелось?**

— Тогда — очень! Да и сейчас не прочь, но уже, кажется, поздновато... Московский университет вел космические программы намного раньше, с запуска второго искусственного спутника Земли это были различные эксперименты, а с наших работ это стало неотъемлемой частью его жизни. Я имею в виду изучение атмосферы Земли, астрофизику, планеты Солнечной системы.

— **Шла интенсивная подготовка лунных экспедиций и бурного освоения околоземного пространства — создавался «Буран»...**

— Да, МГУ довольно плотно по нему работал. Причем в разных областях. «Буран» полетел с нашим оборудованием, но потом, к сожалению, эта программа была остановлена. А там планировались интересные эксперименты. Работы были продолжены с Институтом космических исследований. Они касались реакции космонавтов. Необходимость возникла после одной из аварий на орбите.

— **А что случилось?**

— Космонавт вроде бы ошибся, одна из антенн была повреждена. Казалось, ошибка космонавта очевидна. Но на самом деле все обстояло иначе.

Мы проанализировали ситуацию, провели необходимые исследования и доказали, что при невесомости вестибулярная система срабатывает таким образом, что зрение фиксируется на полторы секунды позже, чем происходит событие, т.е. человек «запаздывает» — он поворачивает голову и видит то, что уже сделано. Это открытие фундаментального порядка, и оно было отмечено еще одной Государственной премией.

— Насколько я знаю, в МГУ всегда был интерес к подобного рода исследованиям — непривычным и необычным. А знаменитый мехмат МГУ дал всех классиков космонавтики: это и М.В. Келдыш, и А.Ю. Ишлинский, и Д.Е. Охочимский, и Г.И. Петров, и другие. И, конечно же, В.А. Садовничий...

— В моей судьбе мог случиться неожиданный поворот. Более половины выпускников нашего курса шли работать к С.П. Королеву в Подлипки. Я тоже был предварительно распределен туда. Я уже был женат, а потому нужна была квартира. Мы были не москвичами, а в то время иногородних в Москве прописывали с большим трудом. Неожиданно ректор Московского университета Иван Георгиевич Петровский пригласил меня и сказал, что хочет оставить меня в университете. «Не мечтайте о другой работе», — сказал он.

— За год до запуска первого искусственно-го спутника Земли президент академии наук М.В. Келдыш собрал совещание, на котором попросил высказать предложения по космическим исследованиям. Профессора МГУ стали лидерами: их эксперименты были очень интересными. И они были осуществлены уже на втором спутнике. Радиационные пояса Земли могли носить имя академика С.Н. Вернова — он ведь открыл их!

СЛОВО О М.В. КЕЛДЫШЕ

«В яркой личности Мстислава Всеволодовича Келдыша гармонично сочетались замечательный ученый, блестящий инженер и выдающийся организатор. Возможно, в XXI в. не будет больше ученых, равных ему как в современной математике, так и в механике и технике... В 1966 г. на Всемирном математическом конгрессе в Московском университете я находился на 15-м этаже, где мы рассказывали какие-то свои первые научные результаты по несамосопряженным операторам. В аудитории неожиданно зашел Мстислав Всеволодович. Для нас он тогда был как икона. Он взглянул на доску, сразу же сделал ряд замечаний, из которых следовало, что все это он глубоко продумал и хорошо знает. И эта сцена — его приход в аудиторию, где докладывали молодые аспиранты, и его замечания к написанным формулам на доске по ходу — до сих пор живо представляется мне. Этот случай произвел на меня очень глубокое впечатление».

— Начиная с 1945–1946 гг. в Московском университете появился интерес к внеземным исследованиям. Ученые Института ядерной физики МГУ, где работал Сергей Николаевич Вернов, были наиболее продвинуты в этой области. Но и на мехмате Дмитрий Евгеньевич Охочимский, Александр Юльевич Ишлинский, Алексей Антонович Ильющин, Леонид Иванович Седов, Георгий Иванович Петров и другие ученые были ориентированы на космические исследования. Именно это во многом обеспечило наши выдающиеся успехи в первый период космической эпохи. Но, конечно, первым следует назвать выпускника МГУ Мстислава Всеволодовича Келдыша.

— Вы общались с ним?

— Да, у меня есть своя история отношений с этим великим ученым и человеком. Его блестящая работа по несопряженным операторам стала для меня своеобразной путеводной звездой. Он опубликовал короткое исследование, но это было открытие нового направления. Я работал в этой области — сначала кандидатская диссертация, потом докторская. Очевидно, Келдыш запомнил мой доклад на конгрессе, так как вскоре пригласил меня в ученый совет своего института. Обыкновенно он сажал меня рядом. Я был поражен тем, как он ведет заседание, как он глубоко проникает в суть каждой проблемы. В моей биографии эти встречи с М.В. Келдышем остались навсегда. В университете мы чтим его память. Как математик — я об этом сужу профессионально — он входит в плеяду величайших математиков XX столетия. Он — один из первых.

— Первую Звезду Героя он получил за создание водородной бомбы, вторую — за полет в космос, а третью — за создание той великой науки, которая была в Советском Союзе. Роль его в истории нашей страны и всего мира переоценить невозможно.

— А мы гордимся тем, что он выпускник МГУ и много лет читал лекции на мехмате.

— Вы были на космодромах?

— Да, и в Плесецке, и на Байконуре. Впечатления колоссальные! Сначала «Татьяна-1». Ее запускали на Севере. Все было очень хорошо организовано. Запуск состоялся секунда в секунду. Спутник вышел на орбиту. Мы возвращались в Москву на самолете и уже в полете получили сообщение, что заработали и приборы. Это была вторая радость, а первая — когда прошла информация, что спутник вышел на заданную орбиту. На Байконуре же были приключения. Это было ночью. Поехали на стартовую площадку. Познакомился с пусковой командой, ребята мне направились. И вдруг я чувствую, что происходит что-то нестандартное. Вскоре выяснилось, что появились неполадки в носителе. Пуск был отложен. Нас посадили в автобус и отвезли в отель. На следующую ночь все прошло блестяще. Присутствовали коллеги из Кореи, которые участвовали в создании «Татьяны-2».

ТОЛЬКО ФАКТЫ

Спутник «Университетский-Татьяна» относился к классу микроспутников, его масса — около 30 кг. Научная аппаратура спутника разработана и изготовлена в МГУ, сам спутник — в ФГУП ОКБ «Полет» (Омск). Спутник был запущен 20 января 2005 г. с космодрома Плесецк ракетой «Космос-3М» в рамках совместной программы МГУ и Военно-космических сил Министерства обороны России. В.А. Садовничий напомнил, что спутник «Татьяна-1» был запущен 22 января 2004 г. накануне 250-летия МГУ. Это был первый романтический проект, но нам очень приятно, что этот космический аппарат работал на орбите два расчетных срока и к настоящему моменту, видимо, выработал свой ресурс, по крайней мере мы перестали принимать его сигналы. И хотя мы надеемся «оживить» «Татьяну-1», настало время для создания более мощного и технически совершенного космического аппарата, которым станет «Татьяна-2».

«Университетский-Татьяна-2» — это второй спутник МГУ. В его создание внесли неоценимый вклад молодые научные сотрудники, аспиранты, студенты МГУ, в частности НИИ ядерной физики и механико-математического факультета. 17 сентября 2009 г. «Татьяна-2» вышла на орбиту. На «Татьяне-2» были установлены более совершенные приборы. Вместе с корейскими коллегами из Женского университета Ихва в Сеуле был разработан принципиально новый прибор для изучения спектральных и динамических характеристик ультрафиолетовых свечений в верхней атмосфере. Среди новой аппаратуры — детектор заряженных частиц, который позволит выявить присутствие «убегающих электронов» на больших высотах, как это предсказывается теорией. На «Татьяне-2» установлен также модернизированный детектор ультрафиолетового излучения ДУФ с дополнительным детектором для измерений красных свечений.

Любопытная история произошла со спутником, в создании которого принимали участие специалисты из Индии. Началось все в этом кабинете. Президент Индии — он ученый-ядерщик — спросил меня о космической программе университета. Я рассказал ему, что мы запускаем малые спутники. Он вдруг спросил: «А не хотите ли с нами поработать?» Конечно, мы сразу согласились. И на этом разговор завершился. В Кремле был обед. И на нем президент Индии попросил В.В. Путина поздравить меня. Я подошел. Гость говорит, что мы договорились делать спутник вместе. Владимир Владимирович поддержал эту идею, и наш спутник включили в межправительственное соглашение. Вместе с коллегами из Индии мы его создали, и вскоре он был выведен на орбиту с индийского космодрома Шрихарикота. Вот так, оказывается, можно осуществлять международные проекты!

— **Итак, пришел черед «Ломоносова». Как его можно охарактеризовать?**

— Это уже крупная научная космическая станция. Общий вес — 650 кг. Это сотни килограммов приборов, и подобный опыт в мире, пожалуй, трудно найти. Станция предназначена для изучения неизвестных нам явлений. Аппаратура нацелена на прорывные направления в науке. Прежде всего, это исследование излучений вне Млечного Пути. Они мощные, врываются в нашу Галактику и взаимодействуют с нашими реликтовыми излучениями. Есть гипотезы так называемого обрыва взаимодействия, которые выдвинули наши ученые. Если они будут подтверждены, это станет колоссальным открытием.

— **Честно говоря, я уже давно теряюсь, когда начинается разговор о проблемах астрофизики, — настолько во Вселенной все сложно и необычно, что обывателю трудно понять, чем так увлечены ученые.**

— Это точно. Разобраться нелегко, а потому надо им просто доверять. Мы изучаем то, что находится за пределами нашей Галактики. Значительная часть аппаратуры связана с радиационным излучением, мы систематически — от спутника к спутнику — уточняем новые факты, связанные с ним. Вспышки в атмосфере представляют опасность, а потому мы их исследуем.

— **То есть аппаратура «Ломоносова» смотрит на звезды и одновременно на Землю?**

— Да, это так. На «Ломоносове» есть аппаратура, которая связана с нашими роботами-телескопами. Это система «Мастер». Роботы поставлены от Москвы до Владивостока и на запад до Канар. Они есть даже в Южной Америке. «Кнопка» находится в Москве. Таким образом, мы смотрим с Земли вверх, а со спутника вниз. Идет астероидный контроль, а также наблюдение за космическим мусором. Он представляет все большую и большую опасность. Это удивительная система, и она стоит на «Ломоносове».

— **Создается впечатление, что сейчас я говорю только с ученым: речь идет о чистой науке. А где же ректор?**

— Университет имеет программу развития. Задача ректора — определить главные направления, которые потребуют значительного финансирования. На ученом совете предложения ректора обсуждаются и принимаются соответствующие решения. Как одно из главных направлений я выбрал для МГУ космос. Думаю, что это было верное решение.

— **Как оно влияет на образование?**

— Как мне кажется, влияние огромное. На «Ломоносове», например, в каждом приборе есть труд студентов и аспирантов, они участвовали в создании сложнейшей аппаратуры. Более того, начиная с «Татьяны-1» и даже раньше, на первом этапе

космических исследований, студенты проходили практикум. Они работали с той информацией, которую мы получали из космоса. Причем практикум этот был для студентов не только МГУ, но и других университетов. Студенты шести факультетов в той или иной форме участвуют в космической программе МГУ. Кстати, у каждого университета есть свое лицо, которое отличает его от других. У нас три кита, на которых мы держимся: космос, супервычисления и науки о жизни. И неплохая гуманитарная составляющая — это уже четвертый кит.

Мы не хотим останавливаться на «Ломоносове», хотя он потребовал огромных усилий и многих лет, но он помог установить тесные контакты с «Роскосмосом» и ВНИИЭМ, где изготовлялся. Эти контакты надо развивать. После «Ломоносова» начнем работать над новыми проектами, где уже больше внимания будем уделять человеку.

— Есть рейтинги университетов. Какое место вы в них занимаете?

— Их много. Я сказал бы так: нет ни одного рейтинга, где бы мы не входили в сотню, пятидесятку и даже двадцатку.

ТОЛЬКО ФАКТЫ

Спутник *YouthSat*, запущенный в 2009 г., — совместный проект МГУ и индийских университетов, который создавался под эгидой космических агентств двух наших стран. Цель проекта — изучение солнечной активности с помощью аппаратуры, разработанной в МГУ, и ионосферных возмущений во время усиления солнечной активности аппаратурой, созданной индийскими коллегами. Учеными МГУ в рамках данного проекта была создана современная аппаратура для изучения солнечных энергичных частиц, генерируемых во время мощных взрывных процессов на Солнце, а также информационный блок, обеспечивающий сбор, обработку и передачу на борт спутника информации с блока детекторов космического излучения.

Спутник «Вернов» был запущен 19 июня 2014 г. Аппаратура «Нуклон», созданная в МГУ, представляет собой современный детектор элементарных частиц и ядер для изучения поэлементного состава и энергетических спектров космических лучей сверхвысоких энергий, генерируемых в пределах нашей Галактики. Он был запущен в декабре 2014 г. в качестве попутной нагрузки на космическом аппарате «Ресурс-П».



Космический аппарат «Ломоносов»; ректор МГУ В.А. Садовничий и статс-секретарь госкорпорации «Роскосмос» Д.В. Лысков во время пресс-конференции перед отправкой спутника на космодром Восточный

— Назовите хотя бы один университет в мире, который запускал бы спутники подобные «Ломоносову».

— Не думаю, что такие есть.

— Значит, вы первые?

— Но не только по космосу. У нас действует суперкомпьютер. Ни один университет не имеет подобных, они есть только в национальных центрах. Так что суперкомпьютер — тоже наш приоритет. И в этой области мы лидеры.

— Давняя мечта потихоньку осуществляется?

— Время непростое. Я имею в виду экономику и финансы. Но университет развивается, и остановить этот процесс невозможно.

— Итак, от Михаила Васильевича Ломоносова до спутника «Ломоносов» — такова дистанция развития Московского государственного университета. Старт науки и ее триумф, не так ли?

— Звучит красиво и убедительно. ■

Беседовал Владимир Губарев

СЛОВО О «ЛОМОНОСОВЕ»

Это трехметровый космический корабль, сделанный учеными МГУ в содружестве с учеными Кореи, Венесуэлы, Мексики и других стран, и он уникален. Запуск спутника «Ломоносов» позволит России стать полноправным участником глобальной сети радиационного мониторинга, который ведется многими космическими агентствами, а оптические эксперименты на борту позволят впервые в нашей стране протестировать космический сегмент обнаружения потенциально опасных небесных тел и фрагментов космических аппаратов.

Цикл телепрограмм

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР



Автор и ведущая —
Эвелина Закамская

РОССИЯ 24

**очевидное
невероятное**

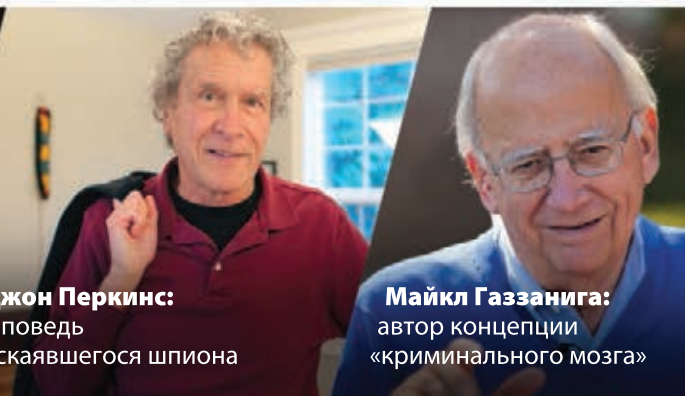


Н^Р ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ
Научная Россия



Дирк Хельбинг:
как выжить
в информационной
лавине

Виктор Матвеев:
увидеть миг
рождения материи



Джон Перкинс:
исповедь
раскаявшегося шпиона

Майкл Газзанига:
автор концепции
«криминального мозга»



Джин Шарп:
человек, взорвавший мир

Ноам Хомский:
интеллектуал
Западного полушария

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



Стивен Шор:
аутист, разрушивший
стену своего заболевания

Михаил Ковальчук:
НБИКС-конвергенция —
цивилизационный взрыв

Бертран Пикар:
вокруг света
на энергии Солнца

Адриано Агуцци:
прионы — наслед-
ственность без ДНК

АСТРОНОМИЯ

МОЯ ЖИЗНЬ ОХОТНИКА ЗА КОМЕТАМИ

К полувековому исследованию
космоса меня побудило не что
иное, как необходимость пройти
тест по французскому

Дэвид Леви

Мысль заняться поисками комет пришла мне в голову 50 лет назад погожим монреальским утром. Отчасти это было спонтанное решение. Приближалось время сдачи теста по французскому языку, и я знал, что экзаменатор, мистер Хатчисон, заинтересуется, чем я собираюсь заняться в дальнейшем. Мне нужно было придумать нечто правдоподобное, о чем я смог бы легко рассказать по-французски.

Примерно шестью годами ранее я действительно страстно увлекся наблюдениями ночного неба, но не мог же я просто встать и возвестить: «Это будет астрономия!». Мистер Хатчисон непременно захотел бы узнать подробности. Тут я вспомнил о комете, которую недавно обнаружили японские исследователи, — той, что в итоге оказалась самой яркой из всех замеченных в XX в. Недолго думая я решил сказать так: «Помимо прочего, я намереваюсь заняться поисками комет». К тому же по-английски и по-французски слово «комета» звучит почти одинаково, поэтому рассказать о моем новом призвании на французском будет относительно несложно.

К тому времени, когда я пришел в тот день в школу, у меня уже был готов план исследований на всю оставшуюся жизнь. И ответ, который я дал мистеру Хатчисону, был никакой не выдумкой. Я приступил к делу в пятницу вечером,

17 декабря 1965 г., когда Луна представляла собой ущербный полумесяц и ее свет не слишком мешал наблюдениям. С той ночи я ни разу не прерывал поиски комет. К счастью, занятия научной журналистикой и чтение лекций о ночном небе, не говоря уже о поддержке любящей жены Уэнди, позволяют мне заниматься любимым делом и по сей день.

Можно искать кометы всю жизнь, но так и не обнаружить ни одной. В моем распоряжении было хорошее оборудование — восьмидюймовый телескоп «Пегас», к которому позднее добавились более мощные приборы. Однако на то, чтобы открыть первую комету, у меня ушло 19 лет. Та достопамятная ночь 13 ноября 1984 г. началась с того, что я нацелился на тусклую галактику, затем обнаружил планетарную туманность — оболочку, сброшенную старой звездой, и, наконец, увидел впечатляющее скопление звезд. Вскоре мое внимание привлек нечеткий объект в южной части скопления. Он светил рассеянным светом, но не имел симметрии, характерной для некоторых галактик. Не был он похож и на плотное крапчатое звездное скопление. Я зарисовал в блокноте этот объект и некоторые окружающие его звезды в качестве ориентиров. Еще и еще раз посмотрев в телескоп и сделав новые рисунки, я осознал, что этот расплывчатый объект не стоит на месте относительно соседних звезд, а медленно перемещается на север; так могла вести тебя только комета.

Я позвонил одному из астрономов Ловелловской обсерватории, расположенной вблизи города Флагстаффа в штате Аризона, который подтвердил мою находку и настоятельно посоветовал послать ему телеграмму. Я испытал такое чувство, будто могу взлететь прямо в небо, которое так любил. Оказалось, что уже следующим вечером эту комету независимо от меня обнаружил Майкл Руденко (Michael Rudenko), и таким образом новый объект получил название «комета Леви — Руденко».

Впоследствии, работая и в одиночку, и вместе с коллегами, я открыл еще 22 кометы. Наверное, самой знаменитой из них была комета Шумейкеров — Леви 9, ставшая первым небесным телом, чье столкновение с планетой (Юпитером) было зафиксировано астрономами. Вместе с супругами Каролин и Юджином Шумейкер (Carolyn & Eugene Shoemaker) мы обнаружили этот необычный космический шар в 1993 г., за 16 месяцев до его гибели.

Я продолжаю заниматься поисками комет, но уже сомневаюсь, что мне удастся обнаружить хотя бы еще одну. Процесс стал полностью автоматизированным: компьютеры самостоятельно сканируют сделанные в автоматическом режиме фотографии ночного неба в поисках размытых объектов, движущихся определенным образом. Мой подход — прямое наблюдение неба в телескоп в надежде увидеть то, что никто прежде не видел, — стал больше не нужен. Однако я по-прежнему наслаждаюсь визуальной охотой. Сегодня, спустя 50 лет, поиски доставляют мне большее удовольствие, чем само открытие, и это служит стимулом к работе.

Перевод: С.Э. Шафрановский

Астроном Дэвид Леви,
обнаруживший 23 кометы,
в обсерватории Жарнак в Вейле,
штат Аризона, с одним из своих
любимых телескопов —
шестидюймовым рефлектором
«Минерва»



Photograph by Jamey Stillings

Лучи

живые и мертвые

26 марта 2016 г. Объединенный институт ядерных исследований отметил 60-летний юбилей

Хотя и считается, что ОИЯИ — почти то же, что *CERN*, только немного поменьше и расположен в Подмосковье, разница все-таки существенная. Да, международная организация, да, занимаются большей частью физикой элементарных частиц, да, стоят большие ускорительные установки. Но на территорию *CERN* может пройти любой смертный, а бесплатные экскурсии там проводятся по всем важнейшим объектам, включая знаменитый БАК — Большой адронный коллайдер. В ОИЯИ тоже много экскурсий, много молодежи из разных стран (в том числе и школьников из разных городов), однако на его территорию попасть все же сложнее. От прочей вселенной институт отгорожен высоким забором, контрольно-следовой полосой и всеми прелестями жесткого пропускного режима. Сотрудники и посетители проходят через бдительную вооруженную охрану. Машины осматривают со всех сторон, включая днище. Это связано с тем, что кроме мощных разнотипных ускорителей здесь есть и свой ядерный реактор. Но нас интересовал не он. Целью нашего приезда на международный режимный научный объект на этот раз стала одна из семи лабораторий ОИЯИ, а именно — Лаборатория радиационной биологии (ЛРБ).

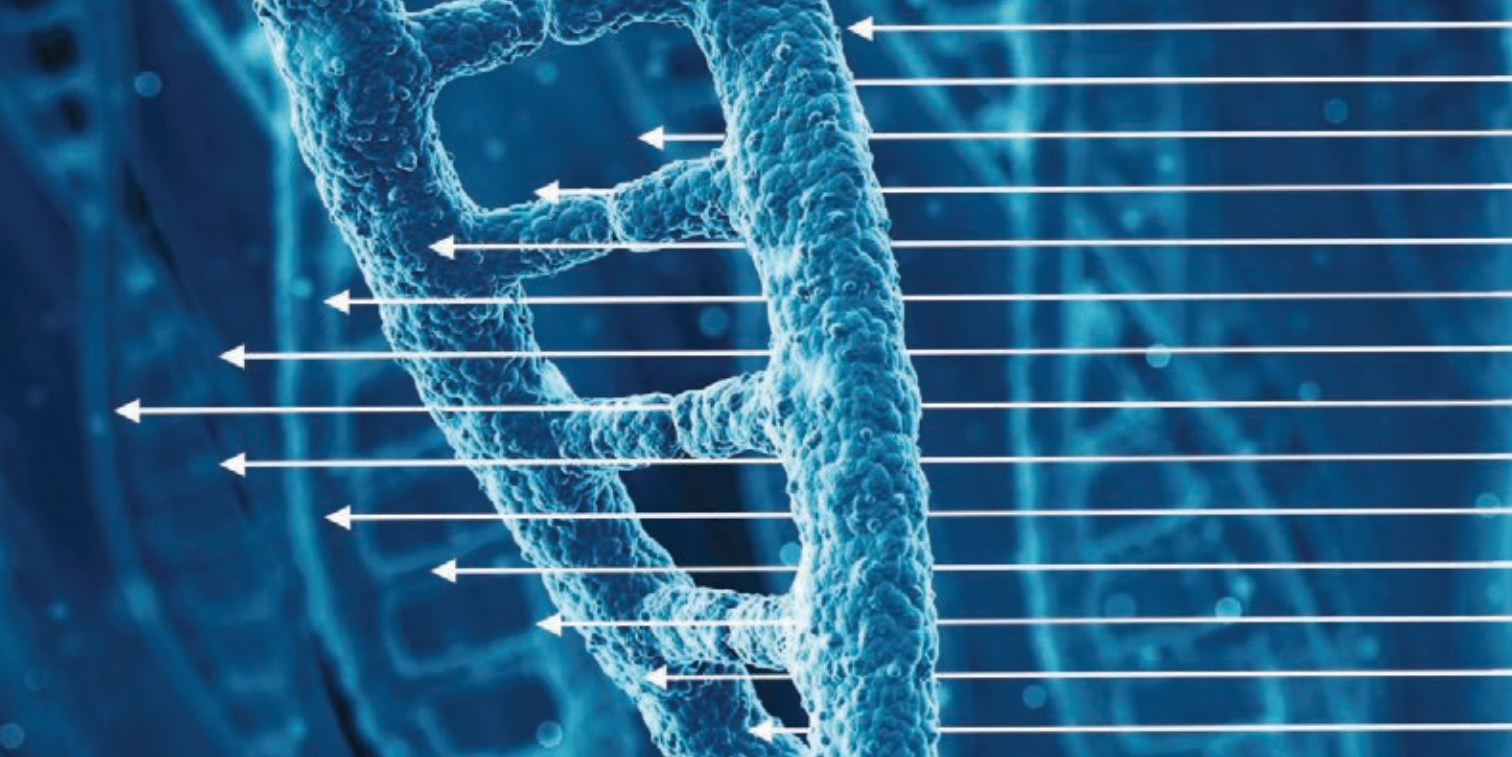
Космос становится ближе

Официально считается, что лаборатория была создана в 2005 г., однако действительная ее история значительно длиннее. Первые радиобиологические опыты в Дубне начались еще в 1959 г. В качестве источника высокоэнергетичных заряженных

частиц тогда использовался мощнейший на то время в мире протонный синхротрон Лаборатории ядерных проблем (ЛЯП).

— После запуска первого искусственного спутника Земли, — рассказал нам директор ЛРБ член-корреспондент РАН Евгений Александрович Красавин, — в открытом космосе были начаты активные исследования состава и характеристик космических излучений. Их источник — наше светило Солнце и более высокоэнергетичные частицы, приходящие к Земле из глубин Галактики. Космическое излучение состоит из протонов разных энергий и более тяжелых ядер, включающих практически всю периодическую систему элементов. Сергей Павлович Королев вынашивал планы первых космических пилотируемых полетов, откуда и возникла задача исследования специфики действия протонов высоких энергий на биологические объекты. Надо было установить, насколько отличается действие на них протонов от электромагнитных видов ионизирующих излучений — гамма-квантов, рентгеновского излучения и т.д., более ли эффективны протоны по повреждающему влиянию на биологические объекты по сравнению с гамма-лучами. Был выполнен гигантский фронт работ. На основе полученных данных стало возможным рассчитывать оптимальные траектории полета и разрабатывать эффективные средства защиты.

Изначально на синхротроне работали сотрудники лаборатории радиотоксикологии и клиницисты Института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР. Однако уже в 1964 г. при ЛЯП была создана стационарная лаборатория — филиал одного из подразделений Института медико-биологических проблем, занимавшегося космической тематикой. Ученые изучали действие излучения различной интенсивности на клетки различного происхождения, организм



В Лаборатории радиационной биологии большинство сотрудников — молодежь

животных и на растения. Несколько позднее на базе дубнинского синхроциклотрона сотрудники Всесоюзного онкологического центра Минздрава СССР начали работы по созданию первого в Советском Союзе протонного медицинского пучка для облучения онкологических больных. В 1978 г. в ОИЯИ был сформирован сектор биологических исследований, в котором доктор биологических наук Е.А. Красавин возглавил исследования в области радиобиологии. Вскоре сектор был преобразован в Отдел биофизики ЛЯП, а в 1995 г. по инициативе Е.А. Красавина его объединили с Отделом радиационных исследований и радиационной безопасности ОИЯИ. Новое структурное подразделение получило название Отделение радиационных и радиобиологических исследований ОИЯИ. Вот из него в 2005 г. и возникла Лаборатория радиационной биологии.

Поэтому, несмотря на официальный возраст, лишь немного превышающий десятилетие, специалисты ЛРБ изучают взаимоотношения живого и различных видов ионизирующих излучений более полувека. А Евгений Александрович руководит подразделением ОИЯИ уже 30 лет.

Космос становится дальше

— Меня пригласили из Института медико-биологических проблем в сектор биологических исследований для организации работ по радиационной биологии, — рассказывает директор ЛРБ. — Здесь тогда начинали заниматься поисковыми работами в плане изучения биологического влияния переменных магнитных полей. Я все время говорил: «Дорогие друзья, поисковые работы — это хорошо, но чем они закончатся, непонятно. Надо серьезную науку двигать — радиационную генетику и биологию». И оказался прав: в итоге нашей основной задачей стало решение центральной проблемы радиационной биологии — относительной биологической эффективности (ОБЭ) различных видов излучения. Установки ОИЯИ позволяли генерировать широкий спектр видов излучения с разными физическими характеристиками: и заряженные частицы различных энергий, и нейтроны. Нужно было попытаться решить задачу в общем виде, понять, какие механизмы лежат в основе различий биологической эффективности разных видов излучения при действии на живые объекты. Эта задача была решена.

Проблема ОБЭ представляла особую важность как раз для космической радиобиологии. Ведь это на Земле мы живем под защитой мощного магнитного поля, ограждающего нас от жестких галактических космических лучей. наших космонавтов магнитное поле тоже защищает, поскольку орбита МКС не особенно высока — не превышает 400 км. Но во время солнечных вспышек, когда поток космических протонов усиливается многократно, выход в открытый космос им уже строже запрещен. Еще тяжелее ситуация складывается при полете на Луну. К счастью, длительность таких полетов в период американских экспедиций составляла всего несколько суток. Но и этого могло оказаться достаточно для серьезного

лучевого поражения, если бы полет совпал по времени со вспышкой на Солнце. Тогда NASA повезло, их астронавты не попали на очень мощную солнечную вспышку 7 августа 1972 г., которая произошла аккуратно между полетами «Аполлона-16» в апреле и «Аполлона-17» в декабре. Еще чуть-чуть — и, возможно, некому было бы возвращаться. Между тем в годы высокой солнечной активности «солнечные протонные события» длительностью от нескольких часов до нескольких суток происходят два-три раза в месяц. Плотность потока частиц при этом вырастает на порядки и доходит до 10 тыс. на 1 см² в секунду. При длительном облучении — вполне достаточно для того, чтобы начать светиться в темноте.

Тяжелая заряженная частица в космосе представляет собой очень эффективную «пулю» с колоссальной энергией. Ее попадание в живую клетку сравнимо с огнестрельным ранением, причем не простым боеприпасом, а разрывным. Изучением таких «ранений» и их последствий в основном и занимаются в ЛРБ.

На наше счастье, клетка человека, как и сам человек, умеет себя «ремонтировать», репарировать. Клеточные агенты (ферменты репарации) быстро заделывают «пулевые отверстия» в генетических структурах клеток. При этом они пользуются подробными «чертежами и технологиями», защитными в клеточных архивах — молекулах ДНК. В живых клетках имеется сложно устроенная иерархия репарационных механизмов, которые залечивают различные радиационные повреждения в ДНК: разрывы одной нити ДНК, повреждения азотистых оснований и др. Но что делать, если очередная шальная космическая «пуля» разрывает обе нити ДНК? У наших клеток и на этот случай имеется прием. Пользуясь тем, что ДНК состоит из двух взаимодополняющих нитей, специальные репарационные механизмы могут восстановить поврежденную нить, используя как эталон ту, что осталась в целости. Только вот энергоэффект космической заряженной частицы так велик, что он запросто рвет и обе нити. Казалось бы, такие повреждения должны сопровождаться полной потерей информации, содержащейся в разрушенном участке. Говоря по-простому, агрегат ремонту не поддается.

— Поддается, — успокаивает нас доктор биологических наук, руководитель сектора молекулярной радиобиологии ЛРБ Алла Владимировна Борейко, — очень даже поддается! Есть как минимум два основных пути репарации таких генетических повреждений. Самое интересное, что при разных физических характеристиках воздействия начинает преобладать тот или иной тип репарации, причем в разных клетках. Вопрос, почему так происходит, до сих пор остается не вполне ясным. Действительно, такое событие, как двунитевой разрыв, летально для микроорганизмов. Бактерии в таких случаях погибают. Но нашей клетке нужно порядка

38–40 двунитевых разрывов, чтобы она не смогла себя починить. Наши клетки очень устойчивы.

Однако какими бы устойчивыми мы ни были, действие мощного космического потока заряженных частиц, сравнимого с пулеметной очередью, наша клетка и ее хромосомы выдержать не могут. Тяжелые ускоренные ионы разрушают не просто какие-то секторы, но целые кластеры генома. Такие повреждения так и называют — кластерными. Это уже не пуля, а настоящая граната.

Специалисты ЛРБ определили основные последствия воздействия на животных, а стало быть и на человека, тяжелых ионов галактического космического излучения. Первое и самое понятное — генетические нарушения. Космическая радиация резко повышает вероятность возникновения генных и структурных мутаций. Не так страшно, когда мутация происходит в какой-то отдельной клетке, тут тоже существуют различные защитные механизмы, вплоть до самоуничтожения клетки — апоптоза (чтобы невзначай не навредить организму). К категории генетических нарушений относятся и онкологические заболевания, когда мутировавшая клетка, не желая самоуничтожиться, напротив, начинает бесконтрольно размножаться и уничтожать все вокруг.

Второе, менее очевидное: оказывается, космическое излучение резко нарушает зрительные функции. Например, при действии ускоренных высокоэнергичных ионов железа даже в исключительно малых дозах у облученных животных спустя несколько десятков недель развивается катаракта и разрушается сетчатка глаза.

Наконец, третье. Как показали многочисленные эксперименты, космические лучи очень ощутимо бьют по центральной нервной системе. Именно это неприятное свойство, по мнению профессора Е.А. Красавина, — одна из основных помех, которые могут встать перед человеком в путешествиях к другим планетам:

— Путь в космос в СССР был проложен еще в середине 30-х гг. прошлого века. Я говорю о первом полете в стратосферу стратостата «Осоавиахим-1». Уже тогда под руководством патриарха отечественной физиологии академика Леона Абгаровича Орбели начали разворачиваться медико-биологические исследования, целью которых было подробное изучение влияния стратосферных условий на организм человека и животных. Как писал затем один из его ближайших учеников, впоследствии первый директор Института медико-биологических проблем академик Андрей Владимирович Лебединский: «Стратосферная медицина стала подлинной предтечей космической медицины».

Леон Абгарович был первым, кто осознал и сформулировал главное условие высотных полетов: «Человек <...> должен будет проявлять при этом свои умственные способности, работоспособность,

сохранять полное самообладание». Эти слова оказались пророческими. По существу, они стали руководством к действию при подготовке космонавтов к околоземным полетам, но еще в большей степени они верны в отношении дальних межпланетных космических полетов. Дело в том, что опасность нарушения умственных способностей в ходе длительных межпланетных полетов становится достаточно реальной. Проистекает она от повреждающего влияния галактических космических лучей. В этом, пожалуй, принципиальное отличие ближних и дальних космических полетов. В открытом космосе одна тяжелая заряженная частица при прохождении через мозг может повредить несколько тысяч нейронов. По оценкам специалистов NASA, вне магнитосферы Земли квадратный сантиметр площади пересекает в сутки около 160 потенциально опасных тяжелых заряженных частиц. В ходе пилотируемого трехлетнего межпланетного полета, а именно столько сегодня отводят на планируемую марсианскую экспедицию, от 7 до 13% нейронов в ЦНС могут подвергнуться воздействию высокоэнергичных ионов железа и до 46% нейронов — действию других опасных частиц. Около 20 млн нервных клеток пример-



Директор ИРБ член-корреспондент РАН Е.А. Красавин



Доктор биологических наук А.В. Борейко

но из 46 млн, входящих в структуры гиппокампа, будут пересекаться как минимум одной частицей (или более) с высокой энергией. Ядро каждой клетки в течение трех дней будет пересекаться протоном и в течение 30 дней — альфа-частицей.

Иными словами, в зоне особого риска — почти половина наших нервных и прочих клеток. Повышенную опасность представляет действие таких частиц именно на гиппокамп.

— Подавляющее большинство нейронов взрослого мозга, — объясняет Евгений Александрович, — это высокодифференцированные клетки, которые утратили способность к делению и поэтому достаточно устойчивы к действию радиации. Однако клетки гиппокампа, сохранившие способность к делению, исключительно уязвимы к воздействию излучений. В гиппокампе взрослого мозга рождение новых нейронов идет постоянно, и этот

процесс представляет собой нейробиологическую основу формирования новой памяти. Как теперь установлено, именно гиппокамп, сохранивший способность к нейрогенезу, играет ключевую роль в формировании и долговременной памяти, в интеграции получаемой мозгом информации и в ее распределении в высших отделах мозга.

Все это подтверждено опытами. Есть такой когнитивный тест, называемый водным лабиринтом Морриса. Небольшой бассейн с высокими стенками наполнен темной непрозрачной водой. В одном строго определенном месте почти под самой водной поверхностью — маленькая площадка. Подопытное животное, обычно лабораторную крысу, запускают в бассейн. Побарахтавшись, она через некоторое время находит эту площадку, взбирается на нее и отдыхает, ожидая эвакуации. Будучи опущенной в тот же лабиринт во второй раз, она находит площадку значительно быстрее, в третий — еще быстрее, а в пятый — уже не тратит время на бесполезное барахтанье, а сразу целенаправленно плывет к невидимому острову. Вышесказанное относится именно к обычной крысе. В случае с облученной все происходит с точностью до наоборот: от эксперимента к эксперименту время поиска спасительной площадки у нее не сокращается, а, напротив, растет. То есть высокоэнергичные ионы разрушают у нее не только память, но и вообще способность к пространственному обучению.

Несколько более сложные эксперименты показали, что и у более высокоорганизованных животных, обезьян, жесткое облучение приводит к похожим результатам.

Ученый секретарь ЛРБ
кандидат наук И.В. Кошлань



Руководитель группы флуоресцентной микроскопии В.Н. Чаусов представляет в ЛРБ белорусскую науку

— На Земле мы, конечно, тоже подвергаемся воздействию космических частиц, — говорит Е.А. Красавин, — но, прорвавшись через магнитное поле планеты, они представляют собой уже не «пули», а скорее «дождевые капли». Различие между действием разных видов радиации по принципу «дождя» и «пули» состоит в том, что в случае облучения головного мозга животных рентгеновскими лучами («дождевые капли») даже в больших дозах не было выявлено изменений поведенческих реакций, в то время как крайне малые дозы высокоэнергичных ионов железа («пули») нарушали у крыс формирование пространственной памяти. Таким образом, становится очевидной потенциальная опасность тяжелых ядер космического излучения для умственных способностей человека при межпланетных полетах. Поэтому оценка риска радиационного воздействия в условиях орбитального и межпланетного полетов остается актуальнейшей задачей современной космонавтики.

В настоящее время космические агентства разных стран рассматривают в качестве наиболее опасного последствия вредного влияния излучений прежде всего раковые заболевания. Мы же говорим, что при оценке риска радиационного воздействия при пилотируемых полетах в дальний космос нужно рассматривать прежде всего эффекты реализации повреждений в центральной нервной системе. Конечно, высокий риск возникновения раковых заболеваний — это опасное последствие влияния тяжелых заряженных частиц на организм. Но это стохастические эффекты облучения, которые с некоторой вероятностью возникают в поздний и отдаленный периоды после облучения, т.е. в послеполетный период, когда миссия выполнена. Можно ожидать,

что такие последствия радиационного воздействия не будут фатально неблагоприятно влиять на выполнение самой программы полета, операторских функций. А если у экипажей кораблей нарушится память, операторские функции? Если они потеряют способность контролировать ситуацию? Тут уже ни о каком выполнении миссии говорить не придется, экипаж бы спасти. Это примерно то же, что сесть за руль автомобиля, выпив перед этим бутылку водки. Первый километр, возможно, удастся проехать без приключений, а вот до десятого такой водитель точно не доедет. Поэтому необходимо тщательно изучать влияние тяжелых заряженных частиц на структуры и функции центральной нервной системы.

Исследования ученых ЛРБ убедительно показывают: пока мы не научимся эффективно защищаться от космических галактических лучей, оценивать их потенциальную опасность, реализация дальних пилотируемых полетов будет крайне затруднена. Поэтому долететь до Красной планеты живыми у космонавтов, быть может, и получится, но вот насчет «ясного ума и твердой памяти» сомнения очень велики.

Ученые ОИЯИ вовсе не закрывают межпланетную перспективу для человечества навсегда. Движение человека в космос нельзя удержать. Директор ЛРБ убежден, что новые пути для решения данной проблемы нужно искать главным образом в наземных условиях, используя ускорители тяжелых заряженных частиц, в тесном сотрудничестве специалистов различного профиля, в первую очередь — в области радиационной биологии, нейрофизиологии, физики ускорителей, математического моделирования.

— Для оценки риска повреждающего воздействия космической радиации в условиях пилотируемого межпланетного полета необходима организация комплексных нейрорадиобиологических исследований по влиянию на ЦНС тяжелых заряженных частиц. Они должны дать информацию о том, насколько опасно их действие, и определить допустимые и безопасные дозы такого воздействия. Нам важно установить, будут ли действительно возникать нарушения высших интегративных функций мозга, и если будут, то при каких конкретно дозах. Следует постоянно иметь в виду, что галактические космические лучи — уникальный радиационный фактор. Характер передачи энергии тяжелых заряженных частиц кардинально отличается

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

от обычных рентгеновских и гамма-излучений. Следует также понять, насколько усилятся нарушения мозговых функций при высоких нагрузках психологического и физиологического характера, сопровождающих межпланетный полет. Решать данную проблему можно и в наземных условиях, используя наши ускорители.

Космос становится роднее

Как показывают исследования специалистов ЛРБ, то же самое жесткое космическое излучение способно не только убивать жизнь, но и создавать ее. Свою версию происхождения жизни не только на Земле, но и вообще во Вселенной радиобиологи ОИЯИ озвучили два года назад. Началось с того, что в Дубне состоялся круглый стол, на котором с докладом выступил профессор Римского университета «Сапиенца» Эрнесто Ди Мауро. В нем ученый рассказал о попытках сформировать различные пребиотические соединения, предшествующие созданию клеток, из простого химического соединения — формамида.

— Этот формамид распространен во всех уголках Вселенной, — рассказывает Е.А. Красавин. — Профессор Ди Мауро воздействовал на него разными способами и исследовал результаты. Нельзя сказать, чтобы они были впечатляющими, но что-то интересное получалось. Я предложил ему попробовать на нашем протонном ускорителе облучение формамида в комбинации с веществом метеоритов различных классов, и он с энтузиазмом это поддержал. Мы использовали в экспериментах в качестве катализаторов больше десятка различных метеоритов, на которых могли бы образоваться пребиотические соединения: хондриты, железокосмические и т.д. Облучали их высокоэнергетичными протонами, а потом и еще более тяжелыми заряженными частицами. Получили богатейший спектр пребиотических соединений: нуклеиновые основания, гетероциклы, нуклеозиды — это уже фактически блоки для строительства РНК и ДНК; аминокислоты, сахара, дезоксирибозу, жирные кислоты, другие соединения — все, что надо для зарождения жизни. Стали дальше разбираться и идентифицировать. Оказалось, что не только получается этот широчайший спектр, но и при определенных условиях идет самосборка фрагментов РНК, где катализаторами выступают некоторые классы метеоритов, обладающие удивительными каталитическими свойствами.

Сейчас в лаборатории открыта отдельная тема, в рамках которой ученые продолжают исследования в данной области астробиологии. Если при определенных условиях в космосе действительно возникают информационные макромолекулы, можно предположить, что возникновение жизни — закономерное следствие эволюции Вселенной, заложенное еще Большим взрывом. Для этого нужно совсем мало: звезда как источник протонного

Исследования сотрудников Лаборатории радиационной безопасности ОИЯИ могут спасти не только космонавтов, но и все человечество. Многие ученые полагают, что в ближайшем будущем на Земле может произойти смена полюсов. Такая магнитная инверсия в истории планеты происходила еще до появления на ней человека не раз. Процесс будет сопровождаться ослаблением магнитного поля вплоть до временного почти полного его отключения. На Землю обрушится жесткое космическое излучение. И хорошо, если к тому времени ученые найдут способы с ним бороться.

излучения, формамид, которого во Вселенной предостаточно, как основа будущей преджизни, метеориты, коих тоже совсем немало, как катализаторы, и несколько сотен миллионов лет.

В ЛРБ сектор астробиологии возглавляет известный палеонтолог, академик РАН Алексей Юрьевич Розанов. Он уже давно занимается тем, что ищет в метеоритах следы деятельности бактерий и других микроорганизмов. Ученый убежден, что жизнь на нашу планету занесена из космоса:

— Раньше все считали, что этого быть не может, потому что этого не может быть никогда. Теперь начинают сомневаться — может быть, действительно что-то прилетело. Я, например, не сомневаюсь. В метеоритах найдены заведомые эукариоты наподобие окаменевших инфузорий и панцирных амёб. Так что для меня вопрос распространенности жизни в космосе очевиден. Я много лет в науке, в моей практике не раз было такое: я делал какие-то серьезные вещи, которые потом использовал весь мир, но сначала меня обвиняли в том, что я неграмотный, потом говорили, что сумасшедший, а потом: «Ты ломишься в открытые двери, это всем давно ясно». Думаю, и в этом случае будет точно так же. Понятно, что в космическом пространстве есть такое соединение, как формамид, есть метеориты и есть космическая пыль. Этого достаточно, чтобы создать все составные части для живых организмов. Если сейчас это подтвердится в эксперименте, будет страшно интересно. А если не подтвердится — еще интереснее».

Конечно, пока такой вариант панспермии — только гипотеза. Но это гипотеза, имеющая вполне серьезное подтверждение и все шансы со временем перерасти в теорию, отвечающую на один из самых важных вопросов мироздания.

— Я всегда говорю, — смеется Е.А. Красавин, — что более фундаментальным, чем вопрос о происхождении жизни, может быть только вопрос, есть ли Бог. Хотя мы знаем, что есть. Уж слишком мудро все вокруг устроено: и на Земле, и в космосе, и в человеческом геноме. ■

Подготовил Валерий Чумаков

БЕЗОПАСНЫЙ АТОМ —

КУЛЬТУРНЫЙ
АТОМ

Н

В кануне 30-летия аварии на Чернобыльской АЭС мы встретились с одним из тех, кто возглавил тогда работы по ликвидации последствий катастрофы. Сегодня член-корреспондент РАН **Виктор Алексеевич Сидоренко** — советник директора НИЦ «Курчатовский институт».

— **Виктор Алексеевич, приближается годовщина аварии на ЧАЭС...**

— Я хотел бы начать с того, что мне такая постановка вопроса не кажется правильной. Если говорить о дате, достойной широкого освещения, это должно быть 30 ноября — день ввода в строй уникального технического сооружения «Укрытие» («саркофага»). По сути, это день окончания полугодовой эпопеи ликвидации последствий катастрофы. Авария на ЧАЭС — великая трагедия, а не великое событие. В качестве аналогии: мы же отмечаем День Победы в Великой Отечественной войне, а не день нападения фашистов на СССР.

В ликвидации участвовало огромное количество людей, прежде всего солдат. Здесь, как и на войне, они, рискуя жизнью, выполнили задание. И все достойны награды. Нужно изменить меру государственного обозначения, значимость события и отмечать именно результат, когда мы смогли остановить трагедию. Наша государственная система в тот период давала возможность быстро всех мобилизовать и эффективно организовать работу. Другая система не смогла бы так сделать. Пример с Фукусимой — наглядное тому подтверждение.

Дорога к реактору

— **Виктор Алексеевич, вы изначально занимались исследовательскими материаловедческими реакторами МР?**

— Не совсем. Когда я пришел в ЛИПАН (нынешний НИЦ «Курчатовский институт»), меня определили на должность старшего лаборанта на реактор



Вид на ЧАЭС сверху, 1987 г.



Фото из архива НИЦ «Курчатовский институт»: пуск третьего энергоблока Нововоронежской АЭС

МР. Он создавался как база для разработки других проектов — транспортных и энергетических установок. Год я там проработал оператором, до этого там же делал дипломный проект, связанный с разработкой ядерной энергетической установки на определенном технологическом направлении. К нему я должен был спроектировать петлю — испытательную установку для реактора МР, которая позволяла бы проводить научные исследования. Поэтому правильнее будет сказать, что я начал работать на реакторе. Потом стали более четко организовываться группы по разработке разных энергетических систем, в том числе для флота и атомной энергетики. Они уже отпочковались от тех групп, в которых мы защищали дипломы.

— **Вы пришли к реакторам водо-водяным?**

— Наша группа начинала не с водо-водяных. Мы проверяли различные варианты: очень глубоко и долго работали над графитовым реактором с газовым охлаждением. Довольно сильно

продвинулись в этом направлении, даже уже было готово решение о его сооружении, но потом этот проект был отложен.

Уже в дальнейшем Игорь Васильевич Курчатов остановился на водо-водяной технологии. Несколькими годами раньше она была выбрана из многих возможных для атомного флота. При увеличении единичной мощности она была пригодна для энергетического гражданского применения. И вот эта линия продлилась на всю мою жизнь. Уже в 1955 г. мы разработали техническое задание для реактора ВВЭР для гражданской атомной электростанции.

— **Первой станцией на ВВЭР была Нововоронежская?**

— Да, я с самого начала участвовал в ее разработке и руководил там энергопуском. Когда отмечали мой 70-летний юбилей, я настоял, чтобы эта цифра даже не называлась. Я считал так, что прожил 35 лет до пуска первого блока Нововоронежской станции и 35 лет после пуска. Нововоронежская станция — определяющее событие в нашей энергетике и в моей жизни.

Ровно в четыре утра...

— **Вы обратили особое внимание на безопасность ядерных реакторов еще до чернобыльской аварии. У вас было какое-то предчувствие?**

— Специфическая особенность ядерного процесса — излучение, рождающееся двумя путями: либо как прямое излучение в процессе реакции, либо как накопление радиоактивных продуктов. С ними нужно было бороться.

То, что вопросам безопасности нужно уделить первейшее внимание, стало ясно уже в процессе проектирования и разработки реакторов. Когда

я защищал кандидатскую диссертацию, выбрал тему «Безопасность». Дело дошло до докторской — снова выбрал ту же тему.

Когда атомная энергетика стала быстро развиваться как отрасль, стало ясно, что вопрос безопасности требует внимательного и системного подхода к себе. Не индивидуального, а именно системного: просто так, поштучно, не обеспечишь безопасность на каждом объекте. Нужно, чтобы сама система была построена так, чтобы она гарантировала безопасность.

Я и мои сподвижники стали говорить, что нужно создать систему, должен быть государственный надзор. Правительство с этим согласилось, был создан государственный комитет по надзору за безопасной работой в атомной энергетике на уровне министерства. Дальше уже сработала



Член-корреспондент РАН
Виктор Алексеевич Сидоренко

схема Курчатова. Игорь Васильевич всегда говорил, что работу должны делать те, кто ее предлагает, — это было его железное правило. И меня поставили создавать такую систему государственного надзора в атомной отрасли. В чиновничьем кресле я проработал 12 лет, пока не убедился, что все, что мог, сделал. Только после этого вернулся в Курчатовский институт.

— В 1986 г. вы были первым заместителем председателя Госатомэнергонадзора СССР. Как для вас началось 26 апреля?

— Была суббота, я должен был читать лекцию по курсу безопасности в МЭИ. В четыре часа утра мне звонит Михаил Петрович Алексеев — заместитель, отвечающий за надзор по безопасности эксплуатации. Говорит: «С Чернобыльской станции звонили, мы туда выезжаем. Там какие-то хлопки». Невинное такое слово — «хлопки». Я отвечаю: «Хорошо, я сейчас еду к девяти на лекции, а после главк». Прочитал лекцию, приехал. А там уже команда,

которая пытается разобраться из Москвы, что же произошло на ЧАЭС. Информация оттуда идет, мягко выражаясь, чепуховая: что там какие-то хлопки. То ли водород взорвался, то ли еще что-то. Ничего себе хлопки — в это время реактор уже взорвался! Тем не менее даже на месте трудно было смириться с этой мыслью, хотя они видели масштабы происшествия. Видели, но настолько были ошарашены, что не могли этого осознать. Постепенно масштаб стал ясен нам — сторонним наблюдателям из Москвы, и аварийной группе, приехавшей туда утром. В четыре часа ее туда отправили на самолете. Вот как узнавали мы — постепенно.

— Когда вы в первый раз туда приехали, что увидели?

— Наш самолет правительственной комиссии сел на аэродроме в Жулянах. Дальше мы должны были лететь на вертолете, но началась дикая гроза, вертолет не выпустили, и мы поехали на машинах. Когда подъезжали к станции, в семь вечера, увидели зарево пожара над площадкой, что явно не соответствовало тому, что мы ожидали увидеть. Ситуация стала ясна уже через час-другой, когда познакомились с проведенными измерениями и почувствовали их динамику. 26 апреля в 11 часов вечера уже было принято очевидное решение, что нужно эвакуировать Припять. Набрали в Киеве тысячу автобусов, пригнали, и к двум часам население уже можно было вывозить. Все сделали вовремя — с той скоростью, с какой это было возможно. В другом государстве этого бы не получилось. Часто слышу упреки: мол, почему не отменили первомайскую демонстрацию в Киеве? Но радиационных оснований для этого

не было, а вот если бы ее отменили, могла возникнуть очень серьезная паника. И не только в Киеве.

— Исходя из конструкции реакторов, такой аварии можно было избежать?

— Я несколько лет работал в *INSAG*, группе советников генерального директора МАГАТЭ по безопасности. Мы разбирали как раз этот вопрос: насколько эта авария была закономерной. В ходе многолетней работы родилось понятие «культура безопасности», которое потом вошло в общую практику. Так вот, на момент аварии было почти полное отсутствие культуры безопасности в атомной отрасли. Ну и человеческий фактор работников самой ЧАЭС сыграл здесь свою роль. Но это опять-таки от отсутствия культуры безопасности.

— Но почему это отсутствие проявилось только в 1986 г.?

— Дело в том, что атомные объекты существовали в рамках военного ведомства — Средмаша. Внутренняя дисциплина, обязательность

выполнения, жесткая схема организации, свойственная Средмашу как оборонному ведомству, компенсировали прорехи недопонимания и отсутствия культуры безопасности эксплуатации ядерных технологий. Но затем отрасль передала в Минэнерго, а там — вольготность гражданского ведомства. Свобода действий, свобода принятия решений: «Я делаю то, что целесообразно», а культурой безопасности и не пахнет. Там этой технологией не владели, не могли применить компенсирующие факторы, которые срабатывали в другом ведомстве.

Культура безопасности — вопрос глобальный, уровня МАГАТЭ. Ее можно определить как приоритет обеспечения безопасности, обуславливающий поведение всех участников и организацию всех работ при использовании ядерной техноло-

Дальше уже пошла линия, связанная с той самой недостаточной культурой безопасности. Пишем письмо: «Нужно срочно ликвидировать опасное свойство». Главк передает это главному конструктору, тот отвечает: «Мы про этот дефект знаем, планируем впоследствии его ликвидировать». Знали, планировали когда-нибудь устранить, но не успели.

— Но сам процесс ликвидации можно было провести аккуратнее, чтобы минимизировать последствия?

— С самого начала характер аварии был неясен. Лишь по каким-то внешним признакам можно было предположить, что разрушено, где горит, что именно горит и т.д. Команда в Москве во главе с президентом АН СССР, директором ИАЭ академиком А.П. Александровым в процессе мозгового



В машинном зале АЭС



В реакторном зале АЭС

гии — от разработки проекта и конструирования оборудования, сооружения, эксплуатации, управления всеми процессами до принятия решений, в том числе и на уровне власти.

Мы, Институт атомной энергии (ИАЭ), как организация научного руководства, ответственная за принципиальные решения по реактору, столкнулись с тем, что решения, реализованные на первых блоках этого типа реакторов, РБМК, имеют дефект. На Игналинской станции прямо во время эксплуатации заметили противоестественное поведение системы регулирования. Она должна при аварийных ситуациях останавливать реактор, что обеспечивается введением поглощающих стержней. Оказалось, что в процессе их движения идет разгон — небольшой, но идет. Наши специалисты просчитали, что причина разгона в особенности конструкции. Если она проявится полностью, то может случиться авария, что потом и произошло на ЧАЭС.

штурма, исходя из общих соображений, предлагала, что нужно сделать. Мы работали в правительственной комиссии, в состав которой вошли все административные сотрудники — от КГБ до профсоюзов. Из специалистов-ядерщиков там были только заместитель министра Минсредмаша А.Г. Мешков и я как представитель Госатомнадзора.

— Почему вы, а не его председатель?

— Он лежал в больнице после операции. От Александра пришла рекомендация попытаться с вертолета засыпать опасные места доломитом. Вертолетчиков мобилизовали, всего 10% упало куда надо, что уже хорошо, потому что взяло на себя большое количество активности из поврежденной активной зоны. Появились «слоновые ноги» расплавленной массы, которые скоро застыли. Было много и других мероприятий. Главной опасностью считали то, что расплавленная зона проникнет в грунт и дальше в Припять и Днепр. Этого,

к счастью, не случилось. Под реактором мы сделали специальную ловушку для топлива, чтобы в случае, если оно расплавится, не ушло в почву. Тогда это оказалось излишней мерой, а сейчас такие ловушки есть на всех современных АЭС. Хочу напомнить, что около 600 моих коллег-курчатовцев в той или иной степени принимали участие в ликвидации аварии.

— А с другими ядерными реакторами после аварии что сделали?

— Изменения в конструкции, о которых мы говорили, были внесены сразу на все реакторы чернобыльского типа РБМК. Для этого они были остановлены. Дальше по аналогии мы искали, не наблюдается ли подобный дефект в реакторах ВВЭР. Это уже была моя забота. Надо было проследить за внедрением мероприятий по безопасности на всех станциях СССР.

Последствия

— Насколько сильно ударила чернобыльская авария по ядерной энергетике?

— Колоссально ударила. Во многих странах развитие ядерной энергетике затормозилось, но там в основном ограничились реконструкцией действующих АЭС.

Особенно потрясла чернобыльская авария развитие атомной энергетике у нас в стране. Конечно, и распад СССР этому способствовал. Было остановлено проектирование 40 блоков! Завод «Атоммаш», к тому времени вышедший на технологические мощности по восемь реакторов в год, передали в частные руки. Попытались перепрофилировать это уникальное предприятие на производство не свойственного ему оборудования. Только сейчас «Атоммаш» восстанавливает свои технологические возможности; после 30 лет перерыва они наконец сделали первый корпус реактора ВВЭР-1200 для Белорусской АЭС.

— Часто приходится слышать совершенно противоположные мнения о последствиях чернобыльской аварии.

— Это самый тяжелый вопрос. В тот период, да и в последующие, последствия были колоссально политически обезображены, использовались идеологически, в том числе перед развалом Союза. Помимо этого они базировались и на неустойчивости научной общечеловечности. Ведь сначала были сформулированы очень разумные, научно взвешенные пределы допустимого облучения, которые влияли на зону противоаварийных мероприятий. Во главе этой научно обоснованной части стояли два академика: Л.А. Ильин от медицины и Ю.А. Израэль от гидрометеорологии. Была установлена максимальная доза для принятия решения о переселении: 25 бэр за год. Затем эту концепцию опротестовали как негуманную, и пошла совершенная политика на факторе ограничительной дозы и причисления

АЭС на стадии строительства



к опасной зоне. В результате довели до двухбэрной концепции и далее до других абсурдных решений. Но этот абсурд продолжает работать. Как результат — огромное число людей, которых выселили с совершенно безопасных территорий.

Число непосредственно умерших во время и сразу после катастрофы — 31. Косвенно пострадавших — около 200. Остальные статистические показатели трудно отделить от случаев смертности по другим причинам. Ведь была приглашена комиссия МАГАТЭ, есть множество томов результатов ее работы по радиационным последствиям аварии. Их выводы пытались доносить до населения, но оно уже взвинчено, не может воспринимать информацию адекватно. Радиофобия искусственно раздувалась в том числе.

— Насколько серьезные выводы сделала атомная энергетика из аварии?

— Более чем серьезные. МАГАТЭ провело огромную работу, и в 1990 г. ввели в действие два основных документа, ставшие основой новой концепции безопасности, учитывая уроки тяжелых аварий на АЭС «Три-Майл-Айленд» и ЧАЭС.

У нас в стране были серьезно пересмотрены принципы работы атомной промышленности, ужесточены требования к работе технических систем на АЭС, персонала.

Была развернута работа по изучению тяжелых аварий, по созданию нового поколения атомных станций, устраняющих опасные последствия возможных тяжелых аварий. Вообще, эксперименты по поведению твэлов в аварийных условиях при высоких выгораниях начались под руководством Курчатовского института еще в 1983 г. После аварии на ЧАЭС вплотную занялись тяжелыми авариями с разрушением активной зоны. В нашем институте были созданы специальные установки по изучению таких процессов. Вместе



Блочный щит управления АЭС

с Курчатовским институтом работали как российские, так и зарубежные институты. Полтора десятка стран участвовали в этих работах. В академии наук был создан Институт безопасного развития атомной энергетике. Без преувеличения уникальные установки и беспрецедентные результаты по проекту «Расплав» еще раз доказали высокий научный уровень коллектива Курчатовского института, здесь роль курчатовцев трудно переоценить. Огромный комплекс работ провели с нашими коллегами из США, Германии, Франции. Накопленная база знаний уже сегодня обеспечивает ожидаемую гарантию безопасности ядерных реакторов. Вошло в практику целое направление, методология — вероятностный анализ безопасности (ВАБ), который определяет слабые места на каждой конкретной АЭС. Разработаны меры по защите АЭС от любых внешних воздействий — от падения самолета до теракта, что сейчас, увы, особенно актуально.

Один из важнейших — человеческий фактор, причем как со знаком плюс, так и минус. Человек может одновременно и спровоцировать аварию, и найти выход из самой кризисной, непредсказуемой ситуации. Конечно, если он имеет соответствующую квалификацию, скорость реакций, интуицию, — все это очень важно! Эта та самая культура безопасности, о которой уже говорили.

У нас в стране есть устойчивая концепция безопасности развития атомной энергетике, она планомерно реализуется. «Росэнергоатом» как эксплуатирующая организация регулярно докладывает, что происходит на станциях, в том числе по внедрению культуры безопасности по всем аспектам эксплуатации на АЭС. Их можно только похвалить. Правда, что касается общественного восприятия, улучшения происходят очень медленно.

Крайне важно просвещать население, оно должно быть грамотным, тогда им будет труднее

манипулировать, раздуть радиофобию. Для отрасли очень важно признание того продукта, который она производит.

— Есть ли альтернатива ядерной энергетике? Может, постараться обойтись без нее?

— В свое время была эйфория от развернувшихся перспектив атомной энергетике: мы все обеспечим во всех отраслях, во всех сферах, хочешь — в самолете, хочешь — под водой в космосе, в энергетике — пожалуйста. Потом поняли, что ситуация значительно сложнее.

Для атомной энергетике нужно искать свою нишу. Появляются неэнергоемкие технологии, перестраивается промышленность. Ситуация меняется. В этом смысле атомная энергетика уже не может так широко себя позиционировать, и все это поняли. И они активно ищут надежную нишу. Неизбежно присутствие ядерного топлива в общем энергобалансе страны и в мире.

Важный фактор — атомная энергетика толерантна к месту расположения. Например, небольшую АЭС можно поставить в отдаленных районах, куда сложно подвозить в больших объемах органическое топливо. У нас есть огромная потребность в локальном, распределенном энергообеспечении. Там где нет сетей, нужно искать решение по локальному энергообеспечению. Для таких регионов атомная энергетика — самая подходящая. Но требования к культуре безопасности в этом направлении только возрастают. ■

Беседовал Валерий Чумаков

СПРАВКА

Виктор Алексеевич Сидоренко

- Член-корреспондент РАН.
- Прошел путь от старшего лаборанта до директора отделения ядерных реакторов Лаборатории измерительных приборов АН СССР (сейчас НИЦ «Курчатовский институт»).
- Осуществлял разработку и научное руководство пуском и освоением проектной мощности первого энергоблока Нововоронежской АЭС и других АЭС с реакторами ВВЭР.
- С 1983 г. — первый заместитель председателя Госатомнадзора СССР, затем Госпроматомнадзора СССР.
- С 1989 г. — первый заместитель министра атомной энергетике и промышленности СССР, с 1993 г. — заместитель министра России по атомной энергетике.
- С 1997 г. — директор по научному развитию РНЦ «Курчатовский институт»
- В настоящее время — советник директора НИЦ «Курчатовский институт»
- Дважды лауреат Государственной премии СССР.

Алексей Семихатов

На границе между незнанием и знанием

Научный мир —
неотъемлемая часть
нашей цивилизации,
необходимая для
существования
человечества в более-
менее достойных
условиях



В

апреле телеканалу «Наука» исполняется **пять лет**. О роли средств массовой информации в популяризации научных знаний, о взаимоотношениях общества и мира ученых, о доверии аудитории к науке размышляет доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева РАН **Алексей Михайлович Семихатов** — ведущий телевизионной программы «Вопрос науки».



Александра Говорченко (автор и ведущая), съемки проекта «Агрессивная среда»



Александр Каплан (ведущий), съемки проекта «Тайны мозга»

— **Алексей Михайлович, обычно вы приглашаете гостей в свою программу «Вопрос науки». А теперь вы сами в роли гостя. Повод, по-моему, достойный: телеканалу «Наука» исполняется пять лет со дня выхода в эфир.**

— Это юбилей. Маленький, но все-таки первый юбилей нашего телеканала.

— **Удалось ли каналу «Наука» за эти годы приблизить массового зрителя к тем процессам, что происходят в научном мире?**

— Не мне судить, могу только сказать, что мы стараемся. В частности, это делает программа «Вопрос науки». Давайте проявим оптимизм и выразим уверенность, что от науки нам никуда не деться: она как развивалась, так и будет развиваться, снабжая нас не только все более качественными

мобильными телефонами, но и различными лекарствами, техническими и нетехническими средствами для улучшения и продления жизни. В общем, для повышения уровня счастья. Так вот, когда мы на своем телеканале отражаем, популяризуем науку, мы в некотором смысле находимся в состоянии непрерывной гонки: наука идет вперед, и мы все время пытаемся за ней поспеть. Так что всегда есть что снимать и о чем говорить.

— **Вот недавно открыли гравитационные волны...**

— Ну да. Кажется бы, и что нам из этого? Но точно так же задолго до этого были открыты электромагнитные волны, и тоже никто не понимал, для чего они. А выяснилось, что они сделали возможными столько новых технологий!

Александра Говорченко (автор и ведущая), съемки проекта «Агрессивная среда»



— **То есть зрители, посмотрев вашу передачу, устремятся за вами в мир науки?**

— Нет, конечно. Зрители заняты массой других житейских дел. В жизни есть и другие занятия, столь же или даже более прекрасные, чем наука. Но наша цивилизация устроена так, что научный мир — ее неотъемлемая часть, необходимая для непрозаянания человечества, его существования в более-менее достойных условиях.

— **Вы, кстати, поскромничали, сказав, что не вам судить об успехах телеканала «Наука». Ведь совсем недавно «Вопрос науки» получил главную российскую премию «За верность науке».**

— Очень приятно получить такое признание. И я вовсе не хочу быть излишне скромным. Да, мы действительно серьезно работаем для зрителя.

— **И это не только благородное, но и благодарное дело, как выясняется?**

— Вы знаете, насчет того, благодарное ли это дело — популяризовать достижения науки... В прошлом году первую премию «За верность науке» получил Фонд Дмитрия Зимина «Династия». А вскоре после этого фонд был внесен Минюстом в реестр иностранных агентов и прекратил свое существование. Так что вопрос, благодарное это дело или нет, довольно тонкий.

— **Здесь, видимо, в большей степени следует говорить о благодарности потомков...**

— Как знать. Хорошо, если так. Конечно же, популяризаторы науки трудятся отчасти и для юношества, для новых поколений ученых. Наверное, в истории было несколько таких выдающихся научно-популярных книг, как «Занимательная физика» Я.И. Перельмана, которые дали импульс для занятий наукой многим будущим светилам. Люди вовремя прочли эти книги.

— **У телевидения несколько иная специфика в деле популяризации науки. Ее основы, на мой**

взгляд, заложил Сергей Петрович Капица, создавший замечательную передачу «Очевидное — невероятное». В чем основа успеха таких телевизионных проектов?

— В их доступности для понимания, конечно. И вместе с тем телевидение — это нечто мимолетное по сравнению с печатными трудами. Если сравнивать, допустим, научную статью и телепередачу, то телевидение, конечно, способно быстро на что-то откликнуться. Но оно более преходящее, сиюминутное. Мы, попросту говоря, сняли сюжет, показали его и... забыли. Кто-то посмотрел передачу и сразу же вслед за ней смотрит следующую, совсем на другую тему и из другой сферы жизни. А в науке огромное значение имеет преемственность, последовательность. Наука опирается на прошлые труды. Мало кто вспомнит какую-то научную телепередачу многолетней давности. Иное дело — научная статья, за которую могут дать Нобелевскую премию и через 30 лет со дня опубликования.

— **Потому что на этой статье базируются дальнейшие изыскания?**

— Да. Наука, в отличие от телевизионной передачи, — это непрерывное поступательное движение по некоей лестнице. Бывают скачки через несколько ступенек, а случается и остановиться на какой-то площадке, причем надолго, а потом подтягиваться на руках... Никакой монотонности и равномерного подъема по одинаковым ступеням в науке нет, конечно. Но пройденные ступеньки не исчезают, они остаются навсегда.

— **А бывает, что это иллюзорные, ошибочные ступени в никуда?**

— Бывает. Но знаете, современная наука в целом имеет такое количество внутренних проверок и перекрестных связей, что невозможно представить себе, чтобы целые куски или ветви науки вдруг исчезли или оказались ненужными. Они могут быть модифицированы, могут стать частью других направлений, но исключительно трудно себе представить, чтобы какая-то часть науки вдруг оказалась совершенно ложной. Потому что постоянно идет отбор, происходит проверка перекрестными связями. В этом, между прочим, есть проявление кросс-дисциплинарности в науке. В отношении того, о чем вы сказали, — может, например, выясниться, что в какое-то научное направление вкладывались огромные средства, оно развивалось, благоденствовало, а потом вдруг стало ясно: человечество на сегодняшнем этапе своего развития это направление в науке просто не потянет. Надо отложить. Или, скажем, становится очевидным, что не стоит ломиться сквозь стену вот в этом месте, а нужно отойти на два шага в сторону, и там есть неплохая дверь. Просто надо подобрать ключик.

— **То есть не бывает так, чтобы целая ветвь науки засохла и отмерла?**

— Возможно, бывало раньше.

— **Вы имеете в виду алхимию?**

— Алхимия и астрология в свое время послужили основой для последующего развития наук. Алхимия позволила как-то классифицировать элементы, которые были известны на тот момент, побуждала исследовать свойства различных веществ. Конечно, цель — превратить свинец в золото — была ложной, недостижимой теми средствами, которые алхимия только и предлагала. Астрология также имела свои собственные мотивировки. Но она при этом положила начало точным вычислениям движения небесных тел. И эти измерения впоследствии привели к формулировке законов Кеплера, вслед за которыми законы Ньютона открыли дорогу к познанию устройства Вселенной.

— **То есть это и были те самые ступеньки, на которые опирается современная наука?**

— Подчеркиваю: инструментально опирается. А не в плане идеи, поскольку наука не занимается закономерностями влияний какой-нибудь планеты на судьбу человека. Это если говорить об антагонизме между астрологией и астрономией. Вообще, наука не возникает сама по себе, она следует за потребностями общества. Возьмем, например, микроскоп, благодаря которому была открыта живая клетка и мы начали узнавать массу всего нового о строении живого. Для чего исходно был изобретен и сконструирован микроскоп? Для проверки качества сукна. Волокна рассматривали под микроскопом. А Левенгук догадался взглянуть на живую материю — и сделал важнейшие открытия.

— **Вы по специальности физик. Как вам удается найти общий язык с коллегами из других научных областей? Да еще так, чтобы этот язык был понятен каждому телезрителю?**

— Вы знаете, я просто становлюсь как бы одним из этих телезрителей и прошу гостя — или гостью — объяснить мне какие-то вещи. И я

благодарен при этом моим собеседникам, которые прилагают усилия для того, чтобы дать такие объяснения. А как можно понять для себя что-то новое, если не задавать самых простых, банальных вопросов? Знаете, какая проблема часто возникает с нашими детьми? Сплошь и рядом в девятом-десятом классах у школьников обнаруживаются существенные пробелы в понимании каких-то основ знания. И все это потому, что в свое время, еще классе в пятом, эти дети вовремя не задали простых вопросов. Точно так же и в рамках научного метода очень важно идентифицировать, выделить суть своего непонимания. И сконцентрироваться на ней. Потому что без этого невозможно двигаться дальше. И я думаю, что в разговоре с представителем другой области науки можно применять тот самый метод (в широком смысле), которым я пользуюсь в своей научной работе. А я ежедневно затрачиваю, как и другие ученые, массу времени на то, чтобы понять, где же, черт возьми, отправная точка моего непонимания проблемы?

Что же касается того, покажется ли разговор в студии кому-то смешным или легковесным... Я не боюсь задавать смешные вопросы. Моя цель — достичь того, чтобы гость популярным языком, при помощи простых метафор объяснил мне и зрителям некоторые достаточно сложные конструкции. И этот способ расспрашивания не должен вызывать насмешек — во всяком случае, массовых — в научном сообществе. Это нормальный, принятый в ученом мире способ познания, размышлений, наблюдений, логического выстраивания доводов.

— **Вот появляется актуальная тема для беседы, требуется пригласить в студию специалиста. Вы хватаете записную книжку?**

— Если бы было так, моя записная книжка очень быстро бы исчерпалась. Мы уже сделали десятки передач «Вопрос науки», где мне взять столько приятелей во всех научных сферах? Хотя, конечно, это было бы здорово. На самом деле у нас есть специальный редактор, ответственный за подбор гостя, приглашение... Это очень важная работа, потому что о нашей передаче, в конце концов, судят именно по тому, кого мы приглашаем.

— **А бывает так, что вы слышите фамилию потенциального гостя и говорите: нет, с ним я ни за что встречаться не стану?**

— Гипотетически такая ситуация возможна. Но на практике такого еще ни разу не случилось. Обычно я впервые встречаю гостя непосредственно в студии и, прямо скажем, искренне благодарю его за то, что этот занятой человек нашел время и возможность притащиться в не самый удобный с точки зрения



Александра Говорченко (автор и ведущая), Евгений Митрушкин (оператор), съемки проекта «Агрессивная среда»



Александр Каплан (ведущий), Яна Варлашкина (режиссер), съемки проекта «Тайны мозга»



Яна Варлашкина (режиссер), съемки проекта «Тайны мозга»

транспортной доступности уголок Москвы. И рассказать простым языком то, что интересно и важно для зрителей.

— **А кого вы представляете себе в качестве зрителя?**

— Я как-то раньше не задумывался над этим. Наверное, потому, что мне важен не возраст, не как выглядит зритель, а уровень любопытства в его глазах. Мне хочется думать, что передача увлекательна для моего зрителя. Пусть он даже ругается иногда, негодует, с чем-то не соглашается. Главное, чтобы он вынес для себя что-то новое, интересное из моих бесед с гостем передачи. Мне важен отзывчивый зритель; чтобы он внутренне спорил, говорил: вот здесь вы недосказали, здесь я хотел бы подробнее...

— **...а вот здесь я вам вообще не верю.**

— Ну, насчет «верю — не верю», этот вопрос сегодня решается просто: взял и переключил канал. В отличие от тех времен, когда на ТВ было всего четыре кнопки. Сейчас у зрителя всегда есть возможность перейти с научно-популярной программы на ту, где говорят о всяких оккультных вещах — гаданиях, снятии порчи... Это если говорить о вере.

— **Тут, наверное, речь идет о доверии общества к науке. Например, недавно в Британии генетическая экспертиза установила, что Джеком-потрошителем был парикмахер Аарон Косминский. А ведь в течение долгого времени обществу предлагались другие версии Скотленд-Ярда. Или взять, скажем, генетическое исследование царских останков.**

— Ту часть общества, которая склонна во всем видеть конспирологию, не переубедишь. По поводу доверия к науке: я утверждаю, что в науке существует важнейшая составляющая — перекрестные проверки. Каждое отдельное утверждение или результаты исследований могут быть ошибочными. Любой человек может допустить какую-то банальную ошибку, как и прибор, кстати. Известна

история, когда при изучении нейтрино один из кабелей в масштабной экспериментальной установке был совершенно случайно неправильно подключен. В результате картина выглядела так, будто нейтрино движутся быстрее скорости света. Это породило длительную дискуссию. А все дело было в перевернутом контакте. То есть ошибки периодически возникают, но в том-то и суть, что при рождении какого-либо открытия в его косвенные проверки вовлекаются самые разные стороны, представители смежных областей науки, и это не говоря уже о повторных исследованиях. В этом и заключается отличие научного взгляда на мир от ненаучного. Вы можете соглашаться с чем-то или нет, но наука оперирует фактами. Всем предоставлена возможность проверить их, рассмотреть иную точку зрения, иные методы исследований того или иного явления. И таким образом научный мир в конце концов приходит к согласию.

А вот другой подход. Например, вас спрашивают: сколько будет 151 умножить на 378? Вы называете результат, а собеседник отвечает: «Я вам верю, потому что вы дворянин». К науке это никакого отношения не имеет. Поэтому если в моей передаче гость вдруг заявит: «Клянусь всем святым, что так оно и есть на самом деле», это ничего не добавит к пониманию сути вопроса. Не нужно подтверждать клятвами результаты научных исследований. Они либо подтверждаются со временем, либо ученые найдут ошибку, либо все это станет вообще несущественным. Поэтому вопрос доверия — это вопрос отношения к науке в целом. Ведь люди, покупая лекарства, рассчитывают на свое выздоровление. Или, например, беря с собой из дому мобильный телефон, я рассчитываю, что связь будет работать.

— **А как насчет моральной ответственности самих ученых перед обществом?**

— В XX в. этот вопрос поднимался многократно, в частности в связи с созданием ядерного оружия.

Но наука не может быть плохой или хорошей, она не несет в себе морали. Давайте представим себе, что вам бы сказали: есть некая технология, которая очень полезна для человечества в целом, но в результате ее применения ежегодно будут гибнуть десятки тысяч людей только в нашей стране. Вы бы закричали: запретить эту смертоносную технологию! Какая тут польза, какое добро? А ведь такая технология есть, и мы ею пользуемся: речь идет об автомобилях. И при всей их опасности (и нашей ненависти к пробкам) надо признать, что без автомобиля человечеству сейчас было бы гораздо хуже. И вопрос, несут ли создатели двигателя внутреннего сгорания ответственность за многочисленные трагедии, самые настоящие трагедии, звучит довольно странно. И я предлагаю с этих позиций рассматривать всю науку в целом. Она имеет общественное происхождение, действует в ответ на потребности общества. Исходя из нужд сограждан Архимед может сделать приспособление, которое качает воду, а может сжечь морской флот. Если мы сочувствуем Сиракузам, то это деяние, уничтожение кораблей неприятеля, есть благо. А если мы на одном из этих кораблей, то у нас совсем другое отношение к Архимеду.

— **А вы хотели бы увидеть Архимеда в этой студии в качестве гостя программы «Вопрос науки»?**

Александр Колтовой (ведущий),
съемки проекта «На пределе»



— Знаете, у меня неважно обстоит дело с воображением. И с классическими языками. Не могу представить, как бы я говорил с Архимедом на древнегреческом.

— **Может быть, вы могли бы дать какой-нибудь совет древним ученым? Архимеду, Сократу...**

— Побойтесь бога! Никаких советов — ни Архимеду, ни Сократу.

— **Эти советы могли бы в итоге обернуться во вред науке?**

— Советы великим? Да уж. А чем конкретно мотивированы те или иные научные достижения, мы не узнаем никогда. Вы затронули вопрос, который мне представляется довольно глубоким и о котором многие порой не задумываются. Дело в том, что в учебниках мы с легкостью или со скукой читаем несколько абзацев или даже один, повествующий про то, на что люди положили свою жизнь. Понимаете? Мы судим с высоты нынешнего века. Им было очень трудно, а потом спустя века мы восклицаем: ну конечно же, так оно и есть! Иначе и быть не может! Это ведь так просто и очевидно! А ученый бился всю жизнь, чтобы сформулировать открытие, которое сегодня доступно для понимания школьнику. Но окажись мы на его месте и получи те знания, которыми он мог располагать на тот момент, мы вряд ли смогли бы повторить его достижения.

— **Причем, как правило, 90% трудозатрат ученого не приносят зримых плодов.**

— Если одна десятая всех затрат времени и здоровья оправдала себя, это прекрасный результат для ученого! Есть одна истина, которая касается всего того, о чем мы говорили, в том числе о доверии общества к науке, о внутренних проверках, о кроссдисциплинарности и о 90% усилий, потраченных вроде бы напрасно. Так вот, ученый по определению все время находится на границе между незнанием и знанием. Он всегда одной ногой в неизвестности, а может быть и двумя. Ученый — это человек, который профессионально занимается тем, что перешагивает через границу известного. В этом смысле он постоянно пребывает в незнании. Незнание впереди, слева, справа. И только позади, оглянувшись, он может увидеть то место, где он находился месяц, год назад. И где вещи уже открыты, разведаны, изучены. Где незнание сменилось знанием.


Дело в том, что если научного деятеля сплошь окружает то, что он хорошо знает, то он может стать, например, автором учебника, хорошим преподавателем, лектором, консультантом и тому подобное. Но он перестает быть действующим ученым. Действующий ученый — это тот, кто идет в неизвестность и чья профессиональная жизнь проходит в постоянных сомнениях, терзаниях. Он идет от меньшего знания к большему. ■

Беседовал Александр Аннин

КОРПУС «А» —

КИРПИЧКИ

ЖИВОГО



Научно-
исследовательскому
институту физико-
химической биологии
им. А.Н. Белозерского
исполнилось **50** лет



1965 г. в МГУ были открыты две межфакультетские лаборатории — биоорганической химии и математических методов в биологии, которые располагались в специально построенном здании, получившем название «корпус "А"». В 1991 г. они были переименованы в НИИ физико-химической биологии МГУ. В 2001 г. рядом вырос корпус «Б», где уже более 15 лет обучаются студенты нового факультета биоинженерии и биоинформатики. Число студентов факультета и научных сотрудников НИИ примерно одинаково — чуть более 200 человек.

«Отцы-основатели не ошиблись»

Воздействие на теломеры и вирусы, получение трансгенных растений, поиск веществ для создания новых антибиотиков, средства от болезни Альцгеймера, «лекарства от старости», — все это и многое другое происходит сегодня в знаменитом корпусе «А» МГУ, где расположился НИИ физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского. Это его сегодня, которое уходит корнями в историю, по меркам старейшего университета России не такую уж далекую, но невероятно насыщенную. Как из старого рождалось новое — об этом наш разговор.

Алексей Алексеевич Богданов, заместитель директора по научной работе НИИ физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ:

— Мне сейчас часто приходится слышать от корреспондентов: давайте не будем задерживаться на истории, давайте говорить о нынешнем дне, ведь в институте делается так много интересного. Отвечу сразу: без истории не получится понять сегодняшние наши исследования, их логику. Когда был образован институт (сначала — Межфакультетская лаборатория биоорганической химии МГУ), мы, молодые люди, пришедшие сюда работать, не могли в полной мере оценить значение этого события. Наверное, потому, что попросту пребывали в состоянии эйфории от открывшихся возможностей. Но при этом понимали далеко не все из того, что задумали наши отцы-основатели.



Заместитель директора по научной работе Института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского Алексей Алексеевич Богданов

В отделе белков растений института (заведующий отделом — доктор биологических наук М.А. Белозерский) исследованы пищеварительные пептидазы личинок жуков — вредителей запасов зерновых и продуктов их переработки, *Tribolium castaneum* и *Tenebrio molitor*. Сопоставление данных по анализу транскриптома, филогенетических взаимосвязей, ингибиторного анализа с другими публичными данными позволило выявить ключевые ферменты, которые *T. castaneum* использует для переваривания пищи и, следовательно, — новые потенциальные цели для биологического контроля этого вредителя.

Нам тогда казалось, что создается что-то безусловно грандиозное, но по образцу того, что в нашей стране уже было. Действительно, в конце 50-х академиками Курчатовым и Александровым был создан Радиобиологический отдел в Курчатовском институте. Их идея заключалась в том, что надо возрождать биологию, настоящую, новую биологию. Ведь в лысенковские времена генетика, как известно, была почти полностью уничтожена. И когда во всем мире стала активно развиваться молекулярная биология, в нашей стране образовался провал. Вот и придумали великие физики-атомщики такой вот Радиобиологический отдел, из которого уже в 1970-е гг. образовался Институт молекулярной генетики АН СССР. Их идея заключалась в том, чтобы собрать вместе биологов, физиков и химиков, поскольку молекулярная биология существует на стыке этих наук. Буквально через год-другой был создан еще один институт, впоследствии Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта, куда тоже пригласили помимо сильных биологов сильных физиков и химиков.

В лаборатории, возглавляемой Д.Б. Зоровым, на модели экспериментального инсульта у животных была исследована эффективность нового класса веществ, основанного на антиоксидантах растительного происхождения — тимохиноне и пластохиноне. Это соединение обладает нейропротекторным действием, уменьшает повреждения мозговой ткани и восстанавливает неврологические функции после инсульта. Оно рекомендовано для клинических испытаний.

— И в чем же было коренное отличие вашего института, тогда, в момент создания — межфакультетской лаборатории МГУ?

— Сначала нам казалось, что создается что-то вроде академического института молекулярной биологии, только при университете. Вот это и было принципиальным отличием, поскольку в тех двух заведениях студентов почти не было, а у нас работали множество студентов и аспирантов. По прошествии довольно долгого времени мы ощутили эту разницу.

Наша лаборатория, а скорее дом, сразу завоевала огромную популярность не только в Москве, но и в стране. Ее так просто и называли — корпус «А». Можно было спросить любого человека, проходящего по территории МГУ, что такое корпус «А», и тот бы ответил, что это там, где находятся межфакультетские лаборатории, там, где работают Гельфанд, Белозерский, Северин... И только теперь понятно почему.

Основной идеей тогдашнего ректора МГУ Ивана Георгиевича Петровского было создание концентрации умов на небольшой площади. Как? Сам по себе корпус «А» был построен в значительной мере благодаря академику Валентину Алексеевичу Каргину. Он в то время был «главным химиком страны». В начале 1960-х гг. как раз начался бум полимеров, нужно было развивать химическую промышленность, которая изготавливает полимеры — материалы, ионообменники, в общем, все на свете, связанное с полимерами. И здесь Каргин был подобен Королеву в создании ракет. Он пришел на химический факультет и организовал там кафедру высокомолекулярных соединений. Своего помещения у кафедры ВМС не было, и Каргин добился решения о строительстве нового корпуса в МГУ.

На это и делал ставку Петровский: вот придет Каргин, могущественный человек, советник Хрущева, затем Брежнева, с ним должны прийти сильные ученые и сильные люди, что и обеспечит успех. И действительно, два абсолютно выдающихся человека, его ученика, пришли. Впоследствии они стали известными академиками, основавшими свои школы, а тогда совсем молодые — Виктор Александрович Кабанов и Николай Альфредович Плате.

Я начал с Каргина, хотя он в наш союз тогда не входил, но у Петровского какая мысль была: вот будет Каргин, будет Андрей Николаевич Белозерский, который тоже приведет с собой своих учеников, будет Сергей Евгеньевич Северин, — и с ним тоже придут молодые дарования... Еще ректор невероятно чтит Израиля Моисеевича Гельфанда, хотя тогда у того были трудные времена: достаточно сказать, что впервые он получил возможность поехать за границу в 1988 г., хотя к тому времени был избран почетным профессором



Отдел структуры и функций РНК под руководством профессора О.А. Донцовой

в 40 университетах мира. Гельфанд получил самые престижные математические премии и при этом очень сильно интересовался биологией. Петровский надеялся, что Гельфанд придет сюда не просто со своей математикой, а с большим интересом к биологии и контактами с биологами. С ним, кстати, в корпус и пришли в основном не математики, а биологи. Хотя и математики, конечно, тоже.

— А не было вначале непонимания или разобщенности между учеными разных специальностей? Особенно между математиками и биологами?

— Математики Гельфанда, как я уже сказал, уже были открыты для биологии, понимали ее задачи, понимали свои задачи, поэтому с ними проблем не было. Но Петровский поселил в корпусе «А» еще межфакультетскую лабораторию Андрея Николаевича Колмогорова. Безусловно, Колмогоров — математик номер один в мире, и никто не мог в этом усомниться, но его молодых сотрудников мы тогда не очень понимали, нам казалось, что их совершенно не интересовала биология. И вообще они были как будто бы из другого мира, какие-то замкнутые. У нас в корпусе было много стеклянных дверей, и они сквозь эти двери все время норовили пройти.

Однако это первое впечатление было неверным. Всегда полезно, когда рядом сильные математики. И многие из них постепенно начали интересоваться биологией. Была очень сильная группа, которая занималась наукометрией, — никто в мире еще тогда об этом не думал. Один из ключевых колмогоровских сотрудников, Василий Васильевич Налимов, даже создал специальную

наукометрическую лабораторию, которая, по сути, изучала то, по чему только сейчас начали сходить с ума: будущие индексы цитирования, импакт-факторы журналов. Они начали заниматься применением математического аппарата в других науках. Такого не было нигде! Даже в Радиобиологическом отделе Курчатковского института.

Можно сказать, что Петровский собрал по крайней мере пять лучших умов страны в одном месте. Об этом тогда прямо не говорилось, да и не все это осознавали, только сейчас мы можем в полной мере оценить этот замысел.

Очень быстро все эти люди начали общаться между собой, и даже не корифеи, а те, кого они с собой привели, молодежь. В этой связи следует упомянуть еще одного очень интересного человека, Михаила Алексеевича Прокофьева, выдающегося химика, создавшего в корпусе «А» кафедру химии природных соединений. Сам он в молодости работал в области химии белка, а потом первым в нашей стране начал заниматься химией нуклеиновых кислот, и с ним в корпус «А» пришла большая группа химиков, представлявших новую область — органическую химию компонентов белков и нуклеиновых кислот. Таких лабораторий тогда в мире было очень мало. Теперь уже «внуки» Прокофьева занимаются в основном молекулярной биологией, энзимологией.

Из разговоров с ним я запомнил, что у отцов-основателей все-таки было опасение, удастся ли нам найти общий язык. Но опасения были напрасны: произошло полное единение. Не будем забывать и о том, что это была эпоха шестидесятников. Считается, что шестидесятники — те, кто занимался литературой, поэты, барды, но на самом деле были

Сотрудники НИИ ФХБ им. А.Н. Белозерского (Г.И. Кирьянов и др.) открыли новое производное витамина D₂ — инцистерол (активное начало экстрактов из мицелия вешенки *Pleurotus ostractus*). Разработан синтез инцистерола из эргостерола, оптимизированы условия реакции его фотоизомеризации. Ведется работа по препаративному выделению инцистерола для доклинических и клинических испытаний в качестве фармакологической субстанции при лечении некоторых форм онкологических заболеваний как препарата сопровождения при химиотерапии, при лечении гиполипидемии, а также как гепатопротекторного препарата.

шестидесятники и в науке. Появление и возрождение молекулярной биологии было чистой воды шестидесятиничеством. Люди были очень раскованны и как-то совершенно легко общались друг с другом. Наши биологи ездили в экспедиции и с удовольствием брали с собой физиков, химиков. Например, в лаборатории решалась такая научная проблема: откуда произошла вся байкальская фауна, такая необычная, где есть тюлени, медузы, креветкообразные и т.д. И химики всегда ездили вместе с биологами в эти экспедиции. Там нужно было работать на биологических станциях, заниматься выделением различных веществ, ДНК в основном. Дилемма была следующей: либо животные попали в Байкал в древние времена, когда он был объединен с бассейном Северного Ледовитого океана, либо в этом обособленном водоеме образовалась такая необычная пресноводная фауна. Тогда довольно простыми методами было установлено, что это нормальная пресноводная фауна и все родственники этих животных живут в пресных водах.

А вот вам другой пример человеческого и научного объединения. В лаборатории работал замечательный человек и очень крупный ученый Илья Васильевич Березин, физико-химик семеновской школы (*И.Н. Семенов — физико-химик, нобелевский лауреат. — Примеч. ред.*), ученик Николая Марковича Эммануэля. Незадолго до создания нашего института Березин прошел стажировку в Гарварде и решил там заняться чем-нибудь

новеньким — ферментами, энзимологией (*раздел биохимии, изучающий строение, механизм каталитического действия и молекулярную структуру ферментов. — Примеч. ред.*) — с точки зрения своей физико-химии, кинетики. Вернулся он убежденным энзимологом: самые интересные катализаторы, которые существуют на свете, — не химические, а биологические; они могут делать такое, что химическим «и не снилось», по избирательности, по скорости химических реакций. Его очень сильно задело то, что у нас это направление не развивается. Он поговорил с М.А. Прокофьевым, тогдашним министром, тот ему сказал: открывается корпус «А», возьми несколько человек и занимайся здесь своей ферментативной кинетикой. Илья Васильевич был удивительно креативным человеком. Идеи из него буквально били фонтаном. Помимо прочего, он был творческим по части того, как организовать работу: например, он создал систему методических отделов.

Было решено, и все с этим согласились, что оборудование, которое закупалось в невиданных количествах, не будет распределяться по лабораториям, а его закрепят за методическими отделами, своеобразными центрами коллективного пользования, хотя мы их так не называем. И эти отде-

Откуда произошла вся байкальская фауна, такая необычная, где есть тюлени, медузы, креветкообразные и т.д.? Довольно простыми методами было установлено, что это нормальная пресноводная фауна и все родственники этих животных живут в пресных водах

лы до сих пор существуют, там работают хорошие специалисты, инженеры, операторы. Однако в такой организации есть один недостаток: вам нужно провести опыт, вы пришли со своими колбочками, пробирками, все принесли, а оператор вас от прибора отодвигает, сам все берет, ставит, меряет, получает результаты и все это вам выдает. Например, были у нас аналитические ультрацентрифуги, и к ним нельзя было подойти: ты записался, встал в очередь, пришел в определенный день, принес свой образец, отдал, за тебя все сделали операторы, ты получил только результат. Но однажды во время работы в заграничной лаборатории я пришел, а мне сказали: а вот давай-ка ты сам. И тут я растерялся...

В рамках взаимодействия с Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) на базе НИИ ФХБ им. А.Н. Белозерского работает Региональная референс-лаборатория ВОЗ по полиомиелиту. В 2015 г. лаборатория установила отсутствие циркуляции диких штаммов полиовирусов в РФ. В то же время, проанализировав природу небольшой вспышки полиомиелита в Доме ребенка Бийска в 2010 г., лаборатория настоятельно рекомендовала всем медицинским учреждениям страны продолжать вакцинацию новорожденных детей от полиомиелита.

Общее оборудование было тоже объединяющим моментом. Например, есть люди, которые занимаются электронной микроскопией. Приходит химик, у которого возникла идея посмотреть в электронном микроскопе свою молекулу, он начинает общаться с биологом, заведующим этим отделом, или со старшими научными сотрудниками отдела, начинает у них учиться, а они — у него. Это были, и сейчас остаются, точки пересечения, где встречаются и взаимодействуют люди разных профессий.

— А какие отношения были у отцов-основателей, корифеев?

— Любопытно, но далеко не всегда идеальные. Наши отцы-основатели — это не одна компания, друзья, отнюдь нет. Некоторые в молодости больше пересекались, у некоторых были конфликты. Друзьями стали мы, их ученики. Мне кажется, они даже этого не ожидали. Самое удивительное, что мы продолжаем оставаться друзьями. Везде, где можно сотрудничать, мы сотрудничаем, где бы ни работали сегодня. Ведь очень многие уехали в начале 1990-х гг.

— Кстати, как институт пережил утечку умов?

— Гораздо легче, чем многие другие академические институты. В 1991 г. отсюда уехали 47 научных сотрудников из 170 — существенная цифра. Но оправиться удалось за три года, потому что мы принадлежали университету, который по-прежнему обеспечивал приток молодых кадров. У нас не образовалось этой «поколенческой дыры», когда в начале 2000-х гг. вдруг оказалось, что деды руководят внуками.

И ко многим переменам мы оказались готовы, например к грантовой системе. У нас уже давно отделы, лаборатории были научно самостоятельными, оставалось только приспособить организационную структуру.

Раньше деньги на оборудование и реактивы, поступавшие из бюджета, мы делили на заседаниях нашего научно-технического совета. Приходит какая-то сумма, и мы всем миром договариваемся,

как ее использовать, поскольку, как я уже говорил, приборы были доступны всем. А потом появились персональные индивидуальные гранты, и каждая группа распоряжалась уже своими собственными деньгами. Институту отчисляется 20% на инфраструктуру, Интернет, ремонт. Но случается, что средства поступают в целом на институт из программы развития университета, и тогда снова на уровне НТС решается, какой прибор купить.

Легче было приспособиться и к новым, модным сегодня критериям оценки научных исследований — у нас они давно использовались, в частности благодаря колмогоровским сотрудникам.

Отдел информации, который ведет наукометрическую деятельность, сохранился с тех времен. А наш директор, академик Владимир Петрович Скулачев, очень любит изучать все эти показатели — индекс цитирования, Хирш-фактор. Аттестация сотрудников проходит на еженедельном семинаре. Мы ведь все работаем по контракту, и когда срок истекает, научный сотрудник должен подготовить доклад, причем все готовится исключительно серьезно, так, как не готовятся для выступления на международных конференциях. Сотрудник рассказывает, что сделал в науке за этот период, показывает данные о публикациях, о педагогической работе. Рассказывает про своих студентов, аспирантов, гранты. Это всегда очень живое заседание, где задается много вопросов, возникают споры, критика. А в заключение выступает сотрудник отдела информации и представляет данные о цитировании работ выступающего. Важно, однако, что главным для аттестации остается качество проделанной работы.

— А какова все-таки логика научных исследований? Есть предпочтения в выборе тематики, приоритетов? Или «пусть расцветают все цветы»?

— Эта логика была выработана в первые годы, когда отдельные лаборатории слились в нечто цельное, в институт, для изучения фундаментальных основ жизни, химии и физики живого. Все последующие преобразования касались смены вывески, но не сути.

Возможно, несколько усилилась тенденция в сторону практических разработок. Сейчас примерно треть тематики занимают исследования, выполняемые под руководством В.П. Скулачева. Это изучение роли митохондрий в апоптозе и фенотипе, молекулярных механизмов старения, конструирование митохондриально направленных антиоксидантов, производных пластохинона, и исследование возможности их применения при лечении патологических состояний организма, обусловленных окислительным стрессом или старением. На базе института, как известно, создана компания «Митотех», которая занимается разработкой геропротекторов — препаратов, влияющих на процесс старения в организме.

Но далеко не все знают и помнят, что идея создания геропротекторов была основана на фундаментальных работах Скулачева и других сотрудников в 1960–1970-е гг. Она заключалась в том, чтобы создать вещества, проникающие внутрь митохондрии — «энергетической фабрики клетки», и с их помощью установить механизм генерации энергии. А теперь там, внутри митохондрий, они используются для уничтожения свободных радикалов.

Если говорить о других направлениях, они тоже закладывались с момента создания корпуса «А». С самого начала, например, стала развиваться молекулярная вирусология. Блестящий ученый Вадим Израилевич Агол, организатор кафедры вирусологии на биофаке, создал уникальный лекционный курс о механизмах, при помощи которых вирусы действуют в клетке. Сейчас на основе этих фундаментальных представлений развиваются не только фундаментальные исследования, но и работы с практическим уклоном.

Мало кто знает, что в нашем институте разрабатываются лекарства от СПИДа, я бы сказал — «пролекарства», в основу которых будут положены новые знания о поведении вируса. Сейчас существует достаточно препаратов, которые нацелены на разные этапы жизненного цикла вируса. Их можно принимать и жить долго, но рано или поздно вирус мутирует и приобретает устойчивую форму, и основная проблема разработчиков лекарств — как раз борьба с устойчивыми формами ВИЧ. Здесь существуют два основных направления.

Первое — попытка сделать препарат, который ингибировал бы активность сразу двух вирусных ферментов. Нашим сотрудникам под руководством профессора Марины Борисовны Готтих удалось найти соединение, которое подавляет два фермента сразу и при этом не токсично. Сейчас вместе с химиками, которые его синтезируют, решается задача повышения его активности. Но существует и другой способ — создать соединения, которые бы воздействовали не на сам вирус, а на клеточные белки, которые важны для его размножения



Директор НИИ ФХБ им. А.Н. Белозерского академик РАН, доктор биологических наук, профессор В.П. Скулачев

и жизнедеятельности. И на один из таких белков удалось выйти: мало того что он участвует в размножении вируса, он еще включается, когда вирус переходит из спящего состояния в активное. Как пробуждается вирус? Очень важный вопрос. Ведь он проникает в организм человека, засыпает и вдруг в какой-то момент просыпается. У нас есть данные, что этот белок как раз задействован в механизме просыпания. Значит, можно попробовать не дать вирусу проснуться. Или по-другому: существует точка зрения, что пока вирус спит, терапия на него не действует, значит, нужно его, наоборот, разбудить и в этот момент уничтожить при помощи лекарства, освободив от него организм навсегда.

Другое направление связано с тем, что с самого начала, как я уже упоминал, здесь поселилась кафедра химии природных соединений. Были созданы три направления — химия белка, химия нуклеиновых кислот (прежде всего синтез) и изучение взаимодействия нуклеиновых кислот с белками — основой жизни клеток. Целый отдел вот уже около десяти лет занимается изучением теломеразы — фермента, который спит в нормальных клетках и просыпается в раковых. Этим процессом тоже можно управлять, и эта работа может привести к появлению препаратов для медицины. Как и создание новых антибиотиков или лекарств от болезни Альцгеймера, над чем работают другие наши отделы. Все это, казалось бы, практические исследования, но мы интересуемся их фундаментальными аспектами, проблемами, процессами и механизмами, которые еще не понятны и могут открыть новый, неожиданный и перспективный поворот и для медицины, и для фундаментальной науки. ■

А.А. Круглов и С.А. Недоспасов из отдела иммунологии института совместно с сотрудниками Института молекулярной биологии РАН, а также коллегами из Германии и Англии создали систему, генерирующую особый вид антител против фактора некроза опухолей (TNF) — цитокина, который может быть полезен для одних типов клеток и губителен для других. Результаты их работы открывают уникальный путь для создания новых антицитокиновых агентов. Статья опубликована в мартовском номере *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* за этот год.

Подготовили Елена Кокурина и Ольга Стрельцова

Арктика грез и реальности

Какие тайны открывают ученые
на шельфе океана?



Великий русский ученый М.В. Ломоносов считал, что географическое положение обязывает Россию искать выходы в свободный океан не в южных, а прежде всего в северных морях, обобщая опыт полярных плаваний. Он писал: «...Могущество и обширность морей окружающих требует <...> расчета и знания. Между прочими Северный Океан есть пространственное поле, где <...> усугубиться может Российская слава, соединенная с беспримерной пользой...».

Рано или поздно предсказания гениев сбываются. Я убедился в этом, когда в Институте природных ресурсов Томского политехнического университета встретился с группой молодых исследователей, которые связали свои научные интересы с Северным океаном.

Нашу беседу с **Алексеем Карповичем Мазуровым**, профессором, доктором геолого-минералогических наук, первым проректором Томского политехнического университета я начал с вопроса:

— **Ваш университет довольно далеко от Арктики, почему же преподаватели и студенты так интересуются ею?**

— Сегодня Арктикой занимается не только Российская Федерация, но и Канада, Америка, все страны, которые имеют к ней выход. И ясно почему: в Арктике сосредоточены огромные минеральные ресурсы. Прежде всего, это углеводороды. А чтобы добыть их, надо изучать все — и условия их залегания, и климат, и ледяную обстановку, и т.д.

— **Когда бушует пурга и обрушиваются страшные морозы, начинаешь забывать неповторимую арктическую красоту...**

— Надо четко понимать, что представляет собой Арктика, прежде чем начать ее использовать. Арктикой сегодня надо заниматься всем, кто способен внести хоть какой-то вклад — большой или не очень — в ее познание. Это своеобразный «земной космос», до конца не изученный, а потому притягивающий к себе любознательных. Среди них, конечно же, не могли не оказаться наши исследователи и студенты.

— **Вы геолог. Когда вы учились, занимались Арктикой?**

— Я учился в Политехе, длительное время работал в Казахстане, а потом вернулся. В те годы ресурсов на континенте было гораздо больше и Арктику знали плохо. Да и не было нужной техники. Сегодня же речь идет о Северном морском пути, о добыче углеводородов — для этого уже есть соответствующие техника и технологии. А идти в Арктику нужно «хорошо вооруженным».

— **Но это глобальные проблемы, у вас же вполне конкретный проект?**

— Группа Игоря Петровича Семилетова и Натальи Евгеньевны Шаховой — докторов географических и геолого-минералогических наук, профессоров Томского политехнического университета — давно занимается в основном климатом. На шельфе в огромном количестве залегают газогидраты. По подсчетам некоторых ученых, в Арктике углеводородов больше, чем разведанных на сегодня во всем мире. Из-за деградации подледной мерзлоты здесь обнаружены также места массового выброса метана в атмосферу, что может привести к негативным последствиям.

— **Может быть, и раньше такое было, просто не замечали этот эффект?**

— В 2014 г. ТПУ стал участником 90-суточной российско-шведско-американской экспедиции (SWERUS-C3), выполненной на борту единственного в мире научного ледокола «Оден» (Швеция) в морях Восточной Арктики. Ее основными организаторами были профессора Стокгольмского университета Ориан Густафссон и Мартин

Якобсон, а также профессора ТПУ И.П. Семилетов и Н.Е. Шахова. Участниками SWERUS-C3 стали 80 ученых из Швеции, России, США, Нидерландов и других стран. Экспедиция еще раз подтвердила значительную деградацию подводной мерзлоты. Получается, некогда надежная ледяная пробка, препятствующая выходу огромных запасов газовых гидратов, сегодня прохудилась, в ней появились талики. Через них мощные выбросы метана попадают в атмосферу. Естественно, этот процесс сказывается на климате. И.П. Семилетов и Н.Е. Шахова написали об этом статьи, опубликованные в самых престижных научных журналах.

— А причины?

— Идет потепление. Не то глобальное потепление, о котором все говорят, а, скорее всего, идет наступление моря на сушу, т.е. на вечную мерзлоту. Она оттаивает, метан выделяется.

— Что надо выяснить?

— Какова скорость процесса, с чем связано это явление? Эти вопросы требуют ответа. Мы провели три экспедиции. Они проходили весной, когда в Арктике еще зима, но уже относительно тепло и можно вести буровые работы. Получали керны. Здесь, в Томске, мы организовали достаточно серьезную лабораторию по изучению углерода арктических морей. Она единственная в России. Эти керны мы изучаем.

— То есть обнаружено новое явление?

— Я не могу определенно сказать об этом. Возможно, такое происходило и раньше, но масштабы были совсем иные.

— Эти исследования необходимы для навигации в Арктике?

— Нам надо знать эту землю лучше. Исследования нужны всем, кто туда придет. Вот один пример. Надо бурить скважину, чтобы добывать углеводороды. Геологи определяют наиболее подходящее место. Ставят платформу, начинаем бурить. А здесь идет интенсивная деградация газогидратов, значит, возможен пожар и даже взрыв. Даже с такой «аварийной» точки зрения надо вести исследования. Прежде чем идти на шельф с тяжелыми бурильными работами, надо четко представлять, с чем мы там встретимся. Есть ли какие-то тектонические нарушения в этой зоне, влияют ли они на деградацию мерзлоты и т.д. — вопросов много, ответить на них способна только наука.

— Что такое газогидраты?

— Это вещество, похожее на лед. Точнее, это газ, который под воздействием низких температур

превратился как бы в лед. Но если взять кусочек вещества и поджечь, то он будет гореть.

— Но газогидраты есть и на дне Байкала, а там же не лед?

— Для их образования нужны или высокие давления, или низкие температуры. А лучше, когда и то и другое.

— Что привлекательного в этом проекте для Томского политехнического?

— Возможность не только вести научные исследования, но и обучать студентов на конкретном деле. Мы создали научную группу, куда входят аспиранты, магистранты, студенты. Мы надеемся, группа продолжит работу и после того, как закончится грант правительства, который был выделен на этот проект. Аспиранты и студенты работают с огоньком, им это очень интересно. Да и Арктика обладает особенностью притягивать к себе.

— С кем вы сотрудничаете по этому проекту?

— Первую скрипку, конечно же, играет Дальневосточное отделение РАН. Потом следует назвать МГУ, Институт океанографии РАН. Много коллег

Мы создали научную группу, куда входят аспиранты, магистранты, студенты. Мы надеемся, группа продолжит работу и после того, как закончится грант правительства, который был выделен на этот проект. Аспиранты и студенты работают с огоньком, да и Арктика обладает особенностью притягивать к себе

и за рубежом — Стокгольмский университет, ряд университетов в США и Канаде. Сотрудничество плодотворное. Если раньше мы полностью зависели от них, то теперь практически все мы можем делать в Томске.

— Санкции как-то влияют на вас?

— На этот проект — нет. Масштабную экспедицию провели, все результаты получили, информацией обмениваемся. Семилетов и Шахова сейчас в Америке — участвуют в конференции и выступают с лекциями.

— Ваш университет отличается необычными проектами и неожиданными идеями. Мне рассказывали, что некоторые аспиранты мечтают об установке, которая улавливала бы метан, выделяющейся из газогидратов, и сжигала его, получая электроэнергию.



В экспедиции SWERUS-C3 приняли участие 80 ученых из Швеции, России, США, Нидерландов и других стран



На борту единственного в мире научного ледокола «Оден» ученые исследовали моря Восточной Арктики

— Думаю, это дело не такого уж далекого будущего. Любой человек, который серьезно занимается наукой, должен быть хотя бы немного романтиком. И это качество мы стараемся привить нашим студентам. В Политехе они получают хорошее образование, и наши выпускники способны работать везде и очень эффективно. Достаточно сказать, что у нас почти 550 первооткрывателей месторождений. Это я только о геологах говорю, а мы выпускаем специалистов для всех отраслей промышленности и науки.

Встреча в лаборатории

Специально для арктического проекта в Институте природных ресурсов ТПУ создана лаборатория. Здесь мы и встретились с теми, кто занят в исследованиях. Я просил ответить на вопрос: «Почему вас привлек именно этот проект?»

Елена Панова, аспирант:

— Сейчас я на втором курсе аспирантуры. Когда училась на пятом курсе, Томский политехнический начал сотрудничать с Тихоокеанским институтом Дальневосточного отделения РАН по Арктике. Это общечеловеческий, экологический проект. Мы выиграли большой грант правительства «Количественная и качественная оценка парниковых газов в Арктическом регионе». Мы изучаем экологическую обстановку в Арктике. Честно говоря, в аспирантуру я не собиралась, но как только услышала слово «Арктика», все изменилось: ведь это не только важно, но и интересно... К сожалению, в экспедиции

меня не брали — берегут здесь девушек! Занимаюсь аналитическими исследованиями уже отобранного материала. И не только в России, но и в Швеции. В рамках нашего проекта я уже три раза туда ездила. В Стокгольмском университете изучаем пробы, полученные во время экспедиции, в которой участвовали ученые Швеции, Америки и России. Соруководителем первого этапа был мой научный руководитель профессор И.П. Семилетов. Арктическая зона уникальна тем, что в ней обнаружено много парниковых газов.

Алексей Рубан, аспирант:

— Ученые выяснили, что именно в Арктической зоне становится больше парниковых газов. Причем особое значение имеет шельфовая зона, где происходит выделение метана. Именно ее, а не сухопутную часть мы изучаем. Дело в том, что раньше это была суша, — значит, очень много органики. Мы изучали шельфовую зону Лены, а в этом году планируется экспедиция по Оби. Это даст возможность понять, сколько именно органического материала приносят в океан реки. Два раза я был в прибрежных морских экспедициях. Впечатления, конечно, разные. В советские времена города снабжались хорошо, а сейчас запустение. На это тяжело смотреть. А вот что касается северной природы, то она, конечно же, своеобразна, а потому незабываема. Обязательно постараюсь там побывать и поработать столь же эффективно, как это было в прошлом.



SWERUS-C3 стала одной из самых масштабных и продолжительных международных научных экспедиций в Арктику за последние годы

**Андрей Гринько,
инженер-исследователь:**

— В экспедициях не был, но у меня ощущение, будто я там побывал не раз. Ведь в нашем арктическом проекте я занимаюсь изучением образцов. Это комплекс химических исследований проб грунта, отобранных в экспедициях. Они позволят понять, каковы циклы углерода в Арктике: что с ним было в прошлом, что происходит с ним, когда он на поверхности в современных осадках и т.д. Исследования очень разнообразные, тем более что мы сотрудничаем со многими институтами и интересными людьми в Якутске, Тюмени, Москве... Изменяется ли климат? Безусловно. Может быть, это не так стремительно, как утверждают некоторые специалисты, но само изменение — это уже факт. Лично я поддерживаю теорию цикличности: на смену похолоданию приходит потепление, а потом вновь похолодание. На эти процессы, безусловно, оказывает влияние Арктика. В каких размерах и как именно, мы и стараемся выяснить.

**Руководитель проекта
профессор И.П. Семилетов:**

Мария Алисова, редактор газеты Томского политехнического университета, взяла большое

интервью у ученого во время одного из его приездов в Томск. Предлагаем вашему вниманию фрагменты их беседы.

« — В Томске вы обсудили с коллегами итоги второго года реализации совместного с ТПУ арктического проекта. Каковы предварительные результаты, полученные за время ваших экспедиций? »

Как известно, самые мощные ледоколы принадлежат России, но они, к сожалению, не оборудованы современной научной техникой. Единственный в мире научный ледокол, оснащенный всем необходимым оборудованием для наших исследований, — это «Оден»

— Если коротко, то в 2015–2017 гг. планируется опубликовать по этой теме 30–40 статей в высокорейтинговых журналах. По поводу экспедиционных исследований первого года: цель первой



Аспирант Алексей Рубан изучает шельфовую зону, где происходит выделение метана



Первый проректор Томского политехнического университета профессор, доктор геолого-минералогических наук Алексей Карпович Мазуров

экспедиции в море Лаптевых была в проведении буровых исследований с припайного льда для отбора глубоких (насколько это возможно) донных отложений. Это нужно для изучения закономерностей распределения подводной мерзлоты в прибрежной зоне моря Лаптевых и понимания механизмов геологического контроля выброса метана, что представляет собой одно из основных направлений нашего исследования. Буровые работы мы проводим с 2011 г., у нас уже пробурено 16 скважин, включая скважину этого года. Предварительные результаты крайне интересны. Так, например, мы обнаружили, что состояние мерзлоты Ивашкинской лагуны, которую мы исследовали, совершенно не соответствует классическим представлениям. То, что мы знаем из учебников, там не работает. Не вдаваясь в детали, поясню, что мы обнаружили такой слоеный пирог из талых и мерзлых пород и микроканьон абсолютно непонятного пока генезиса, который залегает на глубинах моря порядка 2–3 м. <...> Летом 2014 г. мы выполнили уникальную экспедицию SWERUS-C3 в Северном Ледовитом океане вместе с нашими шведскими коллегами и исследователями из пяти стран. Свои усилия и финансирование объединили 11 руководителей проектов из Швеции. Этих денег хватило на аренду единственного в мире научного ледокола "Оден". Как известно, самые мощные ледоколы принадлежат России, но они, к сожалению, не оборудованы современной научной техникой. "Оден" же оснащен всем необходимым оборудованием для наших исследований. <...> Ежегодно на исследования необходимы суммы, равные бюджету нашей прошлой экспедиции, или хотя бы

примерно \$2 млн, чтобы совершать простые экспедиции на российских судах, укомплектованных современным оборудованием. Нужна крупная международная программа. В этом, я надеюсь, поможет Томский политехнический университет. Именно на базе ТПУ планируется координировать ход этих масштабных международных исследований. У нас уже есть партнеры в 15 университетах мира. Это вузы России, США, Швеции, Нидерландов, Англии и других стран. Лучшие умы уже удалось объединить на базе ТПУ в нашем арктическом проекте. <...> Образовательная составляющая — важная часть проекта. У нас уже есть два магистранта, пять аспирантов — это ваши томские ребята, которые активно включены в проект. В Томске читают лекции зарубежные профессора и научные сотрудники — эксперты мирового класса в своих областях. Заинтересованных студентов мы можем отправлять в зарубежные стажировки к нашим партнерам. У нас уже двое аспирантов, которые прошли стажировки в Стокгольме, планируем такие стажировки в университетах Голландии и США. Самое важное для российских ученых — интегрироваться в мировое научное сообщество, научиться работать так, как принято в мире. Наша наука очень сильная и креативная, но наши люди не умеют представить результаты на мировом уровне. Например, в Томске ведутся работы мирового класса, но нужно донести эти сведения до мирового сообщества. Мы надеемся, что наш проект позволит в какой-то мере приблизиться к решению и этой проблемы».

Подготовил Владимир Губарев

Рецепторы горького вкуса находятся у нас не только на языке, они рассредоточены по всему телу, где активно защищают наш организм от опасных микробов

Ноам Коэн и Роберт Ли

ГОРЬКИЙ ВКУС ИММУНИТЕТА



Двойная обязанность: вкусовые рецепторы, находящиеся на языке во вкусовых сосочках (оранжевый), не только воспринимают вкус, но и защищают нас от болезней (на фото показан участок языка шириной 1 мм)



ОБ АВТОРАХ

Ноам Коэн (Noam A. Cohen) — адъюнкт-профессор отделения оториноларингологии Пенсильванского университета; хирург с 15-летним клиническим стажем и директор программы ринологических исследований в Медицинской школе Перельмана.



Роберт Ли (Robert J. Lee) — доцент отделения оториноларингологии и шейно-головной хирургии и отделения физиологии Медицинской школы Перельмана Пенсильванского университета. Молекулярный биолог, он более десяти лет занимается изучением клеток внутренней выстилки носа и легких.



Вобразите, что вы вдруг заболели самой жуткой в своей жизни простудой. Нос заложен. Дышится с трудом. Из-за давления внутри околоносовых пазух голова разламывается от боли. Запахов вы не чувствуете, а потому во время еды кажется, что приходится жевать картон. Ко всему прочему к горлу подступает тошнота и ломит все кости. А теперь представьте себе, что даже если все эти симптомы и прекратятся на неделю-другую, вскоре они появятся вновь. Они будут вас мучить постоянно. Всю жизнь!

К несчастью, именно так и живут пациенты с хроническим синуситом (а точнее, хроническим риносинуситом) — воспалительным заболеванием слизистой оболочки носа и околоносовых пазух (синусов), от которого страдают примерно 35 млн американцев. Его лечение обычно включает длительные курсы приема антибиотиков и стероидных препаратов. Если же лекарства не помогают, страдальцы подвергаются тонкой хирургической операции по очистке пораженных пазух (полостей) в костях черепа. Поскольку из-за злоупотребления антибиотиками эффективность препаратов в последние годы сильно снизилась, в наши дни такие операции проводятся все чаще. Сегодня в США в каждом пятом случае антибиотики назначаются взрослым по поводу риносинусита. В результате эта болезнь стала частью порочного круга, способствуя дальнейшему распространению такой опасной и устойчивой к антибиотикам бактерии, как митициллин-резистентный золотистый стафилококк (MRЗС).

С этого и можно начать наш рассказ. Мы решили разорвать порочный круг и, подобно многим другим исследователям, заинтересовались механизмами иммунной защиты, используемыми эпителиальными клетками выстилки дыхательных путей против инфекций. Средний человек ежедневно вдыхает (главным образом через нос) более 10 тыс. л воздуха, содержащего несметное множество бактерий, микроскопических грибов и вирусов. Наш нос — передняя линия защиты организма от дыхательных инфекций. При каждом вздохе он задерживает массу пыли, вирусов, бактерий и грибных спор. Но, как ни удивительно, большинству из нас дышится, как правило, легко и свободно, а дыхательные инфекции досаждают лишь временами.

Оказывается, одна из неожиданных причин этого обстоятельства находится у нас буквально на языке. Ученые обнаружили, что особые белки (вкусовые рецепторы) языка, ответственные за восприятие горького вкуса, выполняют

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Белки, распознающие горький вкус, находятся не только на языке, но и в других органах тела, никогда не вступающих в контакт с пищей.
- Называемые вкусовыми рецепторами, эти белки инициируют быструю иммунную защитную реакцию, уничтожающую бактерий.
- Активация этих рецепторов горькими веществами усиливает естественные иммунные реакции организма, что, возможно, ослабит нашу зависимость от антибиотиков.

АНАТОМИЯ

и другую функцию: они защищают нас от бактерий. Как показали наши собственные исследования, белки-рецепторы, присутствующие также в носу, инициируют сразу три реакции, направленные на уничтожение бактерий. Во-первых, они посылают сигналы, заставляющие клетки изгонять прищельцев за счет колебаний своих ресничек — крошечных волосковидных выростов на их поверхности. Во-вторых, белки-рецепторы заставляют клетки высвобождать убивающий бактерий оксид азота. В-третьих, рецепторы побуждают другие клетки организма вырабатывать противомикробные белки под названием дефензины.

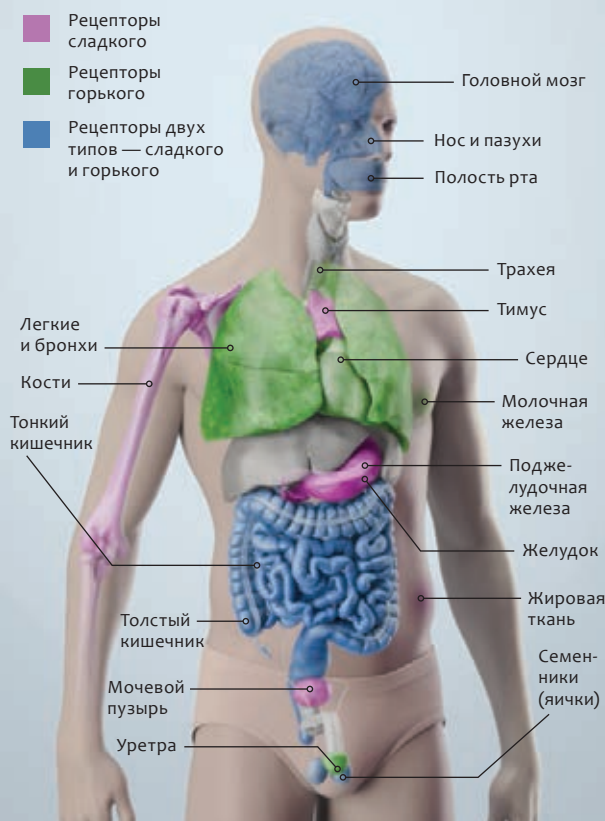
Что еще удивительнее, эти рецепторы находятся не только на нашем языке и в носу, но и в других частях дыхательных путей, а также в сердце, легких, кишечнике и прочих органах тела. Как и многие другие ученые, мы считаем, что они составляют часть иммунной системы человека, которая сильно отличается от хорошо знакомых всем антител и циркулирующих в крови лейкоцитов и к тому же действует гораздо быстрее. На выработку специфических антител против вирусов и бактерий у «обычной» иммунной системы может уйти несколько часов или дней. Вкусовые же рецепторы реагируют на вторжение микробов всего через несколько минут, хотя эта реакция и менее специфическая в отношении тех или иных их разновидностей. Настоящая система раннего предупреждения!

Вкус опасности

Если рассматривать вкусовые рецепторы как защитников, реагирующих на проникновение в наше тело чужеродных веществ, становится понятным, почему они могут выполнять в организме иммунные функции. Когда эти вещества вступают в контакт с клетками сидящих на языке вкусовых сосочков, рецепторы заставляют их посылать в головной мозг сигналы, сообщающие ему о питательной ценности или, наоборот, потенциальной токсичности попавшей в рот пищи. Язык способен распознавать пять основных вкусов: горький, сладкий, соленый, кислый и умами (синонимы — пряный, мясной, «глутаматный»). Наш вкус — привратник у входа в пищеварительную систему, передающий нам жизненно важную информацию о качестве пищи для выбора правильного решения: проглатывать пищу или выплевывать ее изо рта. Рецепторы горького вкуса с легкостью обнаруживают присутствие ядовитых растительных соединений (например, таких опасных алкалоидов, как стрихнин или никотин). Горькие вкусовые ощущения обычно воспринимаются нашим мозгом как неприятные, потому что порождающие их рецепторы эволюционировали как датчики, сигнализирующие о присутствии в пище потенциально вредных веществ.

Вкусовые рецепторы по всему телу

Рецепторы горького и сладкого находятся у нас не только на языке, где они воспринимают вкус пищи. Недавно их обнаружили во многих органах и тканях, никогда не вступающих в контакт с едой. В дыхательных путях и некоторых других частях тела вкусовые рецепторы играют важную роль в иммунных процессах.



Оповещение организма об опасности имеет критическое значение для его выживания; с этим, по-видимому, и связано огромное многообразие рецепторов горького. Каждый из остальных вкусов — сладкий, соленый, кислый и умами — воспринимаются лишь одним типом рецепторов, а для восприятия горьких веществ наш язык оснащен рецепторами по меньшей мере 25 различных разновидностей. Эти рецепторы получили название вкусовых рецепторов типа 2 (*T2R*) и предназначены для распознавания широкого спектра ядов с целью защитить нас от их проглатывания.

За пределами языка рецепторы *T2R* были впервые обнаружены исследователями из Айовского университета в 2009 г.; они располагались на поверхности клеток легочной выстилки. Данные клетки покрыты клейким слоем слизи, задерживающим микробы и раздражающие вещества, которые содержатся во вдыхаемом воздухе. Затем крошечные реснички этих клеток, синхронно

колеблющиеся с частотой 8–15 биений в секунду, гонят «грязную» слизь по направлению к глотке, где мы проглатываем ее или выплевываем наружу. Айовские исследователи установили, что реснички клеток человеческих легких начинают колебаться быстрее, если стимулировать их T2R

горькими соединениями. Как предположили ученые, T2R способствуют очистке дыхательных путей от потенциально опасных вдыхаемых веществ, которые во рту имели бы горький вкус.

Примерно в то же самое время исследователи из Колорадского университета изучали рецепторы

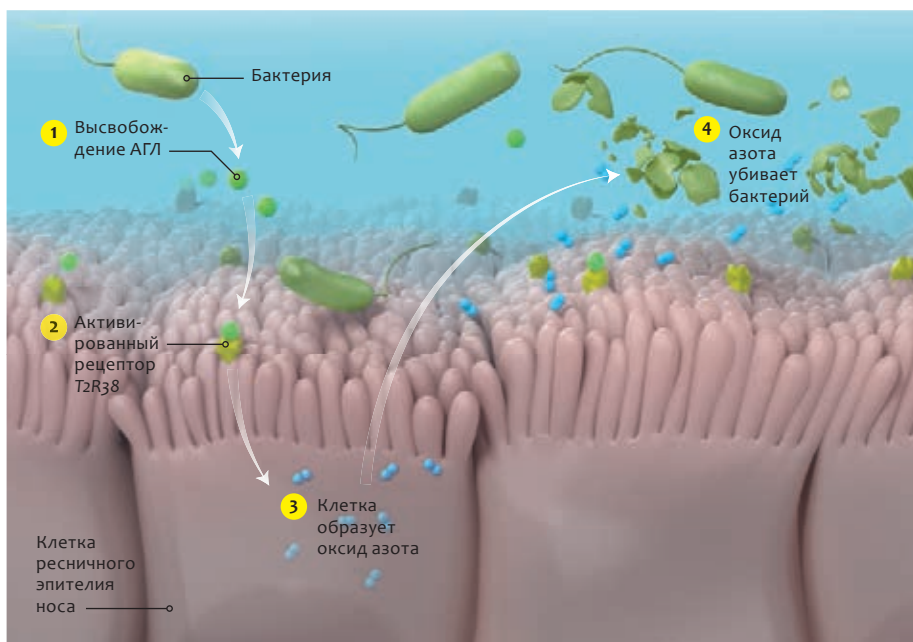
ИММУННАЯ РЕАКЦИЯ

Две системы защиты с участием рецепторов горького

Клетки дыхательных путей человека играют важную роль в защите организма от бактерий. Для их распознавания и уничтожения разные типы клеток (два из них представлены на рисунках) используют рецепторы горького по-разному.

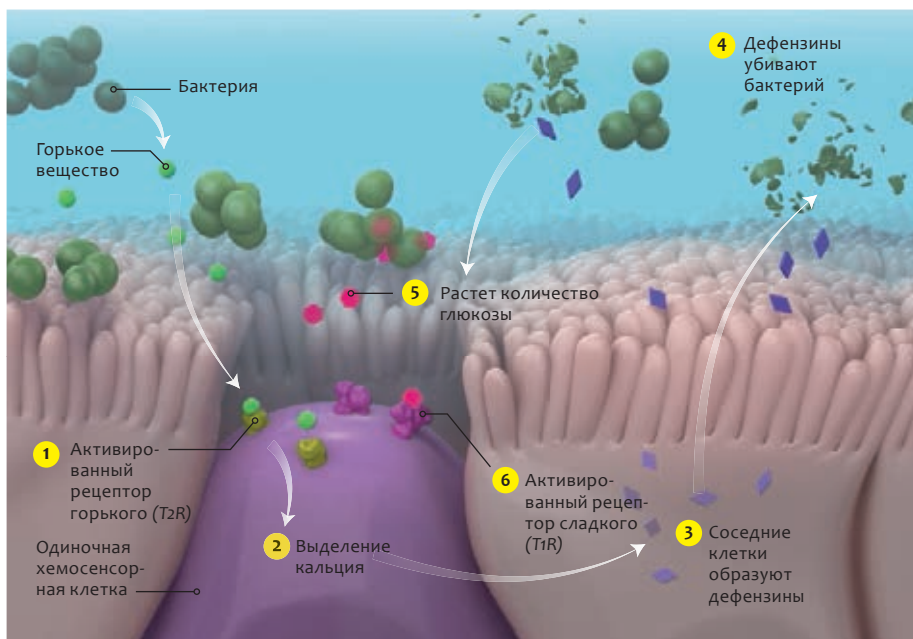
Волосковая защита

Заражая нос, грамотрицательные бактерии высвобождают вещества, называемые ацил-гомосеринлактонами (АГЛ) **1**. Присутствие этих веществ выявляют рецепторы горького вкуса из группы T2R38, находящиеся на поверхности ресничек — волосковидных выростов клеток внутренней выстилки носа **2**. Клетки носового эпителия выделяют в ответ оксид азота **3**. Этот газ проникает в бактерий и убивает их **4**. Кроме того, синхронные колебания ресничек изгоняют микробов из носовых ходов.



Сладкий финал

Другие, так называемые одиночные хемосенсорные клетки, несут рецепторы как горького (T2R), так и сладкого (T1R) вкусов. Заразные бактерии высвобождают соединение, вступающее в контакт с рецепторами горького **1**, после чего клетки выделяют кальций **2**. Кальций побуждает соседние клетки высвободить вещества, называемые дефензинами **3**. Дефензины убивают бактерий **4**. Поскольку бактерии перестают утилизировать сладкие вещества (например, глюкозу), их концентрация растет **5**. Глюкоза стимулирует рецепторы сладкого **6**, которые подавляют активность «горьких» рецепторов, тем самым, вероятно, предотвращая чрезмерную иммунную реакцию.



горького вкуса, находящиеся на поверхности особых клеток носовой выстилки крыс и реагирующие на раздражающие вещества. Они показали, что, обнаружив присутствие бактериальных веществ ацил-гомосеринлактонов (АГЛ), эти так называемые одиночные хемосенсорные клетки усиливают свою активность. АГЛ — сигнальные молекулы, высвобождаемые опасными грамотрицательными бактериями в то время, когда они образуют биопленки. Биопленки представляют собой сообщества бактерий (например, *Pseudomonas aeruginosa*), прочно прикрепившихся друг к другу и погруженных в выделяемое ими вещество (матрикс). В таком виде бактерии в тысячу раз устойчивее к антибиотикам, чем одиночные микробы, а значит, убить их гораздо труднее. Ученые из Колорадо показали, что молекулы АГЛ, индуцировавшие образование биопленки, стимулировали и активность хемосенсорных клеток. Таким образом, АГЛ оказались первыми из известных ученым специфических бактериальных веществ, способных активировать клетки с рецепторами горького вкуса. Тем самым подтвердилось предположение, что рецепторы горького реагируют на чужеродных микробов.

Заинтригованные этими открытиями, в 2011 г. мы совместно с учеными из Филадельфийского Центра по изучению химической чувствительности им. Эмброуза Монелла начали поиск вкусовых рецепторов в клетках носового эпителия человека. Наше исследование началось как маленький второстепенный проект, имевший целью выяснить, присутствуют ли рецепторы горького вкуса в слизистой оболочке человеческого носа, или они имеются только на языке и в легких. Но когда мы поняли, что некоторые вкусовые рецепторы могут влиять на подверженность людей риносинуситу, проект стал основным направлением работы нашей лаборатории.

Горькая сверхчувствительность

Свои исследования мы ограничились лишь одним из многочисленных типов рецепторов горького вкуса, *T2R38*, наиболее изученным представителем семейства *T2R*. Рецепторный белок *T2R38* существует в нескольких вариантах — результат небольших различий между кодирующими их генами. Многие из наиболее обычных вариантов белка мы выявили в эпителиальной выстилке носа и околоносовых пазух.

Обнаружив этот «зверинец» рецепторов, мы решили выяснить, каким образом различные формы белка *T2R38* влияют на поведение носовых и пазушных клеток. Находясь на языке, наиболее выраженные различия в эффектах на вкус

обнаруживают две формы *T2R38*. Одна из них обладает чрезвычайно высокой вкусовой чувствительностью, а другая не реагирует на горький вкус вовсе. Примерно 30% белых людей наследуют две копии гена, ответственного за синтез нечувствительного к горькому вкусу варианта *T2R38* (по одной копии от каждого родителя) и, соответственно, лишены чувствительности к некоторым горьким веществам. Примерно 20% представителей белой расы имеют по две копии гена, ответственного за синтез функционального *T2R38*, и, следовательно, обладают сверхчувствительностью к таким веществам. У людей, имеющих по одной копии каждого варианта гена, чувствительность к горькому имеет промежуточные значения.

Изучая образцы ткани носовой и пазушной выстилки, взятые во время хирургических операций, мы сравнивали поведение носовых клеток, обладающих той или иной формой рецепторного белка. Чтобы вызвать реакции рецепторов, мы

Наблюдения позволили заключить, что эпителиальные клетки дыхательных путей используют рецепторы горького вкуса типа *T2R38* для выявления бактерий и активации механизмов противобактериальной защиты

подвергали клетки воздействию фенилтиокарбамида (ФТК) — соединения, нередко используемого для тестирования вкусовой чувствительности. Представьте нашу радость, когда мы увидели, что клетки, полученные от пациентов со сверхчувствительностью к горькому, образовывали большое количество оксида азота — в отличие от клеток людей, не чувствительных к этому вкусу.

Данный факт еще раз подтвердил наше предположение о существовании тесной связи между вкусом и иммунитетом. В дыхательных путях оксид азота борется с бактериями двойным образом: во-первых, он заставляет клетки выстилки повышать частоту колебаний ресничек, во-вторых, непосредственно убивает микробов. Поскольку оксид азота — газ, его молекулы быстро диффундируют из клеток выстилки дыхательных путей в окружающую их слизь, а из нее — в клетки бактерий. Проникнув внутрь, это вещество повреждает мембраны, ферменты или ДНК. Обычно в околоносовых пазухах образуется значительное количество оксида азота, который затем проникает в дыхательные пути и очищает их от микробов.

Существование таких противомикробных эффектов навело нас на мысль, что различия в подверженности людей дыхательным инфекциям могут быть связаны с разными формами *T2R38*. Действительно, мы обнаружили, что оксид азота, образованный клетками носа со сверхчувствительностью к горькому в результате активации *T2R38*, сильнее учащал колебания ресничек и убивал больше бактерий, чем газ, образованный клетками, лишенными такой чувствительности. Кроме того, мы показали, что АГЛ — бактериальные соединения, которые в предшествующих опытах активизировали одиночные хемосенсорные клетки в носовой выстилке мышей, — вызывали активацию и человеческих *T2R38*-рецепторов. Клетки носовой выстилки людей со сверхчувствительностью к горькому способны обнаруживать бактериальные АГЛ с помощью *T2R38* и вырабатывать ок-

Если реакция на горькое представляет собой часть иммунного ответа на вторжение бактерий, эти генетические варианты могут обуславливать и различия в сопротивляемости людей инфекциям. Повышенная функциональность рецепторов горького может наделять людей более высокой устойчивостью к инфекциям, а низкая — делать их более подверженными болезням

сид азота, а клетки людей, лишенных такой чувствительности, этого делать не могут. Подобные наблюдения позволили нам заключить, что эпителиальные клетки дыхательных путей используют рецепторы горького вкуса типа *T2R38* для выявления бактерий и активации механизмов противобактериальной защиты.

С тех пор как мы обнаружили *T2R38* в клетках человеческого носового эпителия, наши знания о роли вкусовых рецепторов в носу значительно расширились. Похоже, эти рецепторы имеются и в одиночных хемосенсорных клетках носа не только у мышей, но и у людей. Название «одиночные» дано клеткам неспроста: они и впрямь широко рассредоточены по всей выстилке носовой полости и составляют всего около 1% имеющихся здесь клеток. Они оснащены рецепторами как горького (*T2R*), так и сладкого (*T1R*) вкусов. Когда стимулируются рецепторы *T2R* хемосенсорных

клеток, они посылают окружающим клеткам химические сигналы, побуждающие их высвободить слизь дыхательных путей в противомикробные белки дефензины. А дефензины способны убивать многих болезнетворных бактерий, в том числе *P. aeruginosa* и МРЗС.

Стимуляция рецепторов сладкого вкуса тормозит активность рецепторов горького вкуса — возможно, для того чтобы не дать клеткам вырабатывать чрезмерное количество белков в неподходящее для этого время. Рецепторы сладкого уже найдены в других — помимо языка — частях тела (например, в поджелудочной железе, где они «оценивают» уровень сахара в крови и заставляют клетки вырабатывать инсулин для его регуляции).

Все эти факты позволяют предположить, что вкусовые рецепторы составляют своего рода систему раннего предупреждения иммунной реакции дыхательных путей. Но работают они иначе, чем большинство других хорошо изученных «белков раннего предупреждения», известных под названием толл-подобных рецепторов (ТПР). Как и *T2R*, при стимуляции некоторыми бактериальными молекулами ТПР тоже активируют иммунную реакцию. Но есть по меньшей мере одна существенная разница: некоторые реакции, опосредованные ТПР (например, «оповещение» генов о необходимости начать выработку антител против микробов-пришельцев), развиваются гораздо медленнее и занимают от несколь-

ких часов до нескольких дней. А *T2R38* и его горькие «кузены» выдают такую реакцию за несколько секунд или минут. Не исключено, что эти вкусовые рецепторы играют важнейшую роль в самом начале инфекции, запуская своего рода мгновенную «контратаку» противника. Другие иммунные рецепторы могут играть решающую роль в борьбе с длительной инфекцией, когда прорвана первая линия обороны.

Уязвимые люди

Многообразие рецепторов горького вкуса *T2R* делает их роль в системе иммунитета еще более интригующей. Большинство из 25 разновидностей рецепторов горького имеют генетические варианты, которые повышают или ухудшают их функциональные способности и тем самым повышают или ухудшают чувствительность к горьким веществам их человеческих носителей. Если реакция

на горькое и в самом деле представляет собой часть иммунного ответа на вторжение бактерий, эти генетические варианты могут обуславливать и различия в сопротивляемости людей инфекциям. Повышенная функциональность рецепторов горького может наделять людей более высокой устойчивостью к инфекциям, а низкая — делать их более подверженными болезням.

Мы уже начали проверять эту гипотезу на людях, и первые результаты свидетельствуют о том, что она верна. Наши потенциальные испытуемые — это миллионы пациентов с хроническим риносинуситом, составляющие значительную часть населения и остро нуждающиеся в медицинской помощи. Заполняя анкеты, касающиеся качества жизни, пациенты с риносинуситом набирают более низкие баллы, чем пациенты с хроническими болезнями сердца и легких. Кроме того, у пациентов с риносинуситом высок риск опасных легочных инфекций и болезней нижних дыхательных путей (например, астмы). Люди, обладающие сверхчувствительностью к горькому, тоже болеют риносинуситом, но инфекции носа, вызываемые грамотрицательными бактериями, встречаются у них гораздо реже, чем у людей, не чувствительных к этому вкусу. Это и понятно: грамотрицательные бактерии образуют АГЛ — соединения, которые активируют рецепторы горького и тем самым заставляют клетки таких людей высвобождать убивающий микробов оксид азота. Поскольку другие бактерии не образуют АГЛ, они избегают воздействия этого фактора иммунной защиты.

Проведенные клинические исследования подтвердили важную роль *T2R38* в патогенезе синусита. В двух исследованиях пенсильванских ученых было показано, что люди с двумя «сверхчувствительными» копиями гена *T2R38* менее подвержены тяжелым формам риносинусита, чем пациенты с двумя «нечувствительными» копиями и даже пациенты с той и другой копиями гена. А отоларинголог Мартин Дерозье (Martin Desrosiers) из Медицинского центра Монреальского университета (Канада) и его сотрудники установили, что «нечувствительный» ген *T2R38* чаще встречается у пациентов с риносинуситом, чем у здоровых людей. Ученые выяснили также, что тяжесть риносинусита связана и с генетическими вариантами двух других вкусовых рецепторов семейства *T2R* — *T2R14* и *T2R49*.

Начинают вырисовываться и связи между иммунитетом и вкусовыми рецепторами, расположенными в органах помимо носа. В 2014 г. было показано, что хемосенсорные клетки мочевого тракта, обнаружив присутствие патогенной кишечной палочки (*Escherichia coli*), используют рецепторы *T2R* для стимуляции опорожнения мочевого пузыря. Возможно, что таким образом организм пытается «вымыть» бактерий наружу и уберечь мочевой

пузырь от инфекций. В еще одном недавно проведенном исследовании было показано, что лейкоциты (белые кровяные тельца), составляющие основной компонент иммунной системы, выявляют АГЛ бактерий псевдомонад (*Pseudomonas*) также с помощью *T2R38*.

В настоящее время мы собираемся выяснить, могут ли вещества, активирующие рецепторы *T2R*, применяться в качестве лекарств при риносинусите. Потенциальным терапевтическим действием могут обладать самые разнообразные горькие соединения, содержащиеся в ежедневно потребляемых нами продуктах, — например, гумулоны и лупулоны в хмельном пиве, изотиоцианаты в брюссельской капусте и прочей зелени и лимонин и другие горечи в цитрусовых плодах. Установлено, что абсинтин, горький гликозид, выделенный из полыни горькой и присутствующий в ликере абсенте, стимулирует рецепторы *T2R* одиночных хемосенсорных клеток. В нашей лаборатории мы тоже изучаем несколько веществ и составов с потенциально лекарственными свойствами. Не исключено, что когда-нибудь появятся новые препараты на основе горечей, предназначенные для лечения различных инфекций вместо антибиотиков.

Вполне возможно, что со временем медики научатся предсказывать подверженность людей инфекциям с помощью их генетического тестирования или тестирования их вкусовой чувствительности. Изучение естественных различий в представленности этих вкусовых рецепторов в организме поможет найти ответ на старый как мир вопрос: почему одних людей болезни дыхательной системы преследуют всю жизнь, а другие даже не знают, что это такое? ■

Перевод: В.В. Свечников

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Taste Receptor Signaling — From Tongues to Lungs. S.C. Kinnamon in *Acta Physiologica*, Vol. 204, No. 2, pages 158–168; February 2012.
- The Bitter Taste Receptor *T2R38* Is an Independent Risk Factor for Chronic Rhinosinusitis Requiring Sinus Surgery. Nithin D. Adappa et al. in *International Forum of Allergy & Rhinology*, Vol. 4, No. 1, pages 3–7; January 2014.
- Bitter and Sweet Taste Receptors Regulate Human Upper Respiratory Innate Immunity. Robert J. Lee et al. in *Journal of Clinical Investigation*, Vol. 124, No. 3, pages 1393–1405; March 3, 2014.
- Taste Receptors in Innate Immunity. Robert J. Lee and Noam A. Cohen in *Cellular and Molecular Life Sciences*, Vol. 72, No. 2, pages 217–236; January 2015.



НЕЙРОНАУКИ

СИЛЛА

Если удастся понять, что происходит с мозгом в детстве,

ДЕТСКОГО

это поможет в поиске новых путей коррекции

МОЗГА

неврологических и психических заболеваний у взрослых

Такао Хенш

ОБ АВТОРЕ

Такао Хенш (Такао К. Hensch) — профессор неврологии в Гарвардской медицинской школе и Бостонской детской больнице, а также профессор молекулярной и клеточной биологии в Центре изучения мозга в Гарвардском университете.



Какая музыка играет в вашем плеере? Если вам больше 30 лет, то скорее всего там есть песни, которые вы слушали, когда были подростком. Детство и подростковый возраст – наиболее запоминающиеся периоды жизни человека. Ранние воспоминания и переживания имеют большое значение для формирования характера и глубоко влияют на все более поздние впечатления. Более 2 тыс. лет назад Аристотель провозгласил: «Привычки, вырабатываемые с детства, определяют всю нашу жизнь».

Недавние достижения в исследованиях мозга придали этой фразе новое значение. Открытия последних 15 лет немного прояснили, как формируются новые связи в мозге младенца и дошкольника и как надо исправлять нервные связи при лечении серьезных неврологических и психиатрических заболеваний.

Критическими периодами называют периоды интенсивного развития, некоторые из них длятся несколько месяцев, а другие — годами. В это время в мозге формируются нужные связи. Большинство таких периодов приурочены к младенческому возрасту, но некоторые начинаются позже, уже у подростков. Нейробиологи установили сроки критических периодов для формирования зрения, слуха, освоения языка и для разных типов социальных взаимодействий. В это время мозг ребенка вступает в тесную связь с внешним миром. Поступающие в мозг фотоны или звуковые колебания запускают биохимические процессы, способствующие формированию и отбору тех клеточных связей, которые будут сохранены на всю жизнь.

Если критический период наступает слишком рано или слишком поздно, не начинается или не заканчивается своевременно, это может привести к тяжелым последствиям. Ребенок может остаться частично слепым, или у него разовьется психическое расстройство, например аутизм. Если у ребенка врожденная катаракта на одном глазу, он потеряет способность видеть этим глазом, поскольку в мозге не сформируются должным образом нервные связи, которые начинают образовываться в младенчестве. Но затем эта способность ослабевает, и к восьми годам критический период полностью заканчивается. Если период закончен, у ребенка остается мало шансов научиться видеть нормально.

Впервые данный этап развития был описан более 50 лет назад. За его исследование Торстен Визел (Torsten Wiesel) и покойный Дэвид Хьюбел (David Hubel) в 1981 г. получили Нобелевскую премию. После этого долгие годы считалось, что критические периоды быстротечны и после их окончания уже нет возможности что-то изменить.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Зрение и другие способности формируются у ребенка во время «критических периодов», когда в ответ на сенсорные или социальные воздействия в мозге происходят долговременные изменения.
- Критические периоды начинаются у детей и подростков в определенном возрасте, при этом происходят формирование и изменение нервных связей. Такое свойство мозга называют пластичностью.
- Постепенно ученые выясняют, какие молекулярные механизмы вызывают начало и окончание критических периодов, и это позволит влиять на сроки периодов и даже восстанавливать пластичность у взрослых людей.
- Однажды с помощью лекарств или медицинских процедур станет возможно заново перезапустить уже закончившийся критический период и исправить повреждения, возникшие ранее в процессе развития.

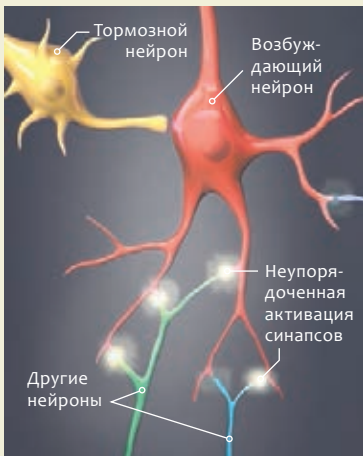
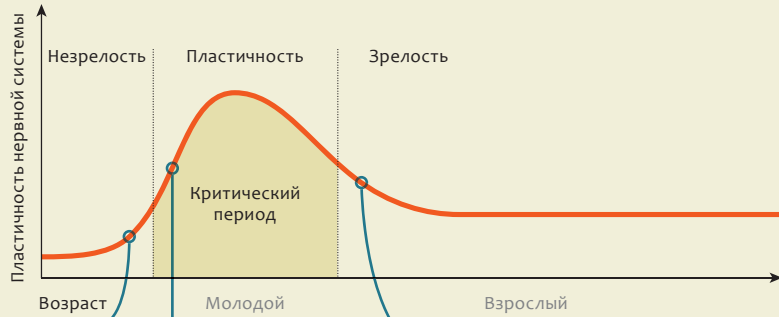
РАЗВИТИЕ МОЗГА

Для детского мозга весь мир открыт

В начале жизни происходит посвящение: в течение критического периода мозг ребенка использует свет, звук и другую сенсорную информацию, поступающую из окружающей среды, чтобы направить процессы развития определенным образом. Во время одного из таких периодов входящая визуальная информация помогает настроить кору мозга для восприятия внешнего мира. Зрительная стимуляция вызывает формирование между нейронами таких связей, которые наилучшим образом обеспечивают восприятие информации от глаз.

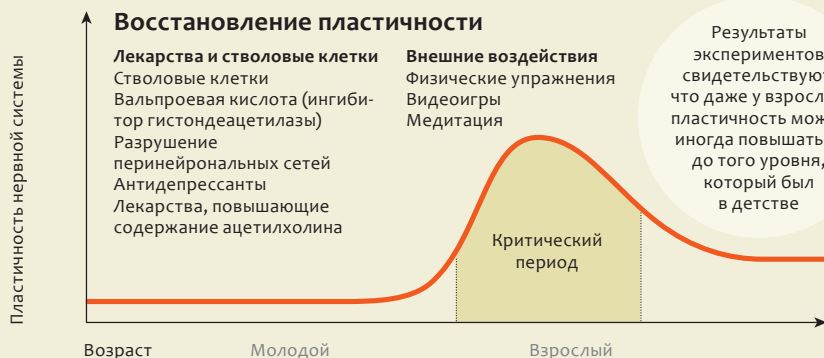
Подлежит изменению

Активность нейронов незрелого мозга сильная, но неупорядоченная. Нейромедиатор ГАМК управляет пластичностью мозга в критический период, при этом синхронно активирующиеся синапсы сохраняются, а остальные подавляются и в итоге уничтожаются. Когда критический период заканчивается, способность удалять лишние синапсы снижается.



Перезапуск

Поняв, какие молекулярные процессы в мозге обеспечивают пластичность во время критического периода, ученые показали, что с помощью лекарств или физических упражнений связи в мозге можно переделать и в гораздо более позднем возрасте.



Недавние работы, проведенные с помощью новых молекулярных методов, привели к пересмотру такого представления. В экспериментах, осуществленных на животных и даже в некоторых исследованиях на людях, было показано, что критический период можно перезапустить и исправить нарушения в мозге.

Эти открытия указывают на наличие поразительных возможностей. Когда-нибудь мы сможем, сдвигая химические переключатели, перезапускать чувствительный период, позволяя мозгу заново производить прокладку нервных связей, и таким образом лечить неврологические и психические заболевания начиная от амблиопии

(«ленивого глаза») и заканчивая психозами. Может оказаться, что понимание процессов, происходящих в мозге ребенка, важнее, чем поиск новых лекарственных средств. Педагоги, психологи и законодатели смогут понять основные механизмы развития ребенка и последствия недостатка родительской заботы, что позволит адаптировать школьную программу к возможностям каждого конкретного ребенка, чтобы это соответствовало уровню его развития.

Включить и выключить

Мозг меняется непрерывно, и не только в детстве. Нейробиологи называют это пластичностью. Когда вы учитесь жонглировать или пользоваться новым приложением для смартфона, возникают тонкие перестройки в синапсах — местах, где нервный сигнал передается с одного нейрона на другой. При освоении нового навыка в нейронах происходят биохимические изменения, которые облегчают или затрудняют передачу сигнала через синапсы. Такая простая форма пластичности сохраняется на протяжении всей жизни. Человек в любом возрасте может учиться чему-то новому.

Однако во время критических периодов в раннем детстве происходят особенно значительные изменения. В начале жизни синапсов в мозге ребенка слишком много, чтобы они могли нормально работать, их надо проредить. Необходимые структурные изменения — удаление лишних синапсов — происходят во время критического периода.

При изучении критических периодов ученые обычно фокусируются на зрительной системе, поскольку с ней относительно просто работать. Вскоре после рождения зрительная кора, расположенная в затылочной части головы, начинает реагировать на свет, попадающий на сетчатку глаза.

То, что воспринимается глазами, вызывает активацию клеток зрительной коры. При этом некоторые клетки активируются одновременно, и между ними формируются новые синапсы. Суть процесса часто формулируют так: «Нейроны, которые возбуждаются вместе, связываются вместе». Синапсы, не активирующиеся синхронно, разрушаются. Критический период для образования связей в зрительной коре младенца заканчивается через несколько лет, и образовавшаяся за это время система сохраняется на всю оставшуюся жизнь.

Исследователи, изучающие нейробиологическое развитие детей, хотят научиться влиять на сроки критических периодов, чтобы наверстать упущенные возможности или исправить неправильно сформированные нервные связи. Они ищут молекулярные механизмы, запускающие и заканчивающие эти периоды.

Одно из ключевых открытий было сделано при изучении важной сигнальной молекулы в мозге. Нейромедиатор ГАМК (гамма-аминомасляная

кислота) хорошо известен как вещество, тормозящее активность нервных клеток. В нашей лаборатории было показано, что ГАМК вместе с некоторыми другими молекулами играет ключевую роль в определении срока начала и окончания критических периодов. Мы обнаружили, что есть тип ГАМК-эргических нейронов, парвальбумин-позитивные крупные корзинчатые клетки, которые, по видимому, организуют весь процесс.

На первый взгляд кажется, что парвальбуминовый нейрон плохо подходит для того, чтобы запускать критический период. Обычно ГАМК-эргические клетки тормозят нейронную активность. Почему тогда он вдруг должен запускать одно из наиболее значительных событий в развитии ребенка? Оказывается, этот нейромедиатор вносит порядок в хаос, творящийся в мозге.

С самых первых дней жизни мозг постоянно находится во включенном состоянии. Для нейронов подходит характеристика «возбудимые клетки», вначале они активируются бессистемно, как если бы люди в толпе все заговорили, не слушая друг друга. И только когда начинается критический период, в их активности появляется некая система. ГАМК, выделяемая парвальбуминовыми клетками, просит возбужденные клетки успокоиться и перестать говорить глупости. Просьба передается с помощью длинных отростков, называемых аксонами, формирующими связи с возбужденными клетками. Аксоны наподобие корзины оплетают тела клеток, которые представляют собой центральную часть нейронов. Идущие по ним тормозные сигналы снижают чрезмерную активность возбужденных клеток, подавляя шум, что дает возможность передавать четкие и ясные сигналы. Таким образом достигается то, что мы называем равновесием процессов возбуждения и торможения.

Мы тщательно изучили этот процесс, наблюдая за формированием зрительной системы грызунов. Мы начали с того, что генетически изменили мышей, чтобы снизить у них уровень ГАМК. В результате критический период у них не начался своевременно. Затем мы с помощью бензодиазепинов, таких как валиум, которые усиливают действие ГАМК, восстановили им критический период.

Эксперимент показал, что в принципе мы могли бы контролировать сроки начала, окончания и продолжительность критических периодов. Это может иметь большое значение для лечения расстройств развития нервной системы. Сейчас во многих лабораториях в исследованиях на животных показано, что и генетические нарушения, и неблагоприятное влияние среды могут нарушать неустойчивое равновесие между возбуждением и торможением и смещать сроки критического периода. Ученые пытаются выяснить, можно ли, скорректировав сроки критических периодов и восстановив равновесие,



Терпис-терапия: для людей с амблиопией, когда один глаз работает намного интенсивнее другого, используют специальную версию видеоигры, чтобы восстановить пластичность и добиться совместной работы обоих глаз

предотвратить возникновение заболевания или вылечить аутизм, шизофрению и другие неврологические нарушения.

Назад в будущее

Потребуется годы, а возможно и десятилетия, прежде чем некоторые из наиболее перспективных методик, опробованных на лабораторных животных, можно будет применять для лечения людей. Однако понимание идеи критических периодов уже дало несколько интересных соображений о том, как можно использовать уже существующие лекарства для частичного восстановления пластичности в мозге взрослых людей.

В долгосрочной перспективе ученые хотят овладеть способностью поворачивать вспять биологические часы и перезапускать критический период. В лаборатории в Калифорнийском университете в Сан-Франциско попытались сделать это на грызунах, пересадив эмбриональные клетки, из которых в мозге после рождения образуются ГАМК-эргические нейроны. После пересадки действительно получился еще один критический период, но он начался, только когда нейроны достигли месячного возраста. Это значит, что, по-видимому, время запуска контролируется определенными генами. Когда в экспериментах нашей лаборатории гены были выключены, даже нормальный критический период не запустился вовремя.

Другой, не менее сложный способ восстановления пластичности — снять ограничители, препятствующие перезапуску критического периода. Один из способов ограничения пластичности —

наличие перинейрональной сети, состоящей из хряще-подобного вещества. По мере взросления организма она обволакивает парвальбуминовые нейроны, завершая критический период и препятствуя дальнейшим структурным изменениям в синапсах.

Перинейрональная сеть состоит преимущественно из хондроитинсульфат-протеогликанов — молекулярного комплекса, содержащего белки и сахара. Ограничение пластичности пропадает, когда ферменты разрушают эти соединения. В совместной работе британских и итальянских ученых взрослым крысам вылечили амблиопию. Животным вводили в мозг фермент хондроитиназу, растворяющую перинейрональную

сеть. Таким образом, запускался новый критический период. Крысы получали необходимую зрительную стимуляцию, которой были лишены в детстве, и у них формировалось хорошее зрение.

Исследователи из Института биомедицинских исследований им. Фридриха Мишера в Базеле применили аналогичный подход. Сначала они обучали крыс бояться в ответ на определенный сигнал, например на звонок. Воспоминания о пережитом страхе хранятся в нейронах мозговой структуры, называемой миндалиной. Если убрать перинейрональную сеть вокруг этих клеток, начнется критический период. Животные в таком состоянии восприимчивы как маленькие крысята, и их можно научить больше не бояться пугающего стимула.

В США безопасность процедуры введения фермента глубоко в мозг будет тщательно изучаться Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) и скорее всего будет одобрена далеко не в ближайшее время. Однако ряд уже существующих лекарств могут в некоторой степени усилить пластичность. В сотрудничестве с нашей лабораторией было проведено небольшое предварительное исследование, показавшее, что препарат, применяемый для лечения эпилепсии и биполярного расстройства, позволяет взрослым людям обучаться новому с такой же легкостью, как это удается детям.

В работе мы использовали препарат, с помощью которого убирается еще одно из ограничений пластичности мозга. Это лекарство — ингибитор гистондеацетилазы — отключает фермент, который

плотно сворачивает ДНК, предотвращая возможность синтеза белков, обеспечивающих мозгу пластичность. Мы хотели проверить, можно ли, повысив пластичность, помочь взрослым людям приобрести абсолютный слух (обычно такая способность приобретается в детстве, до шести лет, когда ребенок слушает музыку). Здоровым двадцатилетним людям давали препарат и обучали их различать звуки в пределах трех октав. Ни у кого из них под влиянием препарата не прорезалось вдруг абсолютного слуха, но после двух недель обучения они определяли ноты гораздо лучше, чем участники, получавшие плацебо.

Широко применяемые лекарственные средства, повышающие уровень других нейромедиаторов — ацетилхолина, серотонина и иных молекул, влияющих на частоту импульсов в нервных цепях, тоже могут восстанавливать пластичность. Благодаря ацетилхолину нейроны способны поддерживать определенный уровень сигнала во время бодрствования. Это достигается за счет регуляции равновесия между возбуждением и торможением, почти так же, как во время критического периода.

В Бостонской детской больнице проходят клинические испытания, цель которых — определить, может ли донепезил, препарат, используемый при болезни Альцгеймера и повышающий уровень ацетилхолина, восстановить пластичность и помочь сформировать нормальное зрение у молодых людей с амблиопией. Чем выше содержание ацетилхолина, тем на большее количество рецепторов он воздействует. С другой стороны, существует белок *Lupx1*, подавляющий активность рецепторов. В наших предыдущих исследованиях было показано, что при удалении этого вещества, которое по своему составу близко к змеиному яду, повышается пластичность.

Ацетилхолин — не единственный нейромедиатор, который может быть полезен в лечении амблиопии. Введение антидепрессантов, повышающих уровень серотонина, таких как прозак, смягчало симптомы амблиопии в экспериментах на крысах. В некоторых случаях и специальные препараты не нужны. Видеоигры или медитация тоже могут повышать пластичность, и сейчас изучаются возможности их использования для лечения амблиопии, синдрома дефицита внимания и гиперактивности, а также других расстройств.

Исследователи, изучающие критические периоды, часто удивляются, зачем вообще существуют ограничения способности к обучению. Почему в мозге человека и многих других животных в процессе эволюции появились ограничения для пластичности? Нет ли какой-то опасности в том, чтобы перезапустить критический период, когда нам нужно освоить новый навык? И наконец, не прав ли был французский поэт Шарль Бодлер, когда писал, что гений — это «детство, вновь обретенное по своей воле»?

Возможно, ограничение пластичности развилось, чтобы защитить клетки мозга. Интенсивный обмен веществ в парвалбуминовых нейронах приводит к появлению свободных радикалов, которые могут повреждать мозг. Вероятно, это одна из причин появления перинейрональной сети. При посмертном исследовании мозга пациентов, страдавших от шизофрении и других психических заболеваний, выявляется общее ухудшение перинейрональных сетей и связанное с этим ослабление ограничений для пластичности.

На примере болезни Альцгеймера можно видеть опасность неконтролируемой пластичности. Высшие отделы мозга, например ассоциативные зоны коры, отвечающие за сложные когнитивные способности, сохраняют пластичность на протяжении всей жизни. В этих областях содержится меньше хондроитинсульфат-протеогликанов, способствующих завершению критических периодов, и именно здесь в первую очередь гибнут клетки при нейродегенеративных заболеваниях.

С философской точки зрения тоже не стоит позволять мозгу что-то сильно менять. Искусственные начало и завершение критических периодов могут быть полезными при лечении неврологических заболеваний. Но в это же время формируется личность человека. Подобно тому как люди изборают все более сложные технические средства, меняющие их среду обитания, они будут искать и новые пути повышения пластичности взрослого мозга, чтобы приспособиться к стремительно происходящим изменениям среды. Если восстановление пластичности производится неаккуратно, внесенные изменения могут разрушить личность. Об этом не стоит забывать, когда мы освоим технологии, позволяющие восстанавливать детскую пластичность во взрослом возрасте, чтобы лучше приспособиться к требованиям и многообразию современного мира. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Куль П. Детский лепет // ВМН, № 1–2, 2016.
- Neurodevelopment: Unlocking the Brain. Jon Bardin in Nature, Vol. 487, pages 24–26; July 4, 2012. www.nature.com/news/neurodevelopmentunlocking-the-brain-1.10925
- Re-Opening Windows: Manipulating Critical Periods for Brain Development. Takao K. Hensch and Parizad M. Bilimoria in Cerebrum. Published online August 29, 2012. <http://tinyurl.com/pyg9jje>
- Balancing Plasticity/Stability across Brain Development. Anne E. Takesian and Takao K. Hensch in Changing Brains: Applying Brain Plasticity to Advance and Recover Human Ability. Edited by Michael M. Merzenich et al. Elsevier, 2013.
- Рассказ Такао Хенша про нейропластичность см. по адресу: ScientificAmerican.com/feb2016/plasticity



АПРЕЛЬ 1966

Технология и занятость. По данным Национальной комиссии по технике, автоматизации и экономическому успеху, «подавляющее большинство» людей понимают, что технологические новшества «привели к улучшению условий труда, исключив многие грязные, трудоемкие и не требующие высокой квалификации рабочие операции (возможно, даже большинство их). Вероятно, основной причиной создания этой комиссии стало опасение, что эти технологические новшества могут оказаться главным источником безработицы, который в итоге сделает ненужными почти все рабочие места». Однако члены комиссии пришли к выводу, что «технология исключает рабочие операции, но не работу».

Рентгеновская космология. Первые два внегалактических источника рентгеновского излучения были обнаружены год назад с помощью данных, полученных от рентгеновских детекторов, установленных на ракетах. Специалисты из Научно-исследовательской лаборатории ВМС США, открывшие эти источники, установили, что они совпадают с двумя наиболее мощными радиоизлучающими галактиками — Лебедь А и Дева А. Мощности рентгеновского излучения обеих этих галактик в 10–100 раз больше мощности, излучаемой этими галактиками в виде света и радиоволн. Поскольку земная атмосфера практически непрозрачна для космического рентгеновского излучения, детекторы были вынесены за пределы большей ее части на ракетах *Aerobee*, запущенных с полигона Уайт-Сандс в штате Нью-Мексико.



АПРЕЛЬ 1916

Спорт для слепых. Проблема подыскания работы для слепых никогда не была столь масштабной, как сегодня, когда война в Европе прибавила и к без того немалому числу этих несчастных десятки тысяч новых. Однако Франция недавно предприняла попытку создать

какие-то развлечения для тех, кого война лишила зрения, и в частности это оказалось фехтование. Ленивому уму трудно представить себе, как такой активный спорт, как фехтование, может доставлять удовольствие слепым. Однако турниры фехтовальщиков, участие в которых принимают только слепые, стали обычными в Париже.

Самый большой слон. Три или четыре года назад отряд саперов Корпуса королевских инженеров

британской армии, копавший траншею на берегу реки Медуэй в Апноре, напротив Чатемской верфи, наткнулся на группу костей и часть огромного бивня. Однако извлечь эти останки удалось только летом 1915 г. Кости конечностей этого животного, получившего название прямобивневого лесного слона (*Elephas antiquus*), позволили уверенно оценить его размеры. Он должен был быть огромным: по расчетам, его рост должен был составлять не меньше 4,6 м — намного больше роста любого из других известных видов слонов, как ныне живущих, так и вымерших (на илл.).

Примечание: изображения 1916 г. на тему естественной истории см. по адресу: www.ScientificAmerican.com/apr2016/natural-history



Гигантский прямобивневый *Elephas antiquus* в компании с мамонтом и современным африканским слоном, 1916 г.



АПРЕЛЬ 1866

Бумага из древесины. Нам сообщили, что строительство завода *Manayunk Pulp Works* в этом месяце завершилось. Он стал самым большим в мире предприятием этого рода и способен производить от 12 до 15 т бумажной массы в сутки. Это увеличит еже-

суточное производство печатной бумаги примерно на 5,9 тыс. кг, уменьшив в той же мере потребление тряпья, и тем самым понизит стоимость и бумажной массы, и самой бумаги. Современный процесс получения бумажной массы из древесины разработан около 1850 г. Хью Берджесс (Hugh Burgess).

Примечание: натронный процесс, одним из изобретателей которого был Берджесс, обеспечивает эффективное извлечение целлюлозы из древесины.

Высокотехнологичное «сачкование». Использование водолазных колоколов на Темзе было запрещено, вместо них стали применять водолазные костюмы. Дело в том, что при строительстве Вестминстерского моста было обнаружено, что в колоколах работники играли на дне в карты вместо того, чтобы работать, а эффективного способа контролировать их, разумеется, не было. Однако в водолажном костюме играть в карты не так-то просто, так что замена оказалась весьма эффективной. ■



Материал предоставлен
нашими коллегами
из журнала

**GEHIRN
UND GEIST**

(Германия)



Результаты некоторых исследований мозга показывают, что у мужчин и женщин разные предпочтения и навыки, однако за этими данными кроются многие методологические недостатки

Что есть у нее, чего нет у него?

Теодор Шааршмидт

ОБ АВТОРЕ

Теодор Шааршмидт (Theodor Schaarschmidt)— психолог и научный журналист из Берлина. При работе над этой статьёй он часто думал о фильме Лорио «Осторожно: папа!» Там отец объясняет сыну: «Мужчины есть, и женщины тоже. Подумай об этом!»

Это было трудоемкое исследование. Почти 1 тыс. респондентов приняли участие в экспериментальной рабочей группе под руководством нейробиолога Мадхуры Ингалхаликар (Madhura Ingahalikar) из Пенсильванского университета в Филадельфии. С помощью сканирования головного мозга, так называемой диффузионной МРТ, исследовался ход нервных волокон в мозге. Как оказалось, у женщин оба полушария головного мозга более тесно связаны друг с другом, в то время как у мужчин обнаружались более плотные связи внутри полушарий.

По итогам исследования в 2014 г. в престижном периодическом издании *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* была опубликована статья. Многие коллеги-ученые встретили ее благожелательно, но некоторые нашли методологические недостатки.

На это исследование обратили внимание почти все крупные СМИ. Однако во многих материалах не только были описаны фактические результаты, но и содержались собственные умозаключения о гендерных различиях в когнитивных способностях. «Женский мозг работает совсем иначе» — гласил заголовок статьи в издании *Die Welt*, расценивающим исследование как убедительное доказательство того, что мужчины лучше паркуются, а женщины более чуткие.

В этом случае, по словам Клиодны О'Коннор (Clodhna O'Connor) и Элен Джофф (Helene Joffe) из Университетского колледжа Лондона, результаты нейрологического исследования часто служат проекцией устоявшихся гендерных стереотипов. Обе исследовательницы проанализировали более 200 газетных и онлайн-новостей, посвященных работе Ингалхаликар и ее коллег. В итоге в большинстве материалов помимо прочего подчеркивалось, что мужской и женский мозг в корне отличаются друг от друга — но насколько, все еще остается неясным. Многие СМИ в своих материалах использовали столь сильные метафоры, что называли «пропасть» между мужчинами и женщинами «непреодолимой». Так было, например, в британской ежедневной газете *Daily Mail*: «Разница между полами настолько значительна, что мужчины и женщины могли бы принадлежать чуть ли не различным биологическим видам».

Это напоминает старые названия бестселлеров, где «мужчины с Марса, а женщины с Венеры». Используются ли в таком случае результаты исследований мозга не по назначению? Могут ли они «зацементировать» стереотипы?

Изучение гендерных различий всегда остается актуальной темой. Рабочая группа из Кембриджа подсчитала, что с начала 90-х гг. прошлого века было опубликовано более 5,6 тыс. нейрологических исследований по этой проблеме. Психолог Джина Риппон (Gina Rippon) из Астонского университета в Бирмингеме убеждена, что современные исследователи преувеличивают значение гендерных различий. Во многом она возлагает ответственность за это на когнитивные установки, называемые экспертами эссенциализмом.

Основные положения

1 Многие нейробиологические исследования указывают на разницу в головном мозге мужчин и женщин, в частности в когнитивных способностях.

2 Социологи жалуются, что часто малозначительные эффекты переоцениваются и провоцируют методологические ошибки. Это укрепляет ролевые стереотипы.

3 Распространенное мнение, что гендерные различия могут быть только врожденными, не поддерживается нейробиологами. Даже наш мозг формируется через гены и окружающую среду.

Его мозг, ее мозг

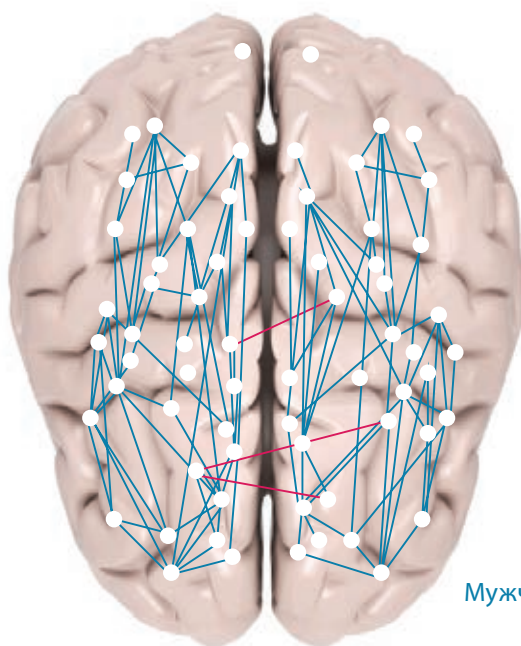
В основе лежит идея о том, что некоторые особенности прочно укоренились в самой природе человека и совсем не изменились (или в малой степени) под воздействием внешних факторов. Это относится ко многим биологическим признакам: тот, кто обладает женским набором хромосом, женскими половыми органами и железами, разовьется в большинстве случаев в женщину. Тем не менее, по словам Риппон, будет заблуждением полагать, что социальные договоренности, поведенческие тенденции и даже нейронные структуры имеют настолько прочную биологическую основу.

Некоторые нейробиологи утверждают, что нервная система мужчин и женщин имеет фундаментальные различия. Так, британский эксперт по аутизму Саймон Барон Коэн (Simon Baron Cohen) делит мозг на мужско-систематический *S*-мозг и женско-эмпатический *E*-мозг. С этой теорией спорит Риппон: «Ни один индивидуум не имеет четко выраженного "мужского" или "женского" мозга». И хотя мы можем говорить, что обычно различия между мужчинами

и женщинами все же обнаруживаются, в каждом конкретном случае это допущение не делает правило безоговорочным и применимым к каждому конкретному индивиду.

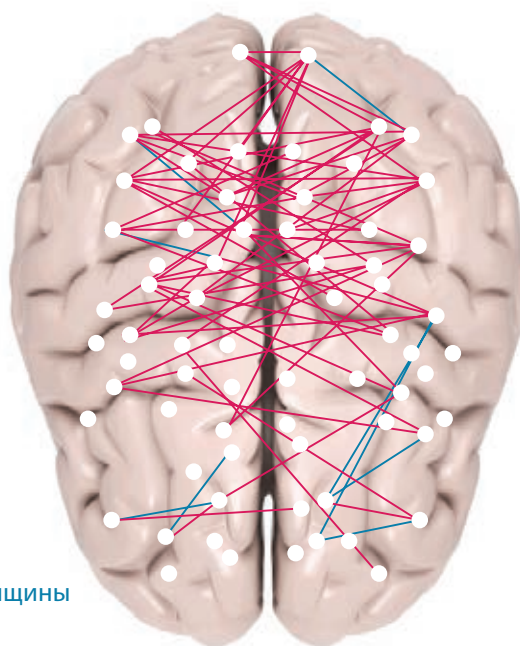
Исследователь объясняет это на следующем примере. Мозг мужчины в среднем имеет меньший гиппокамп, чем женщины, но миндалевидное тело, напротив, у них обычно больше. Отмеченный в случайной выборке респондентов относительно небольшой гиппокамп не обязательно подразумевает такое же маленькое миндалевидное тело. Каждый мозг имеет свою собственную мозаичную структуру, как это формулирует Риппон, — особые признаки, часть из которых есть у женщин, а часть у мужчин.

Пластичность нервной системы также не позволяет категорично говорить о наличии «женского» или «мужского» мозга. Различный опыт познания естественным образом отражаются в нейронной архитектуре. Это подтверждает, например, исследование психолога Ричарда Хэйера (Richard J. Haier) из Калифорнийского университета в Ирвайне: его команда на протяжении трех месяцев давала девочкам-подросткам играть в тетрис,



Мужчины

Согласно исследованию, у мужчин больше нервных путей внутри полушарий головного мозга (синие линии), у женщин, наоборот, наблюдаются более тесные связи между обоими полушариями (красный); тем не менее этих различий меньше, чем внушают подобные изображения



Женщины

Вкратце: эссенциализм

Так ученые называют прием, когда социальные категории выводятся из биологии и потому интерпретируются как мало подверженные ситуативному воздействию. В гендерной дискуссии это часто приводит к тому, что разница между мужчинами и женщинами считается имманентной характеристикой.

который тренирует визуально-пространственную ориентацию. Хотя в среднем время игры респондентов составляло не более полутора часов в неделю, объем усиленно используемого полушария головного мозга увеличился.

Мужчины и женщины все еще часто находятся под влиянием разной среды познания, будь то выбор профессии или обучение. Именно поэтому у взрослых вряд ли возможно определить, в чем причина нейронных отличий — в генах или в окружающей среде. Скорее всего, в тесном взаимодействии того и другого.

Большое поле для интерпретаций

Разрыв между врожденным, биологически заложенным признаком, с одной стороны, и социальным влиянием, с другой, крайне сложно отражается на результатах исследований мозга. Оба аспекта тесно переплетены друг с другом. В связи с этим возникает вопрос: о чем на самом деле говорят исследования гендерных особенностей?

«С помощью методов визуализации можно, помимо прочего, ответить на пространственные вопросы, — объясняет социолог Ханна Фич (Hanna Fitch) из Берлинского технического университета, уже много лет использующая в своих исследованиях МРТ. — Таким образом можно локализовать определенные психические явления и картографировать их. На вопросы о конкретных механизмах действия, наоборот, сложно найти ответ».

Вкратце: метаанализ

Метаанализ — очерковое исследование, оценивающее и обобщающее многие работы по соответствующей теме. С его помощью можно найти достоверные ответы на конкретные научные вопросы.

Фич обращает внимание на то, что при использовании методов визуализации необходимо заранее учитывать большое количество вариантов — в частности, когда речь идет об исследуемом полушарии головного мозга или о статистической обработке данных. МРТ-диагностика имеет сильную визуальную выразительность, вроде бы предоставляет объективные снимки действующего мозга. Она привлекает многих, но даже ученые иногда пренебрегают возможностями, которые дает МРТ. Чем шире поле для интерпретаций предоставляет методика, тем более имплицитными становятся предположения относительно ожидаемых различий.

В некоторых случаях «доказывается», что одни и те же показатели в зависимости от метода анализа могут иметь как сходства, так и различия у обоих полов. Психолог Аннелиз Кайзер (Anelis Kaiser) совместно с коллегами обнародовала исследование при помощи визуализированного метода диагностики, в рамках которого у 44 добровольцев изучали область Брока, отвечающую за способность говорить. В отличие от предыдущих, результаты этого исследования показали, что у респондентов-мужчин языковые центры в обоих полушариях активированы в равной мере, в то время как у женщин область Брока доминирует в левом полушарии.

Но как только ученые изменили метод оценки и установили строгие статистические стандарты, разница сразу же исчезла. Теперь у обоих полов была отмечена значительно большая активность центра Брока в левом полушарии головного мозга по сравнению с правым.

То, что напоминает математическую игру, может иметь серьезные последствия. Различия, обнаруженные между группами респондентов, с большой вероятностью будут обозначены в научных журналах нулевыми результатами — исследованиями, в рамках которых не было отмечено никаких эффектов. Это искажение результатов в публикации уже давно представляет собой распространенную проблему.

В гендерных исследованиях головного мозга это особенно серьезно, как объясняет нейробиолог Корделия Файн (Cordelia Fine), работающая в Мельбурнском университете в Австралии. Причиной выступает закономерность, когда педалируются гендерные различия, хотя на то нет видимых причин, объясняет Файн в своей заметке для издания *Neuroethics*.

«20 тестов на гендерные различия предоставляют статистически значимый результат, даже если не учитывать разницу между самими группами».

Корделия Файн

«Отрицание различий головного мозга напоминает утверждение после проверки шин и тормозов о том, что нет существенной разницы между *Volvo* и *Corvette*».

Ларри Кэхилл

Ложноположительные результаты усиливают стереотипы

На самом деле во многих исследованиях респондента спрашивают про его пол лишь вскользь, без конкретной гипотезы. «Когда 20 тестов проверяют наличие гендерных различий, безусловно, обнаружатся статистические важные результаты, даже если существует разница между группами», — отмечает Файн. Будучи однажды опубликованными, эти ложноположительные результаты, однако, часто сохраняются на долгое время. То, что результат не повторился и в последующих исследованиях, не играет большой роли. В конечном счете все это укрепляет гендерные ролевые модели.

Нейробиолог Ларри Кэхилл (Larry Cahill) из Калифорнийского университета в Ирвайне также критически относится к современным практикам исследования. По его мнению, различия между полами не только не педалируются чрезмерно, напротив, они слишком мало отмечаются. Таким образом, гендерными особенностями часто пренебрегают при неврологических заболеваниях. Кэхилл все время находится в состоянии спора с такими исследователями, как Риппон или Файн. Его аргументация: слишком часто мужской мозг рассматривается как стандарт, в то время как женский мозг считается лишь особым случаем.

В профессиональной литературе наблюдается отчетливая асимметрия: метаанализ, проведенный учеными из Калифорнийского университета в Беркли в 2011 г., показал, что в каждом втором нейрологическом исследовании на животных участвовали практически только особи мужского пола, и лишь одна десятая часть подопытных были самками. В исследованиях людей, как признает Кэхилл, такой серьезный дисбаланс не наблюдается.

Ученый считает, что мозг у мужчин и женщин имеет фундаментальные различия. В то же время можно заметить и явные совпадения между характеристиками обоих полов, а обнаруженные эффекты не принимаются в расчет. Чаще всего причиной становится то, что анализ рассматривает только отдельные функции. «Это все равно что после детального анализа стекол, шин и тормозов машины прийти к выводу, что не существует очевидной разницы между *Volvo* и *Corvette*», — объясняет Кэхилл.

Он отмечает также, что акцент на пластичность головного мозга тоже представляет проблему: в конце концов, модели поведения, которые формируются на протяжении долгого времени, могут иметь биологическое происхождение — как развитие языка или праворукость. Изменения,

Чистые методы, надежные результаты

Методы диагностической визуализации пользуются популярностью в области гендерных исследований. Многие из них имеют методологические проблемы, усложняющие интерпретацию результатов. Команда нейропсихологов под руководством Джини Риппон разработала четыре предложения для большей надежности исследования.

Больше респондентов

Многие МРТ-исследования основываются на малом числе испытуемых. Достаточно часто анализы дают настолько случайные результаты, что их невозможно повторить в следующей работе. Большая выборка приводит к более стабильным результатам.

Процессы, а не моментальные снимки

Большая часть визуализационных экспериментов использует «моментальные фотоснимки» мозга. Они мало говорят о том, в чем причина изучаемого своеобразия. Временные изменения и ситуативные воздействия необходимо изучать более детально.

Указывать силу эффекта

Не все статистически значимые различия важны и практически. Некоторые из них настолько малы, что разница между мужчинами и женщинами нивелируется. Обозначение так называемой силы эффекта поможет экспертам оценить важность полученных данных.

Принимать во внимание социальное воздействие

Биологический пол — чаще всего абсолютный выбор: либо один, либо другой. Но люди отличаются в своих «типично» женском или мужском поведении и взглядах. Как это отражается на нейронном уровне, до сих пор не выяснено.

обусловленные окружающей средой, в то же время имеют биологические ограничения. Аргумент пластичности Кэхилл считает современным вариантом идеи *tabula rasa*, предположением, что человеческий мозг априори чист как белый лист бумаги и изменяется под влиянием опыта и знаний.

Вне зависимости от того, в какой степени пол человека формирует головной мозг, в научно-популярной литературе «нейрофакты» все же пользуются популярностью. Книжный рынок полнится заголовками типа «Мужчины — слабый пол и мозг» или «Женский мозг: почему женщины отличаются от мужчин?» Старые стереотипы внезапно становятся вновь привлекательными, когда они (даже если только на первый взгляд) находят нейрологические подтверждения. Как только феномен подкрепляется на уровне науки, он сразу кажется более заслуживающим доверия, более осязаемым и реальным.

Согласно теории, мы интерпретируем новые стимулы в свете так называемых социальных установок, т.е. они становятся общими идеями и убеждениями. Таким образом, абстрактные знания интегрируются в существующую систему ценностей. Кто твердо держится эссенциалистского мировоззрения, читает научные тексты через «очки эссенциализма».

Доминируют ли сперматозоиды над яйцеклетками?

В исследовании, проведенном социопсихологом Вольфгангом Вагнером (Wolfgang Wagner) из Тюбингенского университета, респондентов просили подобрать метафоры для человеческого оплодотворения. Чаще всего сперматозоиды описывались более активными, сильными и доминирующими по сравнению с яйцеклетками. Это было особенно заметно у тех респондентов, которые поддерживают консервативную концепцию гендерных ролей. По-видимому, система ценностей участников эксперимента определяет то, как они воспринимают биологический процесс.

Как показывает исследование, проведенное Иланом Дар-Нимродом (Ilan Dar-Nimrod) и Стивеном Хайне (Steven Heine) в 2006 г., многие СМИ способствуют укреплению эссенциалистского стиля мышления и тем самым влияют на нас. Исследователи предложили студентам пройти математический тест, предварительно прочитав им статью в газете якобы для того, чтобы проверить понимание ими текста. В реальности дело было в другом: часть респондентов прочитала отчет о вымышленном исследовании, в соответствии с которым женщины и мужчины одинаково хорошо понимают математику. Вторая группа, наоборот, получила информацию, согласно которой мужчины из-за генетических факторов, влияющих на функции мозга, лучше справляются со счетом. Респондентам,

Пол и гендер

Для слова «пол» в английском языке есть два возможных перевода: *sex* делает акцент на биологический аспект, половые органы, железы или набор хромосом, *gender*, наоборот, подразумевает психосоциальные аспекты, например социально опосредованную концепцию мужественности и женственности. Некоторые философы, в частности феминистка Юдит Батлер (Judith Butler) из Калифорнийского университета в Беркли, отказываются от разделения на «гендер» и «пол», предполагая произвольную границу.

которые столкнулись с этим биологическим объяснением, тест удался хуже, чем первой группе.

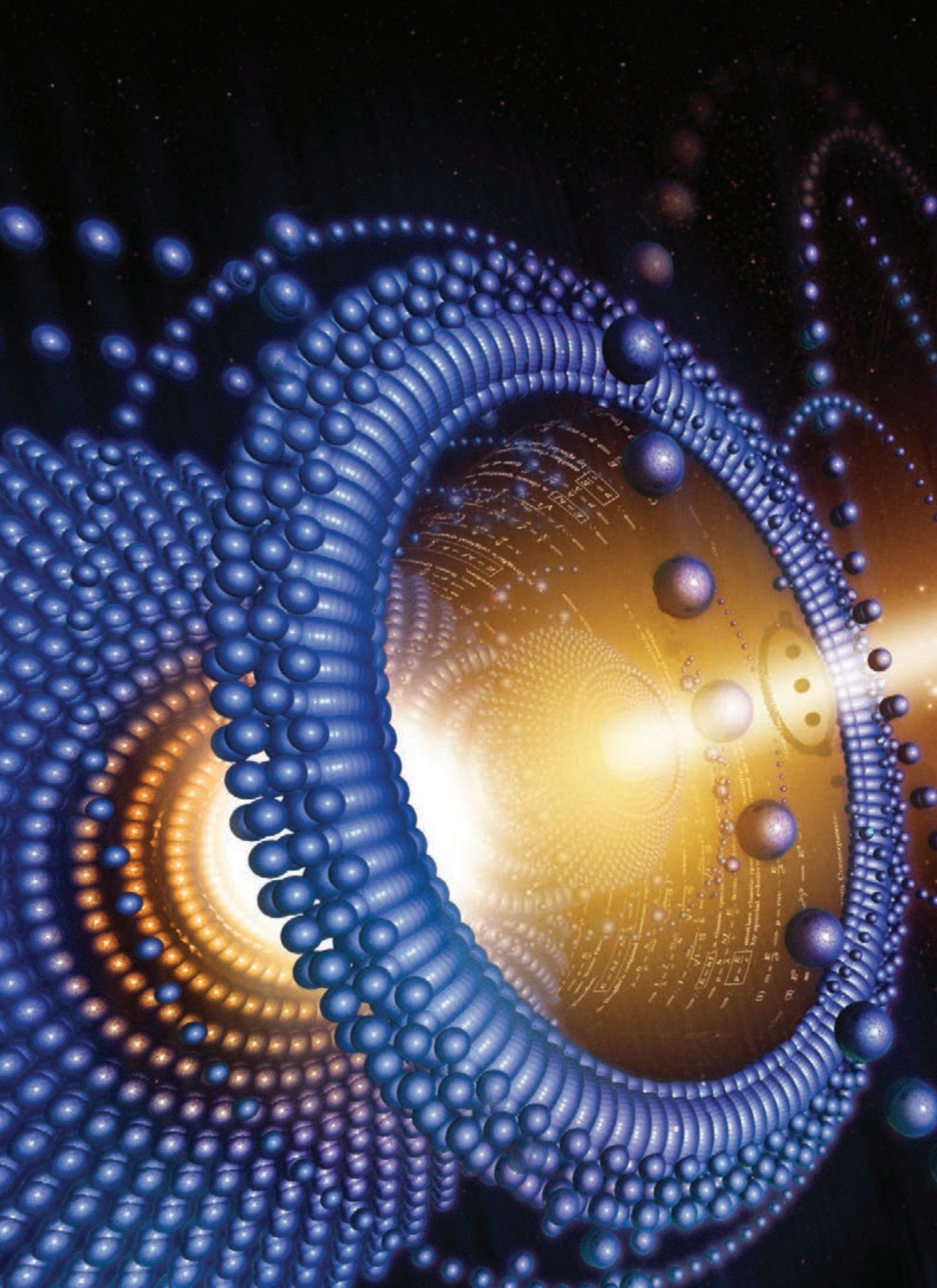
Здесь круг замыкается: если результаты научных экспериментов формируют наше представление о женственности и мужественности, это влияет и на само исследование. Ханна Фич видит причину в функционировании научных систем: «Когда публикуются результаты одного исследования, это влияет и на другие. Таким образом, нарратив повторяется снова и снова».

Ученые, исследующие головной мозг, осознанно ставят границы и критикуют методики, внося предложения по их улучшению. Конечно, пол играет некую роль в функционировании головного мозга — с этим соглашаются даже такие ученые, как Файн и Кэхилл, придерживающиеся различных точек зрения. Остается спорным, насколько сильно воздействует социальный и культурный контекст на исследовательскую практику. ■

Перевод: Е.С. Новоселова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Neuromythologie. Eine Streitschrift gegen die Deutungsmacht der Hirnforschung. F. Hasler, Transcript, Bielefeld, 2014.
- Sex Bias in Neuroscience and Biomedical Research. A. Beery et al. in *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2011, p. 565–572.
- Equal ≠ the Same: Sex Differences in the Human Brain. L. Cahill in *Cerebrum*, 5, March/April, 2014.
- Why Sex Matters for Neuroscience. L. Cahill in *Nature Reviews Neuroscience*, 2006, p. 477–484.
- Exposure to Scientific Theories Affects Women's Math Performance. I. Dar-Nimrod et al. in *Science*, 2006, p. 435–435.
- Is there Neurosexism in Functional Neuroimaging Investigations of Sex Differences? C. Fine in *Neuroethics*, 2013, p. 369–409.





ТЕХНОЛОГИИ

Квантовый взлом

Квантовые компьютеры
сделают современные
методы криптографии
безнадёжно
устаревшими. И что
тогда будет?

Тим Фолджер

ОБ АВТОРЕ

Тим Фолджер (Tim Folger) пишет для журналов *National Geographic*, *Discover* и других общенациональных изданий. Помимо этого, он редактор серии ежегодной антологии «Лучшая американская публикация в области естественных наук и наук о природе», выпускаемой издательским домом *Houghton Mifflin Harcourt*.



В один из солнечных октябрьских дней на пляже в Сан-Хуане, Пуэрто-Рико, два ученых нашли решение задачи, которая в то время еще даже не существовала. Шел 1979 г. Жиль Брассар (Gilles Brassard), незадолго до того получивший докторскую степень в Корнеллском университете, погружился в теплые карибские воды, когда кто-то поплыл ему навстречу. Темноволосый незнакомец с жаром принялся рассуждать о том, как изготовить купюры, которые невозможно будет подделать. Метод, изобретенный несколькими годами ранее выпускником Колумбийского университета по имени Стивен Визнер (Stephen Wiesner), заключался во включении в банкноты фотонов — частиц света. Согласно законам квантовой механики, любая попытка измерить или скопировать фотоны мгновенно изменит их свойства. Каждая купюра имела бы свою собственную цепочку фотонов, квантовый регистрационный номер, который никоим образом нельзя скопировать.

«Я, конечно, был удивлен, — говорит Брассар, ныне профессор информатики Монреальского университета, — но вежливо выслушал». Его новым знакомым был Чарльз Беннетт (Charles Bennett), физик-исследователь из компании *IBM*. Как выглядит Брассар, Беннетт узнал на конференции, в которой оба принимали участие. Хотя они были заинтригованы идеей квантовой банкноты, им было ясно, что технически это невозможно. Даже сегодня никто не знает, как захватить, остановить и сохранить фотоны в куске бумаги. Частицы света, помимо всего прочего, обычно очень быстро движутся.

умна с практической точки зрения, но одновременно оказалась чрезвычайно плодотворной, поскольку именно оттуда у Беннетта и у меня родилась идея того, что ныне называется квантовым распределением ключа».

Квантовое распределение ключа (КРК) — это метод кодирования и передачи данных с помощью фотонов. В принципе, это дает нам в руки абсолютно не поддающуюся расшифровке форму криптографии. После той встречи на пляже Беннетт и Брассар начали пятилетнее сотрудничество, в ходе которого родился первый в истории криптографический метод, основанный не на сложности

«Сегодня мы лучше разбираемся в проблеме, но так ни на йоту и не приблизились к тому, что хотя бы отдаленно имело практическое значение для квантовых банкнот, — продолжает Брассар. — Однако это стало исходной точкой мысленного эксперимента. Это прекрасный пример идеи, которая абсолютно без-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Традиционные компьютеры были плохо приспособлены для взлома схем шифрования (часто базирующихся на простых числах большой длины), которые лежат в основе повседневных интернет-коммерции и коммуникаций.
- Квантовые компьютеры, однако, смогут взломать сегодняшние схемы шифрования, эксплуатируя странные законы субатомного мира и испытав все варианты кода одновременно.
- Еще никто не построил полномасштабный квантовый компьютер, но ученые из университетов, государственных и частных компаний пытаются это сделать, и некоторые эксперты говорят, что смогут преуспеть в этом уже через десять лет.
- Именно поэтому ученые гонятся за совершенством и развертывают технику квантового шифрования, которая использует квантовую неопределенность для формирования практически неуязвимых кодов.

математических вычислений, а на законах физики. Когда в 1986 г. Беннетт и Брассар наконец опубликовали свою работу, мало кто из ученых заметил ее. Брассар вспоминает: «Те, кто уделил ей хотя бы какое-то внимание, сочли чем-то из разряда "физики шутят". Мы сами не воспринимали ее всерьез».

Теперь все изменилось. Тридцать лет назад едва ли кто-нибудь кроме сотрудников правительственных разведывательных агентств использовал криптографию. Сегодня она стала важной составной частью повседневных финансовых операций в Интернете. Всякий раз, когда кто-нибудь в режиме онлайн вводит пароль или номер кредитной карточки, сложные программы, встроенные во все интернет-браузеры, проводят невидимую работу, чтобы защитить эту информацию от кибервзломщиков. «Это технология, которая нужна всем, но никто не знает, что это такое, — утверждает Вадим Макаров, ученый из Института квантовых вычислений Университета Уотерлу в провинции Онтарио. — Она просто работает, и все!»

Но возможно, уже в недалеком будущем она перестанет работать. Почти каждая используемая сегодня схема шифрования скорее всего безнадежно устаревает с приходом квантовых компьютеров —

машин, способных взломать самые замысловатые шифры, защищающие сегодня все: от покупок на *Amazon.com* до электрораспределительных сетей. Хотя никто пока еще не построил полноценный квантовый компьютер, ученые в университетских, частных и правительственных лабораториях во всем мире пытаются это сделать. Среди документов, которые увидели свет благодаря разоблачителю Эдварду Сноудену, было описание безопасного проекта Агентства национальной безопасности, называемого «Проникновение в хорошо защищенные укрытия», — программы создания квантового компьютера стоимостью \$ 79,7 млн. «Трудно утверждать с какой-либо долей уверенности, что он не появится через 10–15 лет», — считает Рэй Ньюэлл (Ray Newell), физик из Лос-Аламосской национальной лаборатории.

Если (или, вернее, когда) загрузится этот первый квантовый компьютер, самым эффективным способом противостоять его способности быстро раскалывать самые трудные шифры скорее всего окажется другой вид квантового волшебства: методика криптографических сетей, базирующаяся на теории, которую Беннетт и Брассар придумали 32 года назад. Квантовое шифрование — метод кодирования сообщений, использующий странные

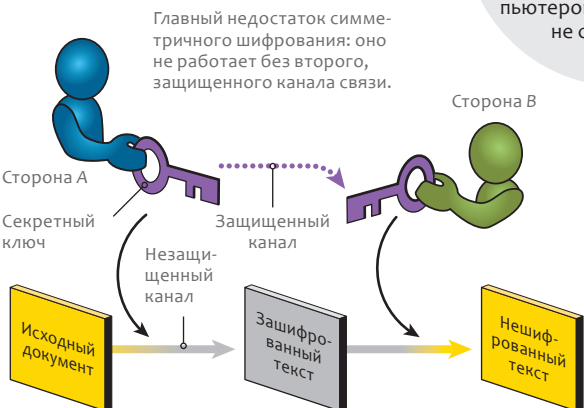
СЕГОДНЯ

Как работает схема шифрования сейчас

Каждый раз, когда вы покупаете что-нибудь в Интернете, ваш браузер и веб-сайт продавца обмениваются секретным кодом — ключом для шифрования информации, которой они собираются обменяться. Поскольку обе стороны используют один и тот же ключ, этот процесс называется симметричным шифрованием. Однако, чтобы безопасно переслать этот ключ, обе стороны используют второй вид шифрования — асимметричное шифрование. Эта двухступенчатая система работает отлично, но она в одно мгновение устаревает, если появятся квантовые компьютеры.

Симметричное шифрование

Столкнувшись с незащищенным каналом связи, сторона А зашифровывает сообщение, прежде чем отослать его стороне В по незащищенному каналу. Однако сторона В может прочесть это сообщение, поскольку сторона А отослала стороне В секретный ключ по защищенному обратному каналу.



Уязвимости

Асимметричное шифрование работает, поскольку классическому компьютеру чрезвычайно трудно находить простые множители очень больших чисел. Для квантовых компьютеров этой проблемы не существует.

Асимметричное шифрование

Сторона В, получатель, выбирает пару ключей: один, объясняющий, как закодировать сообщение, и другой, поясняющий, как его расшифровать. Это открытый ключ. Сторона А шифрует свое послание с помощью открытого ключа. Когда сторона В получает зашифрованное сообщение, она декодирует его, используя второй, секретный ключ.



свойства одиночной частицы света, — более простая, как оказалось, задача, чем постройка квантового компьютера. И действительно, несколько небольших проектов по квантовому шифрованию уже в состоянии готовности к работе. «Если вы полагаете, что эта проблема через 10–15 лет все еще не будет решена, нам следовало бы заняться ею еще вчера, — говорит Ньюэлл. — Но, возможно, мы уже опоздали».

Очень большие числа

За не требующими усилий ударами по клавишам мыши или нажатиями пальцем на экран планшета со страницей электронной коммерции прячется элегантный и сложный математический каркас из двух различных форм криптографии: симметричное шифрование, при котором один и тот же секретный ключ используется для того, чтобы зашифровать и расшифровать данные;

и асимметричное шифрование, при котором один ключ используется для шифрования сообщения и совсем другой для дешифровки. Каждый обмен секретной информации по Интернету требует использования обоих методов.

Типичная сессия между компьютером у вас дома и сервером интернет-продавца начинается с формирования симметричного ключа, который одинаков у покупателя и продавца и будет использоваться для шифрования номеров кредитной карты и другой персональной информации. Секретный ключ — это, по сути, набор инструкций, каким образом кодировать информацию. Самый простой до нелепости ключ мог бы, например, указывать, что каждую цифру в номере кредитной карты следует умножить на три. В реальном мире, конечно, ключи математически гораздо более сложны. Всякий раз, когда кто-нибудь покупает что-нибудь в Сети, браузер домашнего компьютера обменивается ключом с сервером интернет-продавца. Но каким образом сам ключ остается секретным во время первоначального обмена данными? Второй инструмент обеспечения безопасности, асимметричный ключ, шифрует симметричный.

Изобретенное в 1970-х гг. независимо Британской секретной службой и университетскими учеными асимметричное шифрование использует два различных ключа: открытый и секретный ключ. Оба необходимы для зашифрованной передачи данных финансовой операции. Во время совершения онлайн-покупки сервер продавца посылает свой открытый ключ

компьютеру покупателя. Тот, в свою очередь, использует открытый ключ продавца, который доступен всем клиентам, — чтобы зашифровать общий симметричный ключ. После получения зашифрованного симметричного ключа от покупателя сервер продавца расшифровывает его с помощью секретного ключа, которого больше ни у кого нет. После того как симметричный ключ безопасно передан, с его помощью шифруются остальные данные финансовой операции.

Открытый и секретный ключи, используемые при асимметричном шифровании, получают с использованием множителей очень больших чисел, вернее, очень больших простых чисел — целых, делящихся только на самих себя и единицу. Открытый ключ состоит из числа, полученного умножением двух больших простых чисел; закрытый ключ состоит из двух простых множителей,

ЗАВТРА

Квантовое будущее криптографии

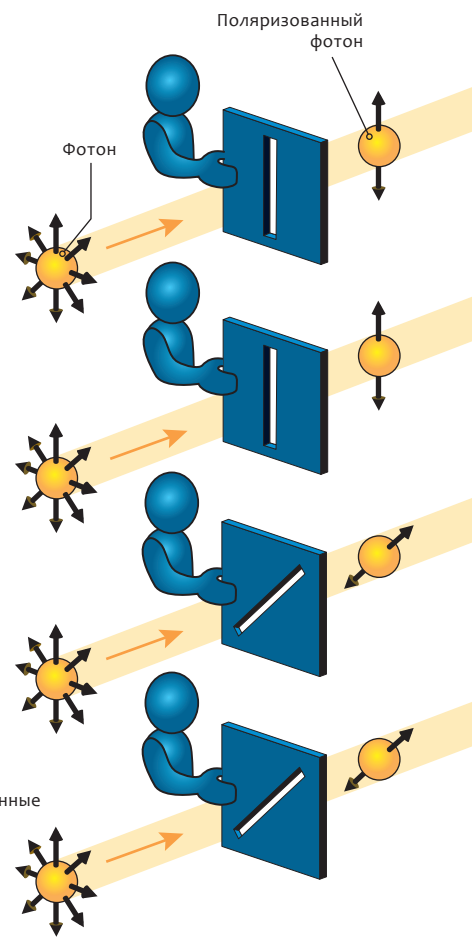
Распределение квантового ключа — это способ секретной пересылки общего криптоключа с помощью потока поляризованных световых частиц — фотонов. Если устройство для перехвата информации определяет поляризацию этих фотонов, когда они пролетают мимо, сам акт измерения изменит поляризацию некоторых из этих фотонов, и оба, отправитель и получатель, будут знать, что их сообщение было перехвачено.

Отправка и получение поляризованных фотонов

Отправитель (синий) испускает последовательность фотонов, каждый из которых проходит через один из четырех поляризационных фильтров. Каждому фильтру, а следовательно и направлению поляризации, соответствует значение «0» или «1» бита информации (внизу). Отправитель записывает значение бита каждого фотона. Получатель (зеленый) может определить значение бита каждого фотона только после того, как он прошел через фильтр приемника.



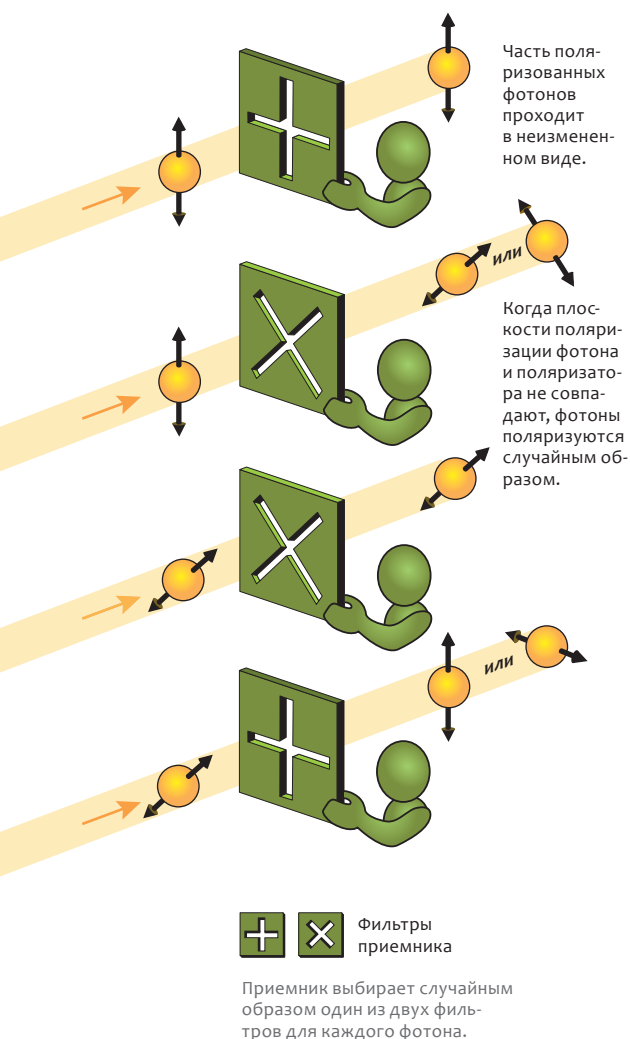
В передатчик встроены четыре поляризационных фильтра. Последовательность битов (бит кодируется ориентацией плоскости поляризации фотона) при передаче.



но обратная операция — факторизация, или разложение на простые множители, большого числа — непосильная задача даже для самых мощных компьютеров. Числа, используемые для асимметричного шифрования, в типичном случае состоят из сотен цифр. Найти простые делители таких больших чисел — все равно что пытаться выделить исходные цвета в смеси двух красок. «Проще просто смешать две краски. А вы попробуйте их разделить!», — говорит Ньюэлл.

Самый распространенный способ асимметричного шифрования называется RSA в честь его изобретателей — Рона Ривеста (Ron Rivest), Ади Шамира (Adi Shamir) и Леонарда Адлемана (Leonard Adleman), которые предложили идею в конце 1970-х гг. в Массачусетском технологическом институте. Длина ключа постоянно увеличивалась для того, чтобы уберечь его от хакеров с все более

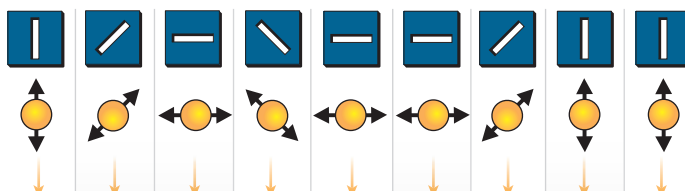
мощными компьютерами, использующих все более эффективные алгоритмы: более длинные ключи требуют для расшифровки больше вычислительной мощности. Типичный асимметричный ключ сегодня имеет длину 1024 бит, но даже если оставить в стороне перспективы создания квантовых компьютеров, этого, возможно, окажется недостаточным, чтобы отразить кибератаки в будущем. «Американский Национальный институт стандартов и технологий активно рекомендует увеличить длину ключей RSA-шифрования до 2048 бит, — рассказывает Ричард Хьюз (Richard Hughes), физик из Лос-Аламоса. — Но платой за удлинение ключа становится производительность. Раздражающая всех задержка, когда вы кликаете "Купить" и все на секунду-две зависает, — это работа открытого ключа. И чем больше его длина, тем дольше задержка». Проблема в том, что процессоры



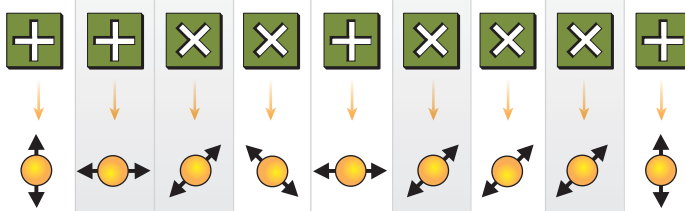
Восстановление ключа

Получатель записывает значения битов фотонов, проходящих через фильтр приемника, затем сравнивает записи с отправителем, который показывает, когда получатель правильно выбрал фильтр. Последовательность значений битов, которые одинаковы и у отправителя, и у получателя, и есть квантовый ключ.

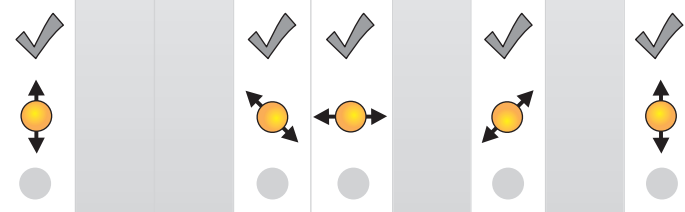
1 Фильтр отправителя поляризует фотоны.



2 Фильтр получателя пропускает некоторые фотоны и изменяет поляризацию других.



3 Получатель и отправитель сравнивает записи. Значения бита, которые одинаковы у обоих, и формируют ключ.





Квантовый маршрутизатор: плата QKarD, разработанная учеными Лос-Аламосской национальной лаборатории, позволит любому количеству компьютеров, мобильных телефонов и других устройств обмениваться квантовыми ключами через защищенный центральный сервер

в наших компьютерах совершенствуются недостаточно быстро, чтобы успеть за совершенствованием алгоритмов декодирования, которые заставляют увеличивать длину ключей. «Это становится проблемой по многим причинам, — продолжает Хьюз. — Если вы имеете дело с облачной системой, выполняющей множество сессий с открытыми ключами одновременно, или если вы управляете чем-то вроде электрической распределительной сети, вы не можете позволить системе задержки такой продолжительности».

Но даже рекомендованное Национальным институтом стандартов и технологий усовершенствование безнадежно устареет, если на сцену выйдут квантовые компьютеры. «Мне думается, с вероятностью один к двум квантовый компьютер сможет находить ключи стандарта RSA-2048 к 2030 г.», — утверждает Мишель Моска (Michele Mosca), сооснователь Института квантовых вычислений, комментируя предстоящее введение стандарта на 2048-битные RSA-ключи. «В прошедшие пять лет мы определенно наблюдали большой прогресс, что приводит нас к мысли о необходимости быть готовым к встрече с квантовыми компьютерами, — считает Донна Додсон (Donna Dodson), главный советник в области кибербезопасности Национального института стандартов и технологий. — Мы склонны полагать, что их появление весьма вероятно».

О кодах и кубитах

Почему квантовый компьютер обещает стать таким мощным? В традиционном компьютере любой отдельный бит информации может принимать

только одно из двух значений: «0» или «1». А вот в квантовом компьютере используется странное свойство субатомного мира, в котором отдельная частица может находиться одновременно во множестве состояний. Как шредингеровский кот в ящике одновременно жив и мертв до тех пор, пока кто-нибудь не откроет ящик и не заглянет внутрь, так квантовый бит, или кубит, информации может быть одновременно и «0», и «1». (Физически кубит может быть, например, единственным электроном, находящимся в двух спиновых состояниях одновременно.) Квантовый компьютер с тысячей кубитов обладал бы 2^{1000} различных возможных квантовых состояний, что намного превышает число всех частиц во Вселенной. Это не означает, что квантовый компьютер мог бы хранить неограниченное количество данных: любая попытка увидеть кубиты мгновенно

заставила бы их принять единственное 1000-битное значение. Однако с помощью хитроумных инструментов гигантским числом возможных кубитных состояний можно было бы манипулировать еще до акта наблюдения, выполняя тем самым вычисления, которые невозможны с помощью обычных компьютеров.

В 1994 г. математик Питер Шор (Peter Shor), в то время работавший в компании AT&T Bell Laboratories, доказал, что квантовый компьютер сможет легко разложить на простые множители большие числа, которые используются в RSA-шифровании — схеме асимметричного шифрования, защищающей обмен симметричными ключами во время передачи данных по Интернету. Фактически Шор написал первую программу для квантового компьютера. В отличие от традиционного компьютера, где вычисления ведутся последовательно, один шаг за такт, квантовый компьютер выполняет все операции одновременно, и именно этим свойством и воспользовался Шор. «Алгоритм Шора низвергнет RSA-шифрование», — утверждает Моска. Но методы симметричного шифрования, самый распространенный из которых — так называемый «Улучшенный стандарт шифрования» (Advanced Encryption Standard, AES), одобренный Национальным институтом стандартов и технологий в 2001 году, — по-прежнему будут безопасными даже с появлением квантовых компьютеров. Это происходит потому, что в программах симметричного шифрования, таких как AES, для кодирования ключей простые числа не используются. Вместо этого симметричные ключи состоят из случайных последовательностей «0» и «1»,

обычно длиной 128 бит. Это дает 2^{128} различных вариантов комбинаций ключа, а значит, хакер в поисках ключа должен будет отсортировать одну из миллиарда миллиардов миллиардов миллиардов комбинаций. Самому быстродействующему на сегодняшний день суперкомпьютеру — китайскому «Тяньхэ-2» («Тяньхэ» переводится с китайского как «Млечный Путь». — Примеч. пер.), который способен перемалывать данные со скоростью 33,8 квадриллионов ($33,8 \times 10^{15}$) операций в секунду, потребовалось бы более триллиона лет, чтобы проверить все возможности в поисках ключа. Даже квантовый компьютер не смог бы помочь хакерам в лоб расколоть такие гигантские числа. Но эти огромные симметричные ключи во время проведения платежей по Интернету шифруются с помощью асимметричных программ, таких как RSA, которые уязвимы для метода факторизации Шора.

Однако прежде чем программа Шора сможет свалить с пьедестала RSA-кодирование, нужно создать квантовый компьютер достаточной мощности, который мог бы ее выполнить. Моска предсказывает, что в течение следующего года несколько лабораторий во всем мире разрабатывают рудиментарные системы, состоящие из нескольких десятков кубитов. «Если вы попытаетесь разложить на множители 2048-битный ключ с RSA-шифрованием, — говорит он, — вам, возможно, потребуется не менее 2 тыс. кубитов». Скачок с десятков до тысяч кубитов, вероятно, займет лет десять, но он не видит на пути к этому каких-либо непреодолимых препятствий. «Уже сейчас мы достигли большинства рабочих характеристик, позволяющих построить полномасштабный квантовый компьютер, — продолжает Моска, — не обязательно все они получены в одном месте, в одно и то же время и в системе, которая поддается масштабированию».

Квантовые сети

Хорошая новость — то, что до сих пор прогресс в технике квантового шифрования опережал попытки создать работающий квантовый компьютер. Квантовое шифрование получило первый толчок в 1991 г., когда Артур Экерт (Artur Ekert), физик из Оксфордского университета, опубликовал статью по квантовой криптографии в престижном журнале *Physical Review Letters*. Экерт, который в то время не слышал о более ранней работе Беннетта и Brassара, описал альтернативный метод использования квантовой механики для шифрования информации. Его работа в конечном итоге вызвала новый интерес и признание идеи Беннетта и Brassара, которая оказалась более практичной, нежели собственная схема Экерта.

Однако только в 2000-е гг. техника квантового шифрования начала продвигаться из лаборатории в мир коммерции. К тому времени физики нашли способ охлаждать детекторы фотонов — существенный и самый дорогой компонент любого устройства квантового шифрования — не жидким азотом, а с помощью электрического тока. «Когда в 1997 г. я начинал работу над своей диссертацией, их охлаждали, погружая детекторы в сосуд Дьюара с жидким азотом, что вполне приемлемо в лаборатории, но не очень практично, если вы хотите использовать их в центре обработки данных», — рассказывает Грегуар Риборди (Grégoire Ribordy), председатель правления швейцарской компании *ID Quantique*, в 2007 г. разработавшая одну из первых коммерческих систем квантовой криптографии, которую правительство Швейцарии закупило для защиты центров обработки и хранения информации. Эта компания с тех пор продала свое оборудование швейцарским банкам и сегодня совместно с Баттельским мемориальным институ-

В отличие от обычного секретного ключа фотонный ключ почти полностью защищен от злонамеренного считывания. Любой, кто попытается перехватить фотоны, внесет изменения в их состояние, изменив их величины

том в Колумбусе, штат Огайо, занимается созданием сети, которая должна соединить офисы компании в Огайо с ее отделением в Вашингтоне.

В один из хмурых летних дней Нино Валента (Nino Walenta), физик из Баттельского института, показывает мне одно из устройств шифрования. «Все, что нам требуется, находится здесь, на этой полке, — рассказывает он. — Вся квантовая оптика и все, что нам необходимо для генерирования ключей и их отсылки, вы видите здесь». Валента стоит рядом с двухметровым шкафом в подвале лаборатории комплекса института. На одной полке шкафа стоит металлический ящик размером с большой портфель. Внутри него находится физическое воплощение схемы квантового шифрования, которую первыми предложили Беннетт и Brassар более 30 лет назад.

Установка состоит из небольшого лазерного диода, похожего на те, что используются в DVD-проигрывателях и сканерах штрихкодов, который направляет импульсы света на стеклянный фильтр. Фильтр поглощает почти все фотоны,

пропуская в среднем лишь один фотон за раз. Эти отдельные фотоны затем поляризуются в одном из двух направлений, каждое направление соответствует значению бита «1» или «0». Будучи отфильтрованными и поляризованными, фотоны становятся основой для секретного ключа, который затем передается по оптико-волоконному кабелю адресату, чья установка декодирует ключ, измеряя поляризацию фотонов.

В отличие от обычного секретного ключа фотонный ключ почти полностью защищен от злонамеренного считывания. (Более подробно о «почти полностью» чуть позже.) Любой, кто попытается перехватить фотоны, внесет изменения в их состояние, изменив их величины. Сравнив части ключа, законные отправитель и получатель могут проверить, совпадают ли переданные фотоны с исходными. Если будут замечены следы взлома, они могут дискредитировать ключ и повторить операцию. «Сегодня ключи часто не меняют годами, — говорит Валента. — Но в случае распределения квантового ключа мы можем менять ключ каждую секунду или минуту, и именно поэтому он так надежен».

Баттельский институт уже построил квантовую сеть для того, чтобы обмениваться финансовыми отчетами и другими секретными документами между своей штаб-квартирой в Колумбусе и одним из своих производственных предприятий в Дублине, штат Огайо, по соединяющей их 110-километровой линии оптоволоконной линии. Такое расстояние, как оказалось, приближается к верхнему пределу, позволяющему передавать сообщения с квантовым шифрованием. При больших расстояниях сигнал деградирует из-за поглощения фотонов волоконно-оптическим кабелем.

Чтобы обойти это ограничение и расширить свою сеть, покрыв другие районы Колумбуса, а в недалеком будущем и всю столицу — Вашингтон, ученые Баттельского мемориального института совместно с фирмой *ID Quantique* ведут работы по развертыванию так называемых защищенных узлов, которые будут получать квантовые послания и транслировать их далее. Эти узлы будут помещены в герметичные изолированные контейнеры, чтобы защитить чувствительные датчики фотонов, охлаждаемые до -40°C . Если кто-нибудь попытается проникнуть в один из таких узлов, находящееся внутри устройство сотрет всю информацию и отключится. «Генерация ключей прекратится», — объясняет Дон Хэйфорд (Don Hayford),

физик, руководящий исследованиями в области квантового шифрования в институте.

Если цепь защищенных узлов будет работать без сбоев, говорит Хэйфорд, эту технологию можно будет развернуть в более широком масштабе. Он вручил мне брошюру с картой, иллюстрирующей перспективную квантовую сеть, охватывающую большие территории страны. «Это наша концепция квантовой сети, которая защитит всю Федеральную резервную банковскую систему, — продолжает он. — Если тебе доверили соединить все банки Федеральной резервной системы, это наилучшим образом характеризует твою работу. Чтобы проложить линию квантовой сети через всю страну, потребуется примерно 75 узлов. Возможно, покажется, что это слишком много, но, прокладывая обычную волоконно-оптическую линию, повторители нужно ставить на таких же расстояниях».

Многие ученые, работающие в области криптографии, считают, что американское Агентство национальной безопасности (АНБ) и другие разведывательные агентства во всем мире накопили огромное количество зашифрованных данных из Интернета, которые не поддаются расшифровке современными средствами

Китайское правительство выбрало ту же технологию. Уже началось строительство 2000-километрового участка квантовой сети между Шанхаем и Пекином, которая будет использоваться правительством и финансовыми институтами. Но хотя проекты, представленные Хэйфордом и уже осуществляемые в Китае, вероятно, будут использоваться для обеспечения безопасности банков и других организаций, имеющих частные сети, для Интернета они не годятся. Защищенные узлы соединяют один компьютер со следующим в линейной цепи и не подходят для разветвленной сети, в которой любая машина может легко общаться с любой другой. У физика Бет Нордхольт (Beth Nordholt), которая недавно уволилась из Лос-Аламосской национальной лаборатории, такие двухточечные соединения вызывают ассоциации с хаотическим становлением телефонной связи в конце XIX столетия, когда темные связки кабелей нависали над городскими улицами. «В то время нужно было прокладывать отдельную линию к каждому, с кем вы хотели перезвониваться, — говорит она. — Такая структура плохо поддается масштабированию».

Нордхольт и ее муж Ричард Хьюз, а также их коллеги по Лос-Аламосу Ньюэлл и Глен Питерсон (Glen Peterson) в настоящее время работают над тем, чтобы сделать квантовое шифрование легко масштабируемым. С этой целью они построили прибор размером с карту памяти, который позволит подключать любое количество сетевых устройств — сотовые телефоны, домашние компьютеры и даже телевизоры, — чтобы обмениваться квантовыми ключами посредством соединения с защищенным центральным сервером. Они назвали свое изобретение *QKarD*, обыгрывая термин *Quantum-Key Distribution* — распределение квантового ключа.

«Самые дорогостоящие компоненты техники квантового шифрования — это однофотонные фотоприемники и все, что требуется для их охлаждения и приведения в чувство», — рассказывает Нордхольт. Затем вместе с коллегами она устанавливает сложные дорогостоящие компоненты в один из компьютеров сетевого концентратора. Клиентские компьютеры, каждый из которых оборудован платой *QKarD*, соединяются с концентратором (но не непосредственно друг с другом) оптоволоконными кабелями. Плата *QKarD* сама по себе — это передатчик с небольшим лазером, который посылает фотоны в концентратор.

Работа *QKarD* чем-то напоминает работу АТС. Каждый компьютер сети загружает свои собственные симметричные ключи, представляющие собой поток фотонов к концентратору. Такое квантовое шифрование заменяет собой *RSA*-кодирование, которое обычно используется для защиты при передаче симметричного ключа. После того как все клиентские компьютеры и концентратор обменялись квантовыми ключами, концентратор использует эти ключи и *AES*-шифрование для передачи обычных, не квантовых сообщений между любыми двумя клиентами сети, которым требуется обменяться секретной информацией.

Группа Нордхольт работала с опытными платами *QKarD*. Несмотря на то что вся их система расположена в единственной небольшой лаборатории в Лос-Аламосе, волоконно-оптический кабель 50-километровой длины, смотанный в бухту под лабораторным столом, соединяет компоненты системы и моделирует связь на больших расстояниях. Лицензия на технологию *QKarD* была продана компании *Whitewood Encryption Systems* для коммерческого продвижения. Если прибору удастся успешно выйти на рынок, то, по расчетам Хьюза, центральный концентратор, способный объединить 1 тыс. клиентских машин, оборудованных платами *QKarD*, вероятно, будет стоить \$10 тыс. При массовом производстве сама плата *QKarD* будет стоить всего \$50.

«Я хотела бы увидеть устройства *QKarD*, встроенные в телефоны или планшетные компьютеры,

чтобы можно было безопасно соединяться с сервером, — добавляет Нордхольт. — Или, например, вы кладете телефон или планшет на базовую станцию в своем офисе и загружаете ключи [к серверу]. Можно было бы органичным способом строить сеть».

Квантовое будущее?

Совершенствование всемирной инфраструктуры шифрования, займет более десятка лет. «Чем шире развернута какая-либо система, тем труднее исправлять ее недостатки, — говорит Моска. — Даже если мы могли бы устранить их на технологическом уровне, все должно будут прийти к соглашению, каким образом это сделать, кроме того, необходимо понять, сохранится ли работоспособность всех компонентов глобальной коммуникационной системы. Ведь в мире нет даже единой электрической системы — мы должны приспосабливаться всякий раз, когда путешествуем».

Сама по себе трудность поставленной задачи заставляет только ускорить ее выполнение. «Дело не просто в защите номеров кредитных карт. Проблема становится действительно серьезной», — говорит Нордхольт. По ее словам, Айдахская национальная лаборатория провела исследование, показавшее, что хакеры могут взорвать генераторы, запустив вредоносные данные в компьютерную сеть, управляющую работой электrorаспределительной сети. «Я не хочу нагнетать атмосферу рассказами о сценариях конца света, — говорит она, — но это действительно сильно изменит жизнь людей».

Однако первоочередной задачей квантового компьютера, вероятно, будут не электrorаспределительные сети. Многие ученые, работающие в области криптографии, считают, что американское Агентство национальной безопасности (АНБ) и другие разведывательные агентства во всем мире накопили огромное количество зашифрованных данных из Интернета, которые не поддаются расшифровке современными средствами. Эти данные сохраняются и пополняются, и резонно будет предположить, что в АНБ смогут расшифровать их, когда получат в свое распоряжение квантовый компьютер. При таком сценарии риску окажется подвергнутой не только личная переписка граждан несколько десятилетий назад, под угрозой будет наша сегодняшняя корреспонденция, которую мы по наивности считаем надежно защищенной.

«Было бы абсолютным сумасшествием полагать, что где-то там нет кого-нибудь, а может быть и множества тех, кто записывает весь сетевой трафик и просто ожидает, когда появится техника, способная взломать все старые шифры, — считает Брассар. — Поэтому, хотя квантового компьютера еще не существует, и даже если его не разработают

в течение следующих 20 лет, как только он появится, вся ваша корреспонденция, которую вы отправили с первого дня, используя эти классические методы [шифрования], окажется скомпрометирована, т.е. доступна тому, кому она не предназначалась».

Но даже когда квантовое шифрование получит широкое распространение, игра в кошки-мышки в криптографии продолжится. Если история традиционной криптографии может служить проводником, неизбежно существует пропасть между теоретическим совершенством и его реальным воплощением. Когда RSA-шифрование было впервые реализовано, оно считалось абсолютно надежным, рассказывает Зульфикар Рамзан (Zulfikar Ramzan), ответственный за технологию в компании RSA, которую Ривест, Шамир и Адлеман создали, чтобы коммерциализировать свое

Оказалось, что если ключ имеет больше «1», чем «0», то требуется немного больше времени, чтобы выполнить RSA-шифрование. Используя эту особенность можно взломать RSA-код, просто наблюдая, измеряя временные характеристики и засекая время, которое требуется компьютеру для вычисления

изобретение. Но в 1995 г. Пол Кошер (Paul Kocher), в то время студент Стэнфордского университета, обнаружил, что может взломать RSA-код, просто наблюдая, сколько времени компьютеру требуется, чтобы закодировать небольшой объем данных.

«Оказалось, что если ключ имеет больше "1", чем "0", то требуется немного больше времени, чтобы выполнить RSA-шифрование, — рассказывает Рамзан. — А затем, повторяя это наблюдение снова и снова и измеряя временные характеристики, можно, как это ни удивительно, получить весь RSA-шифр, исключительно засекая время, которое требуется для вычисления». Заплата была достаточно простой: инженерам удалось закамouflировать время вычисления, добавив немного случайности в процедуру. «Но, опять же, эта атака была такого типа, какой никто не ожидал, пока кто-то не объявился и не совершил ее, — продолжает Рамзан. — Так что возможны аналогичные атаки в контексте квантовых вычислений».

Более того, первая квантовая атака уже была проведена. Пять лет назад группа, возглавляемая

Макаровым, в то время работавшим в Норвежском технологическом университете, подсоединила чемодан, набитый оптическим оборудованием, к волоконно-оптической линии связи, соединенной с системой квантового шифрования компании *ID Quantique*. Используя лазерные импульсы, чтобы на время ослепить фотоприемник шифровального устройства, группа Макарова смогла расшифровать считавшийся защищенным сеанс квантовой передачи данных.

По словам Макарова, такая атака скорее всего не под силу обычному хакеру. «Тинейджеру с этой задачей не справиться, — говорит он. — И вам потребуется доступ к инструментам оптической лаборатории. В подпольной мастерской вы таких инструментов не найдете, по крайней мере пока». Хотя с тех пор компания *ID Quantique* устранила дыру в системе защиты информации своего

устройства и она стала непроницаемой для такого типа атак, успешный взлом Макарова развеял ореол неуязвимости, окружавший квантовую криптографию. «Взломать проще, чем построить», — добавляет он.

У Брассара нет никакого сомнения, что сумасшедшая идея, которая в общих чертах родилась у него и Беннетта на пляже много лет назад, даже если она несовершенна, станет в будущем критическим звеном в обеспечении безопасности множества сетей во всем мире. «Чтобы сделать это, потребуется сильное желание, — убежден Брассар.

— Это будет недешево, влетит в копеечку так же, как борьба с изменениями климата. Но все затраты мизерны по сравнению с тем, что мы потеряем, если не будем этим заниматься — и в том и в другом случаях».

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Беннетт Ч., Брассар Ж., Экерт А. Квантовая криптография // ВМН, № 11–12, 1992.
- Стикс Г. Совершенно секретно // ВМН, № 4, 2005.
- The Cost of the "S" in HTTPS. David Naylor et al. in Proceedings of the 10th ACM International on Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies, pages 133–140; 2014.
- NSA Seeks to Build Quantum Computer That Could Crack Most Types of Encryption. Steven Rich and Barton Gellman in Washington Post; January 2, 2014.

Всё, всем, всегда ДОСТУПНО



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

ПОДПИСКА

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

АРХИВЫ НА DVD

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

ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

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

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

**В мире
науки**
SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

Коллектив Муд

Дебора Гордон

Муравьиные колонии живут без какого-либо централизованного управления. Выяснив, как им это удастся, мы сможем понять и работу других систем, функционирующих без «указок сверху», — от головного мозга до Интернета

Хэнк Пим, главный герой американского блокбастера «Человек-муравей», вышедшего на экраны летом 2015 г., изобретает костюм, способный уменьшать человека до размеров насекомого. В одном из эпизодов фильма ученый замечает, что хотя муравьи и способны на великие свершения, им нужен лидер, который подсказывал бы им, что нужно делать. За ухом у Пима находится маленький прибор, позволяющий ему отдавать муравьям соответствующие команды и заставлять их действовать как дружное войско агрессоров. В конце концов насекомые помогают другому герою фильма, уменьшившемуся до размеров муравья, победить зло и предотвратить страшную катастрофу.

Мысль, что у муравьев есть «командиры», вырабатывающие программы действий и руководящие поведением своих подчиненных, находит

у зрителя вполне понятный отклик — ведь именно иерархический принцип лежит в основе деятельности большинства человеческих институтов и организаций. Есть лишь одна маленькая загвоздка: в случае муравьев он не работает. Муравьи никогда не маршируют строевым шагом, объединенные в единую безропотную команду и готовые подчиняться малейшему жесту вожака. В реальном мире зачастую случайные и на первый взгляд бессмысленные действия отдельных насекомых, не имеющих никакого представления об общей цели, удивительным образом сочетаются воедино, позволяя муравьиным колониям отыскивать и добывать корм, сооружать гнезда, прокладывать тропы и наводить мосты, защищать свои кормовые растения от травоядных животных и разводить сады. И все это без какого-либо контроля, надзора и указок



ВННАЯ РОСТЬ МУРАВЬЕВ

сверху». Лидеры муравьям не нужны, и они никогда не «указывают» друг другу, что нужно делать.

Муравьиные колонии — далеко не единственные природные системы, функционирующие без какого-либо центрального контроля. Коллективное поведение без инструктажа сверху встречается в природе на каждом шагу — от кружащих в небе скворчиных стай до нейронных сетей в головном мозге, позволяющих вам читать эти строки. Все многообразие результатов коллективного поведения достигается за счет простого взаимодействия отдельных исполнителей — будь то муравьи, птицы или нейроны.

Когда в аспирантуре я занялась изучением систем, функционирующих без централизованного управления, я хотела отыскать такую систему, в которой было бы легко отслеживать взаимодействия между составляющими ее элементами.

Муравьи подходили как нельзя лучше. Известно более 14 тыс. видов этих насекомых, населяющих почти все наземные местообитания планеты. Они устраивают свои гнезда в почве, полых стволах и ветках деревьев, под камнями и среди листвы в высоком лесном пологом и сильно различаются характером диеты (от цветочного нектара и грибов до мелких беспозвоночных). Все виды муравьев обнаруживают коллективное (социальное) поведение и дают отличную возможность для изучения его возникновения и эволюции в качестве инструмента, позволяющего решать различные экологические проблемы, с которыми сталкиваются муравьиные колонии.

Мои исследования нескольких видов муравьев в различных экологических условиях (от пустынь до тропических дождевых лесов) показывают, что все они используют взаимодействия по-разному (например, для того чтобы стимулировать свою активность, ослабить ее или просто обеспечить ее продолжение). Эти факты свидетельствуют

о тесной связи между экологической ситуацией и тем, как муравьи с помощью простых взаимодействий приносивают к ней коллективное поведение. Вероятно, в различных биологических системах без централизованного контроля эволюция могла вырабатывать сходные алгоритмы для решения сходных экологических проблем.

Простые взаимодействия

Всем видам муравьев свойствен ряд общих признаков. Среди них и сходство, обнаруживаемое ими при выполнении своих социальных обязанностей. Эти насекомые живут большими семейными колониями, состоящими из многочисленных стерильных рабочих самок (именно такие муравьи снуют под ногами в лесу или саду) и одной или нескольких фертильных самок, проводящих все время внутри гнезда. Хотя этих плодовых самок биологи и называют царицами, они не обладают никакой политической властью: их единственная задача — откладывать яиц. Ни царица, ни какой-либо иной муравей не в состоянии оценить, что нужно делать в той или иной ситуации, и никто из них не повелевает сородичами. Кроме того, все муравьи обладают необычайно острым обонянием и способны распознавать сотни запахов. Они делают это с помощью антенн (усиков). Касаясь сородича антеннами, муравей оценивает запах его восковидной наружной оболочки (эпикуткулы), состоящей из так называемых кутикулярных углеводов и предохраняющей насекомых от высыхания. Известно, что у некоторых видов муравьев химия кутикулярных углеводов соответствует условиям окружающей среды. Вот почему муравьи, собирающие корм под лучами палящего пустынного солнца, пахнут иначе, чем муравьи, проводящие большую часть времени в гнезде. В результате запах муравья отражает выполняемые им задачи.

Для изучения антеннальных контактов муравьев Майкл Грин (Michael Greene) из Колорадского университета в Денвере и я провели серию опытов, в которых мы обмазывали маленькие стеклянные бусины экстрактами кутикулярных углеводов муравьев, выполнявших те или иные задачи, а затем помещали бусины внутрь муравьиных гнезд. Мы обнаружили, что, когда муравей дотрагивается антеннами до сородича, вся информация, которую он получает, сводится к простому сигналу, что он встретил муравья, обладающего определенным

ОБ АВТОРЕ

Дебора Гордон (Deborah M. Gordon) — биолог, работает в Стэнфордском университете. Изучает коллективное поведение муравьев.



запахом. Похоже, что ключевой фактор, определяющий характер реакции насекомого, — частота взаимодействий. В своих опытах нам удалось вызвать модификации в поведении колонии путем изменения частоты столкновений муравьев со стеклянными бусинами.

Каким же образом муравьиные колонии организуют свою жизнь лишь с помощью простых обязательных взаимодействий? Последние 30 лет я занимаюсь изучением муравьев-жнецов на юго-западе США. Похоже, что у них главной движущей силой эволюции процесса, регулирующего фуражировку с помощью взаимодействий, была необходимость запасать воду. Муравьи-жнецы питаются семенами злаков и однолетних растений, обеспечивающих их колонии и пищей, и водой. Но чтобы получить воду, колония вынуждена и расходовать ее. Муравьи-фуражиры теряют воду в результате испарения, бегая снаружи гнезда в поисках семян. Фуражир, собирающийся на поиск корма, не покидает гнезда до тех пор, пока не встретится с достаточным числом фуражиров, возвращающихся в гнездо с пищей. Поскольку каждый фуражир ведет поиск корма до тех пор, пока не найдет его, возвращающиеся фуражиры опосредуют обратную связь между количеством пищи и фуражировочной активностью колонии: чем больше снаружи доступной пищи, тем короче время ее поиска, тем быстрее фуражиры возвращаются в гнездо и тем больше новых фуражиров отправляются на добычу корма.

Мои многолетние исследования муравьев-жнецов проливают свет на формирование их коллективного поведения в ходе эволюции. Чтобы понять, как естественный отбор действует на этот процесс в настоящее время, нужно было выяснить, влияет ли способ, с помощью которого муравьиная колония регулирует свою фуражировочную активность, на ее способность образовывать дочерние колонии. А для этого первым делом мы должны были узнать, какие родительские колонии дали начало тем или иным дочерним колониям. Прежде данный аспект жизни муравьев вообще не изучался.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В колонии муравьев нет лидера. Насекомые регулируют свою активность с помощью простых взаимодействий, основанных на обонянии.
- Используемая колонией система взаимодействий тесно связана с экологией.
- Понимание коллективного поведения муравьев может пролить свет на организацию других систем, работающих без централизованного контроля.

Начиная с 1985 г. я провела наблюдения примерно за 300 колониями муравьев, находившимися в одном из мест на юго-востоке Аризоны. Из года в год я отыскиваю все муравейники, которые посещала в предшествующие годы, прощаюсь с вымершими колониями и отмечаю на карте вновь возникшие. Мои многолетние наблюдения показывают, что срок жизни колонии составляет в среднем 25–30 лет. Каждый год из всех колоний изучаемой мной популяции выползают и поднимаются в воздух для спаривания молодые плодовые самки и самцы. После спаривания самцы погибают, а оплодотворенные самки разлетаются в разные стороны и основывают новые колонии. Каждая из них производит на свет новое поколение стерильных рабочих особей, а когда колония разрастается — плодовых самок (будущих цариц) и самцов; из года в год и до конца жизни она использует при этом сперматозоиды, полученные во время своего первого и последнего брачного полета. Анализ ДНК муравьев из 250 колоний позволил Кристе Ингрэм (Krista Ingram) из Колгейтского университета, Анне Пилко (Anna Pilko) из Калифорнийского университета в Сан-Диего и мне проследить родственные связи между молодыми и старыми муравейниками и благодаря этому выяснить связь между фуражировочной активностью той или иной колонии и ее репродуктивным успехом.

Мы обнаружили, что муравейники, давшие начало дочерним колониям, имели обыкновение экономить воду за счет сокращения фуражировки в жаркие засушливые дни, тем самым жертвуя кормежкой ради сбережения влаги. Этот факт вызвал у нас удивление, поскольку, согласно данным многочисленных исследований, чем больше пищи потребляют животные, тем лучше. Но как раз те колонии, которые я годами считала слабыми и ни на что не годными, и оказались супербабушками и прабабушками, в то время как большинство «звездных» муравейников, каждый день исправно занимавшихся фуражировкой, дочерних колоний не образовывали.

Поскольку естественный отбор сохраняет и закрепляет признаки, которые могут передаваться от родителей потомству, мы получили любопытное свидетельство о наследуемости коллективного поведения у муравьев-жнецов: дочерние колонии обычно сокращают фуражировку в те же самые дни, что и давшие им начало родительские муравейники. Таким образом, наши данные, насколько мне известно, — первое доказательство протекающей в наши дни эволюции коллективного поведения в дикой популяции животных.

Экологические решения

Сравнение разных видов муравьев указывает на существование тесной связи между режимом взаимодействий, используемым тем или иным

видом этих насекомых, и его экологией. Помимо муравьев-жнецов я изучала черепаших муравьев, или цефалотесов (*Cephalotes sp.*), живущих на деревьях в тропических лесах Западной Мексики. Поскольку воздух в тропиках влажный, а пищи в изобилии, сокращать фуражировку ради экономии воды насекомым здесь не нужно. Но в тропиках крайне остра пищевая конкуренция: кроме цефалотесов те же самые источники пищи используют многие другие виды муравьев. Я обнаружила, что колонии черепаших муравьев прокладывают на деревьях фуражировочные тропы, по которым насекомые непрерывно перемещаются от одного гнезда или источника пищи к другому. В отличие от жнецов цефалотесов могут заставить прекратить или приостановить фуражировочную активность только взаимодействия с муравьями другого вида. Один-единственный расхаживающий по ветке муравей *Pseudomyrmex*, стройный и строгий, как спортивный автомобиль, в состоянии полностью остановить перемещение по этой части тропы более плотно сложенных, но менее агрессивных черепаших муравьев.

Колония черепаших муравьев создает сеть фуражировочных троп в густом переплетении растительности лесного полога с помощью простых взаимодействий между ее членами. Такие взаимодействия делают фуражировочную сеть необычайно прочной и в то же время эластичной. Каждый муравей перемещается по тропе, ориентируясь по запаху прошедших здесь до него сородичей, и тоже маркирует свой маршрут следовым феромоном. Сакет Навлакха (Saket Navlakha) из Института биологических исследований Солка и я пытаемся понять алгоритм, используемый муравьями для поддержания и «ремонта» своих троп и сетей. Достигнув места стыковки двух веток или стеблей, муравей, как правило, выбирает для дальнейшего перемещения тропу с наиболее сильным запахом следового феромона, т.е. дорожку, по которой меньше время назад прошло большее число его сородичей. Нередко порыв ветра, пробежавшая ящерица, гниение древесины, а иногда и экспериментальное вмешательство моих ножниц приводили к обрушению таких шатких мостиков между ветками или стеблями. Муравьев, однако, эти события обескураживали ненадолго. Достигнув «обрыва», насекомые поворачивали вспять, бежали к следующему доступному «пересадочному узлу», принимались отыскивать здесь феромонные следы и в конце концов прокладывали новую дорожку, соединяющую две части разорванной старой тропы.

У муравьев коллективное поведение возникло как реакция на характер распределения жизненных ресурсов (например, пищи) в окружающей среде, энергетические затраты на фуражировку и поведение других видов муравьев, с которыми им приходилось сталкиваться. Одни жизненные

ресурсы плотно сосредоточены на небольших площадях, другие беспорядочно разбросаны по большим территориям. Многие виды муравьев мастерски осваивают ресурсы, сосредоточенные на маленьких клочках земли, — например, остатки пищи на месте пикника. Они используют основанные на феромонах взаимодействия, когда насекомые следуют друг за другом, создавая так называемую вербовочную тропу. Вербовка (рекрутирование) оправдана только в том случае, если пищевой ресурс компактен, — в конце концов, там, где валяются остатки сэндвичей, можно поискать и крошки печенья. Напротив, муравьи, фуражирующие рассредоточенные пищевые ресурсы (например, семена), не пользуются вербовочными тропами — ведь находка одного семечка совсем не гарантирует, что рядом можно найти еще одно.

Специализированного коллективного поведения требует и поиск корма. Поскольку муравьи руководствуются при этом главным образом обонянием, чтобы обнаружить пищу, насекомое должно оказаться от нее достаточно близко. Чем шире «ассортимент» мест, где может быть пища, тем большую площадь должны обследовать муравьи. С другой стороны, чем разнообразнее места, где она может быть спрятана, тем тщательнее фуражиры должны прочесывать землю. Я обнаружила, что аргентинские муравьи блестяще решают эту дилемму, прокладывая свои фуражировочные тропы в соответствии с плотностью сородичей. Когда на небольшом клочке земли рыскают несколько муравьев, каждое насекомое перемещается по извилистой траектории, что позволяет ему более обстоятельно обследовать землю. Но когда несколько муравьев бегают по обширному участку земли, они пользуются главным образом прямыми тропами, что дает всей этой группе насекомых охватить поисками значительную площадь. Плотность сородичей муравьи оценивают с помощью простой подсказки — частоты взаимодействий с другими муравьями. Чем больше антеннальных контактов они совершают, тем извилистее маршрут их передвижения. Аргентинские муравьи заселили все регионы планеты со средиземноморским климатом. И не исключено, что одерживать верх в конкурентной борьбе с местными муравьями этому инвазивному виду в первую очередь помогает его способность быстро осваивать новые кормовые ресурсы.

Муравьиные уроки

Изучение способов, с помощью которых муравьи используют простые взаимодействия для выживания в разнообразных средах, может пригодиться для решения проблем, возникающих при работе других систем. Специалист по компьютерным сетям Баладжи Прабхакар (Balaji Prabhakar)

из Стэнфордского университета и я заметили, что алгоритм, используемый муравьями-жнецами для регуляции фуражировки, напоминает *TCP/IP* — один из основных протоколов Интернета, предназначенный для управления передачей данных. Мы назвали этот муравьиный аналог *Anternet* (от англ. *ant* — «муравей»). *TCP/IP* разрабатывался в среде с высокими эксплуатационными затратами: на заре своего возникновения Интернет был настолько мал, что располагал даже небольшой функциональной избыточностью; решающим требованием была гарантия, что не будет утерян ни один пакет данных. Подобно тому, как муравей-фуражир никогда не покинет гнездо и не отправится на фуражировку до тех пор, пока не осуществит достаточное число взаимодействий с сородичами-фуражирами, возвратившимися в муравейник с кормом, пакет данных не покинет исходный компьютер до тех пор, пока не получит подтверждения от маршрутизатора (роутера), что предыдущему пакету данных была обеспечена надлежащая полоса пропускания для достижения пункта назначения. Похоже, что за 130 млн лет своей эволюции муравьи выработали и многие другие полезные алгоритмы, о которых люди пока даже не задумывались и которые, возможно, помогут нам значительно усовершенствовать существующие сети передачи данных.

Взрыв интереса к коллективному поведению, основанному на простых взаимодействиях, отмечается сегодня в самых разных областях биологии и техники. Становится все очевиднее, что такие взаимодействия особенно функциональны в изменяющихся условиях. Системная биология, опираясь на вековой опыт исследований внутриклеточных процессов, сегодня все больше интересуется межклеточными взаимодействиями, чему немало способствовали замечательные достижения в разработке методов визуализации. Так, в нейробиологии эти методы позволяют воочию наблюдать за импульсной активностью тысяч нейронов. Успешно развиваются и разнообразные технические системы. Фантастическое разрастание Интернета и увеличение многообразия подключаемых к нему устройств, а также головокружительные скорости взаимодействий требуют новых, децентрализованных решений.

Сегодня ученые только приступают к изучению вопроса, каким образом обитателям различных природных систем удалось выработать сходное коллективное поведение для решения сходных экологических проблем. Не исключено, что мы сможем применить эти знания для вмешательства в процессы, осуществляющиеся без центрального контроля, — и решить с их помощью некоторые проблемы современного общества. ■

Перевод: В.В. Свечников



НАУКА
ТЕЛЕКАНАЛ

**УЖЕ 5 ЛЕТ
ДЕЛАЕМ НАУКУ
ДОСТУПНОЙ**

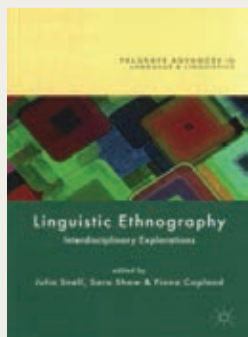


СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



реклама

16+



Фиона Копленд, Джулия Снелл и Сара Шоу. Лингвистическая этнография: междисциплинарное исследование (Fiona Copland, Sara Shaw, Julia Snell. *Linguistic Ethnography: Interdisciplinary Explorations*)

Коллективная монография авторства профессоров крупнейших британских университетов —

не только введение в новую научную дисциплину, необходимое для студентов и аспирантов, но и исследование применимости этнолингвистических методов к текстам, написанным носителями различных языков, а также журналистики, умения вести беседу, правил коммуникации, образовательных технологий. Авторы показывают, что это научное направление, получившее развитие в современной жизни. Прежде всего это касается исследования информативной стороны текстов США в 60-е гг. XX в. в трудах Делла Хаймса, которое сейчас превратилось в методологию комплексного изучения коммуникативной системы, используемой тем или иным обществом, а не просто речевых практик.



Алан Брилл. Иудаизм и другие религии: модели понимания (Alan Brill. *Judaism and Other Religions: Models of Understanding*)

Книга научного сотрудника Университета Сетон-Холл и дипломированного богослова Алана Брилла представляет собой последовательный анализ восприя-

тия традиционных подходов иудаизма к другим религиям в век глобализации. Он показывает, что огромный опыт, накопленный в библейских и богословских текстах, позволяет выстроить новые способы исследования других религий и, соответственно, их восприятия, отвечающие реалиям современности. Он считает, что теологического понимания проблем взаимодействия с другими религиями уже недостаточно. Брилл утверждает, что в современном мире сильных религиозных страстей и нетерпимости необходимо подняться над светской терпимостью и дополнить ее действительным

сближением позиций. В книге Брилла четко сформулированы следующие шаги, которые делают возможными и которых даже требуют изученные им источники.



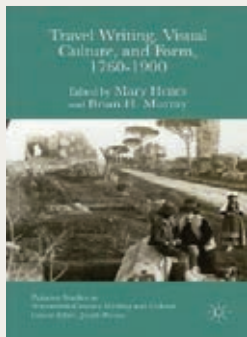
Рольф Шульте. Ведьмы-мужчины в Центральной Европе (Rolf Schulte. *Male Witches in Central Europe*)

Охота на ведьм в Центральной Европе ни в коем случае не была сосредоточена только на женщинах. Историки уже давно доказали, что каждый четвертый, казненный по обвинению в кол-

довстве, был мужчиной. В исследовании немецкого историка Рольфа Шульте рассматриваются документы многочисленных процессов над ведьмами в различных странах Центральной Европы. Хотя основной материал посвящен преследованию ведьм-мужчин во французских и немецкоязычных регионах, именно сравнение с удаленными от центра территориями, входившими в состав Священной Римской империи, такими как Чехия, Италия, Швейцария и Прибалтика, не только показывает панораму, но и позволяет выявить происхождение преследования ведьм-мужчин. Важно, что Шульте увязывает этот процесс с историей главных религиозных конфликтов и течений. Например, он впервые привлекает материалы из швейцарских кантональных архивов, где вдохновителями преследований мужчин за колдовство выступали Кальвин и Цвингли. Основной материал книги — региональные архивы, которые позволили углубить, а нередко и пересмотреть те положения и выводы, которые содержатся в сочинениях известных богословов, писавших о преследованиях за колдовство. Например, в книге Николая Реми практически отсутствуют данные о преследовании мужчин, а в муниципальных архивах (сохранившихся, например, в городах Бургундии) содержится много материала о казнях мужчин, обвиненных в оборотничестве.

Немецкие архивы позволили Шульте показать различия в преследовании мужчин и женщин, что позволило ему пересмотреть некоторые положения знаменитого «Молота ведьм». Заключительные главы книги посвящены реконструкции народного восприятия колдовства и его влияния на массовую культуру. Шульте показывает, что деятельность колдунов всегда была частью повседневной жизни

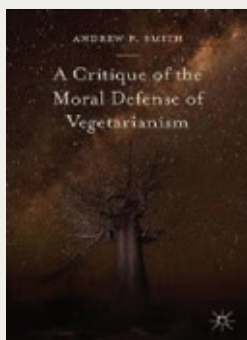
и ее восприятие народными массами отражает стремление найти выход из постоянно нагнетавшейся атмосферы нетерпимости к любому инакомыслию.



Травелог: визуальная культура и форма, 1760–1900 годы (*Travel Writing, Visual Culture, and Form, 1760–1900*)

Книга стала результатом мультидисциплинарного проекта, осуществленного по инициативе и под руководством профессора Кембриджского университета Брайана Марри. Собранная им

группа исследователей предлагает развернутый анализ западноевропейского травелога. Авторы рассматривают золотой век травелога, который и сегодня представляет собой один из продуктивных жанров современной прозы. В своем традиционном виде травелог — не только документальный рассказ о совершенной автором поездке, но и повествование, включающее документы, исторические свидетельства (например, карты), отражающие рефлексию (ожидания автора и непосредственные впечатления о том, что было в прошлом и в момент написания). Помимо перемещения в пространстве этот жанр предполагает и путешествие в прошлое. Автор стремится не развлекать читателя, хотя поддерживать его интерес необходимо, но передать ему свои знания, чтобы обогатить его жизненный опыт. Важно, что авторы статей анализируют малоизученные произведения, вводя их тем самым в круг чтения современного человека: записные книжки, рукописные записки о путешествии в Индию, работу первых иллюстраторов путевых записок. Интересно, что несколько статей посвящены произведениям русских писателей — «Письмам русского путешественника» Н.М. Карамзина, «Путешествию в Арзрум» и «Истории Пугачевского бунта» А.С. Пушкина.



Эндрю Смит. Насколько нравственно вегетарианство? Могут ли все стать вегетарианцами? (*Andrew Smith. A Critique of the Moral Defense of Vegetarianism*)

Автор книги, давний вегетарианец, доцент английского языка и философии в американском Университете Дрекслера стал едва

ли не первым ученым, который задумался над тем, что произойдет в мире, если все станут вегетарианцами, т.е. будут питаться исключительно растительной пищей. Привлекая последние исследования по растениеводству, экологии систем, экологической философии и культурной антропологии, Эндрю Смит показывает, что традиционное различие между вегетарианством и обычной диетой во многом искусственно. Ведь многие блюда традиционной кухни

всех народов по сути вегетарианские, т.к. животный белок всегда был слишком дорогим для повседневной пищи простых людей. Главное — рациональность, т.е. сбалансированность питания, а не отказ от животной пищи. Именно подобное — полное или частичное — вегетарианство практиковалось на протяжении тысячелетий в странах, где распространены такие индийские религии, как буддизм, индуизм и джайнизм. Частичными вегетарианцами были приверженцы разных философских школ (например, пифагорейцы). Смит отстаивает новый взгляд на современные системы питания, считая, что и вегетарианство, и отказ от него в равной степени причиняют непоправимый вред окружающей среде. Ведь если бы все жители Земли стали вегетарианцами или наоборот, то не в таком уж отдаленном будущем нас ожидала бы неминуемая экологическая катастрофа. Поэтому он и обосновывает рациональный подход к здоровому питанию необходимостью сбалансированности рациона, соединяющей положительные и отрицательные качества вегетарианства и всеядности.



Анна Уинтерботтом и Фазиль Тесфайе. Очерки истории медицины и целительства в странах Индийского океана. Том 1: Средние века и раннее Новое время (*Anna Winterbottom, Fasil Tesfaye. Histories of Medicine and Healing in the Indian Ocean World, Volume One: The Medieval and Early Modern Period*)

Первая книга двухтомного труда научного сотрудника Сассекского университета Анны Уинтерботтом и доцента Гонконгского университета Фазиля Тесфайе охватывает период с IX по конец XVIII в. Авторы облекли изложение в форму эссе, что позволило им соединить познавательный и аналитический аспекты. В первых главах они рассматривают круг источников, которыми могли пользоваться средневековые целители болезней. Прежде всего, это энциклопедические труды Ар-Рази (854–925) «Всеобъемлющая книга по медицине» и десятитомная «Медицинская книга, посвященная Мансуру», которые в течение нескольких столетий служили руководством и для европейских врачей, поскольку были переведены на латинский язык. Впервые авторы привлекают его специальные работы («Один врач не может лечить все болезни») и книгу, которая, по сути, представляет собой первую популярную медицинскую энциклопедию («Медицина для тех, у кого нет врача»). Авторы впервые рассматривают, как развивалась медицина на Великом шелковом пути, в регионе Индийского океана и показывают механизм и разнообразие способов распространения медицинских знаний. Одновременно они выявляют источники этих знаний на примере развития техники использования змеиного яда. Книга предназначена как для историков, так и для всех, кто интересуется развитием традиционной медицины, поскольку в приложении приводятся многочисленные рецепты. ■

Подготовил Ф.С. Капица

Оформить подписку/заказ на журнал «В мире науки» через редакцию

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
 - по адресу: 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, к. 46, офис 138, редакция журнала «В мире науки»;
 - по электронной почте: podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
 - по факсу: +7 (495) 939-42-66

Стоимость подписки на первое полугодие 2016 г. составит:

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

Для юридических лиц: **1500 руб.**

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

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

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

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

* Если ваша заявка о подписке получена до 10-го числа месяца, то начиная со следующего месяца с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

Бланк заказа номеров журнала

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|---------------------|---|---|---|---------------------|---|---|---------------------|---|----|----|----|
| 2016 г. | объединенный выпуск | | | | объединенный выпуск | | | объединенный выпуск | | | | |
| 2015 г. | | | | | объединенный выпуск | | | объединенный выпуск | | | | |
| 2014 г. | | | | | | | | объединенный выпуск | | | | |

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют.

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Платательщик _____

Платательщик _____

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Платательщик _____

Платательщик _____

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

в почтовых отделениях по каталогам:

«Роспечать», подписной индекс: 81736 — для физических лиц, 19559 — для юридических лиц; «Почта России», подписной индекс: 16575 — для физических лиц, 11406 — для юридических лиц; каталог «Пресса России», подписной индекс: 45724, www.akc.ru

Подписка по РФ и странам СНГ:

ООО «Урал-Пресс», www.ural-press.ru
СНГ, страны Балтии и дальнее зарубежье:
ЗАО «МК-Периодика», www.periodicals.ru
РФ, СНГ, Латвия:
ООО «Агентство "Книга-Сервис"», www.akc.ru

В мире науки
SCIENTIFIC AMERICAN

Senior Vice President and Editor in Chief:

Executive Editor:

Managing Editor:

Managing Editor, Online:

Design Director:

News Editor:

Senior Editors:

Associate Editors:

Podcast Editor:

Mariette DiChristina

Fred Guterl

Ricki L. Rusting

Philip M. Yam

Michael Irak

Robin Lloyd

Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment,

Michael Moyer, George Musser, Gary Stix, Kate Wong

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon,

Ferris Jabr, John Matson

Steve Mirsky

Contributing editors:

Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi,

Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna,

John Rennie, Sarah Simpson

Art director:

Ian Brown

President:

Steven Inchcoombe

Executive Vice President:

Michael Florek

Vice President and Associate Publisher,

Marketing and Business Development:

Michael Voss

Vice President, Digital Solutions:

Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development:

Bruce Brandfon

© 2016 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:



Человек-загадка

Обнаружение костей, которые предположительно принадлежат неизвестному ранее виду древнего человека, привело в смятение и ученых, и средства массовой информации.

Ребус темной энергии

Почему расширение нашей Вселенной происходит ускоренно? После двух десятилетий исследований ответ на этот вопрос все еще не получен, но сам вопрос стал более ясным.

Клеточный компас

Чтобы не возникало уродливых существ, клетки должны выстраиваться в определенном порядке. Процесс контролируется небольшим набором генов и белков.

Промывание мозгов

Ядовитые продукты жизнедеятельности выводятся из мозга с помощью специальной системы, и происходит это преимущественно во сне.

Анализ массовой гибели

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

Переписать гриб

Новый высокоточный метод редактирования генов может совершить революцию в сельском хозяйстве и повлиять на характер дебатов о геной модификации.

Сирия: беженцы от засухи

Крестьяне, бежавшие из охваченной гражданской войной страны, рассказывают, как климатическое бедствие и злоупотребления правительства вызвали насилие в обществе.

Мозг в каменном веке

Исследователи придумали оригинальный способ изучения развития сознания: они изготавливают примитивные орудия и сканируют при этом собственный мозг.

Специальный репортаж: будущее медицины — 2016

Защита от рака
Новые методы активизации иммунной системы человека дают многообещающие результаты в деле борьбы со злокачественными образованиями.

Из жизни машин

Ученые близки к тому, чтобы создать биологические машины — живые клетки, способные к диагностированию болезней и устранению урона, нанесенного окружающей среде.

Нейтронная тайна

Два высокоточных эксперимента разошлись в результатах продолжительности жизни нейтрона. Стало ли это несоответствие результатом ошибки в измерениях или же указывает на нечто более глубинное?

Небесные гиганты

Ископаемые останки вымерших морских птиц раскрывают секрет того, как эти огромные существа вообще могли летать.





ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

<http://scientificrussia.ru>



ISSN 0208-0621

16004



9 770208 062001