

ПЛАНЕТОЛОГИЯ

Кольца  
супер-Сатурна

МЕДИЦИНА

Выключатель  
для генов

АСТРОФИЗИКА

Послания  
черных дыр

# В мире науки

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал

[www.sci-ru.org](http://www.sci-ru.org)

3 2016

12+

# GPS МОЗГА

Система навигации  
в мозге человека  
помогает не только  
ориентироваться,  
но и формировать  
новые воспоминания

СОБРАНИЕ **РАН:** ИТОГИ



# 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](http://www.sciam.ru/projects/dvd-electronic-catalogue)

**В мире  
науки**

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал

# В мире науки

SCIENTIFIC  
AMERICAN

## Наши партнеры:



PETER



SERVICE



Сибирское отделение РАН



ROSATOM



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



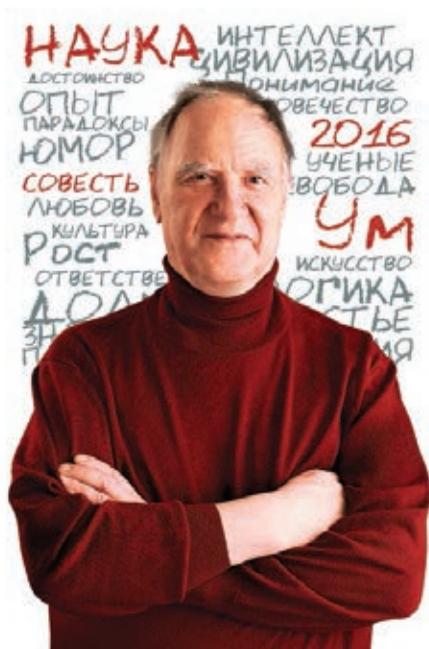
очевидное  
невероятное



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. Форттов

## 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:

чл.-корр. РАН, д.х.н., проф. В.И. Бухтияров, к.ф.-м.н. В.А. Демин; чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. М.В. Ковальчук; чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. А.М. Сергеев; к.ф.-м.н., с.н.с. ГАИШ МГУ В.Г. Сурдин; чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. Г.В. Трубников; д.б.н. О.А. Филатова; д.м.н., проф. М.Ш. Хубутия; д.т.н., проф. П.С. Чубик; акад., д.м.н., проф. А.Г. Чучалин

## Над номером работали:

М.С. Багоцкая, Т.М. Колядич, Н.Л. Лескова, Е.С. Новоселова, В.В. Покровский, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников, В.П. Фрийдман, Н.Н. Шафрановская, С.Э. Шафрановский

## Арт-директор:

Д.В. Левин

## Верстка:

А.Р. Гукасян

## Корректурка:

Я.Т. Лебедева

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

В.Е. Форттов

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

Заказ №3 16-02-00467

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

Свидетельство ПИ № ФС77-43636 от 18 января 2011 г.

Тираж: 12 500 экземпляров

Цена договорная

Авторские права НП «Международное партнерство распространения научных знаний».

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



# СОДЕРЖАНИЕ

Март 2016

## Темы номера

### ПРОСВЕЩЕНИЕ

**«Не столько важно знать, сколько понимать»**

Академик **Юрий Оганесян** — о Сергее Капице как просветителе

### АСТРОФИЗИКА

**Послания черных дыр**

*Владимир Покровский*

Директор нижегородского Института прикладной физики РАН **Александр Сергеев** — о недавней регистрации гравитационных волн обсерваторией LIGO, где работает команда специалистов из его института

### ФИЗИКА

**Три кварка, три кварка, три кварка!**

*Владимир Покровский*

25 марта в Дубне будет заложен первый камень в строительство нового сверхпроводящего коллайдера NICA

### ХИМИЯ

**Практическая химия  
Института катализа**

*Владимир Покровский*

Директору Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН **Валерию Бухтиярову** удастся совмещать любовь к фундаментальным исследованиям с миссией инженера-менеджера

### МЕДИЦИНА

**Дом, где возрождаются сердца**

*Наталья Лескова*

Директор НИИ им. Н.В. Склифосовского **Могели Хубутия** и директор Института пульмонологии **Александр Чучалин** — о новых технологиях в трансплантологии

### НЕЙРОНАУКИ

**Путь к искусственному интеллекту** 26

*Вячеслав Демин и Михаил Ковальчук*

4

Специалисты НИЦ «Курчатовский институт» активно ведут исследования и разработки в области создания, обучения и совершенствования нейроморфных систем



### НАУКА И ОБЩЕСТВО

**Знания, свобода, процветание** 34

6

*Владимир Губарев*

Томский политехнический университет сегодня стал одним из лучших вузов страны. Как удалось этого добиться, лучше всех знает ректор ТПУ **Петр Чубик**



120 ЛЕТ  
ИСТОРИИ

**ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

14

### НЕЙРОБИОЛОГИЯ

**Где я? Куда я иду?** 42

*Мэй-Бритт Мозер и Эдвард Мозер*

Ученые выясняют, каким образом мозг ориентируется в пространстве



### МЕДИЦИНА

**Переключатели генов** 52

*Джим Козубек*

Создание молекулярных переключателей, которые могут инактивировать встроенные гены, прокладывает путь к более безопасной генной терапии



102

## Жизнь после инсульта

60

*Георг Керкхофф, Доротея Кальмбах и Алиша Розенталь*

После инсульта у пациентов могут возникнуть нарушения в восприятии левой половины пространства и собственного тела. Два новых вида терапии способны восстановить «расколотую» картину мира

## ПЛАНЕТОЛОГИЯ

### Кольца супер-Сатурна

66

*Мэттью Кенурти*

У планеты одной из далеких звезд Галактики обнаружена гигантская система колец, возможно, еще и содержащая спутник

## АСТРОНОМИЯ

### Войны телескопов

76

*Кэти Уорт*

Давние напряженные отношения между тремя группами астрономов поставили под удар осуществление самых дерзких и масштабных проектов в наземной астрономии

## ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

### Смертоносная вода

84

*Кэти Дейгл*

В Индии и других странах Азии миллионы людей травятся мышьяком, содержащимся в колодезной воде. Ученые ищут выход из положения



42

## ЗООПСИХОЛОГИЯ

### Знают ли животные, откуда берутся дети?

96

*Холли Дансуорт*

Животные, возможно, и понимают, что такое размножение, но четких представлений о сути этого феномена нет даже у человекообразных приматов

## ЗООЛОГИЯ

### Остров дельфинов

102

*Наталья Лескова*

Доктор биологических наук **Ольга Филатова**, много лет изучающая камчатских косаток, полагает, что, пожалуй, нет другого морского млекопитающего, с которым связано такое количество ошибочных суждений



## Разделы

50, 100, 150 лет тому назад

101

Технофайлы

108

Книжное обозрение

110



66



76

# НЕ СТОЛЬКО ВАЖНО ЗНАТЬ, СКОЛЬКО ПОНИМАТЬ

На заседании Совета по науке и образованию при Президенте РФ, состоявшемся в конце января этого года, было заявлено, что одним из приоритетов государственной политики становится популяризация науки и высоких технологий. Призывая ученых активнее участвовать в этом процессе, В.В. Путин заметил: «У нас есть хорошие традиции популяризации научных знаний, и, конечно, нужно использовать этот опыт».

*Сергей Петрович Капица был одним из тех, кто создавал эти традиции. Просветительство было главным делом его жизни — и как ведущего теле-программы «Очевидное — невероятное», и как главного редактора журнала «В мире науки».*

*О том, почему Сергей Петрович считал это своим долгом, рассказывает его друг и коллега **Юрий Цолакович Оганесян**, академик РАН, научный руководитель лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова ОИЯИ в Дубне.*

Однажды Георгий Николаевич Флеров (академик, создатель лаборатории ядерных реакций ОИЯИ) позвал меня к себе и спросил: «Вы знаете Петра Леонидовича Капицу?» — «Знаю». — «А Сергея Петровича вы знаете?» — «Конечно знаю. Это его младший сын». — «Сергей собирается защищать докторскую диссертацию, посвященную ускорителю. Он делает микротрон — такой, как у нас. А я оппонент. Прочитайте и напишите отзыв, а я посмотрю, как вы это сделаете».

Я прочитал и пришел в восторг от слога, которым была написана диссертация, — совершенно необычного. Георгий Николаевич меня спросил: «Ну как?». Я говорю: «Блестяще написано, так красиво все сказано». — «Это, — говорит, — школа»...

Мы с ним познакомились, стали общаться. Сергей часто приезжал к нам в Дубну. Общение с ним всегда было очень интересным, он рассказывал о своих поездках и о многом другом.

Как-то он предложил мне написать статью в журнал «В мире науки / *Scientific American*», несколько раз приглашал в свою программу «Очевидное — невероятное». Каждый раз говорил: **«Ты должен это сделать»**. **Сергей был абсолютно убежден, что есть вещи, которые ученый обязан делать. Сам он служил, как мы называем, популяризации науки. Но это не совсем популяризация: это призыв к обществу думать. Есть проблемы сиюминутные, а есть направленные в будущее: как будет дальше развиваться общество следующих поколений. Сергей считал, что мы обязательно должны об этом думать, что мы должны быть развиты, должны быть на уровне современных знаний. Он говорил: «Не столько важно знать, сколько понимать»**.

Он всегда искренне радовался, когда происходило какое-то научное открытие, сразу пытался это донести до людей, объяснить. Объяснял он прекрасно всегда. Об этом говорили даже те, кто не имел вообще никакого отношения к науке. Например, моя жена, которая была музыкантом.



Он был подвижник. Наверное, это от родителей. Такие люди — большая редкость. С одной стороны, **он посвятил себя чужим успехам, а с другой — видел в продвижении этих успехов свое предназначение. Он служил тому большому делу, которое называется «наука».**

Сергей был прекрасным ученым. Он много писал о проблеме народонаселения, не только показывал статистику, но и выявлял закономерности роста населения Земли. Выдвигал гипотезы, приводил примеры из литературы, показывал цикличность и закономерность многих процессов, утверждая, что дело в них, а не в эпидемиях или войнах. Это очень серьезные размышления.

Вклад, который он внес в наше общество своей программой «Очевидное — невероятное», неоценим. Никто другой не смог бы это сделать так же блестяще, как делал он. Так серьезно и так глубоко! Конечно, он неповторим.

У нас был такой случай. Однажды на Котельнической набережной к нам подошла женщина и говорит: «Сергей Петрович, здравствуйте!». — «Здравствуйте». — «Я вас вчера видела, мне очень понравилось». Он спрашивает: «Что вам понравилось больше из того, что я говорил?» И она начала с удовольствием ему рассказывать, и он очень охотно

с ней общался. Потом они поблагодарили друг друга за разговор и попрощались. Я спрашиваю: «Ваша знакомая?» Он говорит: «Нет, совершенно незнакомый человек». Идем с ним к метро. Буквально через 50 шагов такой же случай: его узнают, опять долгий разговор о передачах. Говорю ему: «Я опаздываю, мы так не дойдем до метро». Он отвечает: «Я не могу им отказать. **Ты не представляешь, как это для меня важно. Без этого я не знаю, нужно ли то, что я делаю. Ведь это же люди не от науки. Я должен обязательно иметь обратную связь, обратный сигнал от того, что они видят, от того, как они это воспринимают.**» Он сказал мне это так серьезно и откровенно, что я запомнил. Потом, уже с годами, когда сам начал не то что заниматься популяризацией, но читать лекции, объяснять людям, понял, насколько это действительно важно. И искусством объяснить так, чтобы человек понял, Сергей Петрович владел в совершенстве.

# Послания черных дыр

Чудом кажется не только то, что удалось впрямую услышать гравитационные шумы Вселенной, но и сам факт, что такой слабый шум вообще можно услышать

Давным-давно, 1 млрд 300 млн лет тому назад, в месте, удаленном отсюда на 1 млрд 300 млн световых лет, столкнулись две черные дыры. Были они относительно невелики и по массе превышали Солнце соответственно в 39 и 26 раз. Вращаясь друг относительно друга с огромной скоростью и затрачивая на один оборот по несколько миллисекунд, они наконец слились, издав «гравитационный вопль» с энергией трех Солнц.

14 сентября прошлого года этот вопль в сильно ослабленном виде достиг Земли, растянув размеры в одном направлении и сжав их в другом, перпендикулярном первому. Это изменение, измеряемое всего лишь десятитысячными долями от радиуса протона, сумели зарегистрировать расположенные в США детекторы обсерватории *LIGO* (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) — это был сигнал в звуковом диапазоне, длящийся пятую долю секунды и нарастающий по амплитуде и частоте. Чудом кажется уже не только то, что ученым удалось подтвердить сделанные 100 лет назад предсказания Альберта Эйнштейна и впрямую услышать гравитационные шумы Вселенной, но и сам факт, что такой слабый шум вообще можно услышать.

— Но это, конечно, не чудо, — заявил в разговоре с представителем нашего журнала член-корреспондент РАН Александр Михайлович Сергеев, директор нижегородского Института прикладной физики РАН, команда из которого принимала участие в создании гравитационной обсерватории, — а удивительный результат работы более чем тысячи ученых и специалистов со всего света, четверть века подряд пытавшихся добиться такой чувствительности. Я бы сравнил эти попытки с попытками человека, находящегося в шумном



Для строительства обсерватории *LIGO* ученые выбрали два очень тихих места: одно в штате Вашингтон, на заброшенном ядерном полигоне, второе в Луизиане, среди тропических и субтропических лесов

вагоне, слышать то, что говорит ему собеседник по мобильному телефону. Сначала он уходит туда, где потише, в тамбур например, а потом, если и это не помогает, вообще выходит из вагона, ищет место, где как можно меньше посторонних шумов... Если связь плохая, ему будет нужен телефонный аппарат, который сам не шумит. Дальше по отдельным доносящимся звукам он попытается угадать смысл сказанного. Если собеседник иностранец, он ничего не поймет, а если соотечественник, да еще родственник, чей словарь и чьи интонации хорошо знакомы, он с большей вероятностью разберет телефонное послание. Именно по такому сценарию и шло строительство детекторов обсерватории *LIGO*.

**— И что представлял собой этот сценарий?**

— Напомню прежде историю создания *LIGO* — это позволит понять дальнейшее. Идея создать такую обсерваторию обрела жизнь в США в начале 1990-х гг. Именно в эти годы американцы закрыли у себя строительство суперколлайдера нового поколения с параметрами, превосходящими тот, который потом построили в Европе объединенными усилиями многих стран. Дороговизна проекта и массовые протесты налогоплательщиков привели к такому отказу, но вместо него на первый план вышло строительство другой суперустановки,

которая, используя метод лазерной интерферометрии, могла бы улавливать неуловимые прежде гравитационные волны. И этот проект оказался самым крупным проектом из реализованных Национальным научным фондом США за всю историю его существования.

Теоретически эта идея была известна давно, еще в 1960-е гг. ее озвучили сначала наши теоретики М.Е. Герценштейн и В.И. Пустовойт, потом появились и американские работы, однако долгое время она была практически неосуществима. Не хватало многого, прежде всего лазерных технологий, а также материаловедческих, способных обеспечить нужные материалы для оптических элементов нужного качества и многого другого. И только к 1990-м гг. технологии дошли до такого уровня, что можно было хотя бы попробовать. Так возникла идея установки *LIGO*, которая, может быть, и не была способна зарегистрировать гравитационные волны, но с ней по крайней мере можно было бы понять, как двигаться дальше.

Идея заключалась в том, чтобы использовать характерное свойство гравитационной волны изменять метрику пространства особым образом — расширять ее в одном направлении и сжимать в ортогональном. Эту разницу могут почувствовать две световые волны, распространяющиеся

перпендикулярно друг другу. В грубом приближении это должно было выглядеть так: луч лазера разбивается на два перпендикулярных друг другу луча, и они начинают бегать между своими зеркалами, встречаясь в приемнике и интерферируя между собой. Гравитационная волна меняет интерференционную картину, что уже может быть зафиксировано.

Итак, следуя «телефонному» сценарию, американцы для начала выбрали два самых тихих места для своих детекторов — одно в штате Вашингтон, на заброшенном ядерном полигоне на границе с штатом Орегон, а второе в Луизиане, где в краю тропических и субтропических лесов можно было найти тихий уголок. Дальше требовалось сделать так, чтобы шумы детектора не заглушали полезного сигнала. Природа по какой-то случайности устроена так, что самым «бесшумным» диапазоном для *LIGO* оказался диапазон, который воспринимает человеческое ухо, — 10–1000 Гц. Поэтому с помощью этой обсерватории можно в буквальном смысле слова услышать гравитационные волны. И, что очень важно, требовались стабильные и очень мощные лазеры, которые появились только к 1990-м гг. Еще требовалось выделить из все-

## Сигнал с постепенно увеличивающимися частотой и амплитудой был одновременно зафиксирован на двух антеннах *LIGO* в Вашингтоне и Луизиане

го многообразия космических шумов этого диапазона те, которые вызываются гравитационными волнами. Здесь уже потребовались знания теоретиков. По их расчетам оказалось, что гравитационный всплеск от слияния двух крупных звезд или черных дыр должен порождать очень характерный сигнал с постепенно увеличивающимися частотой и амплитудой, а затем идет резкий обрыв. Такого типа сигнал и был практически одновременно зафиксирован на двух антеннах *LIGO* в Вашингтоне и Луизиане.

### — Каков был российский вклад в *LIGO*?

— Там работали только две российские группы — мы и группа из МГУ под руководством члена-корреспондента РАН В.Б. Брагинского. Сейчас он по возрасту от проекта отошел, его сменил профессор В.П. Митрофанов. На *LIGO* работали, приезжая и уезжая, исследователи из нашего института общим числом около 20 человек. В этом году от нас в проекте работают восемь человек. Если говорить



про нижегородский вклад, мы были приглашены в коллаборацию из-за того, что наш институт был и остается одним из мировых лидеров в разработке мощных лазерных систем и оптических элементов для них. Один из таких элементов, обеспечивающий развязку лазерного источника и интерферометра, называется изолятором Фарадея. Не буду вдаваться в описание этих систем, скажу только, что без них *LIGO* не смог бы функционировать. Наш институт много сделал и по другим вопросам. На-

пример, мы получили несколько грантов от американского Национального научного фонда на разработку приборов для дистанционного контроля поверхностей *LIGO*. В условиях сильного радиационного воздействия мощного лазерного излучения поверхности зеркал интерферометра могут «состариться», поэтому такой контроль попросту необходим. Московская группа, принимавшая участие в создании *LIGO*, — специалисты по очень чувствительным измерениям и регистрации квантовых шумов. Их участие, например, требовалось, когда надо было решать, из какого материала делать зеркала, из чего должны быть нити, на которых они подвешены, — по их совету вместо предполагаемого сапфира эти нити сделали из кварца, потому что сапфир, как они доказали, больше «хрустит» и вносит ненужный шум. Эта группа воспитана, как я уже сказал, Владимиром Борисовичем Брагинским. Он выдающийся ученый и в *LIGO* чрезвычайно уважаемый человек. С тех пор как около 20 лет назад мы начали сотрудничать с *LIGO*, мне часто приходилось слышать, что работа группы Брагинского очень важна.

Вклад России в успех *LIGO* без сомнения меньше, чем ее вклад в поимку бозона Хиггса. Причин тому несколько. Во-первых, на уровне российских агентств и министерства эти работы целенаправленно не поддерживались в отличие от сотрудничества с *CERN*. Вторая причина в том, что создание *LIGO* началось в смутную для нас пору, когда большинство наших лабораторий думали не столько о том, как детектировать гравитационные волны, сколько просто о том, как выжить. Мы-то оказались

востребованы в *LIGO* потому, что у нас большая лазерная и оптическая культура и этим мы были известны в научном мире. Группа В.Б. Брагинского оказалась там тоже потому, что ее хорошо знали задолго до этого, а новичков в то время просто не оказалось. Есть несколько академических институтов, которые заняты схожими проблемами, но они больше ориентированы на Европу — на итальянский аналог американской гравитационной обсерватории под названием *VIRGO*.

**— Что вы для себя получили из опыта работы в *LIGO*?**

— Опыт работы в коллаборации *LIGO* был огромным. Команда очень интересная, сильная, о каждом из ее лидеров я мог бы с удовольствием говорить часами. Они находятся каждый в своем университете, но ежедневно встречаются в Интернете, активно общаются между собой. Американцы молодцы, они очень хорошо построили работу коллаборации. И знаете, эти две черные дыры, которые когда-то там столкнулись и послали сигнал, нами услышанный, они передали нам — я имею в виду Россию — несколько очень важных посланий.

Первое послание сводится к тому, что надо вкладывать деньги в крупные установки. Современное фундаментальное знание становится все более дорогим и глубоким. Требуется все более сложный инструментарий, особенно это видно в физике. Мы должны принять как факт, что через некоторое количество лет практически все фундаментальное знание будет генерироваться на больших установках типа *LIGO* или Большого адронного коллайдера, все остальное будет плестись в хвосте. Потому что если вы сделали инструмент с лучшими характеристиками, чем остальные, вы увидите явления, которых другие не увидят, и вы начинаете пожирать плоды этого превосходства. Только там это знание может быть получено, а поскольку его нужно «вытаскивать» из все больших глубин, его можно получать только в крупных исследовательских инфраструктурах. Это и есть фабрики фундаментального знания.

**— У нас таких нет?**

— Почему же? Лет пять назад правительственная комиссия приняла решение о том, что в России должно быть построено шесть новых исследовательских инфраструктур. Они называются у нас установками класса «мегасайенс». Они были отобраны на основе конкурса, как было сказано, что мы их построим в течение десятилетия, но частично из-за неблагоприятной экономической ситуации, частично из-за реформирования, которое сейчас идет в науке, фактически сейчас из этих шести проектов финансируются два — и то с очень большим трудом. Достраивается реактор нейтронов в Гатчине. Сейчас начинается второй проект — строительство в Дубне ускорителя тяжелых ионов. С остальными худо, несмотря на то что они одобрены на самом высшем уровне.

В это время в США и Европе (особенно в Европе) есть программы по созданию более трех десятков таких исследовательских инфраструктур. И все это по стоимости установки класса *LIGO*.

Второе послание черных дыр состоит в том, что нельзя допускать разнесения центра управления наукой и центра компетенции. Я понимаю, у России как у государства есть свои приоритеты в науке, определяемые людьми пусть очень умными, но не учеными. Только ученый знает, в чем он действительно силен и на какие проекты нужно направлять основные силы. Если бы вы пришли в наше научное агентство или министерство, скажем, в январе, и потребовали бы сделать одним из главных приоритетов лазерный типа *LIGO*, там покрутили бы пальцем у виска и попросили



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

бы вас больше их таким безумием не тревожить. Если бы вы с тем же пришли сейчас, после пресс-конференций по всему миру, рассказавших о гравитационном успехе Америки, реакция могла бы быть совершенно иной.

Я упоминал, что некоторые наши работы мы вели на гранты Национального научного фонда США. Частично мы финансировались из собственного базового бюджета академической организации. Если бы этого бюджета у нас не было, не было бы в *LIGO* и нас. А сейчас это базовое финансирование у академических институтов собираются отобрать, полностью заменив его конкурсным. И это будет беда, последствия которой представить трудно. Политика государства в отношении науки должна быть направлена не только на то, что сегодня, по мнению чиновников, нужно государству, но и на то, чтобы давать ученым самим определять, над чем работать и что может завтра оказаться крупнейшим научным открытием, которое никак не поместить в сегодняшние приоритеты. ■

**Беседовал Владимир Покровский**



Чистая технологическая линия в ЛФВЭ ОИЯИ для сборки высокопрецизионных силиконовых трековых детекторов для установок *MPD/NICA* и *CBM/FAIR*, созданная совместными усилиями ОИЯИ и *GSI* (Германия)

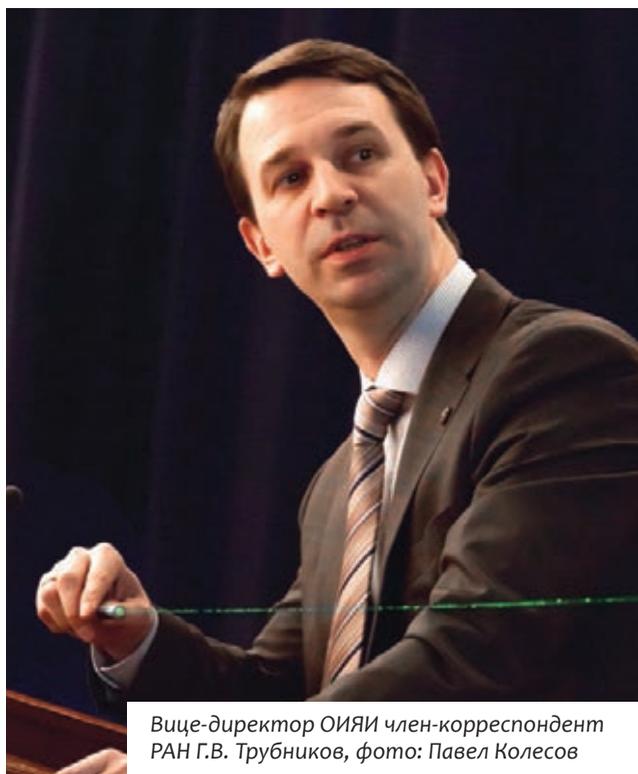


Первая очередь *HILac* (линейный ускоритель тяжелых ионов — первый этап ускорителя *NICA*), запущенная в декабре 2015 г.

# Три кварка, три кварка, **три кварка!**

# 25

марта в Дубне произойдет важнейшее для современной научной России событие — будет торжественно заложен первый камень в строительство давно задуманного и сравнительно недавно официально поддержанного государством нового сверхпроводящего коллайдера (ускорителя на встречных пучках), названного именем богини победы — NICA. На самом деле это красивое и символичное название представляет собой аббревиатуру, образованную от *Nuclotron-Based Ion Collider Facility*. Ожидаемая победа здесь заключается в том, что с помощью NICA физики наконец-то надеются увидеть кварки и глюоны в свободном состоянии. До сих пор это не удавалось сделать никому.



Вице-директор ОИЯИ член-корреспондент РАН Г.В. Трубников, фото: Павел Колесов

Кварки — субчастицы с дробным электрическим зарядом — были теоретически предсказаны в 1964 г. американским физиком и нобелевским лауреатом Марри Гелл-Манном. По современным теоретическим представлениям, в свободном состоянии они существовали лишь в первые микросекунды после Большого взрыва, а потом собрались в тройки и склеились в уже известные нам частицы типа протонов или нейтронов — такое явление называется «кварковый конфайнмент». Любопытно, что имя для своих субчастиц Гелл-Манн позаимствовал из романа Джеймса Джойса «Поминки по Финнегану». В одном из эпизодов над героем романа летают чайки и выкрикивают странную фразу: «Три кварка для мистера Марка! Три кварка, три кварка, три кварка!!!» Гелл-Манн получил свою Нобелевскую премию за то, что он удивительным образом сумел вставить выдуманные Джойсом кварки в основание стройной системы вполне реального мира. Считается, кстати, что нейтронные звезды как раз образованы из кварк-глюонной материи — необычайно плотной ядерной материи, переходящей в кварк-глюонную плазму при экстремальных плотностях и температурах.

Лет 30 назад считалось очевидным, что превратить ядерную материю в первобытную



Г.В. Трубников с экспертами из Европейской комиссии Ж. Муленом и Р. Аймаром, 2013 г.

кварк-глюонную «кашу» возможно лишь при соударении частиц, несущихся навстречу друг другу с максимально возможной энергией. Уверенность в этом была столь велика, что в Брукхейвенской национальной лаборатории (США) для получения кварк-глюонной материи был построен уникальный коллайдер *RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider)* стоимостью \$0,75 млрд, где сталкиваются тяжелые ионы с энергией около 200 млрд эВ на нуклон. Однако к тому времени выяснилось, что при ловле кварков с большими энергиями надо быть осторожнее: на слишком высоких скоростях ионы пролетают друг мимо друга, не успев вступить во взаимодействие между собой. В середине нулевых теоретики Дубны рассчитали наиболее выгодную энергию столкновения, она оказалась значительно ниже брукхейвенской, и наиболее интересный диапазон энергий ожидается в районе нескольких (точнее, 4–11) гигаэлектронвольт (гэВ) на нуклон.

В результате ускорительные центры, работающие сейчас в области исследования горячей и плотной ядерной материи, ставят себе задачу искать фазовые переходы в ядерной материи именно в этой области энергии. В Брукхейвене срочно перестраивают коллайдер на более низкие энергии, а переделывать, как известно, всегда сложнее, чем делать заново. По словам вице-директора ОИЯИ члена-корреспондента РАН Г.В. Трубникова, перестройку своего коллайдера американцы предполагают закончить к 2020 г. Им придется коренным образом модернизировать многие системы коллайдера, в первую очередь детектор, установленный в точке столкновения пучков.

Дубненский коллайдер *NICA* с самого начала был рассчитан как раз на те энергии, о которых мечтают теоретики. Это будет огромная установка, работающая на встречных пучках тяжелых ионов. Как и Большой адронный коллайдер в *CERN*, это будет кольцо, правда поменьше, с периметром чуть больше 500 м. Рыть тоннели и копать шахты для него не требуется, поскольку проект разработан на базе уже существующего в Дубне нуклотрона, который будет готовить пучки для коллайдера. Тем не менее коллай-

## Когда *NICA* начнет работу, о существовании кварков в свободном виде ученые узнают по аномалиям, которых природа обычно не допускает

дер и два огромных детектора со сверхпроводящими системами нужно будет соорудить в новом комплексе зданий (общая площадь — около 30 тыс. м<sup>2</sup>), который уже начали строить на площадке ОИЯИ. Все здания, сооружения и новые экспериментальные установки планируется создать к 2020 г. Главная уникальная особенность *NICA* — высокая плотность ядер золота, участвующих в столкновениях. Каждую секунду через квадратный сантиметр будут пролетать сгустки, содержащие в целом  $10^{27}$  частиц, а в каждом сгустке будет не менее 2 млрд ядер золота. Машин с такими характеристиками нигде в мире еще никто не создавал, параметры коллайдера абсолютно беспрецедентны.

Когда новый коллайдер будет запущен, собственно свободных кварков он, конечно, не разглядит. Его детектор узнает об их существовании в свободном виде по аномалиям, которых природа обычно не допускает, — например, наблюдая зарядовую асимметрию или необычные пики в спектре вылетающих частиц. Время ядерной реакции очень мало — фемтосекунды, и дистанции (или области взаимодействия) тоже необычайно микроскопичны — фемтометры ( $10^{-15}$  м). Однако в этой области сосредотачивается колоссальное количество нуклонов (протонов и нейтронов из ядер золота) — до нескольких миллиардов. Образуется необычайно плотная среда при высокой температуре, которая и может давать возможность кваркам высвободиться на мгновения. Сталкивающиеся ионы золота при высоких температурах и экстремальных

плотностях ядерного вещества будут рождают целые ливни продуктов ядерной реакции — фотоны, электроны и позитроны, заряженные и нейтральные мезоны, барионы и много чего другого. Нарушение симметрии, например различное число рождающихся положительно и отрицательно заряженных к-мезонов, может указывать на фазовые переходы в ядерной материи и деконфайнмент. Странное поведение и плато (или пики) в энергетическом спектре каонов могут говорить о том, что образовалась смешанная фаза — состояние, когда ядерная материя существует одновременно с кварк-глюонной. Очень хорошая аналогия тут может быть приведена с фазовыми переходами воды: нагрев воду до  $100^\circ\text{C}$  при одной атмосфере, можно наблюдать в пробирке одновременно и жидкость, и пар, и пузырьки газа в жидкости (смешанную фазу). А если нагреть колбу с водой до нескольких сотен градусов при очень высоких давлениях, жидкость в колбе становится непрозрачной и в конечном итоге взрывообразно испаряется сквозь стенки колбы.

— Важно, что это не только российский, а международный мегапроект, — подчеркивает Григорий Владимирович Трубников. — Над его осуществлением работают много стран-участниц, многие из которых вкладывают в него не только научные возможности, но и свои ресурсы. Особо хочу выделить участие в проекте Германии и Китая. Мы ожидаем, что к концу 2019 г. будет закончено сооружение всех инженерных систем коллайдера и всего основного оборудования — сверхпроводящих магнитов, детектора и т.д.



Подписание контракта с компанией ASG superconducting (Италия) о создании большого сверхпроводящего соленоидального магнита для детектора MPD. Слева направо: В.Д. Кекелидзе, В.А. Матвеев, А. Пеллекья (ASG), П. Фре (атташе по науке посольства Италии в Москве), В. Джори (генеральный директор ASG), Г.В. Трубников, А.С. Водопьянов

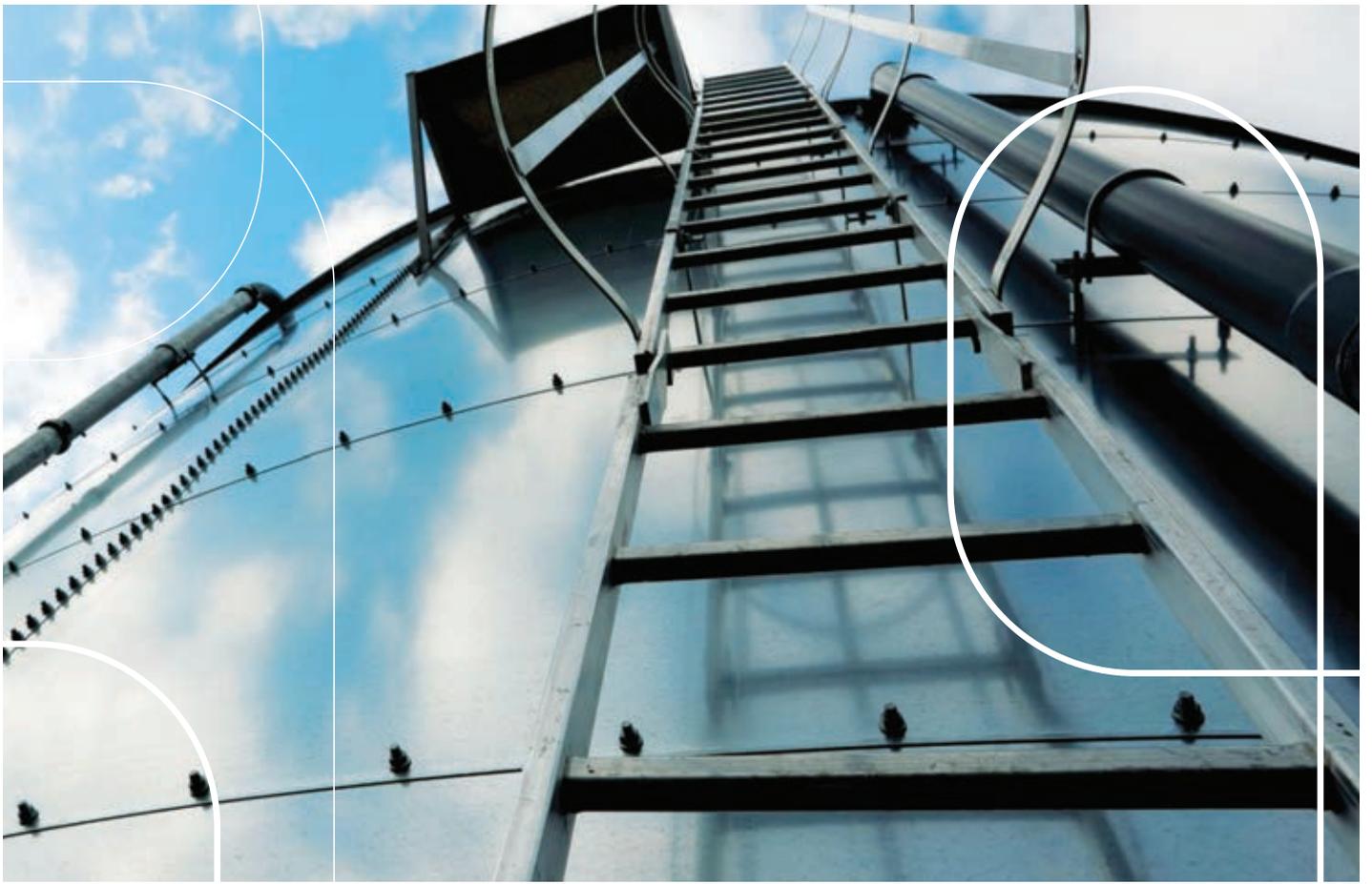
Особенно Г.В. Трубников отмечает сотрудничество с германским центром ядерной физики в Дармштадте, где строятся ускоритель и экспериментальная установка, имеющие ту же физическую задачу, что и NICA. Но эксперимент будет поставлен в несколько другом формате. Вместо сталкивающихся, как в коллайдере NICA, частиц в проекте FAIR выбрали схему, когда интенсивным пучком ускоренных тяжелых ионов бомбардируют плотную мишень, установленную в сложнейшем и огромном детекторе. «Это тоже уникальная установка, — говорит Г.В. Трубников, — однако у каждого эксперимента есть свои плюсы и минусы. В случае FAIR будет достигнута огромная светимость эксперимента, однако ожидается большое количество фоновых (бесполезных) событий, которые нужно очень быстро отсеивать, анализируя “на лету”. Это очень нетривиальная задача. В любом случае мы работаем вместе с ними и помогаем друг другу технологиями и интеллектуальными разработками. Фактически сейчас мы говорим о том, что ОИЯИ вместе с Германией и странами-партнерами FAIR создает общую Европейскую научно-исследовательскую инфраструктуру для проведения уникальных исследований в области ядерной физики. Это как бы два больших плеча одного эксперимента — в Дубне и в Дармштадте. Мы не конкуренты, мы равноправные партнеры и заинтересованы, конечно, в успехе обеих установок, поскольку фундаментальные результаты, обнаруженные на одной установке, должны быть подтверждены на другой».

Подготовил Владимир Покровский

# Практическая химия Института катализа

Промышленник и ученый  
часто разговаривают на разных  
языках и друг друга не понимают,  
нужен «переводчик»





**Ч**лен-корреспондент РАН **Валерий Иванович Бухтияров** в прошлом году стал директором Института катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН. Ему удастся совмещать любовь к фундаментальным исследованиям с миссией инженера-менеджера, без которой управление такой организацией просто невыносимо. Об Институте катализа, с которым связана практически вся его научная жизнь, Валерий Иванович говорит с увлечением и, предупреждая первый вопрос, начинает разговор именно о нем.

— Институт катализа СО РАН недаром носит имя Георгия Константиновича Борескова. Это был человек, в равной степени соединявший в себе таланты выдающегося ученого и не менее выдающегося инженера-химика, создавшего во время Великой Отечественной войны сернокислотную промышленность Советского Союза. В основе процесса лежал каталитический процесс окисления сернистого ангидрида в серный. В 1958 г. прошел пленум ЦК КПСС, принявший постановление о химизации страны. Георгию Константиновичу по его просьбе было разрешено создать институт, который бы занимался катализом во всем его многообразии. Так появился первый в мире Институт катализа. Именно в это время формировалось Сибирское отделение Академии наук. В Новосибирском Академгородке было создано несколько институтов различного профиля — от естественно-научных до гуманитарных. В эту концепцию, а также в концепцию опережающего развития химии хорошо вписался Институт катализа. Дух его определился личностью Борескова — он заложил в него принцип совмещения науки и практики и создал при нем опытный химический цех, который работает до сих пор и сейчас называется «Научно-технологический отдел прикладного катализа».

**— На сайте вашего института сказано, что катализ, применяемый в промышленном производстве, дает более 15% ВВП России. Однако в развитых странах этот процент как минимум в два раза выше. Чем это объясняется?**

— Прежде всего, величиной глубины переработки нефти, которая у нас в стране не превышает в среднем 75% при 92–93% в развитых странах. Отечественная нефтяная промышленность тоже сейчас меняется, идет постоянное увеличение этой цифры, и 15% ВВП — это данные двух-трехлетней давности.

Такая зависимость ВВП от катализа объясняется в первую очередь тем, что нефтепереработка — это крупнотоннажные процессы, построенные на использовании каталитических технологий, и любое увеличение использования этих технологий напрямую приводит к увеличению ВВП. Дело в том, что при разгонке нефти (первичной стадии нефтепереработки) можно получить разные фракции, но ни одна из них не может быть использована напрямую. Для бензиновой фракции, например, октановое число, выгнанное из нефти, хотя и варьируется от месторождения к месторождению, в принципе не превышает 60–65. Суть октанового числа заключается в следующем: чем оно выше, тем менее взрывоопасна смесь содержащихся углеводородов и тем более высоким будет КПД двигателя внутреннего сгорания. На заправках мы заливаем бензин с октановым числом 95–98. Для того чтобы увеличить октановое число, применяются разного типа каталитические процессы, основной и наиболее масштабный — реформинг, при котором из длинноцепочечных углеводородов, линейных парафинов, которые как раз и имеют то самое октановое число 60–65, нам необходимо сделать либо ароматические, либо разветвленные углеводороды, у которых октановое число выше.

**— Какие наиболее интересные последние достижения института вы можете назвать?**

— Наш институт академический. Мы активно работаем и в области фундаментальных наук, и в области практического применения получаемых знаний. В этом и была идея Георгия Константиновича. Это не просто фундаментальные исследования процессов в органической или неорганической химии или в химии твердого тела, это своеобразный междисциплинарный проект, где встречаются все эти области плюс технологии и материаловедение. Поэтому по мере роста



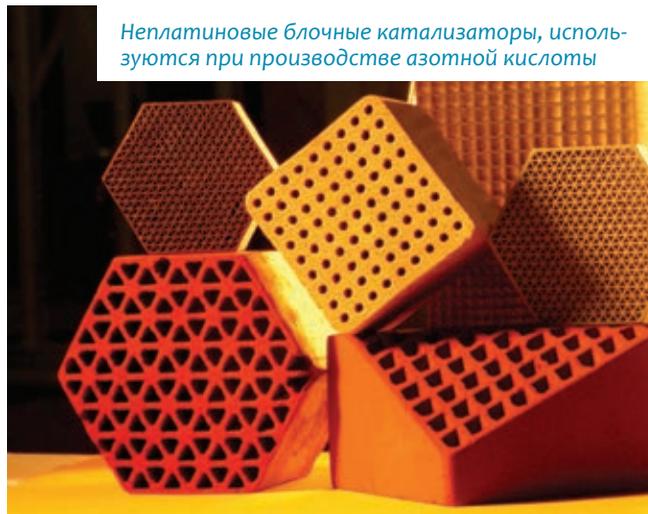
Лаборатория в Институте катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

и развития института сюда приходили люди самых разных научных специальностей, здесь они обучались, воспитывались, и в результате родился уникальный междисциплинарный коллектив. В настоящий момент в институте работает чуть менее тысячи человек. Это достаточно много. Эти люди одновременно работают и на фундаментальную науку, и на прикладную. Наш институт — один из самых крупных химических институтов России.

Если говорить о фундаментальной науке, сейчас в моде тенденция рейтингования по индикаторам — количеству публикаций, цитирований, по импакт-фактору журналов, в которых мы публикуемся, и, самое последнее, по индексу Хирша. По всем этим параметрам Институт катализа попадает в десятку или двадцатку лучших научных организаций страны. Это связано с тем, что он вовлечен в процесс получения фундаментальных знаний о различных областях катализа и проявлениях каталитических процессов. В этом был замысел Г.К. Борескова — чтобы на основании знаний, которые мы получаем сами или из литературы, можно было бы предлагать новые идеи по улучшению существующих типов катализаторов или разработке принципиально новых. Подобными разработками мы тоже достаточно активно занимаемся, хотя это более сложный процесс. Мы вынуждены кооперироваться с проектными или инженерными центрами, институтами, сеть которых, к сожалению, в настоящий момент сильно уменьшена и во многом разрушена за счет реформ 90-х гг. прошлого столетия, а в итоге — с конечными производителями катализаторов и каталитических процессов.

Если говорить о некоторых данных, полученных за прошедший год, нами в сотрудничестве с партнерами созданы новые катализаторы

Неплатиновые блочные катализаторы, используются при производстве азотной кислоты



гидроочистки, которые разрабатывались нашим институтом на протяжении последних четырех-пяти лет. Результатом стала постановка катализаторов в производство. Было наработано 40 т катализатора, которые были загружены на нефтеперерабатывающем заводе в Омске. Намечаются пути дальнейшего улучшения этого катализатора.

Это целиком отечественный катализатор, и этим можно гордиться. Начиная с 1990-х гг. вся нефтеперерабатывающая отрасль активно закупала западные технологии катализаторов, но сейчас Россия попала под санкции, с закупкой импортных технологий возникли большие проблемы, потребовалось импортозамещение, потребовались отечественные катализаторы, которые должны работать на том же уровне, что и импортные. Катализатор, созданный в лабораториях нашего института, соответствует уровню лучших мировых компаний. Его качество подтверждено международной сертификацией, в некоторых процессах он лучше мировых, в некоторых не уступает, а в некоторых, бывает, и похуже, но ненамного. Что касается его внедрения в промышленность, намечены пути его доведения до самых высоких стандартов. Мы знаем, что нужно изменить, но это уже эксперименты на уровне не лаборатории, а производства, которые невозможны без наших промышленных партнеров.

Переход от пробирки к промышленному производству дается пока с трудом, требует дополнительных знаний и длительных экспериментов. Здесь нужно решение, которое невозможно без нашего партнера — конечного заказчика. Реально это его риски, он должен финансировать такую модификацию. Наши сотрудники представляют себе, как устроен химизм процесса, какие элементарные стадии протекают на катализаторах, какие из центров должны быть вовлечены. Затем это все трансформируется нашими коллегами инженерами-технологами в конечную технологическую цепочку.

Еще одно из наших последних достижений — работа для компании «Газпромнефть-Восток». Недавно они сообщили об успешном завершении нашей установки мягкого парового реформинга, когда попутный нефтяной газ переводится в метан. В обычных попутных нефтяных газах кроме метана в разных концентрациях присутствуют так называемые «жирные» газы — этан, пропан, бутан и др. Они тяжелее метана и не позволяют попутным нефтяным газам быть использованными в энергетике, поскольку приводят к быстрому выводу из строя газовых турбин и другого оборудования. Совместно с нашими партнерами из Санкт-Петербурга (у нас там есть малое дочернее предприятие ООО «БИ АЙ Технолоджи») мы разработали установку, реактор с нашим катализатором, который позволяет как минимум 95% попутного нефтяного газа превратить в метан, и этот метан уже может быть использован.

Смысл этой разработки в том, что она может быть применена на удаленных месторождениях и там, где идет их разработка. Им тоже нужна энергогенерация, и такая установка позволяет решить очень много проблем — обеспечить собственную энергетику, избавиться от выбросов. Сейчас идут переговоры с головным офисом Газпромнефти в Санкт-Петербурге о создании по крайней мере одного такого промышленного производства. Здесь мы выходим на промышленное производство с очень большими перспективами.

**— Иначе говоря, ваш катализатор позволит избавиться от факелов — главного признака нефтяной скважины, если верить телевизору?**

— Говорить об этом несколько преждевременно. Такое возможно, если это рентабельно, иначе говоря, если есть промышленные масштабы производства и недалеко находится перерабатывающий завод, если все это можно объединить с разных месторождений. А там, где это нерентабельно, где попутный нефтяной газ просто сжигают, может помочь наша технология. На Западе тоже с этим работают, но у нас достаточно много попутного газа — это природная особенность наших нефтяных месторождений.

**— Вы ведь разрабатываете катализаторы не только для нефтехимии?**

— Конечно! У нас, например, есть катализаторы так называемого азотного цикла. Как известно, без азотных удобрений человечество не могло бы рассчитывать на такой резкий рост населения, который произошел. К началу прошлого века единственное месторождение такого рода было в Чили. Чилийская селитра тогда продавалась по всему миру. Но к рубежу столетий ее стало недостаточно, начала ощущаться нехватка азотных удобрений и возникла потребность в их создании.

С одной стороны, азота много — в воздухе его 78%. Но молекулярный азот — безжизненный

газ, его название так и переводится с древнегреческого (отрицательная приставка «а» и «зот» от «зои» — «жизнь»), а нужен связанный азот. Начало приготовлению азотных удобрений дали два революционных открытия немецких ученых, показавших, что каталитически можно водород и азот превращать в аммиак, а затем предложивших серьезно улучшить технологическое оформление этого процесса, за что они были удостоены сразу двух Нобелевских премий. Для того чтобы водород начал взаимодействовать с азотом, надо получать водород, но в свободном виде его нет. Электролиз воды слишком дорог, поэтому его берут из природного газа. И там идет целый набор реакций, чтобы очистить водород от всего, от чего только можно. Наши сотрудники разработали ряд катализаторов для среднетемпературных конверсий и очистки газа от кислородсодержащих загрязнений. Они были успешно испытаны на Ангарском заводе органического синтеза и катализа.

Представляется интересной и наша разработка для получения азотной кислоты. Для того чтобы окислить аммиак до азотной кислоты, во всем мире используются платино-родиевые сетки. Разработка нашего института — катализаторы второго слоя. Это железосодержащие монолитные блоки, которые позволяют удалить часть сеток и тем самым уменьшить загрузку платины в реактор, соответственно снизить ее «унос», — ведь при высоких давлениях и температурах платина корродируется и теряется безвозвратно. Сегодня практически все наши заводы, которые окисляют аммиак в азотную кислоту, используют в качестве второй сетки наши катализаторы.

**— Ваш институт академический. Какие фундаментальные исследования ведутся?**

— Это область моих интересов. Приведу пример. Мы живем в атмосфере, где 21% кислорода. В такой атмосфере реакция полного окисления углеводородов, а также аминокислот и белков, из которых состоит человеческое тело, с термодинамической точки зрения самопроизвольная. Мы все сгорели бы, но, к счастью для нас, существует активационный барьер реакции (кинетический фактор). Имеется энергия активации, и если она достаточно большая, реакция не протекает. В нашем случае реакция полного окисления не протекает ни с белками, ни с аминокислотами. Причина этому — запрет по спине. В молекулах субстратов все связи синглетны, молекула же кислорода, к счастью для нас, триплетна. Вследствие запрета по спине триплет и синглет между собой не взаимодействуют или взаимодействуют очень плохо. Но это «очень плохо» иногда требуется превратить в «очень хорошо», т.е. отнять у молекулы кислорода ее триплетность и тем самым заставить ее входить в запреты для нее реакции.



Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

Задача катализа состоит в том, чтобы активировать кислород более мягким образом, чтобы он стал реакционно способным. Не обязательно в таком простом процессе, как сжигание до  $\text{CO}_2$  и воды, а в селективном окислении, например в превращении метанола в формальдегид и многих других реакциях получения ценных химических продуктов. Процессы активации кислорода изучаются у нас в институте, и достигнуты серьезные успехи: например, мы выяснили, что чем сложнее молекулы субстратов, тем при более мягких условиях должен быть активирован кислород. Мы работаем над этим вместе с нашими коллегами из Института органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН в Москве. Для таких мягких метаморфоз используется катализ в органическом синтезе с атомарной точностью.

#### — Какие перспективы у института?

— Наша цель — серьезнее «вклинуться» в развитие отечественной экономики. Задача не из простых, но выполнимая. Промышленник и ученый часто разговаривают на разных языках и друг друга не понимают, нужен «переводчик». Результатам с маленьким количеством вещества «в пробирке» промышленник не доверяет, а когда есть несколько килограммов или десятков килограммов, он им уже верит намного больше. В настоящий момент именно в СО РАН, где есть Институт ядерной физики, Институт физики полупроводников, Институт цитологии и генетики, наш институт, которые в подобных «переводчиках» нуждаются меньше других, сохраняется возможность доведения научного результата до масштаба практического использования. Мне кажется, по большому счету складывается ситуация, при которой нет другой серьезной силы, кроме академических институтов, которая позволила бы связать разработки и внедрение. Создаются технопарки, инновационные парки, центры, но без академических институтов у них ничего не получится. Для сохранения



Валерий Иванович Бухтияров,  
член-корреспондент РАН, директор  
Института катализа СО РАН (Новосибирск)

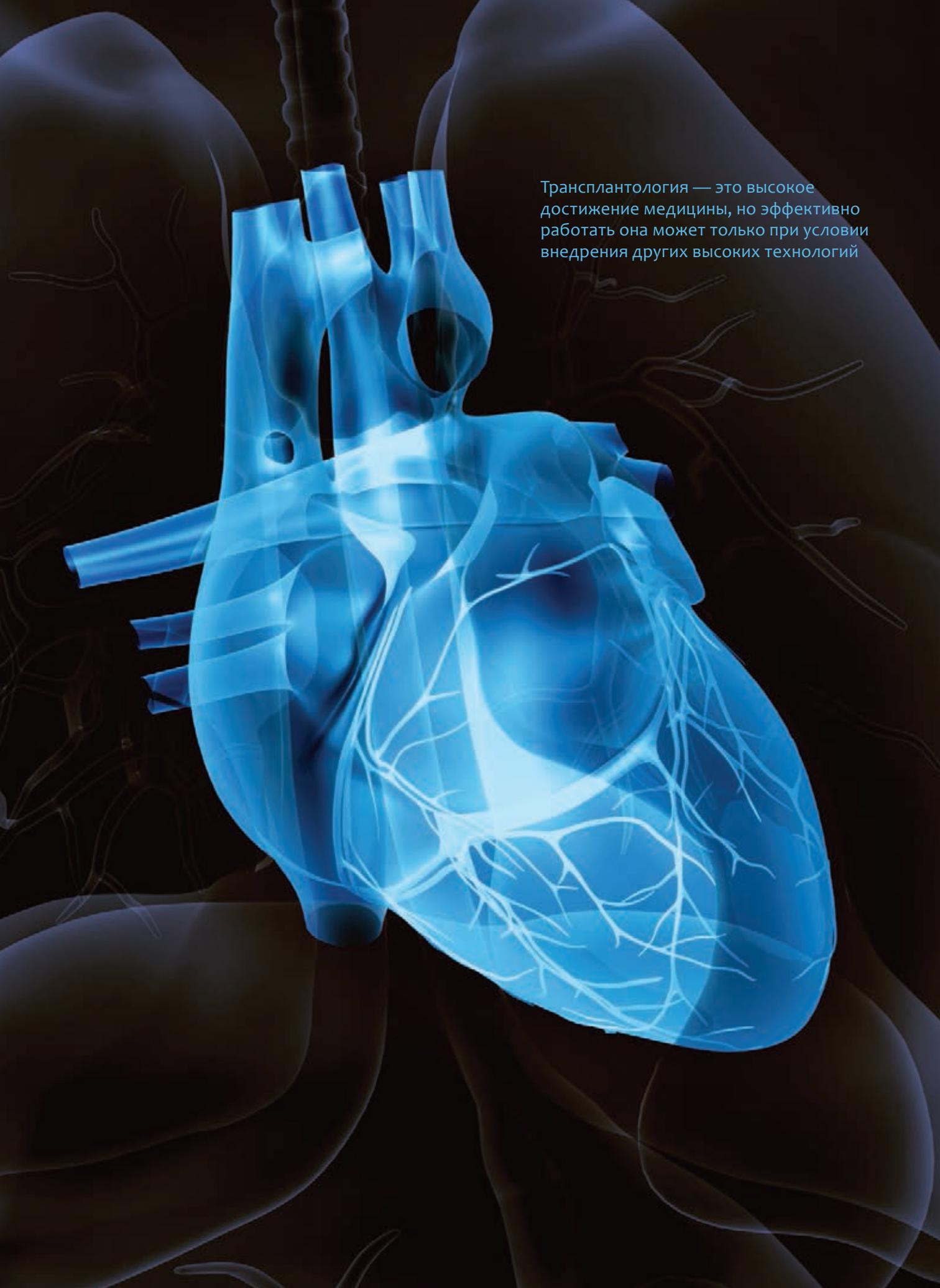
нашего внедренческого потенциала необходимо активное развитие фундаментальных исследований, что мы и пытаемся делать в Институте катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. ■

Беседовал Владимир Покровский

#### СПРАВКА

##### Валерий Иванович Бухтияров

- Ученый секретарь СО РАН, директор Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, доктор химических наук, профессор.
- Родился в Новосибирске.
- Окончил с отличием Новосибирский государственный университет по специальности «химик».
- Вся трудовая деятельность связана с Институтом катализа им. Г.К. Борескова.
- С 2002 по 2015 г. работал заместителем директора института по научной работе.
- Автор свыше 120 научных работ и четырех патентов.
- Сфера научных интересов: изучение элементарных химических процессов на поверхности твердых тел, в том числе с использованием современных физических методов *in situ*, установление взаимосвязи «структура — активность» в гетерогенных катализаторах, разработка способов управляемого синтеза функциональных наноматериалов для каталитических приложений.



Трансплантология — это высокое достижение медицины, но эффективно работать она может только при условии внедрения других высоких технологий

# Дом,

## где возрождаются сердца

Главная цель, ради которой создавался Институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, — спасать людей в экстренных и неотложных состояниях. Именно поэтому здесь делается самое большое в нашей стране количество операций по трансплантации органов. В этот важный раздел медицины тоже пришли новые технологии, о каких еще несколько лет назад можно было только мечтать. Об этом и многом другом — наша беседа с директором НИИ им. Н.В. Склифосовского членом-корреспондентом РАН **Могели Шалвовичем Хубутией** и директором Института пульмонологии академиком РАН **Александром Григорьевичем Чучалиным**.



Институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского — самое знаменитое скоропомощное учреждение в нашей стране. «Странноприимный дом» графа Шереметева, история которого посвящена не столько скорби, сколько любви, насчитывает 200 лет. Пренебречь правилами света и жениться на крепостной актрисе Прасковье Ковалевой-Жемчуговой, стать счастливым в этом браке, рано похоронить супругу, а в память о ней возвести Дворец милосердия, где лучшие врачи того времени спасали бы людей от самых тяжелых, ранее неизлечимых болезней, не дожить до окончания строительства, но завещать дворец и богадельню городу — вот вкратце эта удивительная история. С тех пор в этом как будто парящем над Москвой здании-ротонде со светлыми колоннами всегда располагались госпитали, где спасали раненых в Отечественной войне 1812 г., везли с полей сражений Русско-японской и Первой мировой войн.

**М.Х.:** У многих людей возникает вопрос, почему в Институте скорой помощи оказался один из самых работающих центров по трансплантации органов. Дело в том, что трансплантология органов — это совокупность работы врачей всех профессий — пульмонологов, кардиологов, терапевтов, абдоминальных хирургов и даже психологов. И это должно делаться только в многопрофильном скорпомощном учреждении, где есть все специалисты и условия для их работы. Скажем, идет пересадка сердца. Операция прошла успешно, но возникли какие-то проблемы — например, нарушение ритма. Кто идет на помощь кардиохирургам? Их коллеги кардиологи, которые хорошо знают проблему и более утонченно к ней подходят. И тогда создаются условия, оптимальные для выхаживания таких больных.

Мы пересаживали поджелудочную железу, еще когда я работал у Валерия Ивановича Шумакова в Институте трансплантологии. Но вот я пришел сюда, провел первую, вторую пересадку поджелудочной железы, и тут возник посттравматический панкреатит. Мы, хирурги, сделали все правильно, но возникло тяжелое осложнение. Что делать? У нас есть отделение заболеваний поджелудочной железы, и там колоссальный опыт в лечении такого рода недугов. Когда мы послушались этих людей, пациент выздоровел.

То же самое в легочной трансплантологии. Мало изучить технологию операции — надо до тонкостей знать патологию легких. Многие хирурги пытались сделать трансплантацию без участия пульмонологов, но я сразу понял, что без Александра Григорьевича эту проблему в России

не решить. Да, мы сошьем сосуды, легкие, бронхи, но... Понимаете, и портного можно научить правильно все шить, а костюма может не получиться. Но самое важное — это до операции больных подготовить, изучить флору, которая мучила много лет, больные жили на антибиотиках, и потом после операции вести больного, выводить из этого состояния. Вот в чем проблема, а эту проблему хирурги самостоятельно никогда не решат. Хочу сказать хирургам, которые думают, что можно обойтись своими силами, — не обойтись, никак не обойтись!

**— В каком году вы сделали первую пересадку сердца?**

**М.Х.:** Первую пересадку сердца В.И. Шумаков сделал в 1987 г., спустя 20 лет после того, как Барнард сделал это в Кейптауне. Валерий Иванович не мог этого сделать раньше, так как много лет в СССР отсутствовали правовые и медицинские документы, позволяющие врачам ставить диагноз смерти мозга и брать бьющееся сердце от донора. После того как президиум РАМН с большим опозданием принял временную инструкцию о констатации смерти мозга, начались трансплантации. Мы с Шумаковым занимались тогда проблемами пересадки каждый день. Он очень часто оперировал в клинике, а потом шел в экспериментальный корпус и на телятах занимался пересадкой сердца. Почему на телятах? Потому что собаки искусственное кровообращение не переносят. А телята — за милую душу.

**— У вас на столе, как я понимаю, лежит реликвия — как раз такое первое искусственное сердце, разработанное под руководством Валерия Ивановича Шумакова?**

**М.Х.:** Да, это левый желудочек. Правый не сохранился, сломался. Работает он очень просто. Привод выводится наружу, соединяется с компрессором, который набирает кровь, и с помощью двух углеродных пластинок, которые то открываются, то закрываются, кровь из левого желудочка выкидывается в аорту. Этот аппарат спас жизнь не одному пациенту. Последний раз не так давно. 51 день человек жил с этим аппаратом, ждал, пока мы ему подберем донора и пересадим сердце. Нашли, пересадили, он жив-здоров.

Эти аппараты в то время были лучшие в мире. Мы значительно продвинулись в решении вопросов искусственных органов. Американцы знали о наших телятах, которые жили до 300 дней с искусственным сердцем, и были очень заинтересованы в сотрудничестве с нами. Знаменитый Майкл Дебейки, выдающийся кардиохирург, который занимался разработкой искусственного сердца, был восхищен нашими образцами искусственного сердца. Кстати, во времена холодной войны между СССР и США договор по искусственному сердцу был одним из многих тогда в научной сфере.

**— Насколько я знаю, сейчас у вас разработаны более совершенные, имплантируемые аппараты «искусственное сердце». Правда ли, что некоторые пациенты так привыкают жить с ним, что отказываются от операций по пересадке?**

**М.Х.:** Да, это правда. Скажем, не так давно у нас был пациент, который с таким аппаратом жил два с половиной года, работал на даче, ездил на машине, катался на велосипеде и так хорошо себя чувствовал, что перестал принимать антикоагулянты, снижающие свертываемость крови. И у него, конечно, появился синдром отмены, свертываемость подскочила, и внутри этого аппарата, вот в этой гофре, стали образовываться небольшие тромбы. Появились признаки инсульта. Он обратился к нам. К счастью, вовремя. Мы его положили, нашли донора, пересадили сердце и вот вчера выписали домой. А аппарат — вот он, перед вами.

**— Что лучше — пересадить сердце или поставить этот аппарат?**

**М.Х.:** Конечно, лучше пересадить сердце, но везде и всюду чувствуется проблема донорства. Поэтому весь мир сейчас работает над созданием трансгенных животных. Оказывается, самые близкие наши родственники — свиньи, их сердце, почки, печень — самые подходящие для человека. У американцев, у немцев, даже у поляков есть стадо трансгенных свиной, выращенных для этих целей.

**— А у нас?**

**М.Х.:** У нас пока нет, мы над этим работаем. Думаю, в ближайшее время у нас тоже появятся такие животные. Да, я за клеточные технологии. За ними будущее. Не знаю, через сколько лет, но с их помощью обязательно будут выращивать искусственные органы.

**— Но это — дело будущего. А сейчас, насколько я знаю, существуют серьезные проблемы и с сохранностью, и с состоянием донорских органов.**

**А.Ч.:** Трансплантология — это высокое достижение медицины. Но эффективно работать она может только при условии внедрения других высоких технологий. К счастью, мы присутствуем в уникальном для Москвы, России и мира лечебном учреждении, где внедряются самые высокие технологии. Трудно назвать область медицины, где институт Склифосовского не сказал бы своего слова. Немногие центры в мире делают трансплантации сердца, печени, а недавно сделана удачная трансплантация кишки. Трансплантация почек уже представлена на поток.

Однако действительно есть очень тяжелые болезни. Когда я стал активно заниматься этими проблемами, встали вопросы, скажем, анестезиологии. Дается наркоз, и это архисложная проблема, потому что функционирующие ткани, которые могут обеспечить транспорт кислорода, и так повреждены, а при наркозе состояние органа усугубляется, и это может оказаться критичным. Это касается



Идет операция по трансплантации легких



Академик РАН А.Г. Чучалин

и трансплантации легких. Когда мы поняли, что надеяться на возможности легких можем далеко не всегда, то внедрили экстракорпоральную мембранную гемоксигенацию (ЭКМО).

— **Насколько я знаю, экстракорпоральная гемоксигенация — это технология, позволяющая решить проблемы многих реанимационных больных.**

**А.Ч.:** Да, именно так. Дело в том, что зачастую у них возникает такое тяжелое осложнение, как «шоковое легкое» или, говоря научным языком, острый респираторный дистресс-синдром, когда легкое не в состоянии обеспечивать газообменную функцию. Не далее как вчера на конференции мы обсуждали, как спасти легкое больного, переносщего, например, тяжелый грипп. Самые свежие примеры — молодая женщина 38 лет, которая погибала в одной из московских больниц. Там очень хороший активный главный врач, он все делал, чтобы ей помочь, но в своей больнице сделать этого не мог. Когда я ее увидел, сразу позвонил сюда: шанс был только один — ЭКМО. И ее перевели сюда. Был как раз Новый год, нужно праздновать, идти в семью, садиться за стол, поднять бокал шампанского. Нет, никакого Нового года, никакого шампанского, потому что нужно спасать эту женщину. Люди, с которыми мы работаем, ни разу не поднимали тему денег. Я думаю, для России сегодня это очень важно. Мы проникнуты другим духом, другой моралью. Мы служим больному человеку, из которого не делаем средство наживы. И это никакой не героизм.

— **Можно рассказать об этой технологии подробнее? Сколько людей удалось спасти с ее помощью?**

**А.Ч.:** Идея создания аппарата, который заменял бы функции легких, принадлежит русскому ученому С.С. Брюхоненко. Но стимулом к массовому внедрению ЭКМО стала пандемия гриппа 2009 г. Приборы ЭКМО мы иногда называем «механическое легкое»: с их помощью, минуя этот орган, возможно

насытить кровь кислородом, и пять-семь дней, которые мы в результате выигрываем, нередко спасают жизнь человека. Очень активно их стали внедрять военные. Например, транспортировали солдата из Североморска, перенесшего «шоковое легкое». Его интубировали, проводили искусственную вентиляцию легких, но она была не очень эффективна. Тогда подключили ЭКМО, доставили его в госпиталь Бурденко, и жизнь молодого человека была спасена. Офицера с аналогичной симптоматикой транспортировали из Приморья, вылечили, и он вернулся к службе.

— **Такой аппарат есть только в институте Склифосовского и госпитале Бурденко?**

**А.Ч.:** Нет, их стали закупать регионы. Но закупить мало. Иметь врачей, которые владеют технологией, — вот проблема. Поэтому очень скоро НИИ им. Н.В. Склифосовского станет методическим центром по обучению врачей таким навыкам. Здесь будут инструктироваться мобильные бригады, которые станут спасать жизни людей с помощью ЭКМО. Причем не обязательно в стенах больниц и институтов: выезжает бригада врачей, которые везут этот портативный прибор, и на месте решают проблему.

— **А что это за прибор пульсоксиметр, который, по вашим словам, надо иметь каждой бригаде скорой помощи?**

**А.Ч.:** Это замечательный прибор! Он позволяет определить содержание кислорода в тканях. Если оно ниже 90%, человек нуждается в срочных реанимационных мероприятиях. Пульсоксиметр — компактный, легкий приборчик, который надевается,



Член-корреспондент РАН М.Ш. Хубутия

подобно бельевой прищепке, на палец руки. Их пока остро не хватает, хотя каждый врач скорой помощи должен быть ими оснащен. Ведь нередко бывает, особенно во время эпидемий гриппа, что человек жалуетса на обычные симптомы — кашель, насморк, затрудненное дыхание, иногда прослушиваются хрипы, а на рентгенограмме наблюдается картина пневмонии. Но лечить такого пациента антибиотиками бессмысленно — ему требуется совсем другая помощь: протезирование дыхательной функции, насыщение тканей кислородом, минуя легкие, которые по какой-то причине перестали работать. И мы сегодня можем помочь таким пациентам.

— **В нашей стране остро стоит проблема консервации донорских органов, в особенности легких, которые подвержены процессу ишемического повреждения. Удалось ли сдвинуть эту проблему с мертвой точки?**

**А.Ч.:** Сейчас мы ведем переговоры с гражданами Российской Федерации, которые живут в Лондоне. Это богатые люди, которые хотели бы вложить деньги во что-то жизненно важное, полезное людям, их соотечественникам. И мы им сказали: «Вложите деньги в создание лаборатории, где донорские органы находятся в специальных условиях барокамеры».

— **Та самая консервация?**

**А.Ч.:** Это не просто консервация. Если говорить о легком, оно вентилируется, идет перфузия. Но самое главное то, что мы этот орган можем лечить.

— **Лечить донорский орган? Фантастика.**

**А.Ч.:** Да, лечить. Допустим, если там пневмония, другая инфекция. Мы готовим донорские органы,

в данном случае легкие, к тому, чтобы сделать успешную трансплантацию. Тогда у нас появятся возможности оказывать помощь в значительно большем объеме, чем сейчас. Хотя и сейчас, должен сказать, жизнь института Склифосовского — это нечто удивительное. Если проехать мимо него в ночное время, видишь, как тут и там вспыхивают огоньки операционных, — в непрерывном режиме идут пересадки сердца, печени, почек, легких... Я мечтаю, что найдется человек, который когда-нибудь это опишет.

— **Так ведь даже сняли многосерийный фильм. Как он вам, кстати?**

**М.Х.:** Нет, мне не нравится. Все это к нам отношения не имеет. Там слишком много любовных сцен, на которые у нас тут совершенно нет времени. Какая любовь, если даже присесть некогда? Вот вчера ночью мы сердце пересаживали, закончили в семь утра, всю ночь на ногах. Тут бы до душа добратсья, а потом идти на утреннюю конференцию. А бывает, вечером начнешь пересадку сердца, выйдешь ночью, а тебе говорят: «Вы знаете, нам дали печень, надо срочно пересадить». Идешь в другой корпус, и когда уже закончишь пересадку печени, звонят — проблема возникла у молодых докторов при пересадке почки, нужна помощь. В течение суток три органа пришлось пересадить! Конечно, я стараюсь не сам все делать, у меня работают бригады молодых квалифицированных врачей, но все равно — на романы времени и сил у нас точно нет. Хотя, конечно, женщин я очень люблю, особенно красивых. А некрасивых женщин, как известно, не бывает.

— **Можно ли сказать, что черные времена нападков на трансплантологию миновали?**

**М.Х.:** Не совсем. Да, времена были — не забыть... В 2002 г., помню, по воле зампрокурора города, которому показалось, что кого-то убивают, влетели в операционную омоновцы в масках, как будто террористов брали, поставили всех врачей к стенке, труп забрали. Трех независимых экспертов привлекли, и в итоге выяснилось, что человек мертвый, а они посчитали, что это врачи-убийцы людей режут на органы. Сейчас такого, конечно, нет.



Механическое сердце — одна из фирменных разработок отечественных трансплантологов

— **Но почему вы сказали, что тема закрыта не совсем?**

**М.Х.:** Потому что время от времени появляются какие-то стагейки, передачи про черных трансплантологов, про то, как людей воруют «на органы». Это чушь собачья. Центр забора органов — это не лавка мясника, а современная лаборатория, в центре стоит компьютер, куда вводятся данные: группа крови того, у кого забрали орган, другие характеристики. Компьютер начинает их подбирать, сопоставлять. Важно все. Поэтому истории про то, как где-то в подвалах людей разбирают «на запчасти», — это глупость полная.

— **Сильно мешают вам те, кто борется против трансплантологии?**

**М.Х.:** Вместо ответа расскажу историю. Был я в свое время знаком с журналисткой Аллочкой, которая очень активно боролась против трансплантации, писала много разоблачительных статей на эту тему, по выступала телевизору. Проходит где-то полгода, и ко мне в кабинет входит женщина с девушкой. Смотрю — знакомое лицо, но не могу понять, где я мог видеть эту девушку. А у матери слезы градом, чуть ли не на колени падает. Я ее посадил на стул, говорю: «Что случилось?» — «У меня погибает единственная дочь». Та молчит. «А что с ней?» И она произносит диагноз — тяжелое заболевание сердца, когда спасает только пересадка. Тут я к этой девушке обращаюсь: «Где-то мы с вами виделись». Она и говорит: «Я виновата, может быть, перед тысячами людей. Я могу покаяться, если придут мои коллеги. Но, пожалуйста, спасите меня». Это была Аллочка. Я отвечаю: «Вы сами свое спасение, может быть, загубили тем, что сейчас нет доноров. Когда будет донор, я не знаю». Ну, мы ее положили, она полтора года лежала у нас в клинике на капельницах, а донора все не было.

— **Неужели так и не нашли?**

**М.Х.:** Понимаете, есть стандарты: если вес донора больше веса реципиента на 20%, то пересаживать уже нельзя. Будет несоответствие. Одно дело, если человек 60 килограммов — у него вот такой толщины аорта, а если 120 килограммов — совсем другой. Их соединить вместе очень тяжело, практически невозможно. Я видел, что она погибает. А я отвечал тогда у Валерия Ивановича Шумакова за забор органов, за доноров. И вот попался донор — огромный такой мужчина, просто гигант. А Аллочка и так хрупкая, а у нас она еще похудела и весила килограммов, наверное, 47–48. Один раз в жизни, вот искренне говорю, я обманул своего учителя. Не сказал ему правды, что такая разница в весе.

Я привез это сердце. Аллочку взяли на стол, он подошел, а донорское сердце лежит в растворе. И вот он ее сердце удалил, и тут я ему принес сердце донора... Он поднял на меня голову и говорит: «Что это такое?» Я сказал: «Валерий Иванович, ну не было

другого». «Тогда не надо было ей, ты что же», — говорит. И добавляет: «На, попробуй, ну-ка пришей, пересади».

— **А вы?**

**М.Х.:** Ну, я тогда еще не мог это сделать. Я говорю: «Валерий Иванович, вы же на то и Шумаков, чтобы сделать даже то, что невозможно». И тогда он впервые сделал такого рода операцию. Тоненькую артерию разрезал с двух сторон, открыл ее, как лепесток, и вшил эту толстую.

— **И что же Алла?**

**М.Х.:** 12 лет прошло. Она жива, вышла замуж, родила ребенка, прекрасно себя чувствует. Звонила мне вскоре после родов, сказала: «Это ваш ребенок, Могели Шалвович». Не в прямом смысле, конечно, но мне приятно... ■

*Беседовала Наталия Лескова*

## СПРАВКА

### Александр Григорьевич Чучалин

- Академик РАН, директор НИИ пульмонологии, доктор медицинских наук, профессор.
- Главный пульмонолог и терапевт России.
- С 2005 г. — главный терапевт Минздравсоцразвития Российской Федерации.
- В 2006 г. под руководством ученого была проведена первая в России успешная двусторонняя трансплантация легких.
- С 2010 г. — вице-президент и член президиума Национальной медицинской палаты. Эксперт ВОЗ, председатель регионального отделения по СНГ Международной ассоциации астмы, член исполнительного комитета Общества православных врачей.
- Автор 23 монографий и более 400 опубликованных научных статей.
- Трижды лауреат премии Правительства РФ в области науки.
- Награжден орденом «За заслуги перед Отечеством».

### Могели Шалвович Хубутя

- Член-корреспондент РАН, директор НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, хирург-трансплантолог, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации.
- Председатель проблемной комиссии «Пересадка органов» при РАН и Росздраве. Президент межрегиональной общественной организации «Общество трансплантологов».
- Заведующий кафедрой трансплантологии и искусственных органов Московского государственного медико-стоматологического университета. Заведующий кафедрой физики живых систем на факультете молекулярной и биологической физики Московского физико-технического института.
- Автор 235 научных работ, пяти монографий и книг, восьми изобретений, пяти патентов.

Вячеслав Демин  
и Михаил Ковальчук



# пути

## К ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ

### *Цели и средства*

Начнем с пояснения актуальности создания систем искусственного интеллекта. Прежде всего, мы говорим о нейроморфных системах. В этой области в мире ведутся разработки по ряду направлений.

Первое направление — создание интерфейсов «мозг — компьютер» и нейропротезов. С достигнутыми на сегодня техническими характеристиками они актуальны в основном для людей с травмами конечностей, с ограниченными возможностями, либо для пациентов, парализованных частично или полностью. В перспективе интерфейсы «мозг — компьютер» могут также быть применены для управления сложными техническими системами, такими как роботизированные комплексы, летательные аппараты и другие крупные и/или распределенные машины. Такой интерфейс будет полезен, например, оператору атомной электростанции, который должен следить за огромным количеством датчиков.

Второе направление — разработка так называемых нейроаниматов, т.е. попытка функциональной связи специально обученной культуры живых нервных клеток с робототехническим устройством или другой машиной. Культуры выращивают из стволовых клеток — предшественников нейронов и уже взрослых нейронов в специальной питательной среде в лабораторной чашке.

К ним подводятся электроды, которые считывают сигналы с клеток или воздействуют на них с помощью электрических импульсов. Таким образом можно пытаться обучать живые нейроны управлению техническими системами — роботами и другими машинами, в том числе виртуальными. Это молодое направление, практических результатов в нем пока мало, но показано, что создание таких гибридных систем возможно в принципе, поэтому перспективы есть.

Третье, традиционное направление, которое развивается с 40-х годов XX в., — создание систем искусственного интеллекта. Оно заключается в программной и аппаратной реализации искусственных нейроморфных систем, похожих в смысле принятия решений и производимых операций на технику взаимодействия человека или высших животных, обладающих развитой нервной системой, с внешней средой.

В первую очередь такие устройства нужны для решения так называемых антропоморфных задач, т.е. задач, с которыми человек сталкивается ежесекундно при взаимодействии с объектами из внешней среды и решает их легко за счет специальной, частично заданной генетически, а частично сформированной и обученной в течение жизни архитектуры нервной системы. Эти задачи с точки

зрения математики некорректны, т.к. заданных условий недостаточно для их однозначного решения. Именно поэтому они столь сложны для традиционных вычислительных систем. В то же время наш мозг научился решать их приблизительно оптимально.

Одна из таких задач — распознавание образов, с которым сталкивается человек при первичной обработке поступающей информации — восприятии. Мы видим, слышим или тактильно ощущаем большое число объектов, которые одновременно, параллельно классифицируются у нас в мозге. Надо помнить, что для обычного компьютера, например, визуальные образы — всего лишь набор простейших геометрических объектов: линий, углов, контрастов и т.п. Поэтому распознавание образов — одна из функций, которыми желательно снабдить машину. В нашем мозге это происходит начиная с первичной зрительной коры, в которой распознаются элементарные геометрические фигуры. На следующем слое восприятия, во вторичной зрительной коре, эти элементы объединяются друг с другом, образуя более сложные элементы. В итоге эти элементы складываются в единое целое, например в человеческое лицо, которое мы воспринимаем как вполне определенный отдельный класс объектов. Для такой классификации нам не нужны детали, определяющие, например, лицо данного человека. Тем не менее наличие совокупностей плохо формализуемых признаков (формы и типа овала лица, носа, ушей и т.п.), которые хорошо «усваиваются» нейронными сетями, позволяет нам отличить лицо от морды обезьяны. Так происходит абсолютно со всеми объектами, которые мы видим.

Одно из главных достижений в области современного искусственного интеллекта — то, что принцип распознавания образов частично удалось реализовать в современных технических системах программным образом с помощью искусственных нейронных сетей. Вместе с тем в настоящее время машина достаточно хорошо может распознавать статические объекты, но не динамические сцены. Например, ей пока крайне трудно распознать действия.

Другой пример задач, которые мы решаем даже не задумываясь, — кратковременное планирование и управление: например, сделать шаг и не упасть или дотянуться до стакана с водой, взять и поднести его ко рту и т.п. Мы лишь мыслим высокоуровневыми целями (дойти до объекта, попить воды), а наш мозг формирует множество не осознаваемых нами низкоуровневых команд по управлению сотнями мышц исполнительных устройств (например, конечностей), чтобы выполнить поставленные задачи.

Далее следует отметить эмоции, которые модулируют, т.е. трансформируют наши цели в процессе изменения внешних условий. Допустим,

мы хотим съесть банан, идем к цели, но из кустов выбегает тигр, у нас вырабатывается адреналин и эмоция страха заставляет изменить цель и бежать в направлении от хищника. Поэтому системе «эмоционального восприятия» нужно создавать и для машин, в первую очередь для самосохранения и сохранения жизни и здоровья окружающих. Во вторую очередь это необходимо для корректной адаптивной коммуникации с людьми.

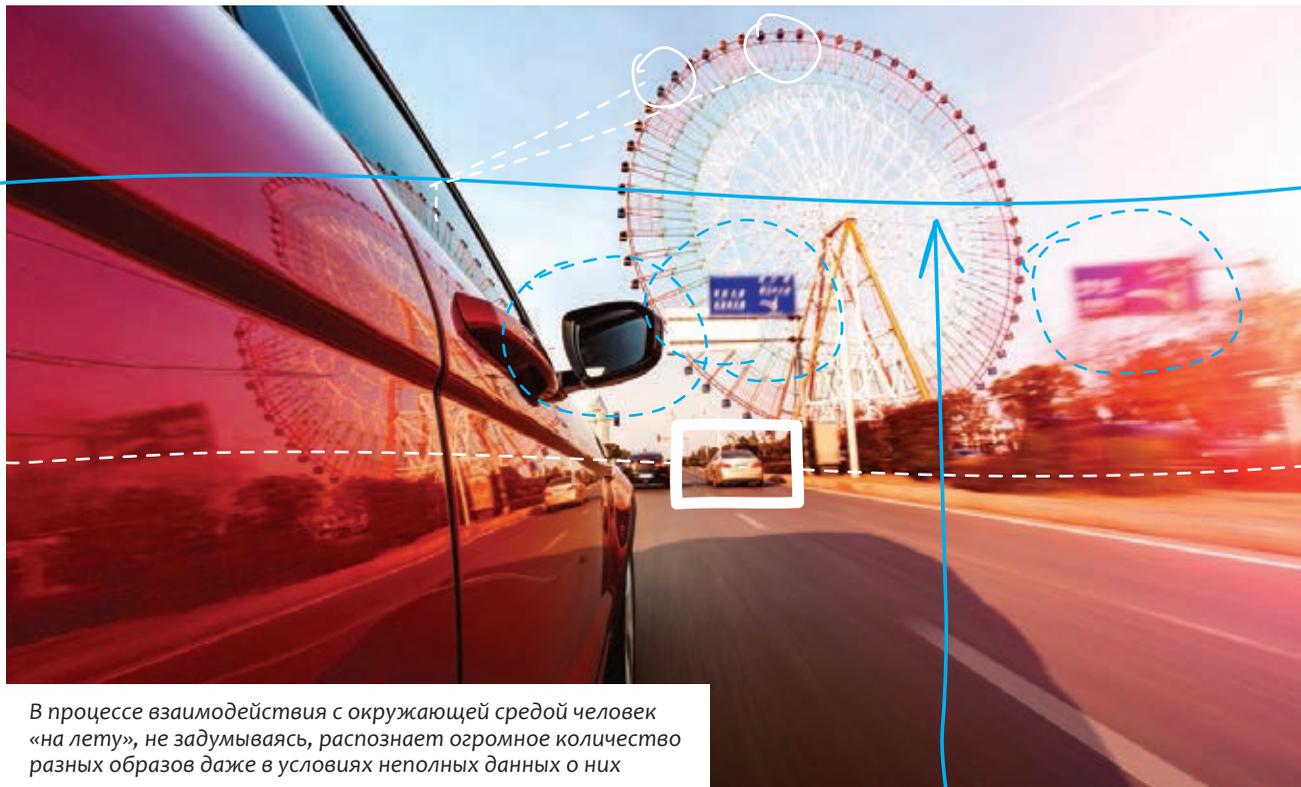
К подобного рода задачам относится также проблема принятия краткосрочных решений: когда мы распознали объект или действие, нужно решить, что с этим делать дальше.

Как уже было отмечено, эти некорректные задачи с неполными данными имеют бесконечное количество вариантов их решения. Человек на основе опыта выбирает один из возможных, чтобы решить ту или иную задачу. Стоит отметить также, что у каждого индивида способ решения может быть свой в зависимости от его опыта и знаний, зафиксированных в нервных сетях всего организма. Всему этому хорошо было бы обучить машину.

## Учись учиться

Какими еще полезными свойствами обладают биологические нейронные сети помимо способности решения антропоморфных некорректных задач? Способность к обучению — важное свойство. Если человек научился шагать по ровной местности, это означает, что он умеет ходить по любой в целом ровной поверхности независимо от деталей ее рельефа, — его мозг адаптируется к ним. В этой задаче мы сталкиваемся с огромным количеством вариантов, и в каждом случае нужно принять оптимальное решение. Это называется обучением с обобщением и принципиально отличается от «слепого» запоминания всей поступающей информации, например всех деталей рельефа на любых ровных поверхностях. И в этом случае подход нейронных сетей позволяет реализовать такое обучение в компьютерных и специализированных нейроморфных системах. Высшая функция интеллекта в плане обучения — выработка способности к овладению новыми отраслями знания. Данная функция, видимо, еще долго будет недоступна машинному интеллекту.

Есть понятие адаптивности — умения приспосабливаться под изменяющиеся условия или новую информацию. Если человека несильно толкнуть, с большой долей вероятности он устоит на ногах: мозг моментально пошлет сигналы мышцам, чтобы сохранить равновесие. Такой оперативной адаптивностью мы также обязаны специальному устройству биологических нейронных сетей.



В процессе взаимодействия с окружающей средой человек «на лету», не задумываясь, распознает огромное количество разных образов даже в условиях неполных данных о них

Другое важное свойство — надежность, в нашем случае это способность воспринимать зашумленную информацию. Мы можем распознавать буквы, лица и другие объекты в условиях зашумления сторонним сигналом или при недостаточном освещении. Кроме того, желательно наличие устойчивости к небольшим повреждениям искусственных нейронных сетей. Ведь если удалить часть мозга, то оставшаяся сможет взять на себя ее функции, перекоммутировав сигналы так, чтобы по-прежнему эффективно решать задачи, стоящие перед человеком.

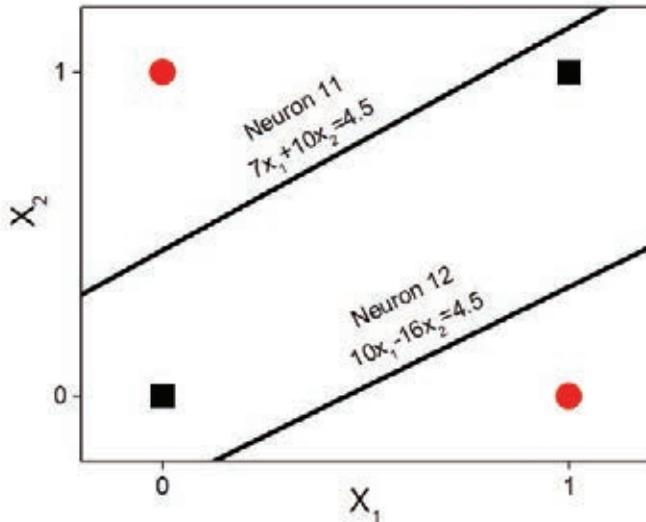
Если мы говорим о так называемом сильном искусственном интеллекте, помимо решения технических задач он должен обладать сознанием и самосознанием. Он должен не просто распознавать образы, а воспринимать их на высоком уровне — понимать смысл и испытывать чувства; не просто воспроизводить эмоции как модуляторы цели, а переживать их и т.п. Создание сильного искусственного интеллекта — пока фантастика и, по всем прогнозам, останется таковой еще десятки лет. Следует отметить, что даже сами используемые понятия, такие как сознание, смысл, чувства, переживание и прочие, определяются через другие подобные философско-психологические термины, в связи с чем не могут пока даже применяться в точных естественных науках, а тем более доводиться до уровня их физической реализации или хотя бы полноценной регистрации.

Поэтому мы будем говорить о слабых системах искусственного интеллекта, не обладающих сознанием, но способных решать определенные технические антропоморфные задачи, о которых шла речь выше.

## Трудно быть роботом

Что уже сегодня умеют системы искусственного интеллекта? Они используются, в частности, в быстром трейдинге. В данную секунду миллионы операций совершаются роботами-трейдерами, и они основаны на кратковременном прогнозировании акций, валют и пр. Кроме того, это интеллектуальные системы для смартфонов и других гаджетов, а также для самоуправляемых автомобилей. Роботы все больше входят в нашу жизнь («умные» пылесосы, роботы-носильщики, устройства для устранения последствий различных аварий, дроны, беспилотные летательные аппараты и т.д.).

Но все эти устройства по уровню «развития» относятся даже не просто к слабому искусственному интеллекту, а к очень слабым в интеллектуальном плане системам, поскольку ни одна из них не обладает полным набором вышеуказанных технических свойств, а лишь выполняет отдельные элементарные интеллектуальные функции.



Пример простейшей линейно неразделимой задачи: классы образов («кружки» и «квадраты») не могут быть разделены одной прямой линией в пространстве входов искусственной нейронной сети ( $X_1$  и  $X_2$ ), а двумя прямыми — могут. Такая задача не под силу однослойным нейронным сетям с прямым распространением сигнала.

В частности, в преобладающем большинстве реализованных случаев работа искусственной нейронной сети заканчивается на распознавании образов. А дальше подключаются жесткие алгоритмы (типа компьютерных экспертных систем): если я увидел камень на дороге, мне надо свернуть влево на такое-то расстояние, проехать столько-то метров и вернуться на прежнюю траекторию движения.

Некоторые ученые считают, что если попробовать смоделировать последовательные системы восприятия, обработки информации и формирования управляющих сигналов в исполнительные устройства в виде нейронных сетей, то, возможно, удастся создать хотя бы слабый искусственный интеллект, который будет обладать уровнем координации действий, в определенной степени симулирующим адаптивное поведение высших млекопитающих и некоторые коммуникативные функции человека.

Какими средствами можно создавать слабый искусственный интеллект? Прежде всего, методами программной симуляции. В данный момент это наиболее развитое направление. Фактически все существующие системы, о которых говорилось выше, используют именно этот подход — это смарт-программы.

Ограничивающим фактором развития в данном случае выступает использование обычных компьютеров с архитектурой фон Неймана. В них память и процессор разъединены и общаются друг с другом через шину данных, которая и оказывается узким местом. За каждой инструкцией, каждой единицей данных процессор направляет запрос в память и получает ее назад. Это «бутылочное горло» всех последовательных систем.



М.В. Ковальчук — член-корреспондент РАН, президент НИЦ «Курчатовский институт», руководитель Курчатовского комплекса НБИКС-технологий

В нашем мозге все происходит кардинально другим образом: каждый нейрон из почти 100 млрд представляет собой элементарный процессор, обрабатывающий информацию. Каждый такой нейрон работает независимо, параллельно с другим. И хотя его независимость условна, поскольку он получает сигналы от других нейронов, в данную единицу времени он может обрабатывать сигнал параллельно с другими процессорами-нейронами.

Человечество сейчас технически идет к реализации этого же принципа. Относительно недавно начали создавать высокопараллельные машины для обработки информации с количеством процессорных ядер от нескольких единиц до нескольких десятков тысяч (в суперкомпьютерах). В настоящее время речь идет уже не просто об увеличении количества ядер, а о создании искусственных нейронов, и не десятков тысяч, а миллионов или даже миллиардов. При этом каждый процессор-нейрон будет проще, чем отдельное современное ядро процессора, но за счет огромного их числа функциональность окажется существенно выше. С развитием нанотехнологий создание таких систем становится возможным. В подобных системах мы получаем высокую производительность нейроморфных вычислений. Именно такие суперпараллельные системы специализированы под решение антропоморфных задач с неполными данными.

Немаловажный фактор — низкое энергопотребление. Наш мозг потребляет максимум 30 Вт и решает при этом сложнейшие задачи. Если моделировать подобные нейронные сети на суперком-

пьютерах, энергопотребление окажется равным энергетическим потребностям малого города. Описанная суперпараллельная система потенциально позволит снизить энергопотребление на порядки величины.

Очень важна также и автономность — возможность работать офлайн. Имеется в виду автономность не энергетическая, а от Интернета. Сейчас все устройства социального характера, в частности гаджеты для коммуникаций, при формировании запроса, требующего обработки интеллектуальной системой (например, распознавания речи), направляют такой запрос на удаленные высокопроизводительные серверы. Там эта информация обрабатывается, возможно, сохраняется на какое-то время, и пользователю возвращается ответ. С точки зрения безопасности информации, а также быстродействия и зависимости от наличия интернет-соединения это не лучшая система. Поэтому желательно разработать нейрочипы, способные обрабатывать такую информацию локально, на независимом устройстве.

## Мемристивная сеть

Еще в 90-е гг. прошлого столетия модели биологических клеток, нейронов, были достаточно успешно реализованы на транзисторах, других вариантов было предложено немного. Что касается методов создания синапсов, исследуемых вариантов уже больше. Их можно реализовать и на обычных транзисторах, и на транзисторах с плавающим затвором, на цифровых ячейках памяти типа статической памяти с произвольным доступом (так называемые SRAM-ячейки) и т.д.

В последнее время стало также понятно, что в качестве синапсов могут выступать мемристоры. Это резистор с памятью, электрическое сопротивление которого может меняться под действием прошедшего через него заряда. Чем больше прошел заряд, тем больше изменилось сопротивление. Причем в зависимости от полярности протекающего тока оно может меняться как в большую, так и в меньшую сторону. Это моделирует свойство синаптической пластичности, которое выражается в изменении эффективности передачи сигнала под действием самого сигнала, проходящего через этот синапс.

Существенный недостаток электронных устройств, моделирующих свойства синапсов, по сравнению с использованием мемристивных систем состоит в том, что электронные устройства на транзисторах суть цифровые устройства. Они принимают только дискретные значения, тогда как синапсы в нашем мозге могут принимать

диапазоны непрерывных значений величин, — это аналоговые элементы. На основе мемристивных потенциально может также быть достигнута более высокая плотность размещения элементов на чипе, чем на транзисторных синапсах. Мемристоры с помощью нанотехнологий можно миниатюризировать до единиц нанометров. Наконец, при использовании мемристивных устройств можно добиться еще меньшего энергопотребления, поскольку они не требуют энергии для поддержания своего текущего состояния, а требуют только для его изменения.

Разработаны различные типы мемристоров, изменение сопротивления в которых происходит за счет разных физических эффектов. Один из них — на основе оксида титана, где реализовано переключение элемента из одного состояния проводимости в другое за счет дрейфа вакансий кислорода. В 2013 г. мы стали развивать также другое направление исследований, связанное с использованием мемристоров из органических материалов, а именно на основе полианилина (синтетического полимера), в котором переключение между состояниями проводимости происходит при электрохимической реакции окисления — восстановления.

Сперва была смоделирована электрохимическая реакция в пленке полианилина толщиной в несколько десятков нанометров и были численно получены зависимости тока от заряда, похожие на экспериментальные, т.е. мы правильно поняли принципы работы данного элемента. После этого мы попробовали реализовать простейшую нейроморфную сеть под названием «перцептрон». Это одна из первых моделей восприятия информации мозгом, построенная из слоя входных сенсоров и нескольких слоев нейронов. Промежуточные слои нейронов называются ассоциативными, а на выходном слое — реагирующими, или нейронами отклика. Нейроны в разных слоях, а также сенсоры с нейронами объединены мемристивными связями, выступающими в роли пластичных синапсов.

Мы взяли самый простой однослойный перцептрон для демонстрации возможности его реализации на основе мемристоров. У нас было три сенсорных входа, всего один выходной нейрон и три мемристора между ними. Чему такую простую сеть можно обучить? Решению простейших задач типа логических функций «И-НЕ» и «ИЛИ-НЕ». Это решение принципиально не было изначально заложено в архитектуру сети, как это имеет место в традиционных триггерных схемах на базе транзисторов. Нейроморфная система была обучена этому решению посредством изменения вкладов отдельных мемристоров сети. Если на выходе перцептрона ошибка, т.е. не соответствие значения ожидаемой величине, то на определенные мемристоры подаются корректирующие импульсы напряжения.

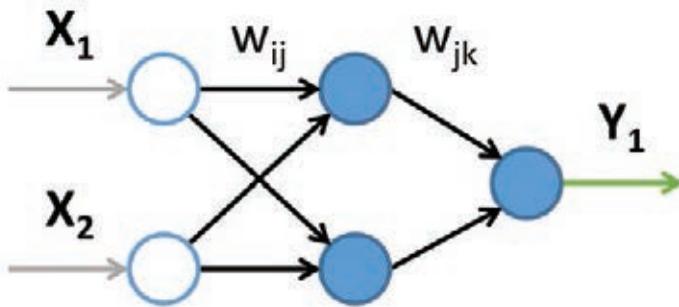


Схема двуслойного перцептрона — модели биологической нейронной сети по распознаванию образов, способной, в частности, обучиться решению представленной выше линейно неразделимой задачи

Они меняют сопротивление мемристоров, и таким образом сеть запоминает свое новое состояние. Через какое-то количество попыток она оказывается способной решать поставленную задачу.

В результате были заложены базовые принципы технологии аппаратной реализации нейроморфных элементов, построенных с использованием мемристоров, и сетей на их основе.

Недавно нами впервые был реализован также двухслойный перцептрон. Он принципиально отличается от однослойного тем, что способен решать так называемые линейно неразделимые задачи. Это значительно расширяет класс решаемых задач с неполными данными. Поэтому реализация двухслойных и многослойных перцептронов позволит создать более совершенные нейроморфные системы для решения более широкого круга задач.

Что касается разработки элементной базы на основе неорганических материалов, одна из технических проблем существующих неорганических мемристоров — недостаточно плавное, имеющее элементы случайного характера переключение из непроводящего состояния в проводящее. В результате такое переключение сложно контролировать, т.е. изменять сопротивление на заданную величину. В то же время это необходимо для обучения нейроморфных систем. Поэтому возникла идея: создать диэлектрик, внутри которого будут равномерно распределены наногранулы металлов. В этом диэлектрике будут содержаться также вакансии кислорода, которые могут образовывать или разрушать проводящие дорожки вдоль гранул металлов под действием прикладываемого к структуре электрического напряжения. В итоге происходит более плавное переключение. Мы надеемся, что эта система может быть хорошо воспроизводима и будет обладать требуемыми характеристиками.



В.А. Демин — кандидат физико-математических наук, заместитель директора — ученый секретарь Курчатковского комплекса НБИКС-технологий

## Задачи на будущее

Следующая большая задача — создание более сложных нейроморфных систем. Мы реализовали в абсолютно простейшем варианте однослойные и двухслойные перцептроны, а хотелось бы создать достаточно сложные интеллектуальные технические системы, которые решают серьезные задачи. Общий подход здесь можно сформулировать так: мы выбираем антропоморфную задачу, затем — подходящий тип реализуемой нейронной сети, которая программно достаточно успешно решает данный класс задач. Это могут быть перцептрон, так называемая машина Больцмана, импульсная нейронная сеть и другие типы. После этого мы подбираем аппаратные аналоги нейронов и синапсов и разрабатываем архитектуру, т.е. такой способ соединения нейронов и синапсов на одном чипе, чтобы решать конкретную задачу.

В подобной формулировке этот подход нам кажется вполне прагматичным, способным привести к желаемой цели. Мы будем моделировать эти

архитектуры на нашем суперкомпьютере, чтобы понять, в какой степени они решают поставленные задачи. Имеется в виду моделирование не просто искусственных нейронных сетей определенного типа, а конкретной архитектуры аппаратной системы, которую мы разработаем. Только после успешных численных экспериментов может быть принято решение о ее физической реализации «в железе».

Что касается долгосрочных и более амбициозных задач, мы планируем сосредоточиться на разработке и реализации крупноблочной архитектуры мозга на основе нейроморфных систем, включающей все или большинство принципиально необходимых для работы мозга подсистем: распознавание образов, образование ассоциаций, фокусировку внимания, принятие решений (выбор действий), осуществление действия, обучение, кратковременную и долговременную память. Как было сказано выше, в настоящее время нейросетевая реализация выполняет почти исключительно функции по распознаванию образов. Тем не менее перечисленные функциональные подсистемы мозга успешно работают на основе биологических нейронных сетей, поэтому усилия многих нейробиологов, нейрофизиологов, математиков, физиков и других ученых направлены на изучение принципов и построение моделей функционирования этих подсистем на базе искусственных нейронных и нейроморфных систем.

Например, возьмем подсистему фокусировки внимания. Как работают реализованные искусственные нейронные сети? В большинстве случаев они не сами выделяют объект: сначала обычным алгоритмическим способом выделяется рамкой интересующий объект, увеличивается, и только затем это изображение анализирует нейронная сеть. Машина самостоятельно не может сфокусироваться. Тем не менее теории и модели фокусировки внимания на уровне работы нейронных сетей существуют, и нужно предпринимать попытки их реализации и объединения с другими подсистемами.

Важный аспект — обучение сложной составной системы искусственного интеллекта. Выше речь шла об обучении с учителем. Оператор (в качестве которого может выступать обычный компьютер) знает правильные решения для тестовой выборки задач, фиксирует, правильно ли ее решает система, и в зависимости от этого корректирует вклады определенных нейронов, т.е. в нашем случае меняет сопротивление синапсов-мемристоров.

В то же время нужно постараться реализовать систему, которая бы самообучалась на физическом уровне, как мы это делаем на основе каких-то внешних сигналов из окружающей среды. Это называется обучением без учителя. В другом случае используется некий подкрепляющий сигнал типа «горячо — холодно» (как в детской игре).

В частности, так обучают и дрессируют животных. Искусственной системе можно подавать закодированный сигнал подкрепления либо антиподкрепления. Этот способ называется обучением с подкреплением. Решаемая в настоящее время проблема — разработка таких методов обучения и самообучения на физическом уровне. Отдельная, почти не решенная и слабо прогрессирующая проблема — это вопрос обучения непосредственно во время функционирования преобученной сети. Так, в мозге животных постоянно происходит переизбыток информации, но и старых воспоминаний; мозг всегда пластичен в отличие даже от математических нейронных сетей, в которых стадия обучения отделяется от стадии функционирования системы.

## **В большинстве случаев искусственные нейронные сети не сами выделяют объект. Сначала обычным алгоритмическим способом он выделяется рамкой, увеличивается, а затем это изображение анализирует нейронная сеть**

Для получения собственного опыта, способствующего обучению и развитию, искусственную интеллектуальную систему целесообразно снабдить некоторым робототехническим или даже биологическим «телом» («нейроанимат наоборот»), снабженным сенсорами различной модальности, чтобы система сама могла взаимодействовать с окружающей средой, либо, если обучение происходит в виртуальной среде, снабдить ее какими-то виртуальными сенсорами-программами. Это одно из самых молодых и активно развивающихся направлений, которое носит название «Адаптивное поведение» или просто «Аниматъ».

Настоящая работа — яркий пример успешной реализации в НИЦ «Курчатовский институт» конвергентного подхода в создании природоподобных технологий. ■

*Беседовал Виктор Фридман*

**Авторы особо хотят отметить роль ученых НИЦ «Курчатовский институт», принимающих активное участие в развитии этого проекта: В.В. Ерохина, М.Л. Занавескина, П.К. Кашкарова, С.Н. Чвалуна, Л.А. Фейгина**

# ЗНАНИЯ, СВОБОДА, ПРОЦВЕТАНИЕ



Преподавательский состав ТТИ  
(Томского технологического  
института — будущего ТПУ), 1910 г.



Ректор ТПУ  
**Петр Савельевич Чубик**

**120** ЛЕТ  
ИСТОРИИ



**ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**



**Т**омский политехнический университет сегодня стал одним из лучших высших учебных заведений страны. Он не только сохранил прекрасные традиции, но и приумножил то, чем по праву следует гордиться, — и прежде всего своими выпускниками, которые востребованы в стране и мире. Как удалось этого добиться, лучше всех знает ректор ТПУ **Петр Савельевич Чубик**, жизнь которого от юности до нынешней зрелости неразрывно связана с Томским политехническим университетом. Ответ на свой вопрос я начал получать, поднимаясь по ступенькам главного корпуса к кабинету ректора. На них значились три слова: «Знания», «Свобода», «Процветание».

### Знания

Это было незабываемо. Во Дворце зрелищ и спорта собрались студенты Томского политического университета. В тот осенний день чувствовали юношей и девушек, которые стали первокурсниками. С напутствием выступил ректор ТПУ Петр Чубик.

**Факт № 1:** «Известны три самых престижных университетских рейтинга: QS, THE и Шанхайский. В двух первых мы уже присутствуем. Вдумайтесь: в мире — 22 тыс. университетов, мы входим в три сотни лучших из них. Это список успеха!»

Начал он так: «Древние говорили, что очевидное не нуждается в доказательствах, поэтому я приведу всего десять фактов, доказывающих, что вы сделали правильный выбор».

— **В начале беседы позвольте задать личный вопрос: фамилия Чубик — необычная, я не встречал ее раньше...**

— Она широко распространена на Западной Украине — мои родители оттуда. Они были сосланы в Красноярский край, где я и родился. Мои школьные годы прошли в Кузбассе, и вот уже 45 лет я в Томске — с той поры, как приехал поступать в Политех. Я не изменял ни ему, ни Томску, потому что прикипел к ним. Если побываете в Ровенской (ныне Ровненская) области Украины, там фамилию Чубик будете встречать часто. По-моему, она идет от казачества. К сожалению, я мало знаю историю своей семьи, потому что документы не сохранились. Остались некоторые фотографии, я

сделал семейный альбом, подписал тех, кто был на фотографиях. Это для внуков и правнуков — чтобы не растеряли то, что знаю я, хотя бы то немногое.

— **В своей речи перед студентами вы упомянули о том, что сразу после поступления в институт вас отправили на картошку. А нынешних студентов уже в деревню не отправляют. Может быть, зря?**

— Мы были не на картошке, а лопатили зерно, сушили его. Вместе питались, вместе работали от зари и до зари. Мы лучше узнали друг друга. Кстати, вторую половину месяца я был бригадиром, т.е. уже тогда начал выдвигаться в начальники. Мы подружились, и это, безусловно, помогло нашей группе объединиться, стать коллективом. И еще: мы были молоды, воспоминания о том времени, конечно же, греют душу. Но сейчас другие времена, и на картошку отправлять студентов не требуется. А потому мы стараемся найти новые формы, которые помогают юношам и девушкам влиться в студенческую среду. В определенной степени нам это удается, в том числе и с помощью таких мероприятий, как посвящение в студенты. Только вчера я прочитал социологический отчет об адаптации

**Факт № 2:** «Одна пятая всех студентов ТПУ — иностранцы, представители 40 стран мира, более 4,5 тыс. человек. Вы счастливики: университет дает вам возможность вживую общаться с жителями разных стран, культур, традиций, вероисповеданий, обычаев».

первокурсников. В целом все идет нормально, хотя у 20% студентов адаптация происходит медленно. Кстати, я еще побывал на овощных базах, руководя студенческими группами, на картошке, на стройке. Суммарно наберется не менее трех лет. Но сегодня, повторяю, этого нет, и, наверное, с точки зрения профессии, карьеры это правильно. На стройке я в течение 23 месяцев зарабатывал квартиру, будучи уже кандидатом наук. Прибежал со стройки и бежал в институт читать лекции.

— **Почему вы стали геологом?**

— Влияние на выбор мною геологоразведочного факультета оказал писатель-фантаст и геолог Владимир Афанасьевич Обручев. Его романами зачитывались. Он был первым деканом горного отделения в нашем институте. Потом этой структурой довелось руководить и мне — я был 21-м и 23-м деканом после Обручева. Горжусь этим. Его внуки неоднократно здесь бывали, и я лично с ними знаком. На мою долю выпало и создание Мемориального кабинета академиков В.А. Обручева — М.А. Усова. Все-таки удивительные вещи случаются в нашей жизни.

— **Я размышлял, есть ли у Политеха душа? И имеет ли отношение история с Обручевым — ученым и писателем — к ней?**

**Факт № 3:** «Не только мы открыты миру, но и мир нам. 170 университетов на разных континентах доступны для политехников в рамках академических обменов, стажировок, практик. Поэтому запомните: знание другого языка — это очень важно! Посмотреть мир можно и в качестве волонтера. Волонтеры ТПУ принимают участие в самых масштабных мероприятиях по всему миру».

— Я вручаю студенческие билеты первокурсникам, а потом им же — дипломы об окончании. Я вижу трансформацию этих людей. Пять лет назад, когда они поступали к нам, они были гадкими утятами, а уходят от нас, превратившись в прекрасных лебедей. И это происходит за короткий срок — всего пять лет. Изменения колоссальные! Уходят профессионалами, уверенными людьми, патриотами. Как это происходит, не знаю. Университет прививает им свои ценности, но сам процесс трудно проследить.

— **Мне кажется, вы всегда шли чуть впереди. Строится Транссибирская магистраль — появляется институт, чтобы обеспечить ее инженерами. Потом мостовики, за ними геологи, поскольку стране нужны новые месторождения**

**и их предстоит осваивать. Затем атомный проект СССР, и особое место в нем занимает Томск-7 — там появляется ваш филиал. Кстати, этот закрытый город теперь называется Северск, но там уже не ваш филиал, а МИФИ. Почему?**

— Еще будучи проректором, я подписывал дипломы выпускникам нашего филиала в этом городе. Но потом у него появилось желание стать самостоятельным отраслевым вузом. Сегодня руководитель филиала готов вернуться в «родные пенаты». В свое время появление Северска дало вполне реальный толчок развитию Политеха, и мы об этом не забываем. Подготовлено огромное количество атомщиков. Одно время директорами всех АЭС были наши выпускники — по-моему, факт примечательный. Так что мы готовы принять филиал обратно. Кстати, не только они просятся, но и другие. Однако к такого рода слияниям надо относиться осторожно, т.к. излишнее расширение грозит обременением, чего допустить нельзя. Тем более, что мы планируем войти в Топ-100 — сто лучших университетов мира.

Если вы идете без цели, нет смысла выбирать дорогу. Надо честно признать, что раньше в вузах не было большой науки. Сейчас ситуация меняется, но споры идут — надо ли давать деньги на науку в вузы, мол, там нет возможности ее развивать. Нужно понимать, что мир коренным образом изменился. И один из главных виновников этих изменений — Интернет. Раньше я шел в аудиторию к студентам как монополист на знания. Они мне в рот смотрели, ведь такую информацию они не могли получить больше нигде. А сегодня все иначе. Преподаватель говорит что-то в аудитории, а студент, не выходя из нее, включает Интернет и находит там лекцию, которую на эту же тему читают в лучших вузах мира. Монополия на знания утрачена. Преподаватель сегодня может остаться у студента востребованным, уважаемым только в том случае, если он в этой области занимается наукой, публикуется в престижных журналах, ведет исследования, выступает на конференциях. Это принципиальное изменение. Если вуз хороший, преподаватели в нем обязаны заниматься наукой. К сожалению, многие этого не понимают.

— **Но ведь это крайности, когда говорят, что всю науку теперь надо делать в вузах и что в академии остались одни старики и они ни на что не способны!**

— У нас таких проблем нет. Мы работаем со всеми здоровыми силами, которые есть в Томске. Да, мы не имеем ресурсов на фундаментальные исследования. Какие-то возможности сейчас появились, мы запустили семь мегагрантов, это, по сути, заделы на будущее. Мы ведем много прикладных работ, часть из них идет еще с советских



Лаборатория авиадвигателей ТТИ, 1924 г.

времен. Но рано или поздно эти запасы закончатся, а значит, нужно обязательно думать о будущем. Поэтому мы работаем вместе с крупными академическими институтами. Например, у нас много проектов, связанных с материалами. Оцениваем качество сварных швов корпусов ракет, разработали противометеоритные оптически прозрачные покрытия на иллюминаторы, микротомографы, сотрудничаем с ИСС им. М.Ф. Решетнева, где создаются спутники Земли. Немало наших выпускников занято в космической отрасли, они возглавляют головные предприятия, а потому у нас тесное сотрудничество с «Роскосмосом», где хорошо знают наши возможности и стараются их использовать.

**Факт № 4:** «Наши преподаватели — ваши наставники. Они тоже постоянно учатся. Эффективный контакт, который мы с вами устанавливаем каждый год, — это их личная лестница к успеху. Они должны конкурировать в глобальном пространстве — быть исследователями, публиковать свои статьи в престижных научных журналах мира, постоянно шлифовать свое преподавательское мастерство».

— **Стараетесь быть рядом с передовыми технологиями?**

— Конечно. В частности, с военно-промышленным комплексом. Я открыто говорю, что именно там рождаются принципиально новые технологии, которые потом широко используются в гражданских областях. Точнее, могут и должны использоваться.

## Свобода

— **Космос и ядерные технологии — это вчера и сегодня, а что завтра?**

— А завтра, например, ториевое топливо для высокотемпературных реакторов, чтобы безопасно получать электроэнергию, обеспечить длительную работу без перезагрузки топлива, производить водород в промышленных объемах. Водородная энергетика — это будущее экономики. Тема красивая, не так ли?

— **Многие ученые уверены, что это такая же революция в истории цивилизации, как и изобретение паровой машины.**

— Мощные ториевые реакторы — это, конечно, мечта, но мы стараемся ее приблизить. Занимаемся мы и топливными элементами для водородной энергетике. Частичное финансирование осуществ-



В библиотеке ТТИ, 1913 г.

вляет «Газпром». Идея заключается в том, чтобы небольшую часть газа из газопровода использовать для получения электроэнергии. Не могу утверждать, что такие установки у нас уже есть, но мы близки к их созданию. В стране еще огромное количество поселков, где нет электрических сетей, там дизель-электростанции. Генератор заработал — свет есть. Надо завозить дизтопливо. Газопровод через болота не протащишь — дорого. А вот завезти в поселок цистерну с сжиженным газом вполне реально и гораздо выгоднее, чем с дизтопливом. Так что наши агрегаты можно использовать в самых разных условиях — и в отдаленных поселках, и в геологических партиях, да и военные от них не откажутся. Мы стараемся работать в разных областях — и в ядерной медицине, благо, у нас свой реактор, грех не воспользоваться, когда есть «дойная корова».

— **Первый раз слышу, что так называют ядерный реактор!**

— От такой «коровы» мы получаем не молоко, а радиофармпрепараты. Кстати, все реакторы в округе закрыты — я имею в виду Северск,

**Факт № 5:** «Обучение в нашем университете многоуровневое: бакалавриат, магистратура, аспирантура. ТПУ стремится стать вузом магистерско-аспирантского типа. Это означает, что мы даем вам максимум возможностей для построения карьеры, потому что магистратура и аспирантура — это уже элитные уровни образования».

а контрольные органы остались. Более 20 проверок в год! Чрезмерное количество проверок очень мешает работать. Мы постоянно под контролем, под «лупой подозрения» как потенциальные нарушители.

**— Трудно попасть в ТПУ?**

— В прошлом в вузы поступали 20–25% выпускников школ. Сегодня — до 80%. Порядка 60% обеспечиваются бюджетными местами, а еще платники. При этом школа не увеличила долю способных ребят, склонных к получению высшего образования.

В вузы приходят люди с очень разной подготовкой. И для нас это огромнейшая проблема. Как в одном потоке преподавателю читать на высоком уровне математику, если ее на этом уровне понимают 20% студентов, на среднем — 60%, а остальные вообще слабо? Мы в ответ начали вводить трехуровневую систему и в частности, как высшую ступень, элитное техническое образование. На конкурсной основе отбираем талантливых ребят, которые получают углубленные знания по математике, физике, информатике, иностранным языкам.

**— А если не справляются?**

— Возвращаются в обычные группы. К среднему классу мы предъявляем требования чуть выше, чем официально принятые, ну а со слабых требуем того минимума, который необходим. Это очень затратная программа. Надо иметь приличные ресурсы, чтобы разбивать преподавание на три потока, но мы вынуждены это делать. В последние годы начали поднимать планку при приеме в университет. Нижний порог балла по ЕГЭ подняли до 50. В позапрошлом году мы не заполнили все бюджетные места, но планку опускать не стали. Конечно, я рисковал, ведь не выполнял государственное задание. Суток трое не спал, размышлял, стоит ли отважиться на такое. Заполнить-то было просто: чуть опустил планку, и пожалуйста — полный набор. На меня жаловались вплоть до администрации президента. К счастью, президент в своем послании сказал, что слабых в вузы не надо брать, и от меня жалобы отстали. Кстати, наше министерство поддерживает такую политику.

**— Сейчас уже в среднем 75 баллов?**

— Да, и планку потихоньку поднимаем. Ребята набрали хороших. Но проблемы есть. В стране сдали физику всего 22% выпускников школ. А нашим требованиям к баллам ЕГЭ соответствует только каждый десятый выпускник школы. Отсюда выборка у нас очень маленькая, нужно поднимать уровень образования в школах.

**— Значит, одна из важнейших задач вуза — искать таланты среди абитуриентов?**

— Мы прекрасно понимаем, что если отбор хороший, то со студентами работать несравненно легче. И тут уже начинает действовать наша система подготовки. Она очень широкая.

**Факт № 6:** «Наши выпускники востребованы в ведущих компаниях мира. Университет — партнер крупнейших госкорпораций: “Газпрома”, “Росатома”, “Роскосмоса” и многих других. Свои вакансии нашим выпускникам предлагают 1,2 тыс. предприятий, заинтересованных в качественно подготовленных специалистах».

**— А пример?**

— Поощрение лучших — это важно. К каждому Татьянину дню студенты, которые сдали сессию на отлично, премируются. В прошлом году было 67 человек, и они получили по 3 тыс. рублей. В этом году — 641! Ограничились только тысячей рублей, ведь деньги внебюджетные.

**— ЕГЭ помогает или вредит?**

— Мне кажется, баллы все-таки соответствуют знаниям. По крайней мере, с теми «высокобалбаликами», которые поступают к нам, проблем нет.

**— Вы говорили о проверках. Можно ли привести пример, который демонстрирует их бессмысленность?**

— В этом году мы впервые вошли в рейтинг *TNE*, заняли там позицию 251–300 (третье место в стране). На мой взгляд, за такие достижения людей надо поощрять, чтобы они стремились стать еще лучше. Мы выписали премии всем сотрудникам, кто этого заслуживает. У нас контрактная система, виден вклад каждого в общую победу. Студентов тоже надо было поощрить, потому что это и их достижение. Мы устроили праздничное посвящение в студенты. Советовались со студенческим активом, как лучше это сделать, кого пригласить выступить. Пригласили одну группу, и нас обвинили в том, что мы выбрали единственного поставщика этой услуги. Глупость ведь... но таких проверок очень много. Это крайне раздражает. У нас десять человек в университете ежедневно занимаются тем, что представляют информацию для всяких

контрольно-надзорных органов. Может быть, я ошибаюсь, но мне кажется, что государственным и муниципальным контролем занимается около 5 млн человек.

### Процветание

**— Хотелось бы узнать, сказала ли реформа РАН на ваших взаимоотношениях с академическими институтами?**

— Они улучшились. Томск может быть хорошим примером, но он не показателен для всей страны. Это университетский центр с более чем вековой историей. У нас все академические институты вышли из университетов, часть Сибирского отделения РАН оттуда же. Наши выпускники возглавляли еще Сибирский филиал Академии наук СССР, который был открыт в 1944 г. В Томске уважение и доверие к науке и студентам, пожалуй, высокие как нигде. Очень компактный город, чуть более полумиллиона жителей, все друг друга знают. Все переплетено, у нас совместные кафедры, совместные

**Факт № 7:** «Наши ученые находят решения, меняющие жизнь не только на Земле, но и за ее пределами. Мы работаем над созданием космического 3D-принтера для того, чтобы наши космонавты на МКС могли напечатать любую необходимую деталь, над созданием подводных роботов, которые будут исследовать Мировой океан в самых потаенных его уголках без участия человека, над созданием материалов будущего, которые будут надежно функционировать в самых экстремальных условиях, например в Арктике. Все, над чем мы работаем, экспертируют ведущие ученые мира, и руководит этим процессом нобелевский лауреат Дан Шехтман».

диссертационные советы, проекты и, можно сказать, общие сотрудники. Поэтому у нас отношения между академией и вузами и деловые, и в то же время дружеские.

В сложных ситуациях надо держаться вместе. Это естественно для нас хотя бы потому, что на одной улице находится цепочка университетов. Заканчивается она, кстати, нашей духовной семинарией. Мы называем эту череду вузов Университетской милей. Где в России, да и в целом мире есть такое? Нигде нет, только у нас в Томске. Это уникальное явление.

**— А почему так получилось?**

**Факт № 8:** «В каждом известном университете мира есть свой кампус. В нашем кампусе — общежития и учебные корпуса, столовые, санаторий-профилакторий, спортивные сооружения и даже действующий исследовательский атомный реактор. На очереди — открытие новых общежитий, бассейна и учебного корпуса. К Новому году наш студгородок изменится до неузнаваемости».

— Все выросло из классического университета. Надо было развивать Сибирь, благодатный край, и в этом процессе Томск сыграл свою роль «умного города», как иногда о нас говорят.

**— Почему же вас не воссоединили с классическим университетом, как это случилось в том же Екатеринбурге?**

— Честно говоря, мы думаем об объединении. Но не о таком, какое произошло в Красноярске и Екатеринбурге. Заманчиво создать мощный научно-образовательный холдинг. Но это будет иметь смысл, если в него войдут все академические институты и университеты. По своему научно-образовательному потенциалу все, что есть в Томске, не уступает МГУ.

**Факт № 9:** «В год рождения нашего университета изобретатели кино, братья Люмьер, представили первый синематограф, родился великий поэт Сергей Есенин, в Греции прошли первые современные Олимпийские игры. Так же как олимпийцы, все эти годы Томский политех стремился стать сильнее, постоянно двигаясь вверх и ускоряя свой шаг».

Но когда объединяют разные юридические лица в одно, как это произошло в Екатеринбурге и Красноярске, внутренняя конкуренция, служащая мощным стимулом развития, исчезает. Сегодня мы конкурируем с классическим университетом — да, он старше нас, но мы стараемся не уступать ему по числу проектов, по результатам научных исследований, по количеству наград и т.д. Это приносит свои плоды. Поэтому к объединению надо подходить осторожно, сохраняя то, что полезно и нужно. Ту же систему юридических лиц, чтобы каждое отдельное звено могло быть самостоятельным. Например, ТПУ может подать только



Лаборатория тепловых машин, 1913 г.

одну заявку на премию правительства в области образования, одну в области науки и техники и одну для молодых ученых. Во многих научных конкурсах то же самое. После объединения мы сразу же лишаемся участия во многих подобных вещах. Так что от формального объединения мы проиграем. Да и много времени уйдет на притирку, перестановки и т.д.

— **Главный принцип, к которому нужно стремиться?**

— Чтобы достижения Томского политеха навсегда остались в истории. Останкинская башня — наш Н.В. Никитин (доктор технических наук, профессор, автор проекта Останкинской башни. — Примеч. ред.), вертолеты — Н.И. Камов (советский авиаконструктор, создатель вертолетов «Ка». — Примеч. ред.), К.И. Сатпаев — это Казахстан, первый президент академии наук... Есть имена, есть уникальные разработки — например, первый лунный грунт был отобран «Луной-24» благодаря нашему О.Д. Алимову. Хотелось бы, чтобы подобные достижения случались на наших глазах, в наше время.

**Факт № 10:** «И последнее. Мы крутые! И станем еще круче. И этот факт не требует доказательств».

— **Ваш девиз: «Знания. Свобода. Процветание». Что вы имеете в виду?**

— Обратите внимание, что он написан на нашем знамени и на ступенях в главном корпусе, но написан он не в той последовательности, в какой мы

говорим. Глубокие профессиональные знания, которые закладываются в нашем храме науки и образования, обеспечивают нашим выпускникам определенную свободу — свободу выбора места работы, должности, продвижения по служебной лестнице и т.д. А такая свобода в определенном смысле обеспечивает процветание. Последовательность «Знания, свобода, процветание» работает в реальной жизни, и мы в этом неоднократно убеждались. ■

Беседовал Владимир Губарев

## СПРАВКА

### Петр Савельевич Чубик

- Ректор Томского политехнического университета, действительный член Международной академии наук высшей школы и Российской инженерной академии.
- В 1976 г. окончил геологоразведочный факультет Томского политехнического института. Работает в ТПУ с момента окончания обучения.
- В 1992 г. присвоено ученое звание доцента, а в 2001 г. — ученое звание профессора по кафедре бурения нефтяных и газовых скважин.
- В 2008 г. утвержден в должности ректора ТПУ.
- Область научных интересов: повышение качества образовательной деятельности и результативности научной деятельности вузов, экологизация и оптимизация качества буровых промысловых жидкостей.
- Автор и соавтор 250 научных работ, в том числе восьми монографий, учебника и шести учебных пособий, девяти изобретений.

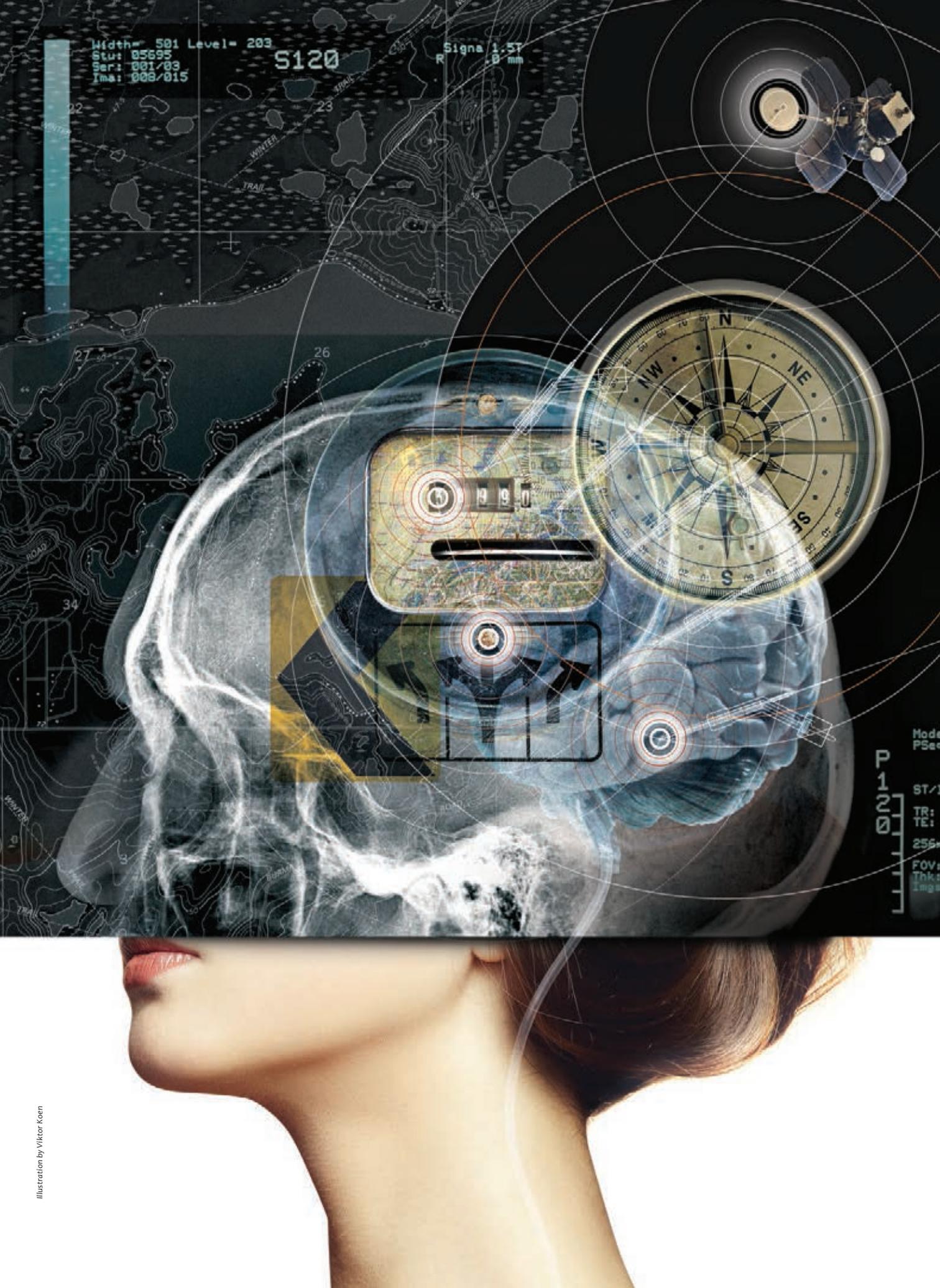
НЕЙРОБИОЛОГИЯ

# ГДЕ Я? КУДА Я ИДУ?



Ученые выясняют, каким образом мозг  
ориентируется в пространстве

Мэй-Бритт Мозер и Эдвард Мозер



**ОБ АВТОРАХ**

**Мэй-Бритт Мозер** (May-Britt Moser) и **Эдвард Мозер** (Edvard I. Moser) — профессора психологии и нейробиологии в Норвежском университете естественных и технических наук в Тронхейме. Они участвовали в создании Института системной нейробиологии Кавли в 2007 г. и Центра вычислительной нейробиологии в 2013 г. Вместе с Джоном О'Кифом из Университетского колледжа Лондона в 2014 г. они получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине за открытие системы, с помощью которой мозг ориентируется в пространстве.



**Появление спутниковой системы навигации (GPS) значительно изменило управление автомобилем, самолетом или даже обычную прогулку по улицам города. А как мы ориентировались, пока не было GPS? Недавно ученым удалось выяснить, что мозг млекопитающих использует собственную сложную GPS-подобную систему для поиска пути из одного места в другое.**

Наш мозг, как и GPS в нашем телефоне или навигаторе, определяет, где мы находимся и куда движемся, соединяя множественные сигналы, связанные с нашим местоположением в пространстве в каждый момент времени. Обычно мозг тратит мало сил на выполнение подобных расчетов и мы практически их не осознаем. Насколько важна эта картографическая и навигационная система для нашего существования, становится ясно, если мы заблудились или наши способности к ориентации нарушены травмой мозга либо нейродегенеративным заболеванием.

Способность понять, где мы и куда нам надо попасть, — важнейшая для нашего выживания. Без нее мы, как и другие животные, не смогли бы найти пищу или оставить потомство. Отдельные особи, а с ними и весь вид, были бы обречены на вымирание.

Сложность навигационной системы млекопитающих становится заметна при сравнении их с другими животными. Например, простой круглый червь *Caenorhabditis elegans*, чья нервная система состоит всего из 302 нейронов, перемещается в пространстве в основном в ответ на обонятельные стимулы, двигаясь по градиенту увеличения либо уменьшения запаха.

У животных с более сложной нервной системой, таких как, например, муравьи-бегунки или пчелы, появляются новые стратегии выбора пути. Один из таких способов называется интеграцией пути. Этот GPS-подобный аппарат основан на том, что нейроны определяют текущее положение животного, основываясь на непрерывном контроле направления и скорости движения относительно

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Определение нашего местонахождения относительно улиц, деревьев и других ориентиров — важнейшая способность, необходимая для выживания, без нее наш вид быстро бы вымер.
- Глубоко в мозге сети нервных клеток формируют внутреннюю карту нашей среды обитания, с помощью которой мы находим нужную дорогу. Это наш биологический аналог спутниковой системы навигации (GPS).
- Участки мозга, отвечающие за выбор пути, кроме того связаны с формированием новых воспоминаний. При повреждении этих структур возникает сильная дезориентация, характерная, например, для пациентов с болезнью Альцгеймера.

ПРИРОДНЫЕ НАВИГАТОРЫ

некоторой стартовой точки, что позволяет не использовать никаких внешних подсказок, таких как зрительные ориентиры. У позвоночных животных, особенно у млекопитающих, набор поведенческих способностей, позволяющих определить свое положение в пространстве, еще более сложный.

Млекопитающие используют способность формировать нейронные карты окружающей среды. Это электрическая активность головного мозга, при которой возбуждение нервных клеток отражает план-схему окружающего пространства и местоположение животного в нем. Формирование таких когнитивных карт происходит в основном в складках коры мозга — областях, появившихся довольно поздно в процессе эволюции.

За последние несколько десятилетий исследователи хорошо разобрались в том, как мозг создает и исправляет такие карты. Последние работы, выполненные в основном на грызунах, показали, что в навигационную систему входят несколько специализированных типов нейронов, которые постоянно определяют местоположение животных, пройденный путь, направление и скорость движения. Данные клетки, действуя вместе, создают динамическую карту окружающего пространства, которая не только работает непосредственно в данный момент, но и может сохраняться в памяти для дальнейшего использования.

**Нейробиология пространства**

Изучение мозговых карт пространства началось с исследований Эдварда Толмена (Edward Tolman), который был профессором психологии Калифорнийского университета в Беркли в 1918–1954 гг. До работ Толмена в лабораторных экспериментах на крысах было показано, что животные передвигаются в пространстве, реагируя на встреченные стимулы и запоминая их. Например, крыса могла обучиться проходить лабиринт, запомнив последовательность поворотов, которые надо совершить от начала лабиринта до его конца. Такая концепция не предполагала, что животные мысленно представляют общий вид лабиринта и способны выбрать оптимальный путь.

**Удивительная способность нервной системы находить дорогу**

Выживание любых видов зависит от их способности анализировать окружающее пространство и вычислять, где животное было, где оно находится сейчас и куда ему надо попасть. На более высоких ступенях эволюционного развития у многих видов развилась система интеграции пути, которая позволяет ответить на эти вопросы, не используя никаких внешних ориентиров. Млекопитающие нашли еще более сложное решение на основе использования мысленных карт пространства.



**Прослеживание запаха**

У простого круглого червя *Caenorhabditis elegans*, наверное, самая примитивная в животном мире система навигации. Этот червь живет в мире запахов. Имея всего 302 нейрона, он движется в сторону источника пищи, ориентируясь на усиливающийся запах.

**Внутренний GPS-навигатор**

В процессе эволюции у некоторых насекомых и других членистоногих появились сложные способности к интеграции пути. Они могут отслеживать свою скорость и направление движения от некоторой стартовой точки. Это позволяет им более эффективно передвигаться и возвращаться по прямому маршруту, не повторяя всех изгибов пройденного пути.

**Мысленные карты**

У млекопитающих появился еще более сложный способ ориентации, при котором нейроны активируются в определенной последовательности, отражающей путь, пройденный животным. Система таких нейронов образует мысленную карту реального пространства. С ее помощью животные хранят в памяти свои прошлые проходы по этой территории и используют эту информацию для планирования будущих визитов.

Толмен полностью разрушил сложившиеся взгляды. Он заметил, что крысы срезают путь или идут в обход, что было бы невозможным, если бы животные запоминали просто определенную длинную последовательность пробежек. На основе этих наблюдений Толмен предположил, что у животных образуется мысленный план, отражающий пространственное устройство окружающего мира. Такие когнитивные карты не только помогали проложить путь, но и сохраняли информацию о том, что пережило животное в том или ином месте.

Толмен сформулировал свою концепцию в начале 1930-х гг., но на протяжении десятилетий она оставалась спорной. Теорию долго не принимали отчасти и потому, что она была основана на наблюдениях за поведением крыс, которое можно было объяснить по-разному. У Толмена не было ни идей, ни методов, позволяющих проверить,

Illustrations by Jen Christiansen

действительно ли в мозге животных образуется карта окружающего пространства.

Прямые доказательства существования такой карты были получены при исследовании активности нейронов только через 40 лет. Развитие микроэлектродной техники в 1950-х гг. позволило регистрировать работу нейронов у бодрствующего животного. Исследователи с помощью тончайших электродов могли зарегистрировать возбуждение отдельных нервных клеток, пока животное занималось своими делами. Когда клетка возбуждается, это значит, что возникает потенциал действия — кратковременное сильное изменение электрического напряжения на мембране нейрона. Потенциал действия приводит к высвобождению нейромедиаторов, позволяющих передать сигнал от одной клетки к другой.

Джон О'Киф (John O'Keefe) из Университетского колледжа с помощью микроэлектродов изучал у крыс активность нейронов гиппокампа, структуры мозга, которая в то время уже на протяжении десятилетий считалась важнейшей для памяти. В 1971 г. он опубликовал статью, где описал нейроны, получившие название «клетки места», которые активны тогда, когда крыса находится в определенном месте экспериментальной установки. О'Киф отметил, что разные нейроны активны в разных местах и что взятая вместе активность всех таких клеток образует карту экспериментальной установки, по которой перемещалась крыса. Таким образом, по записи электрической активности клеток места можно установить положение животного в пространстве в каждый конкретный момент времени. В 1978 г. О'Киф вместе со своим коллегой Линном Нэделом (Lynn Nadel) из Аризонского университета предположили, что клетки места и представляют собой основной элемент когнитивной карты, о которой говорил Толмен.

### Карта в коре мозга

После открытия клеток места исследователи начали интенсивнее изучать отделы коры, расположенные внутри, вдалеке от сенсорных (в которые приходит информация от органов чувств) и моторных (откуда выходят сигналы, управляющие движениями тела) областей. Когда Джон О'Киф начал свою работу в конце 1960-х гг., научные представления о включении и выключении нейронов были ограничены только сенсорными областями коры, где изучали, как входящая информация от органов чувств (улавливающих свет, звук, прикосновения) вызывает нейронную активность.

Нейробиологи той эпохи предполагали, что гиппокамп расположен слишком далеко от органов чувств, чтобы с помощью микроэлектродной техники можно было понять, как он обрабатывает

информацию. От таких взглядов отказались, когда в гиппокампе открыли клетки места, образующие карту пространства, окружающего животное.

Несмотря на то что это открытие было чрезвычайно важным и предполагало участие клеток места в процессе навигации, на протяжении десятилетий никто не знал, в чем именно заключается их роль. Клетки места, найденные в области гиппокампа, называемой полем CA1, были конечным пунктом в сложной цепи передачи информации, начинающейся где-то за пределами гиппокампа. Существовало предположение, что клетки места получают информацию, необходимую для навигации, из других областей гиппокампа. В 2000-х гг. мы решили развивать эту идею в нашей новой лаборатории в Норвежском университете естественных и технических наук в Тронхейме. В конечном итоге наше стремление привело к ряду крупных открытий.

Вместе с Менно Виттером (Menno Witter), который сейчас работает в нашем институте, и группой творческих студентов мы начали регистрировать микроэлектродными методами активность клеток места

## У человека и других млекопитающих образуются внутренние карты — система нейронов, активность которых отражает текущее местоположение животного относительно окружающего его пространства

в гиппокампе крыс после разрушения областей, через которые, как мы знали, поступает информация в нейроны. Мы ожидали, что наше исследование подтвердит важность этих частей гиппокампа для формирования правильной работы клеток места. Однако, к нашему удивлению, нейроны на конце цепочки в поле CA1 продолжали активироваться, когда животное находилось в определенном месте пространства.

Наша группа вынуждена была прийти к выводу, что определение положения животного в пространстве клетками места не зависит от связей внутри гиппокампа. Затем мы обратили внимание на единственную нейронную связь в гиппокампе, которую мы раньше не трогали, — прямой вход в поле CA1 от энторинальной коры, области, через которую все остальные отделы коры связаны с гиппокампом.

В 2002 г. мы вместе с Виттером вживили микроэлектроды в энторинальную кору и начали регистрировать активность нейронов во время

НЕЙРОКАРТОГРАФИЯ

выполнения животным задач, похожих на те, что использовались при регистрации клеток места. Мы ввели электроды именно в область, которая напрямую связана с теми отделами гиппокампа, где почти во всех исследованиях регистрировали клетки места. Оказалось, что довольно много нейронов энторинальной коры начинали возбуждаться в зависимости от положения животного в экспериментальной установке, во многом так же, как делали клетки места гиппокампа. Однако, в отличие от клеток места, один нейрон энторинальной коры был активен не в единственном месте, а когда крыса находилась в одном из многих мест.

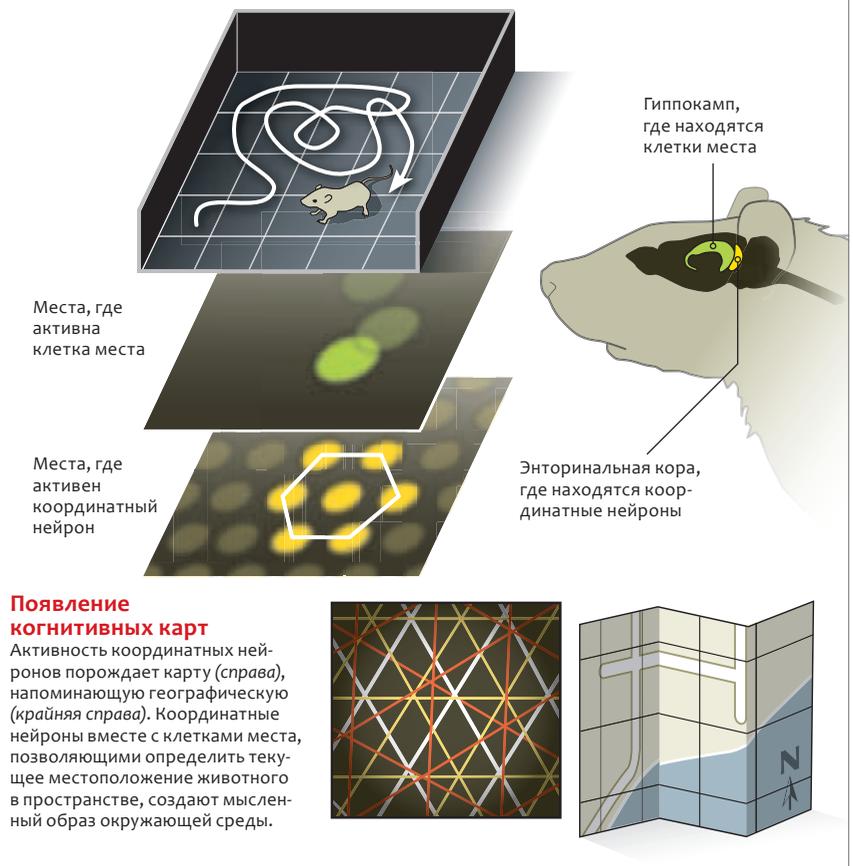
Самое удивительное свойство этих нейронов — то, как и когда они возбуждаются. Схема их активации проявилась для нас только в 2005 г., когда мы увеличили размер экспериментального пространства, в котором записывали активность нейронов. После такого расширения мы увидели, что те места, в которых наблюдается активность нейронов энторинальной коры, образуют вершины правильного шестиугольника. Когда животное находится в одной из этих точек, активируется клетка, которую мы назвали координатным нейроном.

Такие шестиугольники полностью покрывают экспериментальное пространство, и, по всей видимости, каждый из них — это единица координатной сетки, наподобие квадратов дорожной карты, образованных пересечением вертикальных и горизонтальных линий координат. Активность координатных клеток, в отличие от клеток места, дает информацию о пройденном расстоянии и направлении, помогая животным отслеживать свой путь на основе внутренних сигналов о движении тела независимо от внешней информации.

Некоторые характеристики координатной сетки менялись в разных частях энторинальной коры. У нейронов дорсальной (верхней) части коры сетка состояла из небольших шестиугольников. Размер ячеек последовательно увеличивался по мере опускания электродов шаг за шагом в нижнюю, или

## Как мозг определяет местоположение

Впервые предположение, что в мозгу млекопитающих есть мысленные карты, отражающие пространственную геометрию внешнего мира, появилось примерно в 1930 г. Впоследствии нейробиологи нашли клетки, которые своей совместной работой образуют эти карты. Ключевое событие произошло в 1971 г., когда группа английских и американских исследователей открыла в гиппокампе крыс клетки места, которые возбуждались, когда животное оказывалось в определенных местах пространства. В 2005 г. авторы этой статьи открыли координатные нейроны, позволяющие животным определить свое местоположение относительно, например, стенок экспериментальной установки. Каждая такая клетка была активна, когда крыса попадала на своем пути в одно из мест, образующих вершины шестиугольной решетки.



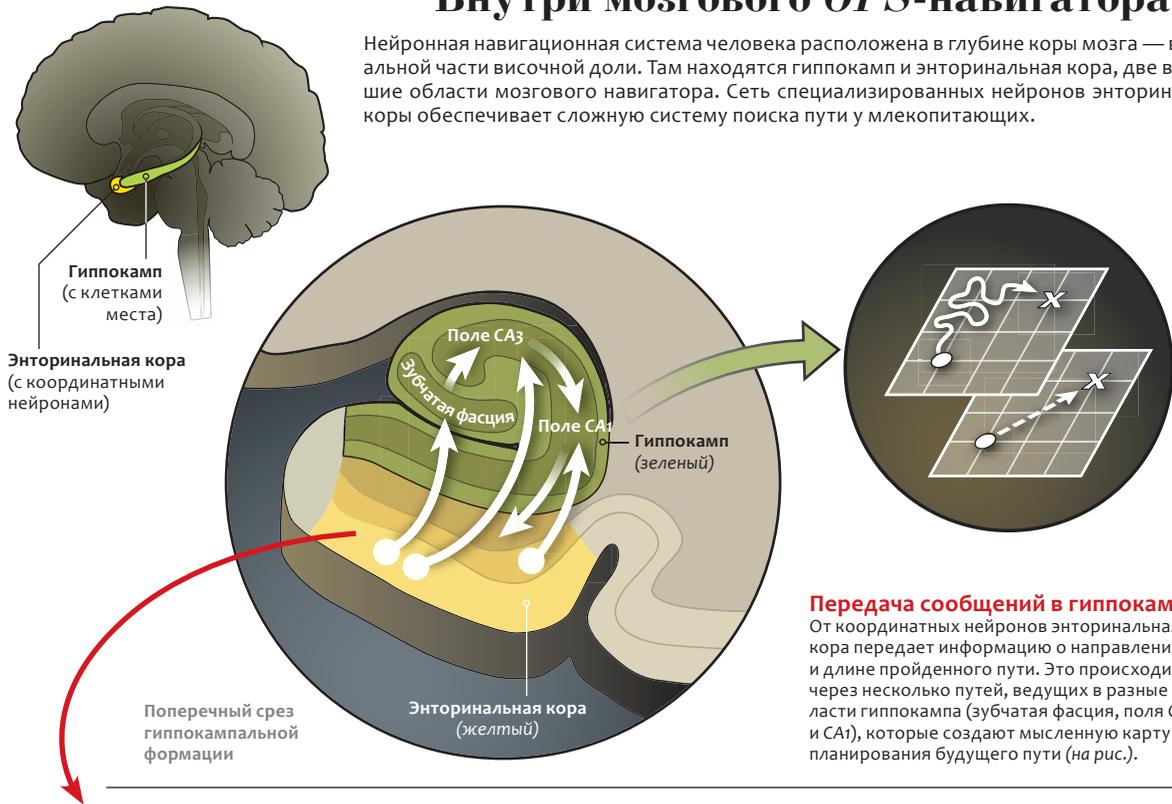
вентральную, часть энторинальной коры. На каждом шаге у нейронов был свой уникальный масштаб координатной сетки.

Размер ячейки сетки нейронов на каждом уровне глубины можно определить, умножив значение с предыдущего уровня на квадратный корень из 2 (приблизительно 1,4). Так, на самом первом уровне в верхней части энторинальной коры крыса должна пройти около 30–35 см, чтобы из одной вершины шестиугольника оказаться в другой вершине, контролируемой той же самой клеткой. На следующем нижележащем уровне это расстояние уже будет 42–49 см, и т.д. На самом нижнем уровне расстояние между двумя вершинами может достигать нескольких метров.

SOURCE: "SCIENTIFIC BACKGROUND: THE BRAIN'S NAVIGATIONAL PLACE AND GRID CELL SYSTEM," BY OLE KEHN AND HANS FORSSBERG, WITH ILLUSTRATIONS BY MARTHA KARLEN, NOBELPRIZE.ORG, NOBEL MEDIA AB, 2014. WWW.NOBELPRIZE.ORG/NOBEL\_PRIZES/MEDIA/FAURET/2014/04/04/040401.html (top)

## Внутри мозгового GPS-навигатора

Нейронная навигационная система человека расположена в глубине коры мозга — в медиальной части височной доли. Там находятся гиппокамп и энторинальная кора, две важнейшие области мозгового навигатора. Сеть специализированных нейронов энторинальной коры обеспечивает сложную систему поиска пути у млекопитающих.

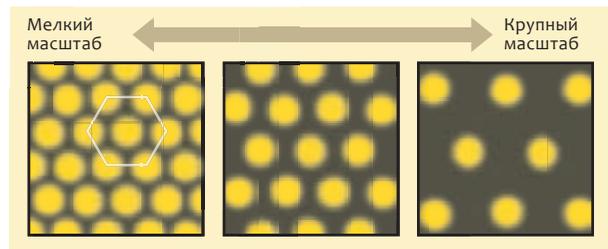


### Подробное исследование организации координатных нейронов...

...выявило, что чем ниже в энторинальной коре лежит нейрон, тем больше расстояние между узлами его шестиугольной координатной сетки, помогающей построить карту пространства. Чем больше это расстояние, тем больший путь должна пройти крыса, чтобы попасть в следующую вершину сетки. Чтобы повторно активировать нейрон, лежащий в верхней части коры, грызуну надо пройти около 30–35 см до соседней вершины шестиугольной сетки. В случае нейрона, лежащего в нижней части коры, это расстояние составляет несколько метров.

### Недавно были открыты и другие специализированные типы клеток...

... в энторинальной коре грызунов. Эти клетки передают в гиппокамп информацию об ориентации головы особи, о скорости движения, расстоянии от стен, границ или других встреченных препятствий. Сигналы от этих клеток, объединившись, помогают создать общую карту пространства, в котором находится животное.



Координатные нейроны и их правильная организация взволновали нас. В большинстве отделов коры нейроны возбуждаются в хаотичном и непостижимом порядке, но здесь, в глубине, существует система клеток, которые активируются предсказуемо и упорядоченно. Мы стремились исследовать их. Оказалось, что не только координатные нейроны и клетки места участвуют в формировании карты у млекопитающих. Нас поджидали и другие сюрпризы.

Вернемся в середину 1980-х и начало 1990-х гг. Тогда сотрудник Городского медицинского центра SUNY Джеймс Рэнк (James Ranck) и Джеффри Тауб (Jeffrey Taube), работающий сейчас в Дартмутском колледже, открыли нейроны, которые были активны, когда грызун двигался в определенном направлении. Рэнк и Тауб обнаружили эти клетки направления головы в пресубикулуме — еще одной области мозга, тесно связанной с гиппокампом.

В своих исследованиях мы показали, что такие клетки существуют и в энторинальной коре, в тех же областях, где и координатные нейроны. Более того, многие клетки направления головы в энторинальной коре работают одновременно и как координатные нейроны, т.е. клетка была активна в определенных местах экспериментальной установки, формирующих сетку, но только тогда, когда крыса проходила их в определенном направлении. Работа таких клеток играет роль компаса. Мы можем, наблюдая за электрической активностью этих нейронов, определить, в какую сторону относительно окружающего пространства смотрит животное в каждый конкретный момент времени.

Через несколько лет, в 2008 г., мы открыли еще один тип клеток в энторинальной коре. Эти «приграничные» клетки возбуждались, когда животное подходило к стенке или краю экспериментальной установки, или же к любым барьерам в пространстве. Видимо, они служат для определения того, насколько далеко животное находится от границы пространства. Данная информация может быть использована координатными нейронами для определения расстояния, пройденного животным, а также для запоминания крысой местоположения стенки как нулевой точки отсчета для дальнейшего передвижения.

Наконец, в 2015 г. на сцене появился четвертый тип нейронов. Они специфически реагировали на скорость движения независимо от местоположения животного и его направления. Частота возникновения импульсов в нейроне увеличивалась пропорционально скорости движения животных. Мы могли определить, как быстро бежит крыса, наблюдая только за активностью маленькой группы нейронов скорости. Вместе с клетками направления головы нейроны скорости могут предоставлять координатным нейронам постоянно обновляющуюся информацию о передвижении животного, его скорости, направлении и пройденном расстоянии от места старта.

#### От координатных нейронов к клеткам места

Открытие координатных нейронов произошло благодаря нашему желанию выяснить, какая входящая информация позволяет клеткам места построить внутреннюю схему окружающего пространства. Сейчас мы понимаем, что клетки места объединяют сигналы от многих клеток энторинальной коры, а это позволяет мозгу отследить путь животного и определить, в каком месте пространства оно окажется. Но даже такие процессы не дают полного представления о навигации млекопитающих.

Наша первая работа была направлена на изучение медиальной (внутренней) части энторинальной коры. Однако клетки места получают сигналы и от латеральной энторинальной коры, через которую многие сенсорные системы связаны с гиппокампом, передавая информацию, в том числе о запахах и отличительных чертах различных объектов. Благодаря объединению информации от латеральной и медиальной энторинальной коры в клетках места они получают данные от всего мозга. Сотрудники нашей лаборатории и многие другие исследователи изучают сложные взаимодействия сообщений, приходящих в гиппокамп, и его способность формировать воспоминания, привязанные к какому-то месту в пространстве. Несомненно, эти исследования будут еще продолжаться многие годы.

Один из способов понять, как карты пространства в медиальной энторинальной коре и гиппокампе объединяются, чтобы обеспечить навигацию, — это спросить, как карты изменяются.

## Вместе с клетками направления головы нейроны скорости могут предоставлять координатным нейронам постоянно обновляющуюся информацию о передвижении животного, его скорости, направлении и пройденном расстоянии от места старта

В начале 1980-х гг. сотрудники Городского медицинского центра SUNY Джон Куби (John Kubie) и ныне покойный Роберт Мюллер (Robert U. Muller) показали, что карта, составленная из клеток места в гиппокампе, может полностью измениться, стоит поместить животное в новую ситуацию, даже если это будет знакомая экспериментальная установка, находящаяся в том же самом месте комнаты, но просто покрашенная в другой цвет.

В нашей лаборатории мы провели эксперимент, где крысы собирали приманку в 11 экспериментальных установках, расположенных в разных комнатах. Оказалось, что для каждой комнаты в гиппокампе быстро возникала своя независимая карта. Это согласуется с представлениями, что карта из нейронов гиппокампа адаптирована для определенного пространства.

Карты медиальной энторинальной коры, напротив, универсальны. Координатные нейроны вместе с клетками направления головы и приграничными

нейронами, которые активны в определенном множестве мест пространства, точно так же активны в аналогичных местах в другой обстановке. Клетки, активные, когда крыса идет в северо-восточном направлении в одной комнате, будут активны и в другой комнате, когда животное будет двигаться в том же направлении. Мозг использует передачу сигналов между всеми этими клетками для навигации в окружающем пространстве.

Из энторинальной коры сигналы идут в гиппокампа, где используются для формирования карт, специфичных для данного конкретного пространства. С точки зрения эволюции наличие двух типов карт, которые, взаимодействуя, направляют животное, дает эффективную систему навигации в пространстве. Координатная сетка, созданная нейронами медиальной энторинальной коры, позволяющая измерять расстояние и направление движения, не изменяется от комнаты к комнате. Клетки места гиппокампа, напротив, формируют отдельную карту для каждой комнаты.

#### Карты сложной местности

Мы еще до конца не понимаем, как работает нейронная система навигации. В подавляющем большинстве наших исследований координатных клеток и клеток места электрическую активность нейронов регистрировали у крыс или мышей, беспорядочно передвигающихся в искусственных коробках с гладким полом без каких-либо внутренних элементов, которые можно было использовать как ориентиры.

Лабораторные условия сильно отличаются от постоянно меняющейся природной среды, которая заполнена различными трехмерными объектами. Экспериментальные упрощения неизбежно приводят к вопросу: когда животные находятся за пределами лаборатории, система клеток места и координатных нейронов работает у них так же?

Помочь разобраться в том, как все функционирует, могут эксперименты в сложных лабиринтах, моделирующих естественную среду обитания животных. В 2009 г. мы записали активность координатных нейронов, когда крысы передвигались по извилистому лабиринту, где в конце каждого прямого участка был резкий поворот, за которым снова следовал ровный проход. Оказалось, что, когда животные были в прямом отсеке лабиринта, активность координатных нейронов, как и ожидалось, образовывала шестиугольную сетку в пространстве, позволяющую измерять пройденный крысой путь. Но когда животное поворачивало из одного прямого отсека в другой,

происходила резкая перемена. В новом отсеке формировалась отдельная координатная сетка — так, как будто крыса оказалась в абсолютно другой комнате.

Дальнейшие исследования показали, что в открытых пространствах, если они достаточно большие, нейронная координатная система разбивается на несколько маленьких карт. Сейчас мы исследуем, как они сливаются, формируя единенную карту среды. Даже и эти эксперименты сильно упрощены, в них мы используем ровные и горизонтальные установки. Эксперименты, проведенные в других лабораториях на крысах и летучих мышах, которые могли перемещаться по всей клетке, показали, что клетки места и клетки направления головы могут работать в любом месте трехмерного пространства; вероятно, что и координатные нейроны тоже.

**В навигационную систему грызунов, а также летучих мышей, обезьян и людей, входят клетки многих разных типов. Существование такой системы в различных систематических группах млекопитающих позволяет предположить, что координатные и другие нейроны, участвующие в навигации, появились на ранних этапах эволюции млекопитающих**

#### Пространство и память

Навигационная система гиппокампа не только помогает животным пройти из точки А в точку В. Помимо информации о местоположении, пройденном пути и направлении движения, поступающей из медиальной энторинальной коры, гиппокамп запоминает и то, что находится в данном месте, например машину или флашток, а также происходящие события. Таким образом, карта пространства, образованная клетками места, содержит не только информацию о местонахождении животного, но и элементы его индивидуального опыта. И это очень похоже на концепцию когнитивных карт Толмена.

Некоторая часть дополнительной информации поступает в нейроны гиппокампа из латеральной энторинальной коры. Объекты и события сливаются с координатами положения животного и в едином виде сохраняются в памяти. Когда мы

впоследствии извлекаем воспоминание, в сознании появляются одновременно и событие, и место.

Такая привязка памяти к месту используется в мнемоническом приеме, придуманном еще древними греками и римлянами. Он называется «метод локусов» и заключается в том, что человек запоминает перечень каких-либо вещей, размещая их вдоль своего мысленного передвижения в каком-то знакомом пространстве, например по определенному ландшафту или зданию, которое принято называть «дворец памяти». Участники соревнований по запоминанию до сих пор пользуются этим методом, когда им надо выучить длинные последовательности чисел, букв или игральные карты.

К несчастью, энторинальная кора — одна из первых структур мозга, страдающих при болезни Альцгеймера. Это заболевание приводит к гибели нейронов. Значимым показателем риска возникновения болезни считается уменьшение объема мозга. Один из ранних симптомов — неспособность найти правильный путь, склонность к дезориентации в пространстве. На поздних стадиях заболевания гибнут уже клетки гиппокампа, что приводит к неспособности вспомнить автобиографические эпизоды или какие-либо понятия, например названия цветов. Кроме того, в недавней работе было показано, что у молодых людей — носителей гена, повышающего риск возникновения болезни Альцгеймера, наблюдаются нарушения в работе системы координатных нейронов. Это открытие может способствовать появлению новых способов диагностики заболевания.

### Большие возможности

Прошло уже более 80 лет с тех пор, как Толмен впервые сделал предположение о существовании мысленных карт окружающего пространства. Сегодня уже ясно, что клетки места — это только один из компонентов сложного образа внешнего пространства, создаваемого мозгом для вычисления местоположения, расстояния, скорости и направления движения. В навигационную систему грызунов, а также летучих мышей, обезьян и людей, входят клетки многих разных типов. Существование такой системы в различных систематических группах млекопитающих позволяет предположить, что координатные и другие нейроны, участвующие в навигации, появились на ранних этапах эволюции млекопитающих, следовательно, представители разных видов будут использовать схожие нервные механизмы для определения местоположения.

Многие из составных элементов толменовской карты уже открыты, и мы начинаем понимать, как мозг создает и использует карты. Формирование представления о пространстве стало одной из наиболее изученных нейронных систем коры

головного мозга млекопитающих. Расшифровывая алгоритмы работы этой системы, мы начинаем разбираться в нейронных взаимодействиях, обеспечивающих мозг способность к навигации.

Однако новые открытия порождают и новые вопросы. Мы знаем, что в мозге есть внутренняя карта, но нам еще надо подробнее разобраться в том, как ее разные элементы работают вместе, создают цельный образ пространства и расположенных в нем объектов, а также как другие отделы мозга используют эту информацию, чтобы принять решение, куда и как надо идти.

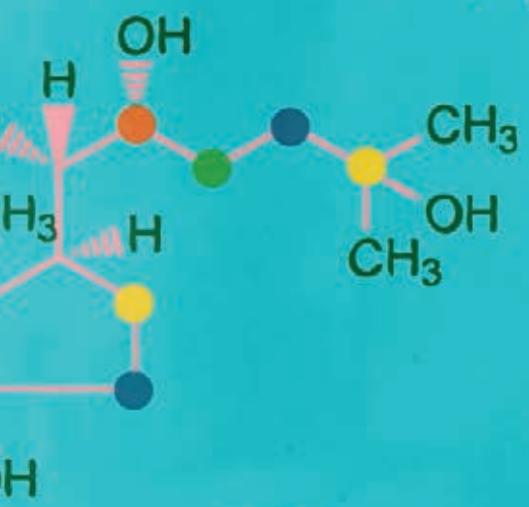
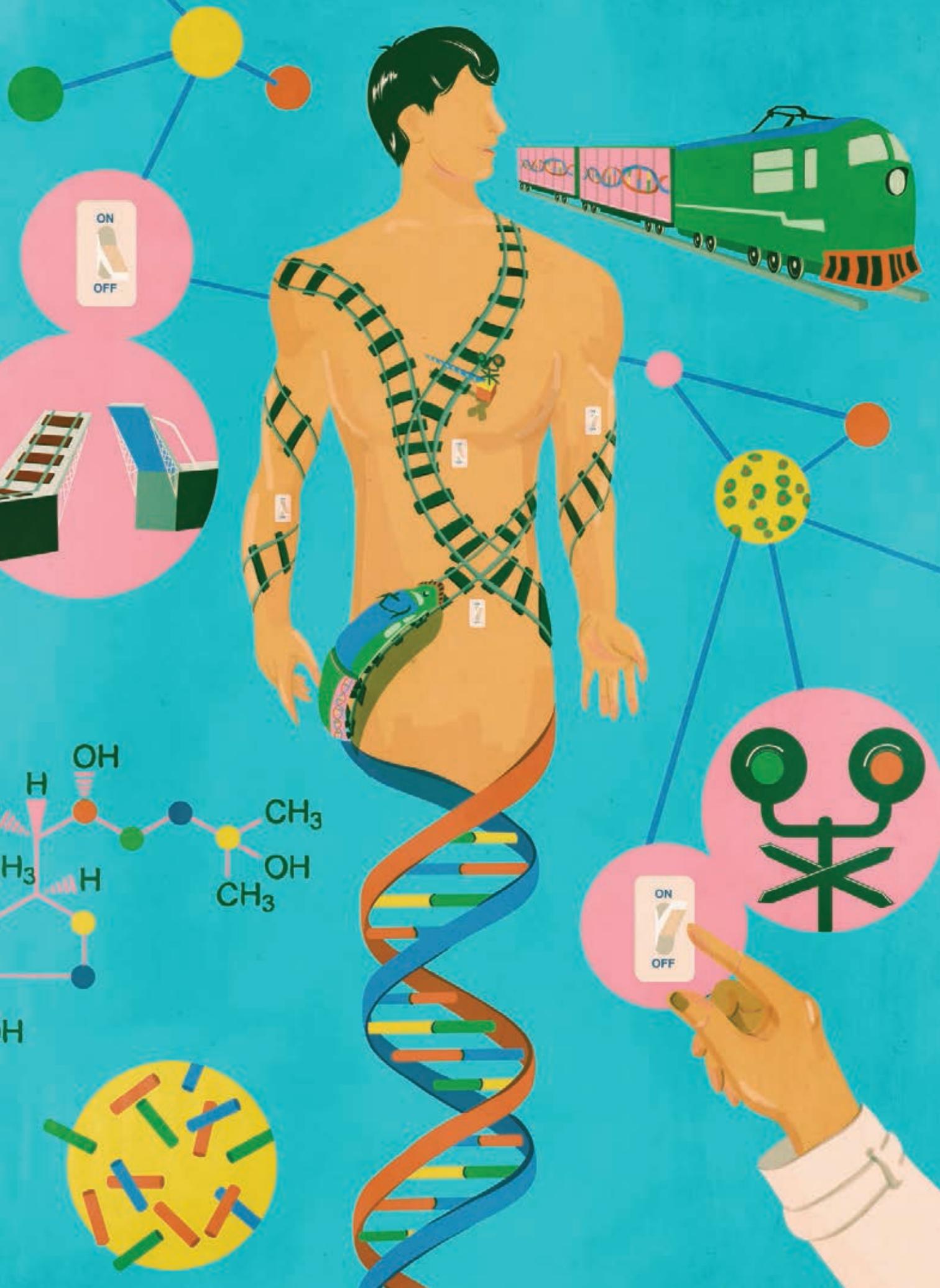
Много и других вопросов. Насколько ограничено пространство, в котором функционируют навигационные системы гиппокампа и энторинальной коры? Работая с грызунами, мы имеем дело с пространствами размером всего несколько метров в диаметре. Работают ли клетки места и координатные нейроны при навигации на больших расстояниях, например когда летучие мыши мигрируют на сотни и тысячи километров?

Наконец, нам интересно, как возникают координатные нейроны, есть ли в развитии животных некий критический период их формирования? Существуют ли клетки места и координатные нейроны у других животных, позвоночных или беспозвоночных? Если окажется, что они есть у беспозвоночных, это открытие будет означать, что система картирования пространства существует уже сотни миллионов лет. Наш мозговой GPS-навигатор обеспечит еще много ценных идей для новых исследований, на проведение которых поколениям ученых потребуются десятилетия. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Grid Cells and Cortical Representation. Edvard I. Moser et al. in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 15, No. 7, pages 466–481; July 2014.
- Grid Cells and the Entorhinal Map of Space. Edvard I. Moser. Nobel lecture, December 7, 2014. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2014/edvard-moser-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2014/edvard-moser-lecture.html)
- Grid Cells, Place Cells and Memory. May-Britt Moser. Nobel lecture, December 7, 2014. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2014/may-britt-moser-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2014/may-britt-moser-lecture.html)
- The Matrix in Your Head. James J. Knierim; *Scientific American Mind*, June/July 2007.
- Видео с супругами Мозер см. по адресу: [ScientificAmerican.com/jan2016/grid-cells](http://ScientificAmerican.com/jan2016/grid-cells)



МЕДИЦИНА



# ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ ГЕНОВ

Создание молекулярных переключателей, которые могут инактивировать встроенные гены, прокладывает путь к более безопасной генной терапии, нацеленной в первую очередь на борьбу с раком

Джим Козубек

**ОБ АВТОРЕ**

**Джим Козубек** (Jim Cozubek) — специалист в области вычислительной биологии, писатель. Живет в Кеймбридже, штат Массачусетс.



Человек в отличие от некоторых насекомых не линяет», — говорит мне Рэндал Керк (Randal J. Kirk). Он удачливый миллиардер с потрясающим чутьем, руководит бизнесом из Уэст-Палм-Бич на юго-востоке штата Флорида, благословенного края пеликанов и зарослей мангровых деревьев. Заработав немалые деньги на самых разных видах деятельности, он в конце концов остановился на биотехнологии и основал компанию, которая занимается разработкой технологий перевода уже известных лекарственных средств в более эффективную и безопасную форму.

Сегодня Керк стал одним из лидеров инвестиций в биотехнологию. Я позвонил ему, вовсе не ожидая услышать нечто новое о каких-нибудь букашках. Но оказалось, что процесс линьки, в ходе которого насекомое создает новый экзоскелет взамен старого, который стал ему мал, обладает рядом очень ценных особенностей, которые можно использовать в генной терапии, по большому счету еще не вышедшей за рамки эксперимента.

Встраивание в геном больного нормальной копии мутантного гена имеет своей целью устранить наследственную аномалию. Гены содержат в закодированном виде инструкции для синтеза разнообразных белков, поэтому включение в геном целевого функционального гена в принципе обеспечивает постоянную поставку в организм больного белка, ген которого несет мутацию и не функционирует надлежащим образом. Но генная терапия

сопряжена с множеством проблем, и одна из них — невозможность встроить ген в нужное место молекулы ДНК с высокой точностью и контролировать его активность (а тем самым — и количество образуемого белка). Это приводит к нежелательным последствиям, в том числе к образованию злокачественных опухолей.

Логичным решением проблемы было бы снабжение встраиваемого гена переключателем, который активировал бы и инактивировал ген по мере необходимости. «Так случилось, — говорит Керк, директор компании *Intrexon*, которая занимается разработкой новых методов генной инженерии, — что некоторые насекомые используют как раз такой переключатель для контроля линьки».

Суть вот в чем. Линька у насекомых — это не процесс, который начинается, а затем почему-либо останавливается. Она либо идет до конца, либо не происходит вообще. Пока не придет время, генетический механизм, управляющий этим процессом, должен оставаться выключенным. Ген, который использует Керк, кодирует гормон экдизон. Будучи встроенным в геном насекомого, он включает целый набор других генов, опосредующих образование нового экзоскелета. Когда линька подходит к концу, содержание экдизона падает до нуля и все участвующие в процессе гены выключаются. Очень важен с позиции специалистов *Intrexon* тот факт, что переключатель в положении «выкл.» не реагирует ни на какие воздействия, т.е. линька не начинается в отсутствие экдизона.

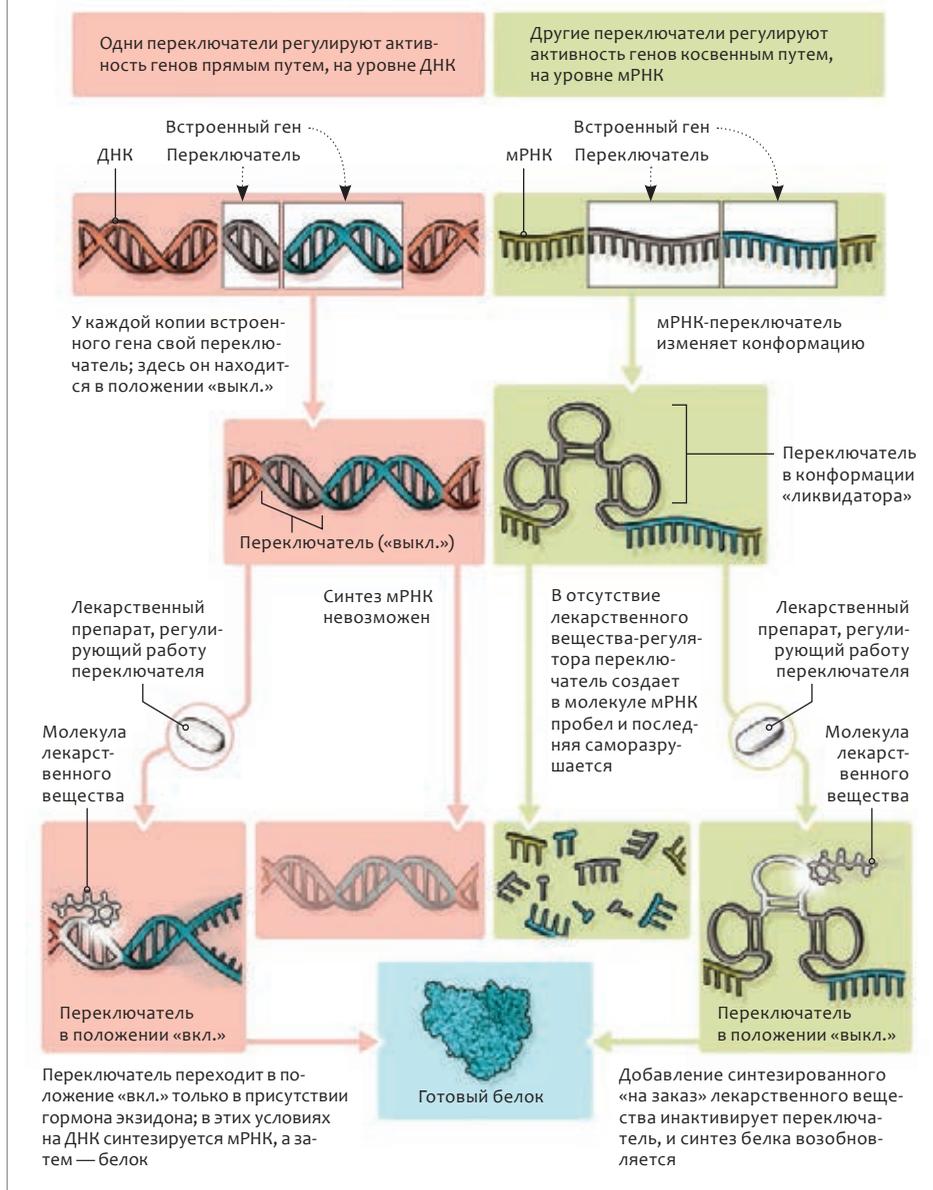
**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Одна из основных проблем генной терапии в ее нынешнем виде — невозможность контролировать активность встроенных генов.
- Выходом из сложившейся ситуации может стать создание молекулярных переключателей, обеспечивающих тонкую настройку активности генов.
- Некоторые переключатели уже прошли проверку на безопасность в ходе клинических испытаний экспериментальной иммунотерапии.

КАК ЭТО РАБОТАЕТ

## Две стратегии регуляции активности генов с помощью лекарственных средств

Одно из основных требований, предъявляемых к генной терапии, — обеспечение оптимальной активности встроенных генов. Если это условие не соблюдается и ген чрезмерно активен, может возникнуть рак. Гены, входящие в состав ДНК, содержат инструкции для синтеза других биомолекул, несущих генетическую информацию, а именно молекул РНК. На одном из видов РНК — матричной — синтезируются белки. Биологические переключатели, над созданием которых работают разные коллективы ученых, апробирующие различные подходы (два из них представлены на рис.), позволят регулировать активность соответствующих генов (и тем самым — количество кодируемых ими белков) либо полностью выключать эти гены.



Ученые из компании *Intrexon* взяли на вооружение эти особенности, чтобы с их помощью попробовать осуществить строгий контроль активности любых генов, включаемых в геном человека. Предположим, что каждый встраиваемый ген снабжен биологическим переключателем, который срабатывает и тем самым активирует терапевтический ген только в присутствии лиганда — экзидона, адаптируемого к физиологическим особенностям человеческого организма. У пациента, получившего препарат-активатор в низкой дозе, активируется лишь небольшое число копий встроенного гена и кодируемый белок синтезируется тоже в небольшом количестве. Если же дозу активатора повысить, то и число активированных генов возрастет, а вместе с этим образуется больше продукта. Чтобы предотвратить всякие неожиданности, предусматривается, что отсоединение лиганда блокирует процесс. Нет экзидона — нет и активации. Кроме того, экзидон не должен влиять на работу других генов, поскольку в норме этот гормон не нужен организму для регуляции генной активности.

В течение последних восьми лет ученые *Intrexon* апробировали свой переключатель на тысячах генов человека и показали, что в лабораторных условиях практически любой из них можно поставить под гормональный контроль с помощью экзидона. Помимо этого группа Керка добавила еще один контрольный механизм, используя промоторы, каждый из которых специфичен для клеток определенного типа.

В результате целевой ген экспрессировался либо только в специфических клетках — нейронах, клетках крови или печени и т.д., либо при заданных условиях, например в окружающих опухоль тканях, обедненных кислородом. Привлечение

дополнительных молекулярных «стражников» снижало вероятность нежелательных воздействий на нецелевые ткани.

Тем временем другая группа биологов взяла на вооружение отличные от описанного выше природные биологические процессы, для того чтобы создать свои генные переключатели и контрольные механизмы. В конце концов возможность встраивания в геном сразу нескольких искусственно контролируемых генов, каждый из которых подчиняется своим командам, приведет к тому, что генная терапия станет высокоэффективной и совершенно безопасной, заняв лидирующее положение в медицине. Предварительные испытания на людях показали, что генный переключатель работает как положено. Пока его применяют в основном в опытах на раковых клетках, и, по-видимому, здесь этот метод и проявит себя в полной мере.



**Займствовано у природы:** гормон экзидон регулирует процесс линьки у многих насекомых, например у бабочек; одна из биотехнологических фирм использует этот гормон в генной терапии для повышения ее безопасности и эффективности

### Первые испытания

Генные переключатели интересуют биологов в первую очередь как инструмент для снижения тяжести последствий противораковой иммунотерапии. Последнюю применяют для усиления ответной реакции организма на химические сигналы, посылаемые опухолью, или для запуска совершенно нового иммунного ответа, более мощного, чем возникающий у пациента естественным путем. Опасность применения этого метода связана с тем, что гиперактивная иммунная система легко выходит из-под контроля, вызывая опасные для жизни воспалительные процессы и потенциально летальное скопление жидкости по всему телу.

Генные переключатели опробованы на небольшом числе тщательно отобранных пациентов с рецидивирующей меланомой. Больному вводят в одну или две опухоли гены, продукты которых ускоряют образование цитокинов — сигнальных молекул (интерферона или различных интерлекинов), которые используются иммунной системой

для борьбы с раком. Предполагается, что уничтожать все точки опухолевого роста нет необходимости: если иммунная система расправляется с одной из них, она отыскивает другие уже самостоятельно.

Цитокины запускают широкий спектр физиологических реакций — от расширения кровеносных сосудов, обеспечивающих доступ иммунных клеток к инфицированной ткани, до активации киллерных *T*-клеток, которые помимо всего прочего разрушают раковые клетки. Но пока достичь успеха в использовании в подобной иммунотерапии наиболее мощных цитокинов, таких как интерлейкин-12 (*IL-12*), не удастся.

Неудача связана отчасти со склонностью *IL-12* вызывать «цитокиновый шторм», при котором иммунная система направляет всю свою мощь на сам организм: у больных резко падает артериальное давление, нарушается работа легких, возникают

проблемы в сердечно-сосудистой системе — и все вместе нередко приводит к повреждению органов и смерти. При этом, по словам Лоренса Коупера (Laurence Cooper), врача-исследователя из Онкологического центра М.Д. Андерсона при Техасском университете и руководителя компании *Ziopharm Oncology*, «тонны научных статей свидетельствуют о его воздействии на микроокружение опухолей. *IL-12* — это чаша Грааля для иммунологии». Таким образом, в единичную опухоль следует вводить как можно больше *IL-12*, но не настолько много, чтобы спровоцировать «цитокиновый шторм». Здесь и может проявиться во всей полноте потенциал генного переключателя.

Введенные в опухоль *IL-12*-гены, снабженные переключателем, распространяются по многим ее клеткам, в том числе и уже имеющимся там клеткам иммунной системы, «подхлестывая» их. Поскольку переключатель активируется только в присутствии соответствующего лиганда, можно повышать уровень цитокина в опухоли, осторожно

увеличивая количество вводимого лекарственного вещества. При первых признаках приближающегося «цитокинового шторма» можно пропустить следующую дозу, устранив тем самым опасность.

*Ziopharm*, сотрудничающая с *Intrexon* в разработке методики цитокиновой терапии, пока довольна полученными результатами. Керк сообщил, что его группа собирается апробировать новый подход на белках немного меньшего размера, чем *IL-12*, надеясь избежать нежелательных последствий малейших отклонений от схемы. «Мы выбрали один из самых "стойких" генов, желая испытать переключатель на прочность». Другими словами, Керк с сотрудниками хотят проверить, действительно ли переключатель, переведенный в состояние «выкл.», остается полностью выключенным.

Результаты двух испытаний на безопасность, проведенных в нескольких медицинских центрах (с участием в общей сложности 40 пациентов), дают основания надеяться на положительный ответ. К сожалению, ни один из участников испытаний не выздоровел, однако нельзя отрицать их пользу: безопасность метода была доказана. Как и ожидалось, у небольшого числа больных появились признаки опасной гиперреактивности, но они исчезли, как только пациенты перестали получать экдизон.

Обнаружились и некоторые свидетельства эффективности методики. В одном из двух испытаний 12 участницам, страдающим раком молочной железы, инъецировали терапевтический ген. Каждая из них перед этим прошла в среднем восемь курсов противораковой терапии, и надежды на излечение оставалось все меньше. По разным причинам оценить эффективность метода удалось лишь для семи пациенток. У четырех из них размеры опухоли уменьшились, а у трех остальных процесс стабилизировался — по крайней мере на время испытаний. Во втором испытании на безопасность с участием 26 пациентов с метастазирующей меланомой, прошедших в среднем по шесть курсов терапии, отмечалось повышение уровня цитокинов и других противораковых агентов. В мае 2015 г. *Ziopharm* приступила к тестированию метода на больных с полиформной глиобластомой, наиболее агрессивной формой опухоли головного мозга.

### Рибопереключатели

Ричард Маллиган (Richard Mulligan) из Гарвардской медицинской школы занимается созданием переключателя другого рода: его подход основан на использовании природных молекул —

небольших РНК под названием «рибозимы». Эти необычные биомолекулы были открыты в 1980-х гг.; как и обычные ферменты, они катализируют различные биохимические реакции. Но большинство ферментов — это белки, а рибозимы — молекулы РНК. Особую ценность для обсуждаемого здесь круга вопросов представляет то, что некоторые рибозимы катализируют расщепление самих себя и побуждают к этому же молекулы, с которыми они связаны.

В конструкциях Маллигана рибозим соединен не с самим целевым геном, а с его мРНК-копией, молекулой, на которой синтезируется соответствующий белок. Вначале Маллиган синтезирует сегмент ДНК, который кодирует саморасщепляющийся рибозим, а затем инъецирует больному эту ДНК и терапевтический белок. В клетке синтетическая ДНК транскрибируется в мРНК; от нее в автономном режиме отщепляется участок, представляющий собой рибозим. Оставшийся сегмент мРНК

## Возможность встраивания в геном сразу нескольких искусственно контролируемых генов, каждый из которых подчиняется своим командам, приведет к тому, что геновая терапия станет высокоэффективной и совершенно безопасной, заняв лидирующее положение в медицине

отсоединяется клеточными ферментами, и дальнейший его синтез прекращается. Все выглядит так, будто ген соответствующего белка выключается.

В 2000 г. Роналд Брейкер (Ronald R. Breaker) с коллегами из Йельского университета показал, как защитить оставшуюся часть мРНК и при этом в случае необходимости выключить синтез белка. Для этого нужно присоединить к рибозиму некую молекулу под названием «аптамер» — своего рода сенсор, активируемый лекарственным веществом. Только в его присутствии сенсор изменяет свою конформацию так, что рибозим утрачивает способность расщеплять мРНК. И тогда на полноразмерной интактной мРНК синтезируется белок. В отсутствие лекарственного вещества, влияющего на сенсор, рибозим и мРНК саморазрушаются.

К 2004 г. Маллиган с коллегами провели множество экспериментов с применением рибозимов-переключателей и тщательно подобранных сенсоров

и продолжают совершенствовать свою методику. Сенсоры можно наделять чрезвычайно высокой специфичностью, последовательно уменьшая частоту нежелательных побочных эффектов. Как и в случае с экдизоном, на мРНК, к которой присоединен рибопереключател, белок синтезируется только тогда, когда пациент принимает соответствующее лекарство.

### Многопрофильные переключатели

Несмотря на то что переключатели единичных генов далеко не совершенны, биологи считают, что недалеко то время, когда рутинными станут многопрофильные переключатели, благодаря которым точность регуляции генной терапии существенно

## Когда-нибудь вместо лекарственных препаратов пациентам будут прописывать молекулярные переключатели различных встроенных генов, срабатывающие в нужном месте в нужное время, вместо того чтобы заполнять весь организм без всякой пользы, а нередко и вызывать серьезные побочные эффекты

возрастет. Весьма плодотворной может стать комбинация генной терапии с использованием переключателей, с одной стороны, и другими противораковыми инструментами — с другой.

Так, Купер из центра Андерсона работает над созданием методики, в которой пара генов с переключателями совмещается с клеточной противораковой терапией. Гены кодируют два вида интерлейкинов, 12 и 15. Как показывают лабораторные испытания, в присутствии *IL-15* мобилизующее действие второго интерлейкина на иммунные клетки усиливается. Третий участник этой схемы — группа генетически модифицированных иммунных клеток, называемых *CART*-клетками. Они превосходят природные компоненты иммунной системы по нацеленности всей своей мощи на опухолевые клетки. Объединив все это в единое целое, Купер существенно повысил прицельность и эффективность терапии. Поскольку переключатели

и их активаторы позволяют подбирать нужную концентрацию *IL-12* и *IL-15* независимо, можно тонко настраивать ход лечения для достижения оптимального результата при минимальном количестве *IL-12*, что уменьшает вероятность возникновения «цитокинового шторма». По словам Купера, при небольшой доле фантазии это новое устройство можно назвать машиной с дистанционным управлением.

Новая технология далека от совершенства, но об ее огромном потенциале можно говорить уже сейчас. Если простое встраивание чужеродных генов, начало которому было положено в 1990-х гг., можно назвать генной инженерией 1.0, то встраивание с переключателем — это генная инженерия 2.0. Когда-нибудь вместо лекарственных препаратов пациентам будут прописывать молекулярные переключатели различных встроенных генов, срабатывающие в нужном месте в нужное время, вместо того чтобы заполнять весь организм без всякой пользы, а нередко и вызывать серьезные побочные эффекты. Сами препараты не будут вырабатываться в гигантских биореакторах на фармацевтических предприятиях. Лекарственное вещество поступит в организм пациента только тогда, когда это нужно, и попадет в нужное место. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Баррик Дж., Брейкер Р. Древние генетические переключатели // ВМН, № 6. 2007.
- Semi-Synthetic Ecdysteroids as Gene-Switch Actuators: Synthesis, Structure–Activity Relationships, and Prospective ADME Properties. Silvia Lapenna et al. in ChemMedChem, Vol. 4, No. 1, pages 55–68; January 2009.
- Small Self-Cleaving Ribozymes. Adrian R. Ferré-D’Amaré and William G. Scott in Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, Vol. 2, No. 10, Article No. a003574; October 2010. <http://cshperspectives.cshlp.org/content/2/10/a003574.long>
- The War on Cancer Is Evolving. Video featuring Laurence Cooper. October 15, 2013. [www.acgftfoundation.org/video/dr-laurence-cooper-war-cancer-evolving](http://www.acgftfoundation.org/video/dr-laurence-cooper-war-cancer-evolving)
- Дополнительную информацию о создании комбинаций переключателей с экспериментальными лекарственными агентами см. по адресу: [ScientificAmerican.com/jan2015/gene-switches](http://ScientificAmerican.com/jan2015/gene-switches)



НАУКА 2.0  
ТЕЛЕКАНАЛ

# ТЕЛЕКАНАЛ «НАУКА 2.0»

Открой для себя мир знаний!

 [vk.com/tvnauka20](https://vk.com/tvnauka20)

 [facebook.com/nauka20](https://facebook.com/nauka20)

 [youtube.com/c/naukatv](https://youtube.com/c/naukatv)

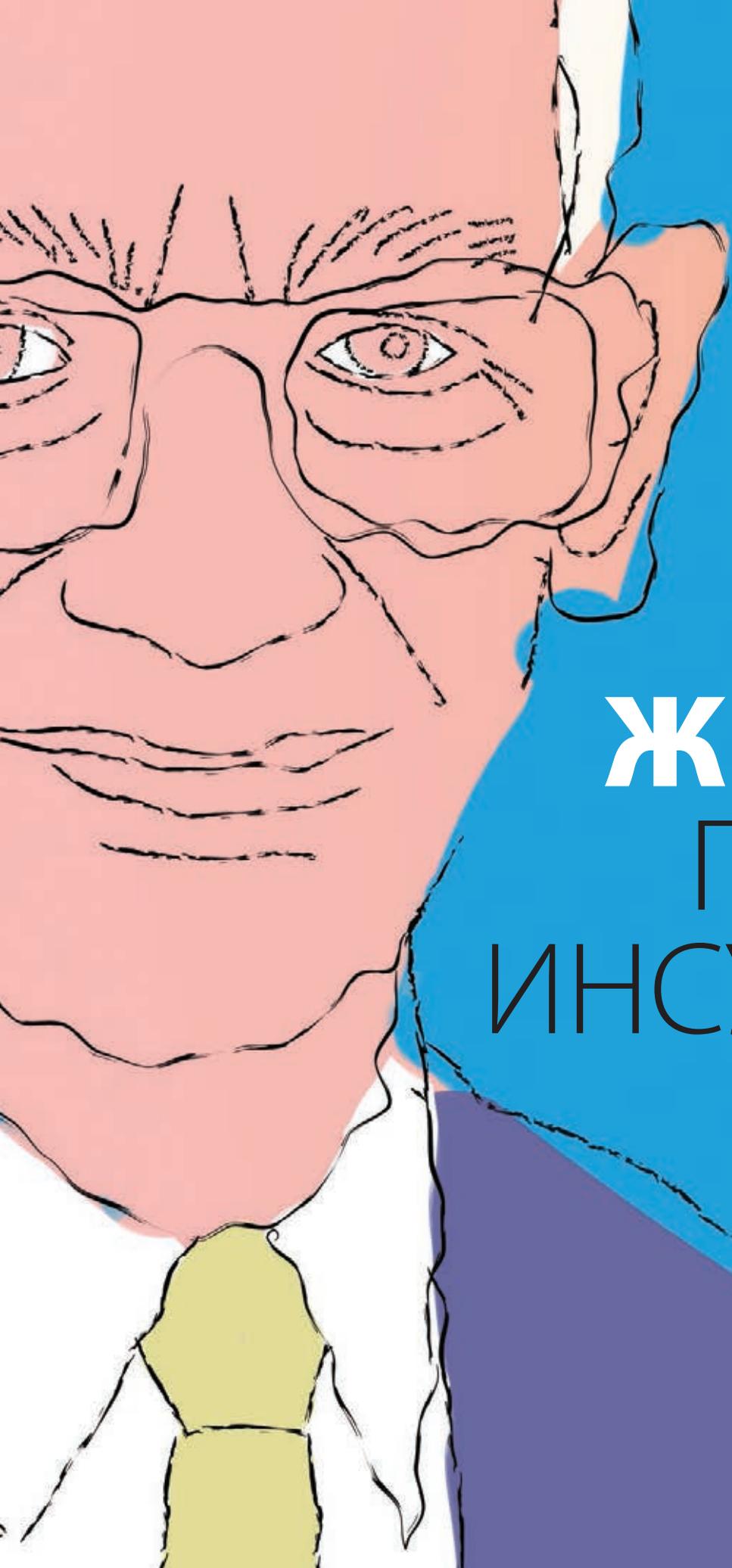
 [naukatv.ru](https://naukatv.ru)

СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



реклама

16+



**ЖИЗНЬ**  
ПОСЛЕ  
ИНСУЛЬТА

Материал предоставлен  
нашими коллегами  
из журнала

# GEHIRN UND GEIST

(Германия)

## Георг Керкхофф, Доротея Кальмбах и Алиша Розенталь

После инсульта у многих пациентов могут возникнуть нарушения в восприятии левой половины пространства и собственного тела. Два новых вида терапии способны восстановить «расколотую» картину мира

### ОБ АВТОРАХ

**Георг Керкхофф** (Georg Kerkhoff) — профессор клинической нейропсихологии Саарского университета, руководитель учебно-исследовательской амбулатории. Автор почти 80 научных работ, в соавторстве написана книга о синдроме одностороннего пространственного игнорирования.

**Доротея Кальмбах** (Dorothea Kalmbach) изучает психологию и работает у Керкхоффа в качестве студента-практиканта.

**Алиша Розенталь** (Alisha Rosenthal) — молодой начинающий психотерапевт на кафедре Керкхоффа.

52-летний полицейский Андреас Гамбах (имя изменено) однажды, проснувшись ночью, заметил, что его левая рука и нога кажутся ему как будто меховыми. Он попробовал встать, но левая половина тела больше не подчинялась ему, и он упал. Его жена, спавшая в соседней комнате, проснулась от шума и обнаружила мужа сидящим на полу и стучащим по нему правой рукой, чтобы разбудить ее. Скорая помощь отвезла его в больницу, где врачи обнаружили разрыв сосуда в правом полушарии мозга. Его экстренно прооперировали.

Жена Андреаса вспоминает первые недели и месяцы в реабилитационной клинике: «Сначала он совсем не ходил, сидел в инвалидном кресле, левая сторона была полностью парализована. Он даже смотреть налево не мог, не замечал никого, кто подходил к нему с этой стороны, ел только с правой стороны тарелки и реагировал на шумы, доносящиеся только справа, поворачивая голову в противоположную сторону. Свои левые ногу и руку он больше не замечал, часто они просто висели, попадая в спицы коляски».

Специалисты называют это нарушение синдромом игнорирования. Такое часто случается после правостороннего инфаркта в кровеносных сосудах среднемозговой артерии. Она обслуживает большие области коры, в том числе боковую лобную, височную и париетальную доли, а также различные субкортикальные структуры, например таламус и островковые области. К синдрому игнорирования также могут привести кровоизлияние в таламусе или в базальных ганглиях справа и в очень редких случаях — нарушения в левом полушарии.

Коротко о главном

## Инсульт

Инсульт — третья по распространенности причина смерти в Германии. Каждый год около 270 тыс. жителей Германии переносят это заболевание. Причина кроется либо в закупорке сосуда (ишемический инфаркт), что приводит к недостаточному поступлению крови в различные участки мозга, либо в кровоизлиянии в ткани головного мозга (геморрагическом инфаркте) из-за разрыва кровеносного сосуда. 60–70% пострадавших после этого получают высокую степень инвалидности и нуждаются в помощи. Одно из серьезных нарушений — синдром пространственного игнорирования, которым страдают от 20 до 30% всех пациентов, перенесших инсульт в правом полушарии головного мозга. Число новых пациентов, столкнувшихся с этой болезнью, насчитывает несколько тысяч в год.

## Одностороннее восприятие

Страдающие этим нарушением не замечают противоположную половину тела или пространства. В первое время положение тела и взгляд чаще всего направлены вправо. В основном нарушение затрагивает несколько органов чувств: зрение, слух, осязание, моторику. Такие пациенты, как Андреас Гамбах, игнорируют импульсы слева от них. При этом глаза, уши и осязание функционируют нормально. Тем не менее восприятие собственного тела и пространства нарушено. Больной может хорошо видеть, но абсолютно не замечать левую сторону; его слух не затронут, но он не реагирует на шум слева. Врачи определяют синдром сенсорного игнорирования в зависимости от симптоматики — визуальной или звуковой. 90% тех, кто страдает от синдрома визуального игнорирования, также имеют проблемы со слухом и осязанием, у них, например, нарушено восприятие тела.

Чтобы понять, как люди с синдромом игнорирования воспринимают мир, исследователи просят их сделать зарисовки. Врачи и нейропсихологи тоже прибегают к этому методу как к диагностическому инструменту. Они кладут перед пациентом, например, изображение цветка, которое он должен переписать. Обычно люди с синдромом игнорирования не замечают левую сторону. То же происходит с чтением: страдающие этим синдромом пропускают множество слов, которые попадают в левый угол зрения.

Левая часть тела также перестает существовать для многих пациентов, они не замечают, не чувствуют левую руку или ногу, как будто они перестают им принадлежать. Врачи называют это телесным игнорированием. Из-за того что одна половина тела становится недееспособной, уменьшаются или пропадают сенсорные впечатления, что усугубляет проблему.

Пациенты на долгое время становятся зависимыми от других людей. Они ударяются о дверные косяки, не могут найти, например, ключ от двери, если он лежит слева, бреют только правую половину лица или расчесывают волосы только с правой стороны. Переход дороги представляет опасность, т.к. больной может не увидеть машины слева.

При этом у них есть ощущение, что они все воспринимают по-прежнему. Отсутствие осознания болезни, так называемая анозогнозия, становится следствием поражения правой теменной доли. Иногда случается, что пациент раздражается на просьбу ухаживающего посмотреть налево. Или его рассеянность приводит к новым синякам. В этом и заключается проблема: тот, кто не признает свою болезнь, не мотивирован на прохождение лечения.

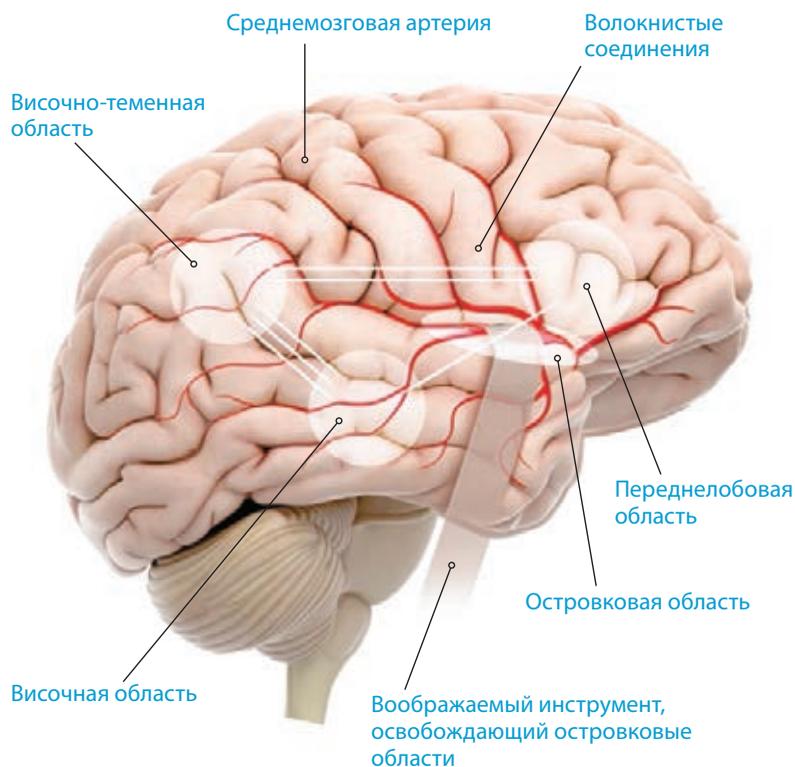
Многие пациенты с повреждениями головного мозга, которые и приводят к синдрому игнорирования, страдают от ряда других симптомов, например паралича половины тела, локальной потери зрения и проблем с концентрацией внимания. Таким образом, не всегда можно определить, по какой причине человек не может двигать рукой — из-за паралича или игнорирования. Хотя синдром можно распознать по рисункам пациентов или по другим тестам, врачи иногда могут его упустить. Это может привести к тому, что состояние пациентов с такими нарушениями, как, например, односторонний паралич, не будет улучшаться, потому что они не делают никаких попыток использовать конечности.

## Основные положения

**1** Пациенты с синдромом пространственного одностороннего игнорирования не замечают левую половину тела и пространства. Причина чаще всего заключается в инсульте в правой средней мозговой артерии.

**2** Исследователи Саарского университета изобрели два новых вида терапии, которые показывают результаты, намного превосходящие стандартное лечение.

**3** Гальваническо-вестибулярная стимуляция дает импульсы в поврежденные участки мозга через электроды, установленные за ушами. При оптокинетической стимуляции пациенты учатся направлять взгляд в утерянную зону видимости и лучше воспринимать левую половину пространства.



## Неврология синдрома одностороннего пространственного игнорирования

Синдром игнорирования чаще всего становится результатом окклюзии сосудов или кровотечения в разветвлениях правой средней мозговой артерии. Прежде всего, она поставляет кровь во внешние области фронтальной, височной, теменной долей, а также в различные подкорковые структуры, в частности в островковые. Почти у всех пациентов с синдромом игнорирования есть поражения в височно-теменной, передне лобовой или височной области коры головного мозга и в островковых областях. Аналогичным образом происходит нарушение, когда в результате инфаркта повреждаются волокнистые соединения, связывающие друг с другом различные области мозга.

### Где моя левая нога?

У большинства пациентов синдром игнорирования пропадает в течение первых шести месяцев после инсульта. У 25–35% он остается. Так, у Андреаса Гамбаха симптомы не купировались. Когда он впервые поступил к нам в учебный исследовательский центр Саарского университета, ему пришлось долгие месяцы пробыть в инвалидном кресле, ведь его левая рука и нога безжизненно свисали вдоль тела. Его односторонний паралич действительно отступил в процессе реабилитации, но поврежденными конечностями он по-прежнему не мог двигать.

«Если мне ничего явно не бросалось в глаза, я мог и не знать, где находится моя рука или нога», — говорит Андреас. Так происходит у многих больных: им тяжело оценить положение левых конечностей.

Эффективных методов борьбы с ошибочным восприятием конечностей или, например, с игнорированием шумов и звуков слева раньше не существовало. Сейчас в нашем институте скорой помощи появились две новые процедуры.

При гальванической вестибулярной стимуляции мы размещаем у пациента за ушами по электроду. Они излучают слабые электрические импульсы, которые ему не заметны, т.к. они ниже порога восприятия. Как показали исследования здоровых людей, эти токи активируют так называемую таламо-кортикальную вестибулярную систему, которая отвечает за то, что мы верно воспринимаем положение

нашего тела в пространстве. Кроме вестибулярного аппарата во внутреннем ухе эта система также включает в себя островковую область, лежащую глубоко внутри коры головного мозга, в частности в височной и теменной долях. Правая средняя мозговая артерия, в чьем венозном русле случается инфаркт у больных с синдромом игнорирования, обслуживает эти области.

Наша рабочая группа в 2013 г. исследовала, влияет ли стимуляция таламо-кортикального вестибулярного аппарата пациентов на их способность определять положение своей руки. Чтобы исключить эффект плацебо, у части респондентов ток не поступал через электроды. Кроме того, мы сравнили восприятие здоровых людей и пациентов с правосторонним полусферическим кровоизлиянием без синдрома игнорирования.

### Ток для поврежденной сети

Респондентам с синдромом одностороннего пространственного игнорирования трудно дается определение положения левой руки. Когда ток через электроды проходит через таламо-кортикальную вестибулярную сеть, пациентам становится легче справиться с этой задачей: более того, они достигают уровня здоровых людей. Эффект сохраняется в течение 20 минут после процедуры. Для сравнения используется «ложная стимуляция». Когда ток не поступает, улучшений у больных не наблюдается.

Андреас Гамбах работал над восстановлением чувствительности в своих левых конечностях по этой методике. Он почти каждый день приезжал к нам в Высшую школу скорой помощи на этот и другие тренинги. Кроме того, мы говорили с ним о его болезни, о повреждениях и необходимой ему в связи с этим помощи.

Со временем ему удалось вновь начать двигать левыми рукой и ногой. Успех мотивировал его на дальнейшее лечение. Несмотря на то что он все еще большую часть времени находился в инвалидном кресле, он мог пройти несколько шагов без посторонней помощи. Во время лечения он начал замечать свою руку. «Теперь он спонтанно хватается левой рукой, когда поворачивается ночью в кровати, — рассказала его жена после нескольких недель терапии. — А еще он двигает левой рукой, когда делает несколько шагов. Раньше он этого не делал».

## **Оптокинетическая стимуляция — наиболее эффективный метод для снижения симптомов синдрома игнорирования. Как показывают исследования, восприятие левой стороны у пациентов в той или иной степени становится лучше — и визуальное, и акустическое, и тактильное**

В следующем исследовании, которое было проведено в 2013 г., мы убедились, что наш метод восстанавливает тактильное восприятие. Для этого респонденты должны были опознать шесть различных материалов, например шелк или наждачную бумагу, когда мы проводили ими по тыльным сторонам обеих кистей. Обычно респонденты не замечали прикосновений к левой руке.

Пациенты с синдромом игнорирования, с которыми мы занимались дважды в течение 20 минут, показывали результаты более чем на 50% превосходящие те, что демонстрировали больные без терапии. «Ложное лечение» не дало никакого результата. Через шесть месяцев мы попросили всех респондентов вернуться в лабораторию. Выяснилось следующее: те, кто ранее получал гальваническо-вестибулярную стимуляцию, находятся в лучшем состоянии. Методика улучшает восприятие тактильных стимулов на продолжительное время. К тем же результатам пришли в 2014 г. психологи под руководством Дэвида Уилкинсона (David Wilkinson) в Университете Кента в Великобритании.

## **Визуальные раздражители у постели больного**

Одна из авторов настоящей статьи, Доротея Кальмбах, изобрела терапию под названием «оптокинетическая стимуляция». Она опирается на тот факт, что люди с сенсорным игнорированием лучше замечают те визуальные раздражители, которые движутся в сторону «слепого» пространства, чем просто статичные. Пациент должен следить за множеством маленьких квадратиков на мониторе, которые движутся влево. Это важно для успешного лечения, поскольку статичное наблюдение оказывается неэффективным.

В исследовании 2013 г., в котором участвовали 50 респондентов, мы сравнили этот метод со стандартной терапией для страдающих синдромом игнорирования — методом диагностической тренировки. Он направлен на улучшение стратегии поиска в утерянном участке поле зрения. Для того чтобы проследить процесс улучшения, мы просим пациентов до и после терапии пройти ряд тестов: они должны, например, зачеркнуть на листе бумаги с числами каждую восьмерку, прочитать текст, разделить пополам горизонтальную линию или определить, откуда раздастся какой-либо звук.

После пяти одночасовых сеансов оптокинетической стимуляционной терапии респонденты показывали лучшие результаты в визуальных и аудиальных заданиях по сравнению с теми, кто прошел стандартные процедуры. Они не улучшают, в частности, способность локализовать шум.

### **Амбулаторная терапия**

После пребывания в больнице и реабилитации нейропсихологи университетов скорой помощи или практикующие врачи начинают терапию. С 2013 г. все страховые медицинские организации берут на себя расходы на лечение у клинического нейропсихолога, если он допущен к практике в качестве психотерапевта и имеет международную квалификацию нейропсихолога Национального союза психотерапевтов. Помимо непосредственной борьбы с болезнью функциональная терапия выводит на первый план борьбу с синдромом игнорирования. Оптокинетическая стимуляция уже получила широкое распространение, гальваническо-вестибулярная пока еще мало используется из-за своей новизны.



Страдают ли люди после инфаркта синдромом игнорирования, нейропсихологи проверяют, помимо прочего, посредством рисунков. Пациенты срисовывают шаблон — и те, у кого есть этот синдром, пропускают левую сторону.

В повседневной жизни дело, конечно, не в том, могут ли пациенты разделить линию пополам. В 2014 г. в рамках исследований мы пытались понять, помогает ли оптокинетическая стимуляция пациентам в быту. Для этого мы проводили на протяжении четырех недель соответствующий тренинг непосредственно у кровати больного. Мы изучали, например, как респонденты до и после лечения обнаруживают вещи, расположенные на столе, или куда они спонтанно бросают взгляд и как долго смотрят. Ухаживающий персонал при этом оценивал степень осознания пациентом болезни и возможности обходиться без помощи.

Те, кто лечился таким образом, справлялись с повседневной жизнью значительно лучше, чем те, кто проходил визуальные диагностические тренировки. Кроме того, эти респонденты лучше осознавали свои нарушения. Пациентам, проходившим другие виды терапии, ранее это не удавалось.

Оптокинетическая стимуляция сегодня — наиболее эффективный метод для снижения симптомов синдрома игнорирования. Как показывают наши многочисленные терапевтические исследования, восприятие левой стороны у пациентов в той или иной степени становится лучше — и визуальное, и акустическое, и тактильное. Кроме того, у тренинга есть еще одно преимущество: нейропсихологи занимаются с лежачими пациентами в самой острой фазе. Индивидуально подобранные уровни сложности помогают избежать разочарования в результатах лечения.

Гальваническо-вестибулярная стимуляция оказывается успешной при телесном дефиците, для которого раньше не существовало эффективного лечения, в частности при неспособности чувствовать конечности, осознавать их положение.

Преимущество метода заключается в том, что он используется без активного участия пациента и поэтому может работать в острой фазе, в которой многие пациенты страдают от анозогнозии.

Андреас Гамбах прошел оба курса лечения. С той ночи, когда он заболел, прошло два года. Между тем он уже вернулся на свою прежнюю работу — на неполный рабочий день в офисе. Подъем по лестнице все еще представляет проблему для него, он иногда неустойчив и устает быстрее, чем раньше, но инвалидная коляска ему больше не нужна. Таким образом, он стал гораздо более независимым. Он снова может ездить на автобусе, и если его просят нарисовать цветок, он рисует обе стороны: и левую, и правую. ■

Перевод: Е.С. Новоселова

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Smooth Pursuit “Bedside” Training Reduces Disability and Unawareness during the Activities of Daily Living in Neglect. A Randomized Controlled Trial. G. Kerkhoff et al. in *Neurorehabilitation & Neural Repair* 28, 2014, p. 554–563.
- Smooth Pursuit Eye Movement Training Promotes Recovery from Auditory and Visual Neglect. A Randomized Controlled Study. G. Kerkhoff et al. in *Neurorehabilitation & Neural Repair* 27, 2013, p. 789–798.
- Galvanic Vestibular Stimulation Improves Arm Position Sense in Spatial Neglect — A Sham-Stimulation-Controlled Study. L. Schmidt et al. in *Neurorehabilitation & Neural Repair* 27, 2013, p. 497–506.
- Now you Feel Both: Galvanic Vestibular Stimulation Induces Lasting Improvements in the Rehabilitation of Chronic Tactile Extinction. L. Schmidt et al. in *Frontiers in Human Neuroscience* 7, 2013, p. 1–11.



На расстоянии более 400 световых лет от Земли располагается звезда *J1407* (вверху слева) «всего» 16 млн лет от роду, в поле тяготения которой находится огромный мир из системы планетных колец, самой крупной из когда-либо виденных. В промежутке между кольцами обитает новорожденный спутник размером с Марс (на переднем плане), до сих пор светящийся за счет тепла, оставшегося с момента его формирования.

ПЛАНЕТОЛОГИЯ

# Кольца супер-Сатурна

У планеты одной из далеких звезд  
Галактики обнаружена гигантская  
система колец, возможно, еще  
и содержащая спутник

Мэттью Кенурти



## ОБ АВТОРЕ

**Мэттью Кенуорти** (Matthew Kenworthy) — профессор астрономии Лейденской обсерватории в Нидерландах. Он изучает планеты у других звезд, а также создает оптические коронографы, которые позволяют получать их изображения. В свободное время печет хлеб и совершает велосипедные прогулки со своей семьей по сельским дорогам Нидерландов.



# М

ногие астрономы занимаются исследованиями в лабораториях институтов и обсерваторий. Но если вы хотите открыть что-то действительно необыкновенное, то лучше отправиться туда, где не так многолюдно и никто не спугнет ваши самые фантастические идеи.

Не случайно один из лучших баров в городе Тусоне, штат Аризона, под названием «1702» (по номеру дома, где он находится) удобно расположился вблизи Стюардовской обсерватории, принадлежащей Аризонскому университету. Именно там мой коллега Эрик Мамажек (Eric Mamajek) из Рочестерского университета продемонстрировал мне нечто, побудившее нас к поискам первой «окольцованной» планеты далеко за пределами Солнечной системы, — задача, потребовавшая для своего решения как новейших телескопов, так и астрономических наблюдений вековой давности. В ходе исследования мы обнаружили не только бóльшую, чем у Сатурна, систему колец, но и нечто похожее на новорожденный спутник планеты.

### Обнаружение колец

Все началось в 2011 г., когда Мамажек со своим аспирантом Марком Пеко (Mark Peaaut) составляли каталог самых молодых ближайших к Земле звезд. Чтобы оценить возраст подпадающих под эту категорию кандидатов, ученые определяли скорость их вращения. Молодые звезды вращаются быстрее, чем старые, а определить параметры вращения можно, наблюдая за появлением и исчезновением на них пятен — более темных, холодных областей на их поверхности.

У одной из представляющих для нас интерес звезд не было имени, а существовало лишь буквенно-цифровое обозначение *ISWASP J140747.93-394542.6*, составленное из названий используемых

для наблюдения за ней приборов и расположения в созвездии Центавр. Сегодня для краткости мы называем ее *J1407*. Эта и другие исследуемые нами звезды находятся слишком далеко, чтобы можно было различить пятна на их поверхности, поэтому Мамажек и Пеко проанализировали так называемую «кривую блеска» *J1407* — график изменения яркости астрономического объекта со временем, наблюдая за едва заметными колебаниями яркости звезды, вызванными кратковременным появлением пятен на ее видимом полушарии. Причиной таких колебаний могло быть также прохождение на фоне звезды какой-нибудь планеты, частично закрывающей ее для земного наблюдателя. Мамажек и Пеко нашли кривую блеска *J1407*

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- У планеты-гиганта, обращающейся вокруг далекой звезды нашей Галактики, астрономы обнаружили систему колец примерно в 200 раз большего размера, чем кольца Сатурна.
- Используя современные наблюдения и архивные данные, профессиональные астрономы и астрономы-любители объединили усилия для более детального изучения этой системы.
- Модельные построения наводят на мысль, что в кольцах движется спутник размером с Марс. Возможно, это будет первый спутник, обнаруженный за пределами Солнечной системы. Дальнейшие исследования этой уникальной системы обещают открытие новых важных деталей, касающихся формирования планет и их спутников вокруг других звезд.

в базе данных исследований, проведенных в рамках проекта *SuperWASP*, участники которого к тому времени обнаружили более 100 «проходящих планет», изучив примерно 31 млн звезд.

Судя по кривой блеска *J1407*, можно было предположить, что это молодая быстро вращающаяся звезда, но график содержал и другую, более загадочную информацию. Даже поверхностного взгляда на кривую блеска *J1407* было достаточно, чтобы увидеть: в 2007 г. эта в общем-то ничем не примечательная звезда в течение многих ночей мерцала совершенно необъяснимым образом, затем потускнела и стала почти невидимой на целую неделю, а потом появилась вновь и снова засияла как обычно. Данные других лет наблюдений за этой звездой не указывают на подобную ее переменность. В 2007 г. это странное событие осталось почти незамеченным, и кривая блеска *J1407* лежала невостребованной в архивах. Но когда в 2011 г. она попала на глаза Мамажеку, он уже был готов к этой встрече.

«Я повесил распечатку кривой блеска на стене в своем кабинете и неделями смотрел на нее, — вспоминал он, когда мы сидели в баре в Тусоне. — Ее странная, необъяснимая форма с загадочными деталями была ни на что не похожа. Что может служить причиной столь быстрых изменений блеска звезды?»

Недолго думая мы начали вместе работать над разгадкой этой тайны. Мы быстро исключили такие очевидные факторы, как проблемы с камерами

*SuperWASP* или плохие условия наблюдений. В любом случае первоисточник таинственного потускнения звезды находился не на Земле.

Вскоре мы пришли к выводу, что вероятнее всего какой-то очень быстро движущийся крупный объект периодически затмевает *J1407*. Судя по частоте затемнений, этот объект проходит на фоне звезды со скоростью 30 км/с, и тем не менее само затемнение длится 56 суток! Это означает, что размер объекта составляет примерно 180 млн км.

Существует масса правдоподобных гипотез относительно его природы. Мы обсуждали их одну за другой и в такой же очередности отвергали. Может быть, это обращающееся вблизи звезды пылевое кольцо? Но вокруг *J1407* отсутствовало характерное инфракрасное свечение, которое исходит от нагретой космической пыли. А возможно, это двойная звездная система, состоящая из красного гиганта и затмевающего его небольшого «компаньона» — белого карлика, нейтронной звезды или черной дыры? Тоже нет; подобная система, как правило, испускает гораздо более мощное рентгеновское излучение, чем мы наблюдали, а *J1407* не похожа на звезду-гигант. Может ли мерцание возникать в результате некоего стечения обстоятельств, например такого: где-то в глубинах космоса между Землей и звездой «плавает» некий объект и временами затмевает ее? А может быть, *J1407* — это сложная тройная звездная система, где размеры одной из звезд-компаньонов достигают 180 млн км? Ни одна из этих версий также

## ТАЙНА СВЕТА И ТЕНИ

### Загадочная диаграмма

Кривая блеска — изменение яркости астрономического объекта со временем — важный инструмент для изучения звезд. Кратковременное резкое увеличение яркости может быть вызвано вспышками на звезде, а временное потускнение — прохождением на фоне звезды ее планеты. Но таких необычных изменений кривой блеска, как у звезды *J1407* в 2007 г. (внизу), астрономы раньше не наблюдали. Нечто странное заставляло звезду то вспыхивать, то меркнуть.

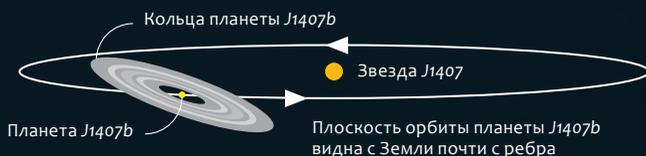
Между двумя периодами яркого свечения блеск звезды *J1407* в течение 56 суток заметно ослабевал. Возможно, это было вызвано прохождением перед ней огромного объекта размером до 180 млн км.

Необычная кривая блеска *J1407*, полученная во время затемнения 2007 г.



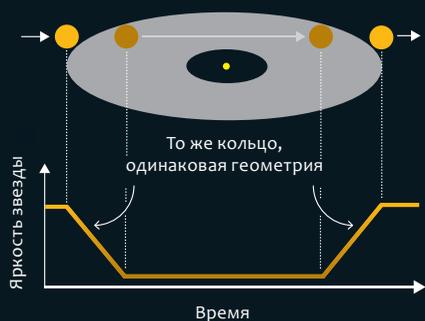
## Построение модели системы колец

Рассмотрев и отвергнув множество кажущихся правдоподобными объяснений странного изменения яркости звезды J1407, астрономы остановились на том, что причина кроется в перекрытии звездного света гигантской системой у невидимой планеты, обращающейся вокруг этой звезды. Для подтверждения гипотезы ученые построили схему затеняющих колец, отталкиваясь от базовой модели идеализированной кривой блеска.



С точки зрения находящегося на Земле наблюдателя прохождение планеты на фоне звезды эквивалентно прохождению звезды за планетой; для простоты здесь изображен именно такой вариант.

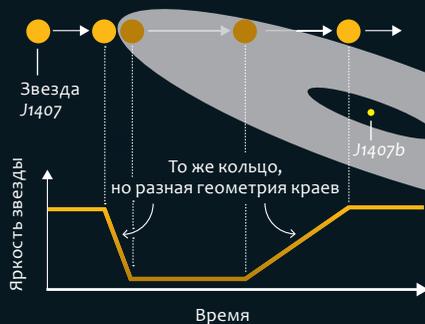
Траектория звезды, проходящей за кольцами



### БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ

Любая система колец планеты представляет собой симметричный набор концентрических эллипсов. Если планета проходит на фоне свой звезды, а линия наблюдения симметрична плоскости колец, то кривая блеска тоже будет абсолютно симметричной. Кольцо, «наплывающее» на звезду, сначала отбрасывает тень передней кромкой, а спустя некоторое время — задней. При таком идеализированном сценарии в силу его симметрии нетрудно подсчитать число колец и составить схему их расположения.

Траектория звезды, проходящей за кольцами



### СИСТЕМА КОЛЕЦ НАКЛОНЕНА

Но в большинстве случаев система будет видна наблюдателю в произвольном ракурсе: в результате форма кривой блеска усложняется. В такой ситуации наклон, число и взаимное расположение колец можно определить с помощью более сложных измерений, которые учитывают такие характеристики, как изменение угла наклона между отрезками кривой блеска.



15 апреля (2007 г.)

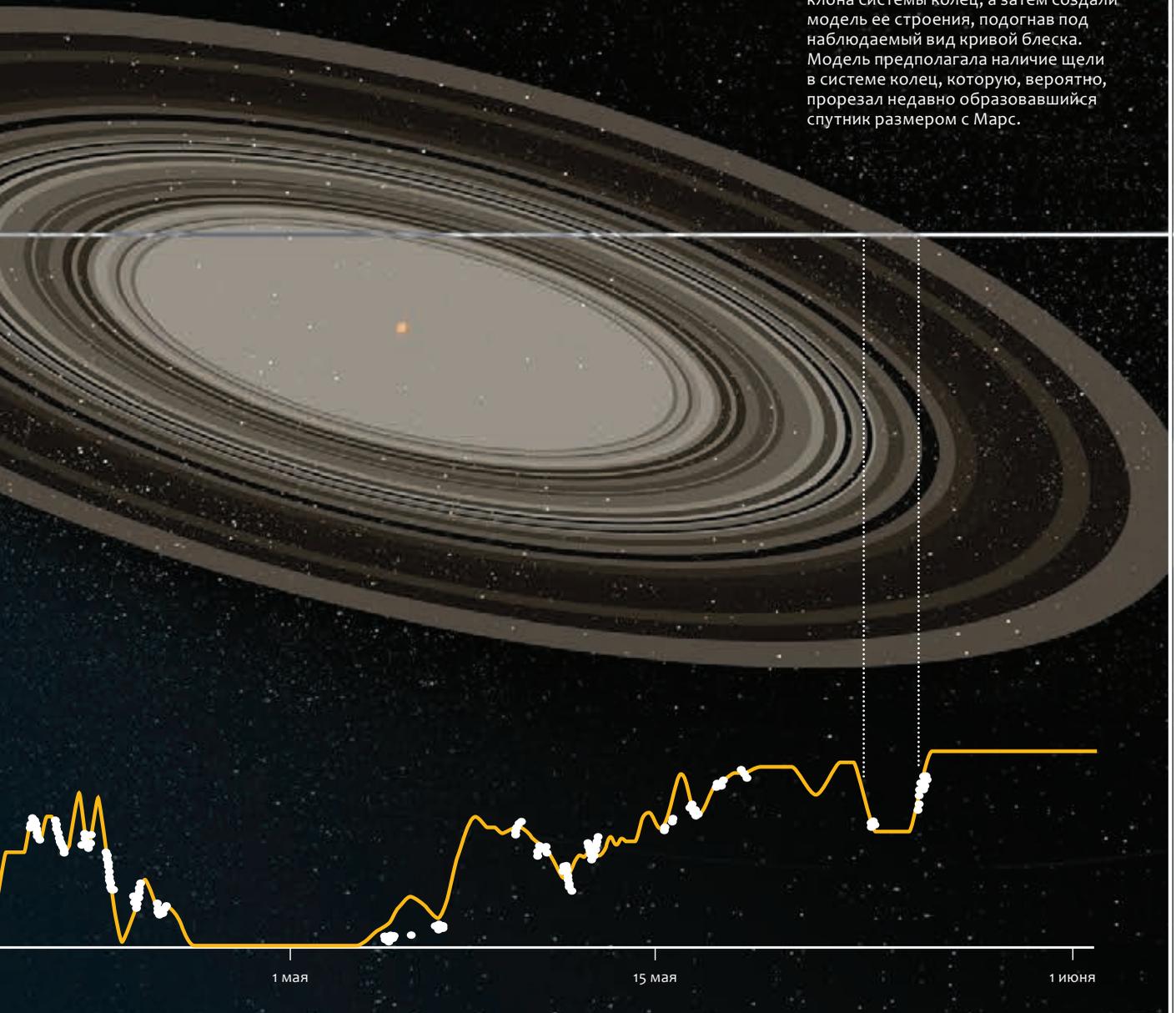
не соответствует имеющимся данным. И наконец, простейшее объяснение, не противоречащее результатам всех наблюдений: причина провалов на кривой блеска — гигантская система колец, примерно в 200 раз превышающая таковую у Сатурна; она вращается вокруг невидимой планеты, которая в 2007 г. прошла между J1407 и Землей.

Но почему именно система колец? Самая поразительная особенность кривой блеска этой звезды — повторяемость деталей: затемнения длились

56 суток, но видимые изменения происходили как минимум каждые 20 минут. Такая скорость наводит на мысль, что огромный затмевающий объект имеет множество подструктур, а близкая к симметричной форма кривой блеска свидетельствует о его кольцевой или эллиптической геометрии. Все очень похоже на хорошо знакомую нам систему колец Сатурна. В таком случае это будет первая гигантская система колец, обнаруженная за пределами Солнечной системы.

**СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ КОЛЕЦ ПЛАНЕТЫ J1407b (внизу):**

Измеряя углы наклона отрезков кривой блеска звезды J1407, автор с коллегами сначала оценили величину наклона системы колец, а затем создали модель ее строения, подогнав под наблюдаемый вид кривой блеска. Модель предполагала наличие щели в системе колец, которую, вероятно, прорезал недавно образовавшийся спутник размером с Марс.

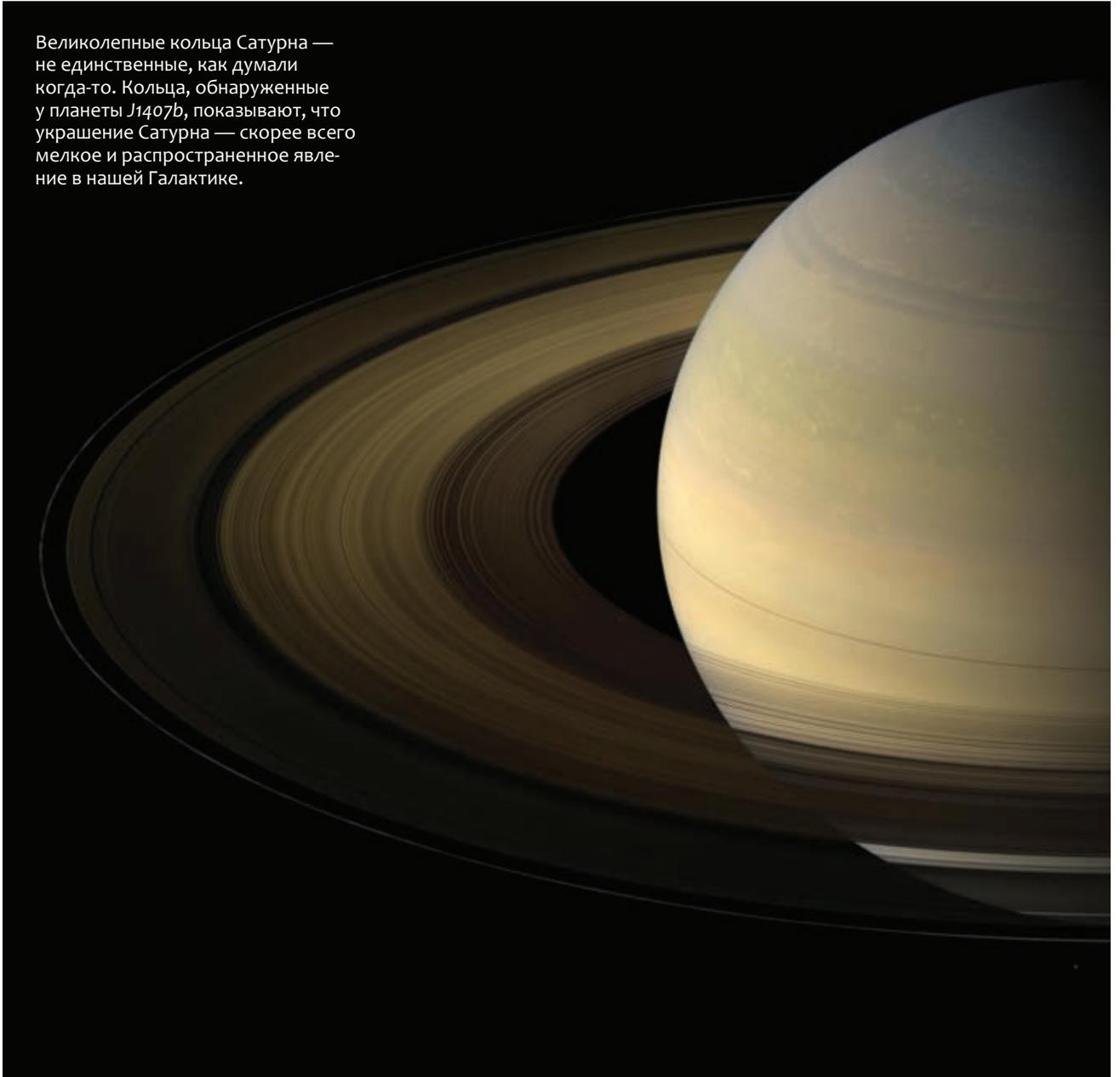
**Поиски планеты**

Такую гигантскую систему колец должна удерживать гигантская планета (мы присвоили ей номер J1407b). К ее поискам мы и приступили, используя новейшие приборы двух самых больших наземных обсерваторий: десятиметровый телескоп Кек II на о. Гавайи и Очень большой телескоп (VLT) в Чили.

Даже самые крупные и яркие планеты гораздо тусклее, чем звезды, вокруг которых они

обращаются. Но по звездным меркам J1407 очень молода — по оценкам, ей всего 16 млн лет, и любая находящаяся поблизости газовая планета-гигант должна была бы испускать мощнейшее инфракрасное излучение. Если исходить из удаленности J1407 от нас, то ее предполагаемый спутник, если смотреть на него в мощный телескоп, окажется на расстоянии от звезды всего примерно в 50 миллисекундах дуги, — это эквивалентно расстоянию между стойками ворот на футбольном поле, если

Великолепные кольца Сатурна — не единственные, как думали когда-то. Кольца, обнаруженные у планеты *J1407b*, показывают, что украшение Сатурна — скорее всего мелкое и распространенное явление в нашей Галактике.



взглянуть на них с поверхности Луны. Несмотря на все наши старания, увидеть планету не удалось.

Два года мы пытались обнаружить ее по характерному периодическому смещению в движении звезды, вызванному обращением вокруг нее этой невидимой планеты. Для еженощного наблюдения за изменением блеска *J1407*, с тем чтобы заметить его уменьшение, свидетельствующее о начале очередного затемнения, мы подключили к работе профессиональных астрономов и астрономов-любителей, в том числе Американскую ассоциацию наблюдателей переменных звезд.

Результаты были нулевыми, но это не означало, что планеты не существует; будь она даже в 12 раз

массивнее Юпитера, ее легко можно было не заметить. Кроме того, возможно, мы вели наблюдения в неудачное время — когда планета находилась за своей звездой и была невидима для нас. И даже в таком случае отсутствие результатов не давало нам права исключать некоторую вероятность того, что причиной потускнения *J1407* были менее массивные звезды-компаньоны.

### Кольца открыты

Несмотря на все этот разброд и шатания, мы постепенно продвигались вперед, пытаюсь догадаться, какова архитектура колец, которые, по нашим предположениям, вращались вокруг *J1407b*. Месяцами наша команда трудилась над разработкой

компьютерных моделей, которые могли бы извлечь из кривой блеска *J1407* какую-то информацию о составе и трехмерном строении этих колец.

Во время одной из бесед с коллегами нас осенило: даже если мы не знаем точное число колец и их расположение, резкие изменения крутизны кривой блеска могут дать ключ к пониманию общей геометрии системы колец, в частности ее выстраивание относительно звезды. С помощью этой дополнительной информации мы смогли завершить создание компьютерной модели системы колец и построить искусственную кривую блеска, основанную на ряде гипотез относительно особенности колец и углах их наклона. В одной из наших конфигураций «проседания» и подъема яркости совпали с таковыми на кривой блеска звезды!

Вооруженные этими знаниями, мы представили систему колец таким образом, что каждый отрезок кривой блеска соответствовал кольцам, находящимся на определенном расстоянии от планеты *J1407b*. Каждое изменение крутизны кривой соответствует началу или окончанию прохождения колец через меридиан на фоне звезды. Подсчитав все точки перегиба на кривой, мы обнаружили по крайней мере 24 кольца, хотя с учетом пробелов, связанных с тем, что временами условия наблюдений были неблагоприятными, их должно быть не менее 100.

Нам посчастливилось наблюдать систему колец *J1407b* на стадии ее эволюции. Чтобы понять почему, рассмотрим знакомый нам Сатурн и эволюцию его системы колец. Издалека они кажутся сплошными, но это иллюзия. На самом деле кольца состоят из ледяных частиц, движущихся вокруг планеты по концентрическим орбитам. Эти частицы, слипаясь, образуют крошечные луны — маленькие естественные спутники, движущиеся внутри колец вблизи их внешней кромки. Считается, что когда-то у Сатурна было больше колец, но под действием взаимной гравитации небольшие частицы на границе системы соединились и постепенно образовали хорошо знакомые нам многочисленные спутники Сатурна. Такая череда событий, по-видимому, была впечатляющей и скоротечной — любой астроном был бы счастлив жить в то время, когда протекал этот процесс.

По-видимому, сейчас система колец *J1407b* претерпевает такие же превращения, через которые когда-то прошел Сатурн. Наша модель предполагает, что в системе имеется большая щель, которую образовало нечто, не наблюдавшееся никогда ранее: новорожденный спутник (экзоспутник), обращающийся вокруг *J1407b*. По нашим расчетам, этот спутник совершает один оборот вокруг планеты за два года, а по массе, вероятно, сравним с Марсом. И хотя наличие такой большой щели само по себе не может служить бесспорным свидетельством существования экзоспутника, если

*J1407b* и ее кольцевая система окажутся реальностью, то эта щель будет лучшим на данный момент указанием на существование столь неуловимых и давно выискиваемых объектов.

Складывающийся образ этой экзотической динамической системы производит ошеломляющее впечатление. Глядя на нее снаружи, мы увидели бы ослепительно яркое сияние звезды, почти полностью затмевающее слабое свечение ее более холодной (но все же раскаленной докрасна) планеты. Приблизившись к планете сверху, мы заметили бы кольца — яркие волны на темном фоне глубокого космоса, расходящиеся во все стороны от нее. Плоскость колец омывали бы волны вещества, поднимаемые разлетающимися веером обломками сталкивающихся ледяных глыб. Некоторые волны разбивались бы о кромку огромной щели, которую проделала между двумя кольцами самая крупная глыба — естественный спутник (луна) размером с Марс.

Если орбита этого спутника немного не совпадает с плоскостью кольца, то, стоя на его поверхности, мы увидим над головой множество дуг — сегментов колец. А если спутник окружен атмосферой, то влетающие в нее частицы вещества (кольца) будут сгорать под действием трения, расчерчивая небо великолепным метеорным дождем. На расстоянии планета *J1407b* будет выглядеть как маленький драгоценный камень посреди моря ослепительно яркого света, рассеиваемого кольцами, которые пересечены темными поясами облаков и сияют, как раскаленные угли.

Эта картина для астрономов — нечто гораздо большее, чем просто восхитительное зрелище. Газовые планеты-гиганты, обращающиеся на близком расстоянии от своих звезд, — наиболее простые для обнаружения миры за пределами Солнечной системы, но, поскольку у них нет твердой поверхности, условия там вряд ли пригодны для жизни. Совсем другое дело — крупные спутники, обращающиеся вокруг таких планет: они могут иметь твердую каменную поверхность, на которой есть вода, что вполне пригодно для существования жизни. Судя по тому, как устроена Солнечная система, наша Галактика изобилует триллионами крупных спутников, обращающихся вокруг планет-гигантов. Если подтвердится, что у планет-гигантов вне Солнечной системы есть спутники, то вероятность существования мест, пригодных для жизни, значительно возрастет.

Поисками экзоспутников уже много лет занимаются небольшие коллективы астрономов-энтузиастов. Они полагаются в основном на косвенные свидетельства — явления, которыми сопровождается движение планет-хозяев. Прохождение планет на фоне звезд вызывает периодическое потускнение последних — это то, что мы видим; но множество крупных не наблюдаемых нами

экзоспутников приводят к дополнительным изменениям графика затемнений. Астрономы, например Дэвид Киппинг (David Kipping) из Колумбийского университета, пытались обнаружить признаки существования экзоспутников по деталям на кривых блеска экзопланетных систем, найденных спутником NASA «Кеплер», который оснащен сверхчувствительным фотометром. Пока таким способом не удалось обнаружить ни одного экзоспутника. Но высокая вероятность их наличия у *J1407b* дает основания полагать, что эти поиски рано или поздно увенчаются успехом.

Пока же как сама планета, так и ее спутник остаются лишь гипотетическими объектами. Крупнейшие телескопы и самые чувствительные наземные приборы не смогли найти неопровержимых доказательств их существования. Но можно попытаться обнаружить их в архивных данных, собранных с помощью гораздо менее совершенных технологий за предыдущие годы, — например, в коллекции Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики.

### Назад в будущее

В этом центре работают множество исследователей, в его лабораториях всегда полно людей, которые занимаются анализом данных, полученных с помощью космических телескопов, пишут статьи, проводят модельные эксперименты и ведут дискуссии. Всего в нескольких метрах от этого довольно светлого места расположено Гарвардское хранилище фотопластинок, пристанище тишины и спокойствия: кирпичный флигель, куда допускаются немногие. В одном его крыле на трех этажах размещаются полки, от пола до потолка набитые кипами больших бумажных конвертов. Это напоминает магазин подержанных пластинок, но вместо виниловых дисков здесь хранится более полумиллиона фотопластинок, полученных из разных обсерваторий, — четверть всех астрономических фотопластинок в мире. Они охватывают наблюдения ночного неба, проведенные в течение целого столетия.

Теперь эти пластинки отсканированы в рамках проекта «Цифровой доступ к веку наблюдений неба в Гарварде» (*Digital Access to a Sky Century @ Harvard, DASCH*), цель которого состоит в оцифровке и загрузке в главный компьютер всей информации, хранящейся на этих хрупких стеклянных слайдах. Мы обнаружили присутствие *J1407* более чем на 700 из них; изображения были получены в период с 1901 по 1984 г. С помощью этих данных мы сможем узнать и о других затемнениях, следовательно определить, когда произойдет следующее.

По нашим предположениям, в лучшем случае это случится в следующем десятилетии. Между тем мы продолжаем поиски достоверных подтверждений существования планеты *J1407b* с ее системой колец и обратились к астрономам всего мира

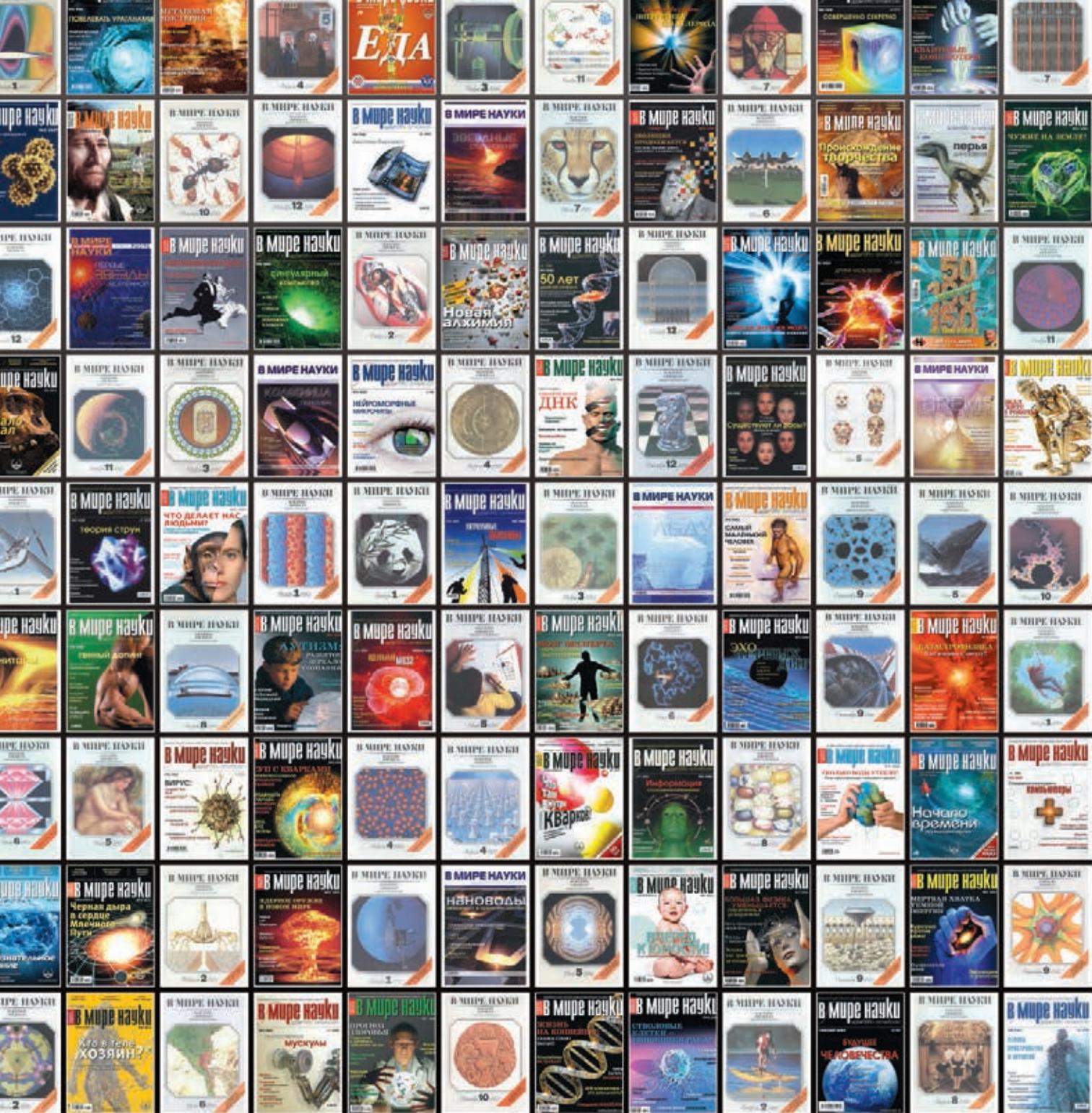
с просьбой еженочно наблюдать за объектом. Они высматривают потускнения в сиянии звезды, указывающие на то, что самые удаленные кольца начинают проходить на ее фоне. В это время можно выполнить множество наблюдений, дающих информацию о деталях строения колец. Когда кольца проходят перед звездой, мы можем с помощью спектрографов самых крупных в мире телескопов уловить часть излучения звезды, прошедшего сквозь кольца и вблизи них, что позволит определить их химический состав и его изменение по мере удаления от звезды. Примечательно, что *J1407* — это относительно яркая звезда, которую можно увидеть, находясь в Северном полушарии, и за которой легко вести наблюдения — так что астрономы могут следить за изменениями блеска звезды в реальном времени даже в небольшие телескопы, что позволит составить полную 24-часовую картину происходящего.

Глубокое погружение в гигантскую систему колец *J1407b* — это лишь начало обширных исследований, направленных на изучение процесса формирования Солнечной системы. По-видимому, вокруг новорожденных планет-гигантов образуются околопланетные диски, которые уплотняются, формируя спутники и кольца, и мы надеемся обнаружить не одну такую систему по теням, которые они отбрасывают через всю Галактику. Теперь, когда мы знаем, что ищем, есть надежда найти другие гигантские системы колец и экзоспутников, подобные тем, которые существуют вокруг *J1407b*. Мы с коллегами уже прочесываем новую базу данных в поисках признаков «окольцованных» планет в других мирах. Возможно, в скором времени серьезную конкуренцию гигантской системе колец Сатурна составят подобные системы у планет, обращающихся вокруг других звезд. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Биллингс Л. Поиск жизни на далеких лунах // ВМН, № 3, 2014.
- Хеллер Р. Лучше, чем Земля // ВМН, № 3, 2015.
- Биллингс Л. В поиске других Юпитеров // ВМН, № 1–2, 2016.
- Planetary Construction Zones in Occultation: Discovery of an Extrasolar Ring System Transiting a Young Sun-like Star and Future Prospects for Detecting Eclipses by Circumsecondary and Circumplanetary Disks. Eric E. Mamajek et al. in *Astronomical Journal*, Vol. 143, No. 3, Article No. 72; March 2012.
- Modeling Giant Extrasolar Ring Systems in Eclipse and the Case of *J1407b*: Sculpting by Exomoons? M.A. Kenworthy and E.E. Mamajek in *Astrophysical Journal*, Vol. 800, No. 2, Article No. 126; February 20, 2015.
- Видеоролик о процессе построения схемы колец см. по адресу: [ScientificAmerican.com/jan2016/exorings](http://ScientificAmerican.com/jan2016/exorings)



## Хотите знать о науке больше?

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

**В мире науки**  
 SCIENTIFIC AMERICAN

**Архив**





АСТРОНОМИЯ

Давние напряженные отношения между тремя группами астрономов поставили под удар осуществление самых дерзких и масштабных проектов в наземной астрономии

Кэти Уорт

В течение 15 лет три конкурирующие группы астрономов преследовали одну цель: строительство крупнейшего на Земле телескопа. Огромные сооружения для наблюдения за звездами будут в три раза превышать по размерам сегодняшние самые большие оптические телескопы и окажутся настолько мощными, что позволят фотографировать планеты, обращающиеся вокруг других звезд, и заглянуть в самые дальние уголки Вселенной, совершив путешествие в прошлое и приблизившись к временам Большого взрыва.

Существуют три варианта этой обсерватории мечты: Гигантский Магелланов телескоп (ГМТ), который спроектировал консорциум, включающий Институт науки Карнеги; Тридцатиметровый телескоп (ТМТ), разработанный совместными усилиями специалистов Калифорнийского технологического института, системы Калифорнийских университетов и других; а также Европейский чрезвычайно большой телескоп (*European Extremely Large*

## ОБ АВТОРЕ

**Кэти Уорт** (Katie Worth) — обозреватель телевизионной программы *Frontline* телеканала WGBH в Бостоне. Интересуется политикой, наукой и их неизменным влиянием друг на друга.



*Telescope, E-ELT*), созданный международным объединением астрономов государств Европейского союза, Швейцарии и Бразилии (Европейской южной обсерваторией, *European Southern Observatory, ESO*). Строительство всех трех объектов обойдется примерно в \$4 млрд, но пока финансирование осуществляется не в полном объеме — не в последнюю очередь под влиянием научного сообщества. Сегодня для наблюдения за небом можно было бы построить один гигантский телескоп, а вместо этого частично собранное оборудование дожидается доставки на три простаивающие строительные площадки.

Скорее всего на завершающей стадии строительство всех этих телескопов будет идти ни шатко ни валко, а их введение в эксплуатацию произойдет где-то в 2020-х гг. с отставанием от графика и превышением бюджета.

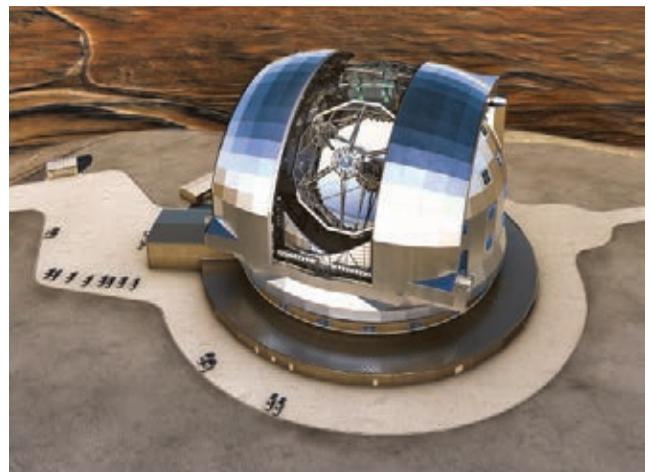
Как же так получилось? Почему три разных проекта, направленных на решение одной задачи, ведут друг с другом борьбу за финансирование? И что мешает им объединить усилия, чтобы уменьшить вероятность общего провала?

Эти вопросы возникали неоднократно, в частности, об этом говорила группа экспертов, обсуждавших федеральное финансирование двух из этих объектов. Множеству специалистов задавали один и тот же вопрос: почему бы вместо трех рискованных проектов не осуществить один или два? Почти все соглашались с тем, что человечество оказалось бы гораздо ближе к появлению огромных обсерваторий следующего поколения, если бы конкуренты не отказывались работать совместно. Соперничество началось еще в первом десятилетии XX в. и с годами лишь усугублялось. Здесь были и личные конфликты, и недоразумения, и конкуренция технологий, и охватившая всех участников обида.

## Тщетные усилия

Эта история началась в 1917 г., когда честолюбивый астроном, директор обсерватории Джордж Эллери Хейл (George Ellery Hale) представил научной общественности нечто совершенно новое — стодюймовый (2,54-метровый) оптический телескоп.

В деле сооружения телескопа размер имеет большое значение: чем больше его зеркало, тем дальше он видит. Новый телескоп, возведенный на горе Маунт-Вилсон в округе Лос-Анджелес, был настоящим гигантом по сравнению со всеми другими. Революционное увеличение размеров быстро привело к революционным результатам. С его помощью Эдвин



Хаббл (Edwin Hubble) обнаружил, что наша Галактика — лишь одна из многих, а затем получил свидетельства того, что Вселенная расширяется.

Но Хейлу этого было мало. Ему требовался 200-дюймовый (пятиметровый) телескоп.

2,5-метровый телескоп построила и ввела в эксплуатацию организация, названная впоследствии Вашингтонским институтом Карнеги. Ее

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Сегодня на стадии строительства находятся три чрезвычайно больших телескопа; их ввод в эксплуатацию намечен на 2020-е гг.
- Каждый из этих телескопов оборудован зеркалом диаметром около 30 м. Такие огромные зеркала позволят астрономам заглянуть в глубины космического пространства и получить снимки беспрецедентной четкости.
- Несмотря на мощный научный потенциал, все три проекта испытывают финансовые трудности, что вызывает обоснованные нарекания: зачем одновременно строить три гигантских телескопа вместо одного или хотя бы двух? Ответ уходит своими корнями во времена создания первых больших телескопов в начале XX в., когда началась конкуренция между проектами.

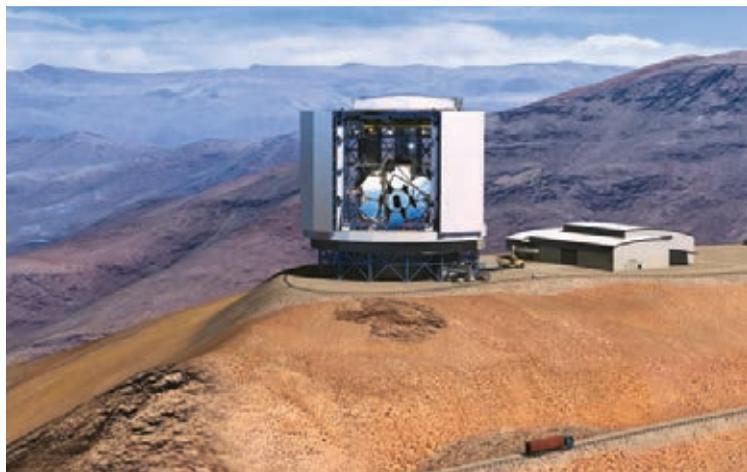
основал крупный сталепромышленник и филантроп Эндрю Карнеги (Andrew Carnegie). Карнеги не собирался тратить еще миллионы на новый телескоп, поэтому Хейл обратился со своим проектом к организации, основанной конкурентом Карнеги, нефтяным магнатом Джоном Рокфеллером. В 1928 г. тот собственноручно санкционировал строительство пятиметрового телескопа, выделив на это грант в размере \$6 млн, — в то время самая крупная сумма, пожертвованная на научный проект.

Но была одна проблема: опытом и квалификацией по строительству нового телескопа обладали только астрономы Института Карнеги, а Рокфеллер не желал финансировать деятельность благотворительной организации своего давнего конкурента. «Это было просто невозможно, — говорит историк науки Роналд Флоренс (Ronald Florence), автор книги «Совершенная машина» (*Perfect Machine*), повествующей о создании пятиметрового телескопа. — Ситуация существенно осложнилась».

Но Хейл ошибался. По словам Флоренса, эта сделка привела в бешенство президента Института Карнеги Джона Мерриама (John Merriam), посчитавшего ее аферой. Он сделал все для свертывания проекта, запретив сотрудникам Института Карнеги содействовать его осуществлению, и настаивал, чтобы Фонд Рокфеллера держался подальше. В отчаянии Хейл позвонил дипломату Илайхью Руту (Elihu Root), давнему другу как Рокфеллера, так и Карнеги. Используя свой авторитет, Рут убедил Мерриама, и тот в итоге поставил свою подпись под проектом.

Но разногласия только начинались: Мерриам был все еще зол и в течение нескольких лет пытался вырвать бразды правления у Калтеха. В конце концов недоверие стало взаимным.

После выхода Мерриама на пенсию конфликтующие стороны пришли наконец к непростою перемирию. Фонд Рокфеллера предложил Калтеху быть владельцем телескопа, когда в 1949 г. он откроет свой 16-футовый (пятиметровый) «глаз», но право эксплуатировать его останется за Карнеги.



**Стеклянные Гигантыю:** Тридцатиметровый телескоп (вверху слева) и Гигантский Магелланов телескоп (справа) по размеру будут почти одинаковыми; более крупный Европейский чрезвычайно большой телескоп (на предыдущей странице) станет обладателем зеркала почти в 40 м

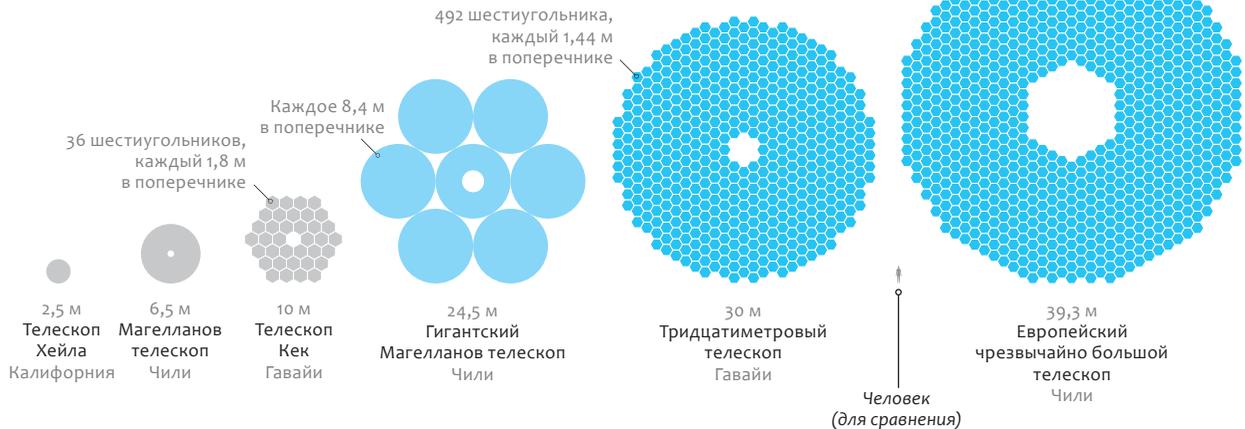
Решение предложил Хейл: Рокфеллер выделит деньги на телескоп в качестве подарка Калифорнийскому технологическому институту (основан в 1891 г.), который располагался всего в трех километрах от штаб-квартиры обсерватории Карнеги в Пасадине, штат Калифорния. Калтех в то время был так мал, что среди его сотрудников не было ни одного астронома, не говоря уж о кафедре астрофизики. Тем не менее Фонд Рокфеллера выделил деньги на сооружение нового телескопа Хейла и Паломарской обсерватории в округе Сан-Диего, которой он должен был принадлежать. Хейл надеялся, что руководство Калтеха сочтет работу на таком великолепном приборе для наблюдения за звездами чрезвычайно интересной и примет участие в разработке нового телескопа.

Сложные отношения между двумя коллективами неминуемо сказывались на науке, особенно после того, как в начале 1960-х гг. американский астроном голландского происхождения Мартен Шмидт (Maarten Schmidt) открыл «квазизвездные» (похожие на звезды) объекты — квазары. Хотя поначалу квазары приняли за тусклые звезды, дальнейшие исследования показали, что это одни из самых ярких астрономических объектов видимой Вселенной, находящиеся в самых дальних ее уголках. Эти загадочные тела очень быстро стали объектами пристального внимания астрономов, и между Калтехом и Институтом Карнеги началась борьба за доступ к самому большому в мире телескопу.

В 1979 г., после полувека конфликтов, Калтех предпринял попытку положить конец совместной

## Большой, еще больше, самый большой

С тех пор как в 1917 г. появился первый гигантский 2,5-метровый телескоп Джорджа Эллера Хейла, размеры этих приборов многократно увеличились. Теперь телескоп Хейла кажется карликом рядом с двумя десятиметровыми телескопами-близнецами Обсерватории Кека и даже более скромными 6,5-метровыми Магеллановыми телескопами. Гиганты завтрашнего дня (синий) будут оснащены 40-метровыми зеркалами. Их построят не ранее 2020-х гг., но астрономы уже подумывают об их преемниках — стометровых телескопах.



опеке Паломарской обсерватории. «Развод» был крайне болезненным и вынес на поверхность все личные противоречия. Позднее Аллан Сэндидж (Allan Sandage), легендарный астроном из Института Карнеги, который осуществил главную работу своей жизни в Паломарской обсерватории, заявил, что ноги его там больше не будет. «Как и при настоящем разводе, никто не смог остаться в дружественных отношениях одновременно с обеими сторонами», — сказал Флоренс.

### Конкурирующие проекты

Два последующих десятилетия институты шли разными путями. В 1990-х гг. Калтех сотрудничал с Калифорнийским университетом в деле создания двух десятиметровых зеркальных телескопов-близнецов Обсерватории Кека, расположенной на высоте 4,2 тыс. м над уровнем моря у вершины потухшего вулкана Мауна-Кеа на о. Гавайи. Он использовал новое по тем временам первичное зеркало, состоящее из 36 шестиугольных сегментов, которые представляли собой единую фокусирующую систему. Риск вполне себя оправдал: конструкция работала прекрасно, и астрономы с наслаждением пожинали плоды превосходства. Так продолжалось несколько лет. Тем временем Институт Карнеги по-прежнему усердно трудился, довольствуясь старым однозеркальным телескопом, но пойдя на рискованное предприятие в Южном полушарии — строительство двух 6,5-метровых оптических Магеллановых телескопов в Обсерватории Лас-Кампанас в пустыне Атакаме на севере Чили.

Едва Институт Карнеги закончил строительство этих телескопов (1999), как Калтех совместно с Калифорнийским университетом заявили о намерении воздвигнуть 30-метровый телескоп. Европейская южная обсерватория (ESO), международная исследовательская организация, члены которой — 15 европейских стран и Бразилия, уже высказывала свои претензии на нечто еще более амбициозное — стометровый (и соответственно названный) Чрезвычайно большой телескоп.

Для большинства астрономов скачок от десятиметрового телескопа к стометровому был слишком амбициозным. Однако, к ужасу Гуса Эмлера (Gus Oemler), занимавшего в то время пост директора обсерваторий Института Карнеги, 30-метровый аппарат представлялся вполне реальным. Он помнит, как просыпался с мыслью о намерениях Калтеха, бросавших его в дрожь: «Мы изо всех сил старались как можно скорее закончить строительство Магеллановых телескопов, которые после многих лет обеспечивали нам некоторый паритет с Калтехом, и вдруг они запускают новый проект».

После долгих дискуссий Институт Карнеги решил пойти на сотрудничество с Калтехом. Обе стороны еще некоторое время медлили, но в конце концов пришли к мнению, что пора пойти навстречу друг другу и забыть старые обиды. «Было бы откровенной глупостью возводить два гигантских телескопа, принадлежащих двум разным институтам и расположенных всего в 3 км друг от друга», — говорит Алан Дресслер (Alan Dressler), астроном из Института Карнеги.

Итак, 21 июня 2000 г. двое ученых из Калтеха, астроном Уол Сарджент (Wal Sargent) и профессор физики Том Томбрелло (Tom Tombrello) (оба ныне покойные), и два представителя Института Карнеги, Эмлер и Дресслер, встретились, чтобы обсудить совместные действия.

По всем меркам переговоры прошли ужасно. Атмосфера была напряженной, никакого консенсуса в дискуссиях не наблюдалось. Уэнди Фрийдман (Wendy Freedman), впоследствии директор обсерваторий Института Карнеги, и Ричард Эллис (Richard Ellis), ныне ведущий научный сотрудник ESO, который тогда выступал за смещение Сарджента с поста директора принадлежащей Калтеху Паломарской обсерватории, общаясь со всеми четырьмя участниками сразу после дискуссии, услышали от каждого совершенно разные мнения: Дресслер полагал, что сотрудники Калтеха не воспринимают всерьез предложения Института Карнеги, тогда как Томбрелло ошибочно считал, что Институт Карнеги не обладает достаточными денежными средствами для внесения должного вклада в сотрудничество. По словам Сарджента, Эмлер большую часть встречи хранил ледяное молчание, а позже сказал, что его беспокоит, как бы Калтех не нарушил хрупкое перемирие с Калифорнийским университетом. Он ни словом не обмолвился об этом во время самих переговоров, что «конечно же задело представителей Института Карнеги».

На следующий день Томбрелло отправил по электронной почте письмо, подводящее итог сумбурной дискуссии. Он писал, что в настоящее время Калтех не заинтересован в совместной с Институтом Карнеги работе на этом телескопе, хотя не стал бы исключать такой возможности в будущем. Астрономы Института Карнеги посчитали это унижением, и едва начавшееся сотрудничество погубило зародыше. Между институтами продолжилась разрастаться взаимная неприязнь.

Теперь эта встреча стала частью истории гигантского телескопа. Эллис — один из многих астрономов, кто хотел бы знать, что могло произойти, по-вернись все по-другому.

«Теперь, оглядываясь назад, я понимаю, что случилось нечто несуразное, — говорит он. — Сделав несколько телефонных звонков и проявив побольше дипломатии, мы склонили бы Институт Карнеги к сотрудничеству. И тогда этот телескоп уже работал бы».

Как говорит Гарт Иллингворт (Garth Illingworth) из Калифорнийского университета в Санта-Крузе, с тех времен осталось слишком много обид и недоразумений, чтобы преодолеть препятствия на пути к конструктивному диалогу. «Черт побери! Почему у переговорщиков не оказалось малой толики здравого смысла, чтобы отбросить все разногласия?» — добавляет он.

### Пагубная разобщенность

После всех этих неудач соперничество лишь усилилось. Калтех и система Калифорнийских университетов спроектировали 30-метровый телескоп ТМТ (следующий за телескопами-близнецами Обсерватории Кека на Гавайях), а Институт Карнеги — Гигантский Магелланов телескоп (ГМТ) с зеркалом диаметром в 24,5 м, намереваясь установить его в обсерватории Лас-Кампанас в Чили. В то же время Европейская южная обсерватория умерила свои амбиции, решив отказаться от стометрового Чрезвычайно большого телескопа и остановиться на 39-метровом *E-ELT* в Чили.

Средства на финансирование этих трех проектов изыскивали по всему земному шару, иногда получая их из одних и тех же источников. Вот типичная ситуация: внесите деньги — и у вас будет гарантированное время пользования телескопом. Так, канадских астрономов пыталась заинтересовать как группа Института Карнеги, так и команда Калтех — Калифорнийские университеты, и те предпочли последних. Расположения Гарвардского университета тоже добивались обе стороны, в результате преуспел Институт Карнеги. По крайней мере единожды эти две команды буквально столкнулись друг с другом в аэропорту, направлялись на встречу с одними и теми же потенциальными партнерами. Не оставалась в стороне и Европейская южная обсерватория. Вначале она заручилась поддержкой Бразилии, чей президент согласился присоединиться к ESO и подписал основной проект *E-ELT*. Однако разрозненные группы бразильских политиков блокировали это соглашение. Институт Карнеги воспользовался незавидным положением *E-ELT*: в июле 2014 г. Университет Сан-Паулу присоединился к проекту ГМТ, и, как утверждает Дресслер, руководство ГМТ надеялось, что вскоре примеру университета последует и правительство Бразилии, но этого не случилось.

Самым щедрым спонсором было правительство США, которое могло позволить себе открыть сейф федерального бюджета для финансирования гигантского телескопа и обеспечить доступ к нему всех американских астрономов. В 2000 г. *The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey (AADS)*, выходящий раз в десять лет обзор, посвященный федеральному финансированию, объявил гигантский телескоп нового поколения проектом высшего приоритета для страны в области наземной оптической астрономии.

Заручившись такой поддержкой, в 2003 г. Национальный научный фонд решил объединить свои усилия с проектом ТМТ, осуществляемым коалицией Калтех — Калифорнийские университеты. Но через несколько месяцев астрономы ГМТ написали письмо, в котором говорилось, что такое сотрудничество давало бы неоправданные

преимущества ТМТ. Письмо возымело действие: Национальный научный фонд отказался от своих намерений, не желая становиться на чью-либо сторону в неугасающем конфликте между светилами оптической астрономии.

На самом деле, как утверждает Уэйн ван Ситтерз (Wayne Van Citters), главный консультант фонда, размер выделяемой им суммы был не настолько велик. Но при этом он заметил: «Лучше было бы прийти к согласию и решить, чем каждый хотел бы заняться. Нет никакого смысла делать одно и то же».

ТМТ и ГМТ еще раз попытались объединить усилия, но опять безрезультатно. Европейские астрономы между тем контактировали с обоими, но в итоге соглашались лишь совместно разрабатывать некоторые технологические идеи. И в 2007 г. по соглашению сторон руководители

## **Все три телескопа, работая совместно, создадут синергетический эффект. E-ELT будет специализироваться на трансфокации для получения снимков высокого разрешения небольших участков неба; уделом ГМТ станет широкопольная астрономия; ТМТ будет находиться в другом полушарии и, соответственно, вести наблюдения за другим небом**

ТМТ и ГМТ провели несколько встреч. Они прошли в сдержанной обстановке, а обсуждение путей возможного сотрудничества опять ни к чему не привело.

Эта ситуация вызвала недоумение у авторов очередного обзора AADS за 2010 г. Возник резонный вопрос: почему Астрономическое сообщество США должно поддерживать проекты двух разных американских гигантских оптических телескопов? В результате было решено не финансировать ни тот ни другой, и оба проекта оказались в самом конце списка приоритетов.

Соперничество в науке — вещь не такая уж редкая: блестящим умам свойственна завышенная самооценка. Иногда подобные длительные конфликты порождают новые идеи, но бывает и так, что неукротимое стремление к первенству вырождается в череду мелочных личностных конфликтов. В некоторых областях науки противоречия успешно разрешались. Великолепные тому примеры — физика высоких энергий, где крупные

международные коллективы совместно занимаются решением проблем ускорения элементарных частиц, или сотрудничество радиоастрономов, совместно использующих огромный прибор нового поколения, Атакамскую большую миллиметровую/субмиллиметровую решетку (*Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, ALMA*).

Сообщество же американских оптических астрономов расколото. В своем выступлении в Национальной академии наук США американский астроном итальянского происхождения, лауреат Нобелевской премии Риккардо Джаккони (Riccardo Giacconi) назвал эту ситуацию социологической проблемой.

По словам Патрика Маккрея (W. Patrick McCray), историка из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, автора книги «Гигантские телескопы» (*Giant Telescopes*), повествующей об Американском сообществе оптической астрономии, больше всего поражает живучесть конфликта: он длится с 1928 г. «Вы только подумайте! Эти люди ничему не научились», — говорит Маккрей.

Впрочем, дело не только в соперничестве. Как замечает Рэй Карлберг (Ray Carlberg), астроном из Торонтского университета, который входит в ту же ассоциацию, что и проект ТМТ, были разумные причины для работы на разных телескопах. Вначале казалось, что средств хватит на все три проекта, а гигантские телескопы, расположенные как в Северном, так и в Южном полушариях, позволят обозревать весь небосвод. «Чтобы этого достичь, нужно было бы много восьми- и десятиметровых телескопов, и идея строительства нескольких больших телескопов вовсе не выглядела безрассудной», — говорит Карлберг.

### **Слишком много телескопов**

На о. Гавайи Гавайского архипелага у вершины огромной горы Мауна-Кеа выровнена небольшая площадка для возведения на ней ТМТ. Напоминающее пчелиные соты 30-метровое сегментное зеркало телескопа, сопоставимое по размерам с куполом здания Конгресса США, будет состоять из 492 шестиугольных сегментов 1,44 м в поперечнике каждый и представлять собой конструкцию с 18-этажный дом. Этот проект получил официальное разрешение на строительство от совета по земельным и природным ресурсам, однако оппозиция не умеряет своего пыла, а кроме того, не улажены юридические вопросы, поставленные

частью местного населения Гавайских островов и борцов за охрану окружающей среды. Для покрытия \$1,5 млрд бюджета предприятия Калтех и Калифорнийский университет заручились сотрудничеством с Индией, Китаем, Японией и Канадой. Однако не хватает еще \$270 млн; по оптимистичным прогнозам, телескоп может быть введен в эксплуатацию примерно в начале 2020-х гг.

Тем временем 11 объединений из штаб-квартиры ТМТ в Пасадине, Института Карнеги и их партнеров пытаются вдохнуть жизнь в 24,5-метровый ГМТ. Он будет состоять из семи первичных зеркал диаметром 8,4 м каждое; шесть из них будут располагаться, как лепестки цветка, вокруг центрального — дизайн, коренным образом отличающийся от применяемого в случае ТМТ с его меньшими по размеру и более многочисленными шестиугольными зеркалами. Четыре зеркала для ГМТ уже отлиты в лаборатории астрономических зеркал Аризонского университета. Более скромные размеры и конструкция уменьшают затраты: примерно \$1 млрд. Институт Карнеги получил поддержку со стороны университетов Южной Кореи, Австралии и Бразилии, а также нескольких местных университетов. Они предоставили примерно половину суммы, требуемой для подготовки стройплощадки и монтажа телескопа на территории обсерватории Лас-Кампанас в Чили. Если все пойдет по плану, ГМТ начнет делать первые измерения в 2022 г.

В 12 часах езды по Панамериканскому шоссе от обсерватории Лас-Кампанас находится пустынная гора Серро-Армазонес, вершину которой когда-нибудь увенчает телескоп *E-ELT*. Это место вначале присмотрели астрономы ТМТ; они долгие годы исследовали прозрачность и турбулентные процессы в атмосфере над Серро-Армазонес, но предпочли строительство в Северном полушарии. Европейцы оценили преимущества этой местности и заявили о намерении осуществить здесь собственный проект. Сегодня к месту будущего строительства ведет недавно проложенная дорога. Вершина горы снесена мощным взрывом, на ее месте появилась ровная площадка размером с футбольное поле. К востоку от Армазонес виден относящийся к Перуанским Андам 6723-метровый действующий вулкан Льюльяйльяко, на котором 500 лет назад инки однажды принесли детей в жертву богам. Это место и вся панорама с наступлением темноты исчезает, уступая место звездам над головой.

Оснащенный 39-метровым зеркалом *E-ELT* станет самым большим в мире телескопом нового поколения. Как и ТМТ, он будет иметь сегментную конструкцию, но вместо 492 шестиугольных зеркал у него их будет целых 798. В декабре 2014 г. ESO приняла решение приступить к первому этапу строительства. Второй этап пока не получил

финансирования. Согласно плану руководителей *E-ELT*, телескоп войдет в строй в 2024 г., а общая стоимость проекта составит 1,1 млрд.

«Все три телескопа, работая совместно, создадут синергетический эффект», — говорит сотрудник *E-ELT* Роберто Гилмоци (Roberto Gilmozzi). *E-ELT* будет специализироваться на трансфокации для получения снимков высокого разрешения небольших участков неба; уделом ГМТ станет широкая астрономия; ТМТ будет находиться в другом полушарии и, соответственно, вести наблюдения за другим небом.

Гилмоци, как и большинство других астрономов, считает, что если бы вместо трех телескопов строили два, то к настоящему времени возведение обоих было бы практически завершено при затратах меньших на сотни миллионов долларов. «Если перед вами не стоит проблема поиска денежных средств, замечательно иметь не один телескоп, а несколько», — говорит он. — С научной точки зрения я предпочел бы сотню — при условии, что мне удастся их построить».

К сожалению, возведение самих телескопов — это лишь первый шаг. Сегодня ни ГМТ, ни ТМТ не обеспечены достаточным финансированием для успешной работы по завершению строительства. Оба проекта уповают на то, что федеральное правительство в конце концов возьмет часть затрат на себя, но, как считает ван Ситтерз, совершенно неясно, о какой сумме может идти речь. По видимому, для работы каждого телескопа ежегодно потребуются десятки миллионов долларов. «Это просто ужас!», — подытоживает Маккрей.

Но даже в таком случае у всей этой истории есть положительная сторона: однажды научный мир получит три устремленных в космос гигантских глаза. «Это будет огромным научным достижением», — говорит Маккей. — И если сегодня ситуация выглядит трагично, то это трагедия с маленькой буквы "т".

**Перевод: С.Э. Шафрановский**

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

- Гилмоци Р. Телескопы будущего // ВМН, № 8, 2006.
- Айрион Р. Оригами-обсерватория // ВМН, № 11–12, 2010.
- Giant Telescopes: Astronomical Ambition and the Promise of Technology. W. Patrick McCray. Harvard University Press, 2004.

Люди моют руки в воде, содержащей мышьяк, текущей из деревенской колонки в Колсуре, Индия

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

# СМЕРТОНОСНАЯ ВОДА

Кэти Дейгл





В Индии и других странах Азии миллионы людей травятся мышьяком, содержащимся в колодезной воде. Ученые ищут безопасные источники воды для населения

## ОБ АВТОРЕ

Кэти Дейгл (Katy Daigle) — журналист из Нью-Дели, пишет о проблемах окружающей среды.



**В свою первую брачную ночь** Гита Пауль (Gita Paul) поняла, что обречена. Родители выдали ее замуж за человека, которого она никогда раньше не видела, он жил в Колсуре, бедном поселке далеко от ее родного дома, среди рисовых полей, пастбищ и сгрудившихся домиков рядом с Колкатой (Калькуттой) — городом на востоке Индии. Такие спланированные браки между незнакомыми людьми часто случаются в этом регионе. Но когда Гита увидела своего мужа, она с ужасом обнаружила, что его кожа покрыта ранами и струпьями. Потом она познакомилась с его семьей. Старший брат потерял ступню из-за того, что она начала разлагаться, сестра была очень больной, другой брат умер в возрасте 30 лет. Многие люди в деревне были больны. «Я никогда раньше такого не видела, — рассказывает Гита спустя много лет, сидя на кривом крыльце своего маленького семейного жилища. — Я подумала, что это заразная болезнь».

Когда струпья появились и на коже Гиты, она уже знала, что болезнь не передается по воздуху, а тается в воде. Исследователи провели простые анализы и сообщили, что заболевание у людей вызывает прохладная чистая вода из деревенского колодца, отравленная мышьяком. Гита решила, что им с мужем надо переехать. Они потратили все свои сбережения, чтобы перебраться в соседнюю деревню. Но и там люди умирали, и, по словам жителей, вода в колодце там тоже была отравлена.

Как минимум 140 млн людей в Азии пьют воду, содержащую мышьяк. Она поступает из бесчисленных скважин и накачивается ручными насосами через пластиковые или металлические трубы, врытые глубоко в землю. По данным государственной переписи, более 18 млн таких маленьких колодцев были вырыты вручную по всей Индии в течение последних трех десятилетий. Их делали глубокими, чтобы туда не попадали поверхностные

воды, кишачие болезнетворными бактериями или загрязненные промышленными стоками. Однако смерть таилась и в глубине.

Мышьяк природного происхождения убивает человеческие клетки, вызывая сначала появление струпьев на коже, затем, накапливаясь в организме, повреждения мозга, заболевания сердца и рак. Грунтовые воды с мышьяком обнаружены в 30 странах начиная от Аргентины, Китая, Камбоджи и Вьетнама и заканчивая некоторыми областями в Канаде и США.

В наше время грунтовые воды используются все интенсивнее, поскольку людям нужна питьевая вода, фермерам необходимо поливать посадки, чтобы вырастить урожай и накормить большое население, и все это только ухудшает ситуацию. Интенсивная откачка воды приводит к изменению направления подземных потоков, так что вода, которая раньше была чистой, теперь протекает через

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В беднейших густонаселенных местах на планете роют питьевые колодцы, чтобы избежать распространения бактерий, но во многих таких колодцах вода отравлена мышьяком, поступающим с грунтовыми водами из-под земли.
- Из-за увеличения численности населения резко возрастает интенсивность использования воды, что приводит к изменению направления подземных потоков, загрязнению колодцев и отравлению людей.
- Появление опасных зон можно предсказать, если проводить картирование подземного рельефа, химических особенностей почвы и воды. Но такое картирование — достаточно сложная задача.



**Жертва отравления:** лежащий человек — Шривас Пауль, житель Колсура, отравившийся мышьяком из колодезной воды; пятна на его теле — симптомы отравления

слои, содержащие мышьяк, а колодцы, раньше дававшие чистую воду здоровой деревне, внезапно становятся причиной катастрофы.

Ученые ищут новые подходы к решению проблемы: создают карты подземных слоев, чтобы определить безопасные места для бурения скважин. Но направление подземных потоков быстро меняется, происходят непредсказуемые химические реакции. «Это ужасная и безвыходная ситуация, мы так быстро меняем подземную среду, что сами с трудом успеваем за изменениями», — говорит Дипанкар Чакраборти (Dipankar Chakraborti), специалист по аналитической химии, занимающийся проблемами окружающей среды. 28 лет он изучал данную проблему в Джадавпурском университете в Колкате, где возглавлял Школу экологических исследований. Сейчас в университете идет создание научно-исследовательской организации, носящей его имя (*DC Research Foundation*), для дальнейшего изучения проблем, связанных с мышьяком.

### Проблема колодцев

Если страдают богатые регионы, например юго-запад США, то они находят деньги и возможности для фильтрации воды. Однако во многих случаях пострадавшее население еще и очень бедное. Южная Азия — одна из зон наиболее высокого риска, там грунтовые воды с мышьяком находятся под густонаселенными территориями Индии, Непала и Бангладеш. Хотя по нормам Всемирной организации здравоохранения опасным считается содержание мышьяка свыше 10 мкг/л, в Индии закон разрешает до 50 мкг/л, а во многих колодцах его содержание в разы превышает даже этот местный стандарт.

Такие проблемы в Индии стали появляться в 1960-х гг., когда в стране начали использовать грунтовые воды из-за того, что поверхностные водные источники были отравлены патогенными бактериями, содержали застойную воду и не были защищены от попадания вод канализации или сельскохозяйственных стоков. В 1969 г. при

**Опасная вода:** этот пруд, расположенный в Индии рядом с городом Берачампа, используется жителями для купания и стирки одежды, хотя в грунтовых водах этого района обнаружен мышьяк



поддержке международных организаций, таких как ЮНИСЕФ, в Индии была запущена программа стоимостью \$125 млн для бурения глубоких скважин и было создано более миллиона колодцев. Казалось, что другого выбора не существует. В Индии нет инфраструктуры для хранения, распространения или фильтрации воды, и сейчас вне крупных городов ситуация остается без изменений.

Скважины считались недорогим и спасительным решением проблемы. В Индии 1,25 млрд человек, около 80% сельского населения и 50%

городского пользуются грунтовыми водами для питья, приготовления пищи, полива полей и садов. С помощью грунтовых вод была решена еще одна важная проблема: в 1980-х гг. часть страны жила под угрозой голода. Сейчас Индия использует воду для орошения, при этом около 91% воды тратится на выращивание риса, пшеницы и сахарного тростника.

Однако сельскохозяйственный подъем имел свои последствия. Большинство скважин уходят на глубину 50–200 м, заканчиваясь сразу, как только



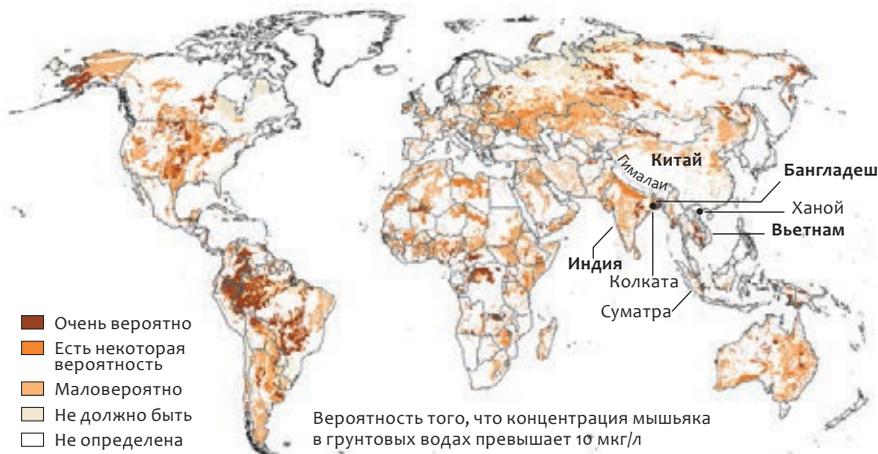
достигают первого слоя воды, не содержащего поверхностных бактерий. К сожалению, именно на этой глубине обнаружены основные залежи мышьяка в регионе, про которые тогда еще не все было известно. На чуть большей глубине вода обычно пригодна для питья. Но на бурение более глубоких скважин нужно больше времени и денег и требуются более прочные материалы, а многие бедные крестьяне не могут себе этого позволить.

Были и другие препятствия. Повсеместные невежество и пассивность населения заводят в тупик

все старания по просвещению людей о существующих рисках. Решения, казавшиеся простыми, такие как сбор дождевой воды или ее фильтрация прямо на месте, оказались слишком сложными для безграмотного населения и часто вызывали непонимание. Потраченные усилия были бессмысленны, поскольку люди не берегут трубы и пластиковые укрытия. Фильтрация воды через ведра с песком обычно воспринимается как долгая тяжелая работа. Обеззараживающие таблетки, которые раздают ученые и активисты, используются

## Выслеживание мышьяка под землей

Мышьяк — элемент природного происхождения, он содержится в составе минералов в почве и горных породах по всему миру, обычно в соединениях с металлом. При соприкосновении с грунтовыми водами мышьяк может высвобождаться и попадать в воду в концентрациях, опасных для здоровья человека (более 10 мкг/л). Химические реакции, в результате которых высвобождается мышьяк, могут быть запущены двумя способами. В щелочной среде при повышенном значении pH вода, содержащаяся в почве, способствует высвобождению аммиака. То же самое происходит, если в почве, богатой органикой, вода содержит мало кислорода. Изучая водные потоки и особенности почв в различных частях земного шара, ученые пытаются определить, в каких местах опасность наиболее вероятна.

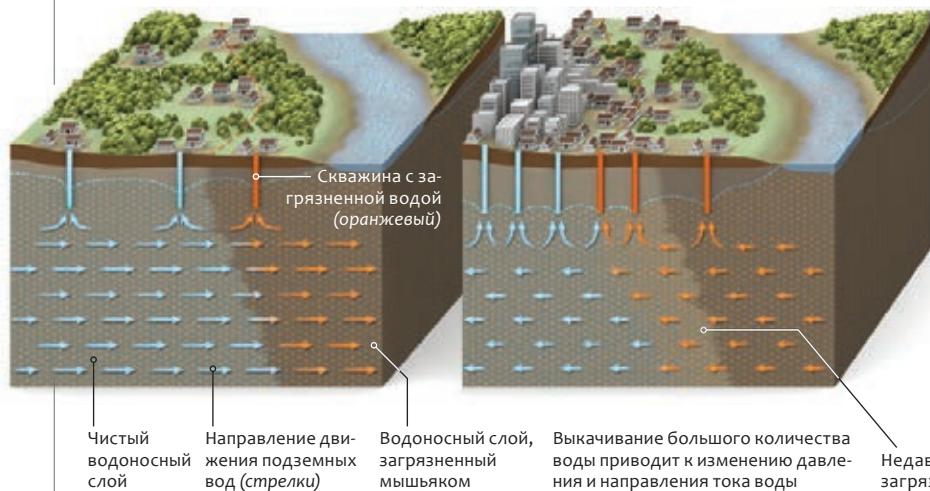


### Отравленная почва — это глобальная проблема

Исследователи из Швейцарского федерального института водных наук и технологий (Eawag) создали карту мира, где обозначена степень риска попадания мышьяка в грунтовые воды, определенная на основе особенностей почвенных условий. Благодаря наличию большого количества кислорода в почвах в сочетании с повышенным уровнем pH воды некоторые районы Аргентины и Чили, вероятно, попадают в группу риска. Риск повышен и там, где богатые органикой почвы и низкое содержание кислорода, — это характерно для районов, расположенных в дельтах рек, например в Северной Индии, Бангладеш и бассейне Амазонки.

### НИЗКАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

### ВЫСОКАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ



### Развитие района может привести к усилению загрязнения

При возрастании численности населения для питья и полива выкачивается больше грунтовых вод, из-за этого может меняться направление течения подземных вод и происходить их загрязнение мышьяком. Например, во Вьетнаме Ханой выкачивает воду из чистого слоя, который питается потоками, текущими далеко от города. Этот поток выталкивает воду из соседнего слоя, загрязненного мышьяком. Однако численность населения растет, и Ханой начал выкачивать слишком много воды из чистого слоя. Давление там стало ниже, чем в загрязненном слое, направление тока воды начало меняться, и отравленная вода приблизилась к городу.

жителями неправильно, потому что они элементарно не могут прочесть инструкцию. Более долгосрочные решения, такие как крупные фильтрационные установки, которые могли бы облегчить жизнь миллионам людей, оказались слишком дорогими и технологически сложными, к тому же сильно страдают от плохого обслуживания.

«Конечно, лучше всего было бы не использовать никакой загрязненной воды, — говорит Михаэль Берг (Michael Berg), возглавляющий изучение проблем загрязнения воды в Швейцарском федеральном институте водных наук и технологий

(Eawag). — но если сравнивать с поверхностными водами, загрязненными патогенными микробами, грунтовые воды — это меньшее из зол».

### Геология убийцы

Мышьяк — достаточно распространенный элемент. Лишенный вкуса, цвета и запаха, он издавна был излюбленным орудием убийства. Даже в очень небольших дозах он ядовит для большинства живых организмов.

Равнины у подножия Гималаев относятся к числу областей с наиболее высоким в мире содержанием

SOURCES: "STATISTICAL MODELING OF GLOBAL GEOGENIC ARSENIC CONTAMINATION IN GROUNDWATER," BY MANOJCHENR, AMINI ET AL., IN ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, VOL. 48, NO. 10, OCTOBER 2014; "THE FARTHO OF ARSENIC TRANSPORT THROUGH A PLEISTOCENE AQUIFER," BY ALEXANDER VAN GEEN ET AL., IN NATURE, VOL. 501, 30 SEPTEMBER 2015 (historical case study); Illustration by Emily Cooper

мышьяка. Когда вследствие столкновения тектонических плит сформировалась огромная горная система, склоны гор, содержащие пирит с примесью мышьяка, подверглись выветриванию и вымыванию быстрыми водными потоками. Реки разнесли его по территории Индии, Бангладеш, Китая, Пакистана и Непала. Когда мышьяк попадает в воду, происходит химическая реакция, в результате которой образуется соединение мышьяка с кислородом и железом или другими тяжелыми металлами, и частицы оседают на дно реки, создавая полосы грунта, содержащие мышьяк. На протяжении тысячелетий илистые отложения формировали древнюю равнину в дельте рек Ганг, Мегхна и Брахмапутра, и сейчас это густонаселенная территория площадью 700 тыс. км<sup>3</sup> с 500 млн жителей.

Если бы не был нарушен природный порядок, большая часть мышьяка должна была бы остаться под землей. Но даже когда скважины делают в тех местах, где рек больше нет, можно наткнуться на мышьяк. «Недостаточно просто посмотреть, где сейчас проходят русла рек, — рассказывает Чакраборти, проводя пальцами вдоль реки на карте и прихлебывая кофе из мензурки у себя в лаборатории, где он принимает посетителей под пологом, образуемым ветвями комнатных растений. — Вы должны учитывать, как менялись пути водных потоков. Был момент, когда все здесь было покрыто водой. Значит, в этом месте вероятность найти мышьяк гораздо выше».

Не всегда мышьяк вымывается из почвы в воду. Для этого должны быть определенные геологические условия. Изучая данный вопрос, исследователи выделили две основных последовательности, приводящих к высвобождению мышьяка, что позволяет определять вероятность риска.

Согласно первому сценарию, мышьяк высвобождается в щелочной среде, это происходит в богатых кислородом почвах, где вода имеет щелочную реакцию, например в засушливых областях Аргентины или Юго-Запада США. Под действием такой воды запускается химическая реакция, в результате которой образуются оксиды железа и других металлов. При этом мышьяк, который раньше удерживался внутри соединения, высвобождается и обретает способность растворяться и загрязнять грунтовые воды.

Второй сценарий реализуется в богатых органикой почвах с низким содержанием кислорода. Это



**Охотник за мышьяком:** «Мы с трудом успеваем за изменениями», — говорит Дипанкар Чакраборти, химик из Джадавпурского университета, изучающий, как мышьяк попадает в грунтовые воды

характерно для пойменных зон и участков в устье рек, где поверхностный слой образовался недавно и слабо переработан бактериями. Такие условия встречаются в местах с чрезвычайно высокой численностью жителей, в том числе на севере Индии, в Бангладеш и других странах Южной Азии, таких как Вьетнам. В данном случае бактерии с помощью специальных ферментов запускают химические реакции, отцепляя оксиды железа, которые удерживали мышьяк в связанном виде. Так что, если взять горсть почвы, например, из Северной Каролины, где в грунтовых водах нет мышьяка, и закопать ее в Бангладеш, то выделится мышьяк.

Его выделение будет продолжаться до тех пор, пока остается достаточное количество органического вещества для питания бактерий, колонии которых на большой глубине растут медленнее. Удобрения, в избытке используемые в Индии, дополнительно поддерживают данный процесс. Он может ослабляться при наличии в почве некоторых неорганических веществ, например сульфидов, которые связываются с мышьяком, образуя нерастворимые соединения. Но такие соединения сохраняются только до тех пор, пока содержание кислорода невелико. При попадании дополнительного кислорода он может быть использован бактериями для переработки сульфидов, и при этом опять же высвободится некоторое количество мышьяка. Таким образом, если водоносные слои часто истощаются и возобновляются, так что свежая вода с большим количеством кислорода



**Бедя из колонки:** в городе Кальяни в Индии дети набирают из колонки воду с мышьяком, которая используется для питья и приготовления еды (сверху); государство плохо следит за состоянием простых очистных сооружений для удаления вредных веществ: это сооружение, расположенное в Колсуре, уже сломано (справа)

просачивается под землю, это может провоцировать новую волну выделения мышьяка. Подобные водоносные слои характерны для Индии, и поэтому здесь возникают условия, способствующие непрерывающемуся выделению мышьяка на протяжении длительных периодов.

### Карта опасных зон

На сегодня наиболее загрязненные скважины выявляются во время длительного и трудоемкого процесса обхода каждой деревни и проверки каждого колодца с помощью полевого химического набора. В воду добавляют определенные вещества, затем в закрытый контейнер помещают тестовую полоску, которая улавливает выделяющийся мышьяк. Спустя десять минут по окраске полоски определяют приблизительный результат: белый цвет означает, что вода чистая, красный — загрязненная.

В полевых условиях проводят примитивный анализ, показывающий загрязнение только выше



определенного уровня. Для более точного результата воду надо проверять в лаборатории.

Поскольку проблема распространена очень широко, ученые редко обнаруживают ее своевременно, чаще они приходят проверять колодец, когда люди уже на протяжении многих лет пили оттуда воду, содержащую мышьяк. Поэтому некоторые исследователи занялись поиском более быстрого пути: они изучают снимки земной поверхности,



**Растущая проблема:** рисовое поле неподалеку от Колсура, так же как и остальные, нуждается в орошении, несмотря на то что вода здесь загрязнена

сделанные из космоса, и наносят на карту направления движения вод, чтобы определить тип подземных отложений и предсказать, где с большей вероятностью может обнаружиться мышьяк. Они утверждают, что такие методики помогут сэкономить государственные средства, поскольку уменьшится число скважин, которые надо проверять, или, наоборот, можно будет своевременно забить тревогу в местах, которые до сих пор считались безопасными.

В 2006 г. Берг и другие исследователи из *Eawag* приступили к созданию карты распространенности мышьяка на планете, воспользовавшись моделями, построенными на таких данных, как состав почвы, наклон поверхности и водные потоки. В 2008 г. был опубликован первый вариант карты, на которой была показана вероятность риска для разных регионов; в ближайшее время планируется выпуск новой версии, более подробной и основанной на результатах новейших исследований.

Берг, возглавивший проект, рассказывает, что такие модели позволяют прогнозировать наличие опасности там, где еще не проводилось анализов воды. Например, их исследовательская группа сумела предсказать, что большие территории в Индонезии, в районе Суматры, находятся в опасности. «Затем мы отправились туда и провели анализы, и наше предположение подтвердилось. Мы убедились в полезности таких моделей».

В 2013 г. Китайский медицинский университет совместно с *Eawag* приступил к созданию

Китайской модели определения рисков загрязнения. Ранее, в 2001–2005 гг., была проведена проверка около 445 тыс. скважин, и около 5% из них содержали мышьяк в количестве, превышающем 50 мкг/л, предельно допустимые по стандартам, принятым в Индии. И значительно большее количество скважин содержало мышьяк в концентрации, превышающей более строгие нормы ВОЗ. Поскольку обширные районы страны остаются непроверенными, ученые хотели помочь политикам предпринять нужные действия. «Существует барьер между наукой и обществом. Мы должны каким-то образом показать политикам, что можем помочь при решении реальных проблем», — рассказывает химик Луис Родригес-Ладо (Luis Rodríguez-Lado), работающий сейчас в Университете Сантьяго-де-Компостелы в Испании, автор статьи, опубликованной в *Science* в августе 2013 г. Результаты анализа воды из конкретных скважин в 77% случаев согласуются с тем, что предсказывает китайская модель. По словам Родригеса-Ладо, эти данные помогут сохранить жизни, деньги и время, указав, какие скважины надо проверить.

У подобных моделей есть и ограничения. Поскольку они основаны на данных о поверхности земли и на свежей информации о направлении водных потоков, они плохо предсказывают состав более древних и неизвестных подземных водных объектов. «Наши прогнозы всегда основаны

## Ученые изучают снимки земной поверхности, сделанные из космоса, и наносят на карту направления движения вод, чтобы определить тип подземных отложений и предсказать, где с большей вероятностью может обнаружиться мышьяк

на том, что мы наблюдаем на поверхности, — говорит Берг. — Мы не можем уловить то, что связано с более старыми отложениями».

Родригес-Ладо рассказывает, что для исключения ошибок при построении моделей необходимо пользоваться точной и свежей информацией. Когда исследователь приступил к работе над китайской моделью, то, ориентируясь на сухой климат и особенности распределения осадков, он предполагал, что там будут щелочная среда, богатые кислородом почвы и вода, содержащая основания.

По его словам, для большей части Китая предполагался кислородный сценарий высвобождения мышьяка. Но информации по Китаю было крайне мало, и быстро выяснилось, что водоносные слои здесь бескислородные, как в Индии и Бангладеш. Пересчет с учетом таких параметров повысил точность предсказаний.

Существуют и другие ограничения в использовании карты опасных зон, например недостаточное разрешение. Шаг координатной сетки у Китайской модели определения рисков загрязнения составляет 25 км, что слишком много для определения того, какие конкретно деревни находятся под угрозой. «Построение моделей может быть полезным, но им свойственна некоторая ограниченность, — говорит геохимик Александр ван Геен (Alexander van Geen) из Обсерватории Ламонта — Доэрти Колумбийского университета. — Предположим, модель предсказывает, что вероятность наличия мышьяка в определенном районе составляет 20%. Я ведь все равно захочу проверить мой колодец, верно?»

## **В Индии настолько интенсивно используют грунтовые воды, что в ближайшие 20 лет критический уровень содержания мышьяка будет достигнут в 60% подземных вод страны, если не будет резко сокращена их выкачка**

### **Неудачные решения**

Правительства пробовали другие способы решения проблемы обеспечения водой, но безуспешно. Несколько лет назад власти Западной Бенгалии построили трубопровод для транспортировки чистой воды из Колкаты на восток в деревни. Но вода течет всего несколько часов в день и, кроме того, доходит не до всех поселков. О пластиковых трубах плохо заботятся, поэтому многие стоят пробитыми и вода вытекает сквозь неровные дыры, образуя грязные лужи на обочинах дороги.

В Западной Бенгалии и Бангладеш были установлены сотни очистных установок, каждая стоимостью в среднем около \$1,5 тыс. Чакраборти и другие ученые показали низкую эффективность механизмов, использующих простые цилиндрические фильтры. В одном исследовании оценили качество работы 13 очистных установок, выпущенных разными компаниями, и оказалось, что только две из них поддерживали уровень содержания мышьяка ниже предельно допустимого по индийским стандартам. И ни одна не достигла стандарта,

принятого ВОЗ. К тому времени, когда в 2005 г. исследование было опубликовано, оно уже потеряло свою актуальность: плохое обслуживание техники привело к тому, что из всех тех проверенных установок работающих осталось только три.

Создание глубоких скважин слишком дорого для деревни, и исследования Чакраборти показывают, что это дает всего лишь краткосрочный эффект. Глубоко залегающие водоносные слои, расположенные в 200 м от поверхности земли, с помощью плотного слоя глины частично защищены от вышележащих, содержащих яд. «Частично» здесь — ключевое слово. В слое глины есть дыры и трещины. Поэтому выкачка воды с большой глубины может дать временную пользу, но в итоге смертоносная вода может попасть в нижние слои и загрязнить их.

В Индии это уже происходит. Там настолько интенсивно используют грунтовые воды, что в ближайшие 20 лет критический уровень содержания мышьяка будет достигнут в 60% подземных вод страны, если не будет резко сокращена их выкачка. Чакраборти обнаружил, что в поселке Джайнагар в Западной Бенгалии в восьми колодцах, где раньше уровень содержания мышьяка был безопасным, он резко подскочил до опасных значений всего за пять лет, с 1995 по 2000 г.

Если меняется соотношение давления между двумя водоемами, мышьяк может перемещаться не только вертикально, но и горизонтально, из загрязненного слоя воды в соседний чистый. В настоящее время такое перемещение угрожает Ханюю. Он получал воду из чистого водоносного горизонта, в который поступает вода с территорий, удаленных от города. Поток отталкивает от города воду из соседнего, загрязненного участка. Но по мере роста столицы Вьетнама город забирал все больше и больше воды из безопасного слоя — и направление потока изменилось. Вода из загрязненного слоя, рядом с рекой Хонгха, полилась в сторону ранее чистой, потребляемой городом. Ван Геен считает, что это повод для беспокойства, но отмечает, что пока проблема развивается не быстро. В его исследованиях показано, что мышьяк движется в 16–20 раз медленнее, чем вода, по-видимому, он по-прежнему связан с другими веществами в почве и только постепенно будет высвобождаться в результате подземных химических процессов.

В Индии все происходит гораздо быстрее из-за высокой численности населения и усилий, предпринимаемых для того, чтобы это население накормить. Вряд ли кто-то следил за выполнением закона, запрещающего чрезмерное использование грунтовых вод, принятого в 1986 г. Даже там, где поля располагаются рядом с озерами и реками,

фермеры используют для полива грунтовые воды. Когда в воде нет необходимости, землевладельцы выкачивают ее для продажи на черном рынке. И мышьяк попадает в пищевую цепь. Он встречается в рисе, коровьем молоке и говядине. Чакраборти обнаруживал его даже в бутылках с газированной водой и в ампулах со стерильной водой, которую используют в больницах для инъекций.

### Борьба за безопасность

Ван Геен, как и другие ученые, считает, что хотя построение моделей, предсказывающих места возможного загрязнения, может быть полезно, это не отменяет необходимость проверять конкретные скважины. Он призывает использовать дешевые наборы для анализов прямо на местах. Они не так точны, как лабораторные анализы, но дают немедленный результат при минимальных затратах. Ученый полагает, что проведение подобных анализов может дать людям дополнительные рабочие места. Как показали исследования в 26 деревнях штата Бихар, около двух третей жителей готовы заплатить 20 рупий, или около 30 американских центов, чтобы кто-нибудь проверил их колодцы.

«У нас нет возможности проверить все частные колодцы, поэтому нам надо привлечь группу лаборантов и создать им материальную заинтересованность в проведении анализов», — говорит ван Геен. В Бангладеш он с коллегами нанес с помощью GPS на карту данные об опасных и безопасных колодцах, так что жители легко могут найти безопасный источник воды.

Партнер ван Геена по исследованиям гидрогеолог Чандер Кумар Сингх (Chander Kumar Singh) из Университета TERI в Дели показал, что если местные жители платят за проверку, то они внимательнее отнесутся к результатам и с большей вероятностью переключатся на использование безопасных, хотя и более удаленных колодцев. Исследователи выясняют, как социально-экономические факторы, такие как размер дохода или принадлежность к определенной касте, могут мешать людям использовать безопасные колодцы вместе с представителями других каст или теми, у кого меньше денег. По словам Сингха, незаметно, чтобы правительство было озабочено этим вопросом, но он надеется, что некоторые их исследования помогут в поисках безопасного пути.

Чакраборти обучал помощников, чтобы они на велосипедах или поездах ездили по деревням и собирали пробы воды. Он организовал международные конференции и возглавил группу врачей, студентов и активистов для проведения медицинских осмотров. Кроме того, он учредил фонд для финансирования своих исследований и проведения бесплатных анализов воды для малоимущих жителей. Но когда все это не произвело должного впечатления на население, он отказался от своего

неприятия старой индийской иерархической системы и вспомнил о своей принадлежности к высшей касте брахманов: теперь он надевает белые одежды и священную нить, которую носят праведные мужчины-брахманы, и указывает людям безопасные колодцы. Он говорит, что ненавидит это, но будет делать так и дальше. «Мне нужно просто достучаться до матери семейства, и тогда я буду уверен, что с их семьей все будет в порядке».

В деревне, где живет Гита, ее муж Шривас мучается от головных болей, постоянной боли и истощения. Его тело покрыто заскорузлыми язвами, а кожа саднит, особенно на солнце. Неизвестно никаких способов лечения от такого воздействия мышьяка. Не существует лекарств, исправляющих хромосомные повреждения. Обычно в случае отравления металлами используется хелатная терапия, при которой в кровь вводятся связывающие вещества. Однако это опасно и слишком дорого для Индии. Лучшее, что можно сделать, — это есть полезную пищу и перестать потреблять яд. Шривас считает, что ему еще повезло. У него есть сын-подросток, который помогает таскать ведра со здоровой водой из ближайшей больницы, а Гита пополняет семейный бюджет, работая горничной.

«Я ни на что не жалуясь, — говорит Шривас дрожащим голосом, представляя собой типичный пример фатализма, который так широко распространен среди индийских бедняков, что некоторые ученые беспокоятся, не он ли удерживает их от поиска чистых колодцев. — А даже если бы я захотел пожаловаться, меня все равно никто не услышит».

Перевод: М.С. Багоцкая

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Чоудхури М. Экологический кризис в Бангладеш // ВМН, № 11, 2004.
- Piloting a Novel Delivery Mechanism of a Critical Public Health Service in India: Arsenic Testing of Tubewell Water in the Field for a Fee. Alexander van Geen and Chander Kumar Singh. International Growth Center, February 2013.
- Groundwater Arsenic Contamination throughout China. Luis Rodriguez-Lado et al. in Science, Vol. 341, pages 866–868; August 23, 2013.
- Retardation of Arsenic Transport through a Pleistocene Aquifer. Alexander van Geen et al. in Nature, Vol. 501, pages 204–207; September 12, 2013.
- Status of Groundwater Arsenic Contamination in All 17 Blocks of Nadia District in the State of West Bengal, India: A 23-Year Study Report. Mohammad Mahmudur Rahman et al. in Journal of Hydrology, Vol. 518, Part C, pages 363–372; October 10, 2014.
- Обсуждение того, как орошение полей связано с мышьяковым загрязнением, см. по адресу: ScientificAmerican.com/jan2016/water-arsenic

Мальш Бокито на руках  
своей матери — гориллы  
Айи (Роттердамский  
зоопарк, Нидерланды)



ЗООПСИХОЛОГИЯ

# ЗНАЮТ ЛИ ЖИВОТНЫЕ, ОТКУДА БЕРУТСЯ ДЕТИ?

Животные, возможно, и понимают, что такое размножение, но четких представлений о сути этого феномена нет даже у человекообразных приматов

Холли Дансуорт

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Животные нередко ведут себя так, словно прекрасно знают, как делать детей.
- Специально этот вопрос никогда не изучался, однако исследования расудочной деятельности и коммуникации животных заставляют предполагать, что они лишены когнитивных способностей, необходимых для понимания того, что спаривание приводит к появлению на свет детенышей.
- Если бы наши человекообразные сородичи действительно разбирались в этом, их поведение, возможно, больше походило бы на человеческое.

**К**око — огромная жизнерадостная самка гориллы, содержащаяся в неволе и немного умеющая общаться с людьми на языке жестов и символов. Ей 44 года, живет она в Калифорнии и обожает котят. Кроме того, Коко знает толк в «птицах и пчелах» (*англоязычная идиома, подразумевающая объяснение, откуда берутся дети.* — Примеч. ред.) и даже умеет планировать свое материнство — во всяком случае, в этом нас пытается убедить популярный клип в *YouTube*.

В этом видеоклипе запечатлено, как работающая с Коко зоопсихолог Франсин «Пенни» Паттерсон (Francine "Penny" Patterson) показывает ей лист огромного блокнота с изображением четырех возможных сценариев материнства (Коко очень хочет этого, но из-за преклонного возраста собственных детенышей иметь уже не может). Паттерсон объясняет Коко, что к ней и ее взрослому самцу-компаньону Ндуме может присоединиться группа горилл, состоящая из одного взрослого самца, двух взрослых самок и детеныша. Второй вариант — вместе с Коко и Ндуме будут жить новорожденный малыш и один-двое детенышей постарше; третий сценарий — единственный детеныш; и, наконец, четвертый вариант — к Коко и Ндуме присоединяются две взрослые самки, чтобы родить для Коко малышкой от Ндуме. Паттерсон протягивает список Коко, которая тут же прекращает чесать себе грудь и, похоже, серьезно обдумывает свое решение. Наконец, она протягивает правую руку и тычет указательным пальцем в последний сценарий в блокноте. «Отличный выбор, — говорит Паттерсон горилле, — он сделает счастливыми и саму Коко, и его дорогого Ндуме».

А отсюда напрашивается неизбежный вывод: Коко должна знать, как именно делают детей. В противном случае она выбрала бы не «детопроизводителей», а настоящего малыша.

Принято думать, что животным прекрасно известно, откуда берутся дети. У сородичей Коко, горилл, старые самцы с сединой на спине ревностно оберегают свои гаремы самок от посягательств самцов-соперников. А соперник, одержавший верх над хозяином гарема, нередко убивает всех его отпрысков и только после этого приступает

## ОБ АВТОРЕ

**Холли Дансуорт** (Holly Dunsworth) — антрополог, работает в Род-Айлендском университете (США), изучает эволюцию человекообразных приматов и человека. Дансуорт — один из авторов научного блога «Приключения Русалочки» (*The Mermaid's Tale*) и книги «Производители детей» (*The Baby Makers*), посвященной влиянию представлений, связанных с воспроизведением потомства и продолжением рода, на эволюцию человека.



к спариванию со своими новыми женами. Кроме того, гориллы строго избегают инбридинга (близкородственного скрещивания): достигнув половозрелости, их самцы покидают родную семейную группу и отправляются на поиск новой.

К сходным стратегиям полового и репродуктивного поведения прибегают и многие другие животные. Так, куры извергают из клоаки сперму чужих петухов, прежде чем она успеет оплодотворить их яйца. Павианы-отцы без колебаний ввязываются в драки, если их отпрыски нуждаются в физической или социальной поддержке. Спариваясь с доминантными (но не низкоранговыми) самцами, самки некоторых животных принимают громко кричать — так они оповещают других своих влиятельных супругов о своей привлекательности. Животные, казалось бы, ведут себя так, словно прекрасно понимают, зачем нужен секс, в каких отношениях они состоят со своими потенциальными партнерами и потомками и как важно обеспечить своих детенышей «высококачественными» генами. Мы обожаем рассказывать знакомым о своих наблюдениях за половым и родительским поведением животных, пользуясь при этом точно таким же языком, как для описания поведения своих двуногих соплеменников. Но действительно ли животные знают, что детеныши заводятся путем спаривания? И знает ли об этом Коко?

## Умственные способности

Научная литература о понимании животными сути размножения практически отсутствует. Лучший способ выяснить, что думают животные об устройстве окружающего их мира, — познакомиться с исследованиями Дэниела Повинелли (Daniel Povinelli), приматолога из Луизианского университета в Ляфайетте. Из его работ, выполненных на приматах, можно узнать, понимают ли животные законы физики и других областей естествознания, основанные на причинно-следственных связях. В своих книгах «Популярная физика для человекообразных» (*Folk Physics for Apes*) и «Мир без массы» (*World without Weight*) Повинелли описывает десятки экспериментов, выполненных им с целью понять, что человекообразным приматам известно о весе.

Некоторых шимпанзе можно научить сортировать предметы в соответствии с усилиями, необходимыми для их поднятия. Но когда после этого обезьянам предлагают рассортировать предметы в соответствии с их весом, предварительно не поднимая их руками, результаты их действий не отличаются от случайных, а это свидетельствует о том, что понимание животными свойств предметов на самом деле возникает не в результате размышлений об их массе. Как отмечает Повинелли, способность шимпанзе к сортировке предметов — результат физических, а не умственных усилий.

Для понимания таких скрытых от глаз явлений, как гравитация или зачатие, живое существо должно обладать способностью к абстрактному мышлению — созданию мысленных представлений о вызывающих его невидимых причинах или силах. Люди пользуются абстрактным мышлением для переноса знаний из одной ситуации в другую, что позволяет нам решать такие задачи, с которыми мы никогда не сталкивались прежде, и даже изобретать для себя новые развлечения. И хотя шимпанзе и некоторые другие животные оказались гораздо умнее, чем ученые считали их прежде, этим когнитивным навыком они, похоже, не обладают. Как тут не вспомнить одного проницательного шестиклассника, который на мой вопрос «Почему шимпанзе не играют в бейсбол?» мгновенно ответил: «Потому что им нельзя объяснить правила игры», даже не вспомнив об анатомических особенностях приматов.

Тот факт, что ученые пока не выявили у человекообразных приматов признаков абстрактного мышления, еще не означает, что они лишены данной способности. Ради интереса предположим, что они ею обладают. В таком случае отдельные их представители вполне могли бы независимо друг от друга обнаружить, что занятия сексом приводят к появлению детенышей, а затем с помощью неких языковых средств поделиться знанием со своими сородичами. Но тут возникает иная проблема: другие виды животных такой «разговорчивостью» не обладают.

В результате многолетних тренировок Коко выучила названия десятков предметов, но она никогда не принимает участия в дискуссиях. Если бы она не овладела языком жестов, никому бы и в голову не пришло называть ее вербальные коммуникационные навыки особо изощренными. При виде большого количества пищи гориллы добродушно ворчат; приближаясь друг к другу, они похрюкивают; а во время игр издают забавное фырканье. Приматологи Александр Харкорт (Alexander H. Harcourt) и Келли Стюарт (Kelly Stewart) из Калифорнийского университета в Дэвисе изучили вокализацию горных горилл (мало чем отличающихся от родственников Коко, равнинных горилл) и обнаружили, что все описанные выше звуки ничуть

не сложнее громкого рева, издаваемого самцами в разгаре страстей во время угрожающих демонстраций. С их помощью гориллы оповещают сородичей о своем социальном статусе и потенциальном поведении в ближайшем будущем — и только.

На самом деле, у диких приматов скудные «вербальные» способности — норма. К человеческой речи, пожалуй, ближе всего стоит вокализация верветок (карликовых зеленых мартышек), но по своей сложности она не идет с ней ни в какое сравнение. Как установили Дороти Чини (Dorothy Cheney) и Роберт Сейфарт (Robert Seyfarth) из Пенсильванского университета, долго изучавшие этих обезьянок в Восточной Африке, при виде различных хищников — орла, змеи или леопарда — верветки издают и различные сигналы тревоги. Но такие крики в отличие от слов человеческой речи имеют врожденный, а не приобретенный характер, и животные никогда не используют их для того, чтобы поведать сородичам о встреченной накануне ядовитой змее или живущем неподалеку свирепом леопарде, с которым они могут столкнуться в ближайшие дни. Но даже если предположить, что эти звуки — «обезьяньи слова», трудно представить себе, как с помощью такого примитивного языка можно объяснить слушателю, что «от занятий сексом в животе у самки начинает развиваться малыш».

Кроме того, нет никаких свидетельств того, что животные обладают и представлениями о времени, которые позволили бы им устанавливать причинно-следственные связи между такими далеко отстоящими друг от друга событиями, как спаривание и деторождение, и соответствующим образом планировать свои действия. Ученые не раз наблюдали, как орангутаны, бонобо (карликовые шимпанзе) и обыкновенные шимпанзе прячут на хранение инструменты для их будущего использования. Самый злоеший пример — поведение живущего в одном из шведских зоопарков шимпанзе по имени Сантино, хранящего под охапкой сена груды камней, которые он швыряет в посетителей, когда они меньше всего ждут такой каверзы. Но, как показывают исследования, способность к так называемому планированию будущего ограничивается у человекообразных приматов максимум несколькими днями, что значительно меньше периода беременности, длительность которого у этих существ почти такая же, как у людей.

Если у животных отсутствуют способности к абстрактному мышлению, языковому общению и планированию будущего, необходимые для преднамеренного воспроизведения потомства, значит они знают, что для этого нужно делать (заниматься сексом), не зная последствий и целей своей деятельности (рождение детенышей и продолжение рода). По сути дела, животные, похоже,

осуществляют все на первый взгляд сложные формы поведения, не превосходящая их последствий. В этой связи когнитивный зоопсихолог Сара Шеттлворт (Sara Shettleworth) из Торонтского университета приводит в качестве примера поведение ворон, бросающих орехи на твердые поверхности, чтобы разбить их скорлупу. Многие очевидцы полагают, что вороны совершают это действие «сознательно» — с целью получить доступ к пище. Но, по мнению Шеттлворт, более научным походом к его объяснению было бы допущение, что его побудительная причина имеет «непосредственный» характер: физиологическое состояние (голод) ассоциировано у птиц с одновременным присутствием орехов и твердой поверхности. Иными словами, ворон побуждают летать над твердой поверхностью и бросать на нее орехи не логические рассуждения о том, как лучше всего утолить голод, а физиология, запускающая условнорефлекторное пищедобывательное поведение.

Нам, людям, трудно принять мысль, что поведение животных можно объяснить «непосредственными причинами». Мы считаем, что раз мы сами понимаем, почему совершаем те или иные действия, точно так же обстоит дело и у животных. Таким образом, мы антропоморфизируем их поведение. Но такой подход лишен научной строгости, необходимой для истинного понимания рассудочной деятельности животных.

Более логичным было бы объяснять поведение горилл и других животных, не наделяя их даже толикой нашего воображения, — особенно в тех случаях, когда речь идет о размножении и биологическом отцовстве. Взять хотя бы седовласого самца гориллы, убивающего детенышей своих новых жен, зачатых ими с его предшественником. Самцы-детоубийцы могут обеспечить присутствие большего количества своих генов в будущих поколениях потомков, чем самцы, не убивающие чужих детенышей. Если существует биологический субстрат, ответственный за эту сложную форму поведения, отец-детоубийца передаст его своим сыновьям, которые, возможно, тоже станут детоубийцами. К тому времени, когда у нового хозяина гарема самок начнут появляться собственные отпрыски, потребность совершать детоубийства у него исчезнет — возможно, в результате изменения гормонального статуса организма в окружении новой семьи. И ни один из аспектов этого сложного феномена не требует от животных никаких знаний о размножении или отцовстве.

### Знали бы они только...

Если бы мы смогли объяснить нашим человекообразным сородичам, что секс приводит к появлению на свет малышей, скорее всего, их поведение в природе радикально бы изменилось. Возможно,

самцы после спаривания дольше оставались бы с самками, а затем и со своими детенышами — до тех пор, пока те не начнут самостоятельную жизнь. Самки, вероятно, стали бы острее конкурировать за спаривание с высокоранговыми самцами. А после спаривания против своей воли они, быть может, пытались бы прервать беременность. Не исключено, что самки, желающие избежать беременности, в период эструса, когда они способны к зачатию и наиболее привлекательны для самцов, прятались бы в какие-нибудь укрытия.

Если бы гориллы знали, откуда берутся малыши, они, возможно, лучше бы понимали сложную систему связывающих их родственных уз, что неизбежно отразилось бы и на их поведении. Самцы и самки проявляли бы интерес к половому поведению своих подросших детенышей и, быть может, пытались бы упрочить положение своего семейства в сообществе с тем, чтобы обеспечить своим отпрыскам по достижении половозрелости возможность спариваться с элитарными партнерами. А это в свою очередь могло бы ослабить конкуренцию и враждебность между отдельными группами горилл, поскольку животные, перешедшие жить в другие семьи, знали бы о своем кровном родстве с членами родительских групп.

Иными словами, если бы человекообразные приматы понимали, что секс приводит к появлению детенышей, их поведение гораздо сильнее напоминало бы человеческое. Что заставляет нас снова вспомнить Коко. Я внимательно просмотрела не только видеоклип, упомянутый в начале статьи, но и многие другие фильмы про Коко и заметила при этом, что она совершает известные ей жесты и осваивает новые, когда ей показывают соответствующие символы на бумаге. Похоже, что каждый раз, когда ей предъявляется символ, она сначала тычет в него пальцем — независимо от того, может она вспомнить и совершить надлежащий жест или нет. Таким образом, демонстрируемый нам выбор Коко одного из сценариев материнства ни в коем случае не убеждает зрителя в том, что Коко действительно понимает суть задаваемого ей вопроса — не говоря уже о сути размножения вообще.

Каким бы страстным или, напротив, хладнокровным ни было половое, социальное и родительское поведение животных, оно не требует от них никаких знаний о размножении. Чего нельзя сказать о поведении *Homo sapiens*. Где-то в глубоком прошлом наши предки создали культуры, изобилующие четкими представлениями о продолжении рода, семье и преемственности — представлениями, которые во многом и отличают нас от наших человекообразных сородичей и от всех других обитателей планеты. ■

Перевод: В.В. Свечников



## МАРТ 1966

**Освоение Луны.** Поверхность Луны оказалась очень твердой и неожиданно малорадиоактивной. Это два главных открытия, сделанных в результате успешной мягкой посадки непилотируемого советского космического аппарата на Луну 3 февраля 1966 г. По словам академика

Николая Барабашова, ведущего советского селенолога, снимки, сделанные «Луной-9», «с несомненностью доказали, что верхний слой лунного грунта представляет собой губчатую массу с грубой структурой, усеянную отдельными остроугольными обломками разных размеров». Давний вопрос о том, достаточно ли прочен этот слой для того, чтобы выдержать тяжелые объекты, разрешен. Советские специалисты, анализирующие эти снимки, отмечают, что 98-килограммовая станция «Луна-9» не углубилась в грунт в существенной степени.

**Северная нефть.** Наиболее активные в мире поиски нефти ведутся сегодня в Северном море и его окрестностях. Особая привлекательность этого региона объясняется тем, что здесь ожидается наличие больших запасов топлива, а сам он лежит вблизи основных рынков и политическая обстановка здесь довольно стабильна. Тревор Томас (Trevor M. Thomas) отмечает в журнале *Geographical Review*, что в Северном море существуют соляные купола вроде тех, какие образуют структурную основу многих нефтяных ловушек в районе Мексиканского залива. Множество компаний ведут в этом море широкие магнитные и сейсмические изыскания. По словам Томаса, эти работы авантюры, но обнаружение там значимых залежей вероятно.



## МАРТ 1916

**Зарождение морской авиации.**

Гидросамолет-разведчик должен работать, базируясь на корабле, причем степень зависимости его от погодных условий должна быть примерно такой, как у сухопутных самолетов. На основе первоначальной работы капитана Вашингтона

Чамберса (Washington I. Chambers) из ВМС США на палубе крейсера «Северная Каролина» была установлена короткая катапульта, с которой за последние несколько недель регулярно выполнялись запуски гидросамолетов на полном ходу корабля в открытом море.

**Примечание:** другие снимки военно-морской авиационной техники 1916 г. см. по адресу: [www.ScientificAmerican.com/mar2016/naval-aviation](http://www.ScientificAmerican.com/mar2016/naval-aviation)

**Удары природы.** Период штормов, обрушившихся на Нидерланды до и после Рождества, был отмечен ураганным ветром в ночь с 13 на 14 января. В эту ужасную ночь бедствие, постигшее южную часть провинции Северная Голландия, было самым страшным, гораздо страшнее всех случившихся со времени памятного наводнения св. Елизаветы в 1421 г., когда утонули более 10 тыс. человек. И только лучшей организацией помощи, лучшим дорогам, лучшим средствам связи (телеграфу и телефону) и железным дорогам мы обязаны тем, что жертвы в нынешнем случае исчисляются десятками.



## МАРТ 1866

**Неконтролируемая пища.**

Лондонский журнал *Lancet* сообщил, что в Хедерслебене (Саксония) больше девяти человек умерли от трихинеллеза — болезни, вызываемой микроскопическим круглым червем *Trichinella spiralis*. И все это произошло из-за одной зараженной трихинеллезом свиньи! Мясник, обративший внимание на необычный вид ее мяса, тщательно замаскировал его, смешав с мясом двух здоровых свиней. Сделал он это незадолго до своей смерти, вызванной трихинеллезом, которым он заразился от собственного мяса. Умерла от этого же заболевания и его жена.

**Геологические периоды.** Все геологические факты свидетельствуют о древности, о которой мы только начинаем формировать наши представления. Возьмем, например, хорошо всем известный мел. Он целиком состоит из раковин и их обломков, осевших на дно древних морей. Этот процесс был, несомненно, очень медленным: возможно, мы не слишком ошибемся, если предположим, что слой этих осадков нарастал на 25 см за столетие. Сегодня толщина слоя мела составляет больше 300 м, а значит, формировался этот слой более 120 тыс. лет. ■

**Геологические периоды.** Все геологические факты свидетельствуют о древности, о которой мы только начинаем формировать наши представления. Возьмем, например, хорошо всем известный мел. Он целиком состоит из раковин и их обломков, осевших на дно древних морей. Этот процесс был, несомненно, очень медленным: возможно, мы не слишком ошибемся, если предположим, что слой этих осадков нарастал на 25 см за столетие. Сегодня толщина слоя мела составляет больше 300 м, а значит, формировался этот слой более 120 тыс. лет. ■



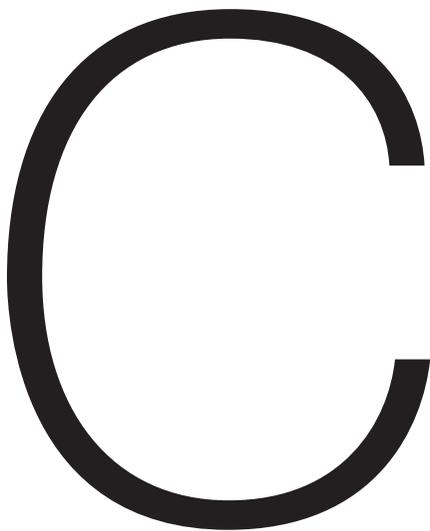
Взлет гидросамолета с американского крейсера в море, 1915 г.



Косатка — самый крупный представитель  
семейства дельфиновых подотряда  
зубатых китов отряда китообразных.  
Она значительно древнее человека.

# ОСТРОВ дельфинов





Среди обывателей косатка имеет подмоченную репутацию. Их нередко называют китами-убийцами — и действительно, плотоядный хищник, достигающий в длину весьма внушительных размеров (8–10 м), может напугать любого. Однако, пожалуй, нет другого морского млекопитающего, с которым связано такое количество ошибочных суждений, полагает **Ольга Александровна Филатова**, доктор биологических наук, старший научный сотрудник кафедры зоологии позвоночных биологического факультета МГУ, которая много лет изучает камчатских косаток.

**— Ольга Александровна, кто такие косатки и почему их важно изучать?**

— Во-первых, косаток часто путают с касатками, птицами семейства ласточковых, схожими с косаткой лишь контрастной черно-белой окраской. Во-вторых, косатка по отношению к человеку в целом миролюбива и случаев нападения на людей за всю историю наблюдений практически не зафиксировано. Английское название *killer whale* («кит-убийца») косатка получила в XVIII в. вследствие неправильного перевода испанского названия — *asesina ballenas* («убийца китов»). Русское название предположительно происходит от слова «коса», которую напоминает высокий спинной плавник самцов.

**— Чем вызван ваш научный интерес именно к косаткам?**

— Меня всегда интересовал интеллект у животных, их высшие когнитивные функции. Косатки, наверное, одни из самых умных животных, существующих в природе. По некоторым тестам они даже превосходят шимпанзе. Двигательное поведение косаток довольно сложно описывать, потому что они большей частью находятся под водой. А вот звуки под водой очень хорошо распространяются, выступая для них основным способом коммуникации. Для человека главное — зрение. У нас это основной канал передачи информации. А под водой мы видим на расстоянии иногда нескольких десятков метров, а если вода мутная, то не больше метра. Поэтому для косаток главный способ познания мира — это звуки. Они ориентируются с помощью звука, издавая локационные щелчки, чтобы таким образом «видеть» окружающий мир. И друг с другом они все время перекрикиваются, обмениваясь разнообразной информацией.

**— Насколько я понимаю, у них достаточно сложная система коммуникации, возможно, даже сложнее, чем у нас. Какую информацию они передают друг другу?**

— Это, к сожалению, довольно сложно оценить. Например, вокруг нас есть группа косаток. Мы не можем взять каждое отдельное животное и посмотреть, что оно в данный момент делает. Мы воспринимаем весь набор звуков, которыми они перекрикиваются друг с другом. Поэтому понять, в каком контексте какой звук издается, — задача крайне непростая. Вопросы про язык дельфинов пока еще далеки от разрешения. Есть теории, что они с помощью локационных щелчков могут передавать какие-то картинки или что у них информация заложена в импульсных звуках. Но пока ни одна из этих теорий не доказана.

**— Что вы знаете сейчас про косаток наверняка?**

— У них очень интересная система групповых диалектов. Представьте: у каждой косатки есть семья, основанная на родстве по материнской линии. Там царит матриархат. Все дети самки, сыновья и дочери, всю жизнь ходят с мамой. И у каждой такой семьи есть свой диалект. Этот набор стереотипных звуков — маркеры, которыми они могут издавать друг друга звать, сообщать что-то важное. Семьи часто собираются большими агрегациями и расходятся на несколько километров, чтобы пообщаться с представителями других семей. При этом они все время кричат. То есть косатка по имени, например, Петя из семьи Ивановых, общается, допустим, с Васей Петровым, и при этом она слышит, где все остальные Ивановы находятся, в десяти километрах или в пяти, чем они занимаются, о чем думают.

— **А зачем они идут общаться? Это потребность?**

— Да, они социальные существа, хорошо знают друг друга, все семьи и сообщества. Кроме того, это нужно для спаривания.

— **Внутри семьи они не спариваются?**

— Нет. Летом они образуют огромные агломерации — иногда до ста животных. Самки встречаются с самцами из других семей, знакомятся, присматриваются друг к другу, и у них происходит спаривание.

Интересны эти диалекты еще тем, что звуки у них, в отличие от большинства млекопитающих, не передаются генетически. То есть если котенок вырастет среди собак, он все равно будет мяукать, а не гавкать. Только у людей и еще у нескольких видов есть вокальное обучение. Если русский ребенок попадет в английскую семью, он будет не по-русски говорить, а по-английски. У кошек так же. Звуки выучиваются от матери и других членов семьи. Поскольку они по способу передачи похожи на человеческие языки, то и культурная эволюция у нас схожая. Это эволюция признаков, которые передались путем обучения. Я пытаюсь понять, как кошки эволюционируют, как меняются во времени, описываю тех, которые доступны сейчас, например камчатские семьи, — чем отличаются издаваемые ими звуки от тех, что издают канадские, исландские, норвежские семьи.

— **Отличаются?**

— Да, и довольно сильно. Вообще диалект — это набор стереотипных звуков из семи, десяти, иногда 15 криков. Назвать их языком общения в нашем понимании сложно. Представьте, как группа людей разбрелась по лесу и собирает грибы. Чтобы не потеряться, они перекликаются. Вот если бы люди при этом кричали свои фамилии, имена, какую-то родовую информацию, это могло бы быть моделью поведения кошек. Возможно, это не слова, а некие сигналы, которые обозначают что-то важное, а может быть, они просто маркируют семью.

— **А в чем тогда сложность организации этих животных, их интеллект, если это достаточно примитивные, однообразные звуки?**

— Интеллект у них достаточно высокий, и это было показано различными тестами. Например, в неволе с ними проводили эксперименты —

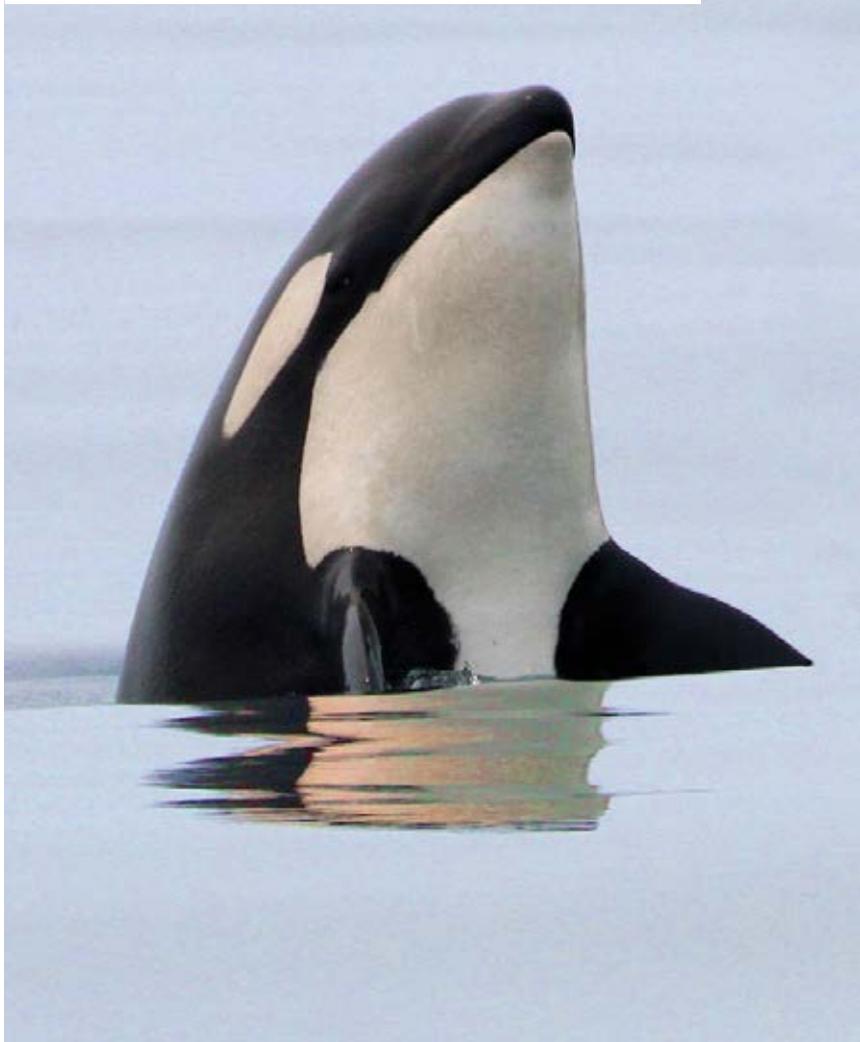


Доктор биологических наук О.А. Филатова

классические тесты на экстраполяцию и на имитацию, когда животное должно повторять действия другого животного. Одному дают команду что-то делать, а другому — повторять. Но при этом животное, которое должно повторять, не видит ту команду, которую дают первому, а видит только само животное. Это достаточно сложная задача, потому что ему нужно не просто сделать что-то, а понять, что делает другой, сопоставить это со своим собственным поведением. Нужно иметь достаточно развитую систему зеркальных нейронов, чтобы понять, как движение своего собственного тела соотносится с движением другого животного. И кошки с этой задачей справляются лучше, чем дельфины, и лучше, чем обезьяны. Или эксперимент на распознавание в зеркале, или самоосознание. Человеческие дети его начинают проходить только в возрасте полутора-двух лет. Это так называемый марк-тест, когда ребенку наносят на лоб мазок краски и подносят к зеркалу. Если он ее касается пальцем, чтобы посмотреть, что это такое, значит, он понимает, что в зеркале он сам.

— **Кошкам тоже наносили краску?**

Косатки — любопытные животные и нередко высовывают голову из воды, чтобы посмотреть, что происходит вокруг



— Да, наносили маркирующее вещество внизу лицевой части, где у них белый подбородок. Косатка посмотрела на себя в зеркало, подошла к краю бассейна и попыталась это стереть.

**— То есть ей не понравилась раскраска?**

— Может быть, она просто решила проверить, что это такое. Вообще они, особенно молодые животные, интересуются зеркалами, любят позировать, корчат рожи, как дети, язык высовывают. Это тоже говорит о том, что косатки очень умные животные.

**— Ольга Александровна, в своих статьях вы пишете, что диалекты кланов косаток, даже обитающих в одном регионе, сильно различаются. Как же они понимают друг друга?**

— На Камчатке три таких клана, и диалекты у них действительно совсем не похожи. Трудно сказать, как они находят общий язык. Но находят — и прекрасно общаются между собой.

**— Может быть, там играет роль не только звук, а что-то еще?**

— Дело в том, что у них кроме стереотипных криков, которые составляют диалект, есть много других переменных звуков, и они не делятся на типы. Вполне возможно, именно с их помощью кодируется и передается важная информация между кланами. Ведь когда косатки собираются кланами, они издадут множество именно таких переменных звуков.

**— «Язык международного общения» типа эсперанто?**

— Примерно так.

**— Нападают ли косатки на людей?**

— В природе таких случаев нет. Впрочем, был один случай, когда косатка схватила серфингиста, видимо, по ошибке приняв его за тюленя. Как только она поняла, что это нечто невкусное, сразу его выплюнула.

**— А как она поняла? Откусила кусочек?**

— Нет, человек практически не пострадал. Отделался испугом и несколькими царапинами. Вообще в еде косатки консервативны. Одни кланы привыкли питаться рыбой, другие — морскими млекопитающими, и человек для них — непривычная и невкусная пища, где слишком мало жира. Поэтому они и рыбу предпочитают более жирную, и тюленей. А в человеке по сравнению

с тюленем вообще жира нет. Это все равно что нам проглотить какого-нибудь дождевого червя.

Совсем другое дело — неволя. Вот тут, когда их держат в дельфинарии, немало случаев, когда косатки калечили и даже убивали дрессировщиков. Но это совсем не охотничье поведение.

**— А что же? Протест?**

— Да. Живя в таких условиях, они потихоньку сходят с ума. Когда они молодые, им даже нравится прыгать за наградой, выполнять трюки. А потом, когда они взрослеют, начинаются проблемы. Детские игровые интересы сменяются взрослыми — иерархические разборки, взаимоотношения между полами. Они переживают постоянный стресс от скученности, от того, что некуда деться, от жизни в замкнутом пространстве.

**— Не так давно прошла новость о том, что в Индии дельфины признаны личностями и теперь содержать их в дельфинариях запрещено. А что у нас?**

— У нас никаких запретов нет. В России вообще с этим очень плохо. У нас сейчас распространено такое явление, как передвижные дельфинарии. Это надувной бассейн, который возят по городам и весям, а следом — грузовые фургоны, где маются дельфины и морские котики.

— **Дельфинариев сейчас вообще очень много. Летом мы были в Краснодарском крае, и там буквально в каждом городке, в каждой станице свой.**

— И это при том что черноморские дельфины, афалины, которых там содержат, занесены в Красную книгу. Их ловят и содержат там нелегально, у них нет подходящих условий, все ветеринарные документы либо отсутствуют, либо подделаны. И надзора никакого за этим нет. В нашей стране не существует четких норм содержания морских млекопитающих. Даже если природоохранные организации пытаются эти дельфинарии как-то прижать, сделать ничего нельзя.

— **Иначе говоря, должна быть законодательная инициатива, в результате которой родился бы соответствующий документ?**

— Такая инициатива есть, она принадлежит Совету по морским млекопитающим, который возглавляет известный биолог и эколог Алексей Владимирович Яблоков. В группу входит также Лев Михайлович Мухаметов, который руководит Утришским дельфинарием и работает в Институте проблем экологии и эволюции. Он тоже занимается разработкой правил содержания морских млекопитающих в неволе. Уже больше года назад эти правила разработали и пытаются их пробить. Но предложения так и лежат где-то в министерствах. Надеюсь, когда-нибудь дело сдвинется с мертвой точки, но пока все проблематично.

— **Ольга Александровна, вы постоянно ездите в экспедиции на Камчатку, лично общаетесь с косатками. Какое впечатление на вас это производит?**

— Пребывание рядом с огромным, мощным животным потрясает. Изначально я вообще планировала заниматься не косатками, а псовыми — волками, песцами. Но однажды поехала волонтером в экспедицию с косатками, и они произвели на меня такое впечатление, что заняться другими животными уже в голову не приходило. Сейчас, когда я работаю, у меня все мысли направлены на конкретную задачу: эту группу надо сфотографировать, эту записать. Преобладает чисто научный интерес, эмоции отходят на задний план. Но иногда, когда, например, они подходят близко к лодке, захлестывает восторг.

— **А не страшно? Ведь могут и волну создать, и лодку перевернуть.**

— Нет, они очень осторожные, аккуратные. Ни разу даже не касались лодки. Хотя им это сделать не сложно. В Антарктике есть косатки, которые

туленей смывают со льдин, а потом их съедают. Но у них нет задачи навредить человеку.

— **Однако человек не отвечает им взаимностью...**

— Да, проблема коммерческого отлова косаток для дельфинариев и океанариумов стоит очень остро. Их десятками ловят и отправляют на продажу в Китай. При этом существует квота на отлов, в которой стоит формулировка «для культурно-просветительских целей». Но никакими культурой и просвещением там не пахнет.

— **Косатки есть и в новом океанариуме на ВДНХ в Москве. Там хотя бы нормальные условия?**

— Косатки — дорогие животные, их стараются содержать в более-менее приличных условиях. В отличие от тех же афалин, которых иногда держат в силосных ямах, в грязной воде, у них нет таких душегубок. Но все равно — что можно хорошего предложить животному, которое за день привыкло проходить сто и более километров?

— **Как вы считаете, насколько это вообще нужно — показывать шоу с дельфинами?**

— Считаю, что не нужно. Это развлечение, как коррида или петушиные бои. Публика любит зверинцы, но каково там животным, мало кто задумывается. С культурной и образовательной точки зрения это вообще ничего не дает. Я бывала в Канаде, там есть Ванкуверский аквариум, и там по крайней мере хотя бы рассказывают о морских животных. А у нас — просто шоу. Кстати, про купание с дельфинами и дельфинотерапию. Это не то что выдумки — общение с ними полезно в той же степени, как и с любым другими животным. С собаками, с лошадьми находиться рядом полезно, потому что это рождает позитивные эмоции. Дельфин в этом смысле ничем от них не отличается. Все же, что касается особой энергетики и необыкновенного лечебного эффекта, — это сказки. А поскольку в России должного ветеринарного контроля во многих дельфинариях нет, то в некоторых бассейнах можно и заразиться. Поэтому стоит сто раз подумать, прежде чем лезть в эту воду вместе с дельфинами. ■

Беседовала *Наталья Лескова*

## СПРАВКА

### Ольга Александровна Филатова

■ Доктор биологических наук, старший научный сотрудник кафедры зоологии позвоночных биологического факультета МГУ.

■ Окончила МГУ им. М.В. Ломоносова.

■ Сфера научных интересов: поведение и коммуникация китообразных, культурные традиции и культурная эволюция у животных, эволюция интеллекта.

## ОБ АВТОРЕ

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



# Кликни и заплати

Есть хороший способ блокировать интернет-рекламу, но для этого придется раскошелиться



Спам-реклама — настоящий бич Интернета. Она создает реальные проблемы нам, пользователям, и не только потому, что захламляет веб-страницы: она съедает деньги (поскольку на нее тратится интернет-трафик при использовании мобильных устройствами), заряд аккумуляторов и наше время. По оценкам газеты *New York Times*, обновляя веб-страницу в смартфоне, мы тратим на загрузку рекламы целых 79% времени.

Как ни странно, интернет-реклама представляет собой проблему для рекламодателей и владельцев веб-сайтов. В последнее время резко возросла популярность компьютерных программ, блокирующих интернет-рекламу. Согласно исследованиям американских компаний *Adobe* и *PageFair* (которые предлагают антиблокираторы), такие средства используют 41% взрослых пользователей моложе 30 лет. В целом за год установка (соответственно, и применение) блокираторов возросла на 48% — и это до того, как в сентябре 2015 года компания *Apple* начала апробировать свои рекламоблокирующие приложения для *iPhone* и *iPad*, впервые отметив, что блокировка имеет массовый характер.

Но здесь есть один тонкий момент: именно благодаря рекламе мы приобретаем большинство товаров, видеопродуктов и сервисных услуг. Не будь ее,

централизованные денежные потоки останутся и онлайн-экономика рухнет. И что тогда?

Некоторые веб-сайты обращаются к пользователям напрямую, предлагая им самим посмотреть рекламу. Прошлым летом на домашней странице сайта ежемесячного журнала *Wired* было размещено воззвание: «Пожалуйста, не разоряйте нас! Отключите ваши блокираторы интернет-рекламы!». Другие сайты просто отказывают вам в доступе, если у вас установлена программа блокировки рекламы. Сайты крупнейших телевещательных каналов Великобритании *Channel 4* и *ITV* в этом случае отображаются в виде черного экрана со словами: «Мы отказываем в доступе тем, кто использует блокираторы рекламы».

Разработана целая технология блокировки программ, блокирующих интернет-рекламу, — сетевое ПО, которое вводит в заблуждение ваш блокиратор, так что реклама появляется несмотря ни на что! Некоторые компании, занимающиеся разработкой блокираторов, даже получают деньги от крупных рекламодателей, хотя и утаивают информацию о том, что они подвергают рекламу специальной обработке.

Это тактика отношения к пользователям как к врагам — извечное противостояние щита и меча: «Вам придется смотреть нашу рекламу, нравится вам это или нет!»

Администраторы рекламных бюро могут предложить одно простое решение: оформление рекламы в виде текста. Она неброская и ненавязчивая, а потому благополучно минует блокиратор. Однако здесь нужно знать меру: такой способ подачи рекламы размывает границу между обычными сообщениями и целенаправленным намерением что-либо вам продать.

Технологи-утописты, подобные мне, удивляются, почему никто не прибегает к помощи бизнес-модели микроплатежей (микротранзакций). Даже если реклама вас не интересует, при каждом ее поступлении с вашего счета списывается несколько центов за каждый текст или видеоролик. В глубине души мы понимаем, что кто-то должен платить

за высокое качество услуг Всемирной паутины. И если бы осуществлять микроплатежи было просто и недорого, возможно, все были бы довольны.

К сожалению, мы уже пробовали такой подход. В конце 1990-х — начале 2000-х гг. несколько компаний попытались создать системы микроплатежей, но все они оказались неудачными. Чтобы выяснить, почему так произошло, я разыскал генеральных директоров некоторых новых организаций, дальше других продвинувшихся в этом направлении.

«Идея микроплатежей прекрасно выглядит на бумаге, — сказал мне бывший директор американской компании *BitPass* Дуглас Ноппер (*Douglas Knopper*). — Однако для ее удобного использования необходимо выполнение четырех условий: должны соблюдаться простота, универсальность, конфиденциальность и отсутствие дополнительных налогов. Бизнес ретейлеров в таком случае буксует, поскольку задействовано слишком много посредников — операторов кредитных карт и т.д. Поэтому пока кто-нибудь не догадается, как взломать коды, у микроплатежей не будет никаких перспектив».

Выбор времени для этих операций тоже оказался неудачным. Чарлз Коэн (*Charles Cohen*), основатель обанкротившейся компании *Beenz*, рассказал

мне, что это произошло в первую очередь потому, что лопнул «пузырь доткомов» (компаний, чья бизнес-модель целиком основана на работе в рамках сети Интернет) и большинство компаний, которые принимали и выпускали микровалюты, разорились в мгновение ока.

Несмотря на то что первые попытки использования микротранзакций не удались, никаких непреодолимых преград к их применению сегодня не существует. Похоже на то, что веб-компаниями были бы рады отказаться от борьбы со средствами блокировки рекламы, однако пользователи Интернета, т.е. мы с вами, не против платить по несколько центов, чтобы больше никогда не видеть назойливые рекламные баннеры или рекламные ролики, на загрузку которых уходит уйма времени. По мнению Курта Хуана (*Kurt Huang*), соучредителя и президента компании *BitPass*, «вполне возможно, что микроплатежи все-таки войдут в обращение».

От имени миллионов владельцев веб-сайтов, рекламодателей и пользователей мне хотелось бы пожелать, чтобы он оказался прав. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский



Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

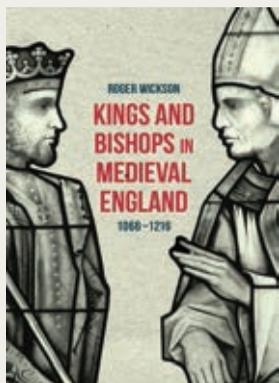
К юбилею Академика Н. Л. Добрецова: Научно-мемуарная композиция «Идеи и люди» содержит несколько иллюстраций простой мысли: «всякие идеи всегда связаны с конкретными людьми, они зарождаются в спорах и столкновении характеров и продолжают жить до тех пор, пока есть ученики, поддерживающие и развивающие идею»

А. Э. Конторович: «Работа советской нефтяной и газовой промышленности на 95 % велась на собственном оборудовании, СССР самостоятельно осваивал собственные гиганты, и делал это достаточно эффективно. Но за 25 лет мы растеряли все...»

Препарат на основе популярного среди женщин нейротоксина – ботокса или ботулотоксина – поможет предотвратить фибрилляцию предсердий во время операций на открытом сердце и в послеоперационный период

Не исключено, что в недалеком будущем каждый из нас станет обладателем «флешки», на которой будет записана расшифровка не только нашего генома, но и самой нашей личности

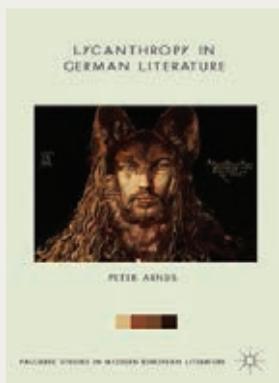
[www.scfh.ru](http://www.scfh.ru)



**Роджер Уиксон. Короли и епископы в средневековой Англии, 1066–1216 (Roger Wickson. Kings and Bishops in Medieval England, 1066–1216)**

Книга известного британского историка, профессора лондонского Королевского колледжа Роджера Уиксона посвящена изучению отношений между королями Англии и их епископами от нормандского завоевания до Великой хартии вольностей. Отношения между церковью и короной в средневековой Англии всегда отличались неоднозначностью. Томас Бекет однажды заявил Генриху II: «Милорд, вы мой король и одновременно духовный сын».

Действительно, епископы, короновавшие всех британских королей, в то же время были самой большой угрозой для них, и короли никогда не чувствовали себя в безопасности. Тем не менее церковь и корона многие века уживались друг с другом, проявляя гибкость и идя на взаимные уступки. Яркий пример их противостояния и анализирует Уиксон. Во вводной части книги он дает обстоятельный аналитический обзор имеющейся литературы по этому вопросу — от средневековых историков до авторов последних лет. В последующих главах он вводит новые источники, например монастырские летописи и сохранившиеся письма современников событий. Впервые привлекаются документы из ватиканских архивов, алгоритм работы с которыми дается в приложении.

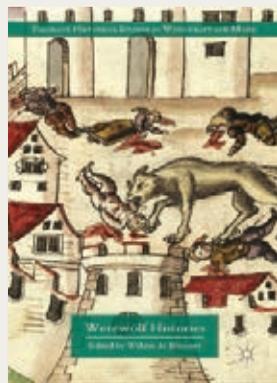


**Петер Арндс. Ликантропия в немецкой литературе (Peter Arnds. Lycanthropy in German Literature)**

Книга профессора Тринити-колледжа в Дублине, немецкого литературоведа и писателя Петера Арндса посвящена эволюции рассказов о превращении человека в животных

в немецкоязычной литературе. Рассматривая тексты от первых записей фольклора и народных книг до шедевров Кафки, Грасса и Гессе, автор прослеживает эволюцию и мотива оборотничества, и образа главного персонажа. Вначале образ волка выступает олицетворением страха или неприятия неподобающего поведения (такого, как безделье, бродяжничество, преступление), но с течением времени он превращается в метафору протеста против произвола верховной власти, а в определенных условиях становится и символом сопротивления бездействию и конформизму.

Арндс предлагает новое прочтение канонических текстов Ганса Гриммельсгаузена, братьев Гримм, Людвиг Тика, Вильгельма Раабе, Германа Гессе, Франца Кафки, Гюнтера Грасса и Эдгара Хильзенрата. Важная особенность книги — связь с историей Германии. Ключительные главы посвящены образу волка в культуре гитлеровской Германии и его пародированию в прозе XX в. Шесть глав построены по проблемному принципу, что позволяет использовать книгу как пособие по спецкурсу для магистрантов и аспирантов. Отметим обширную библиографию, включающую малоизвестные источники XV–XVI вв.



**Виллем де Блекур. Рассказы об оборотнях (Willem de Blécourt. Werewolf Histories)**

Книга антрополога и заслуженного профессора Института им. Меертенса Амстердамского университета Виллема де Блекура представляет собой первое англоязычное исследование феномена оборотничества в европейских культурах

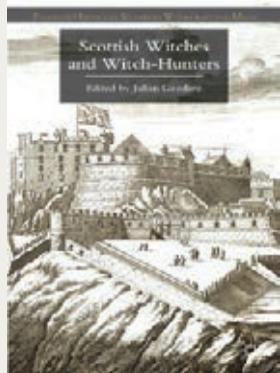
от глубокой древности до XX в. Современный читатель привык видеть оборотней в фильмах и массовой литературе, когда герой превращается в волка под влиянием полной луны. На самом же деле феномен оборотничества имеет долгую и малоисследованную историю.

Опираясь на массив нового и малоисследованного материала от записей фольклора до археологических находок последнего времени, сочинений демонологов и архивных документов, сохранившихся от судебных процессов над

ведьмами, автор буквально по крупицам восстанавливает границы бытования данного мотива, включавшие обширную территорию: славянские страны, Скандинавию и Германию, Францию и Италию, Румынию, Сербию и Хорватию.

В первых главах он показывает основные типы данного персонажа, представленные в античном фольклоре, ранних европейских памятниках (исландские саги, «Старшая Эдда» и «Сага о Вельсунгах»). Отдельные главы посвящены образу оборотня в трудах европейских демонологов (Франческо Гваццо, Николя Реми и Фридриха фон Шпее), а также трактовкам этого образа в народных книгах и памфлетах.

Практически впервые в европейский контекст включаются тексты об оборотничестве в странах Балтии и анализируются фольклорные корни этого мотива в южнославянском регионе. Небольшой объем книги заставляет автора быть предельно кратким, не обременяя текст обширными цитатами, тем более что большинство источников приводятся на языках соответствующих стран.



### Шотландские ведьмы и охотники за ними (*Scottish Witches and Witch-Hunters*)

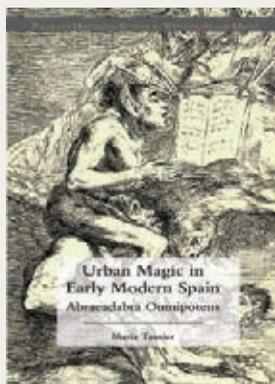
Коллективная монография, инициатором создания которой стал профессор Эдинбургского университета Джулиан Гудэйр, посвящена событиям середины XVI — конца XVIII в. Именно в этот период произошли наиболее

трагические события в истории колдовства в Шотландии. Каждая из 12 глав представляет собой монографическое исследование отдельного процесса или событий, происшедших на определенной территории.

Авторы показывают зарождение охоты на ведьм (в Шотландии она началась с 1568–1569 гг.), наиболее известные процессы (Айсобел Янг, Айсобел Гауди, Норт-Бервикские ведьмы). Важно, что исследователи не замыкаются в теме, а раскрывают обширные связи европейского колдовства с шаманизмом, древнейшими верованиями других стран. Действовавшие в Шотландии законы против колдовства имели ряд отличительных признаков, в частности ведьме разрешалось нанять адвоката. Иногда его вмешательство приводило к снятию обвинения. Например, защитником Айсобель Янг выступил Жан Боден — известный французский ученый-юрист и специалист по истории колдовства. Опираясь на свидетельские показания и отсутствие добровольного признания обвиняемой, он добился ее освобождения при условии пожизненного изгнания из страны. Но такой исход несомненно уникален.

Авторы тщательно реконструируют практику проведения судебных процессов и показывают их влияние на городскую культуру своего времени. Они исследуют

постепенное превращение ссоры между соседями почти в общенациональную панику, охватившую тысячи людей. В заключительных главах показано угасание преследований, завершившееся официальной отменой всех законов относительно колдовства в 1736 г. Но на самом деле кошмар продолжался еще почти 40 лет.



### Мария Тосье. Всемогущая абракадабра: колдовство в испанских городах раннего Нового времени (*María Tausiet. Urban Magic in Early Modern Spain: Abracadabra Omnipotens*)

Книга испанского историка и писательницы Марии Тосье посвящена сравнительно малоизвестным страницам истории колдовства

в Испании. Поскольку страну полностью контролировала инквизиция, прежде всего истреблявшая еретиков, собственно колдуны и маги пострадали гораздо меньше, чем в других европейских странах. Вследствие смешения культур христианизированного язычества римского времени, суеверий вестготских завоевателей V–VII вв., мавританских традиций астрологии и гадания и оккультных традиций евреев предрассудки глубоко укоренились в Испании. Астрология и некромантия преподавались в университетах как официальные курсы. Внешние проявления суеверий, магии и колдовства сохранялись до Нового времени.

Считалось, что светских чародеев должны были наказывать правительственные чиновники, а если они относились к духовенству — епископы. Тосье показывает, что каждый инквизитор работал под постоянным контролем высшего руководства (центрального инквизиционного совета), которое бдительно следило, чтобы прежде всего карались смертью те, у кого можно было конфисковать ценное имущество. Только в 1582 г. в Испании было официально запрещено преподавание астрологии в университетах. В центре внимания автора находится повседневная жизнь средневековой Сарагосы. Опираясь на многочисленные факты, многие из которых впервые вводятся в науку, исследовательница анализирует процессы, проведенные различными судами в этом испанском городе в течение XVI и XVII вв. Тосье показывает, как религиозная вера соперничала за сердца и умы людей с вековыми верованиями в колдовство и суевериями. Хотя на первый взгляд колдовство и религия олицетворяли две противостоящие силы, на самом деле они представляют собой противоположные стороны одной медали.

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](mailto:podpiska@sciam.ru), [info@sciam.ru](mailto: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](http://www.sciam.ru).

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

\* Если ваша заявка о подписке получена до 10-го числа месяца, то начиная со следующего месяца с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

## Бланк заказа номеров журнала

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2016 г.	объединенный выпуск				объединенный выпуск			объединенный выпуск				
2015 г.					объединенный выпуск			объединенный выпуск				
2014 г.								объединенный выпуск				

\* Выделенные черным цветом номера отсутствуют.

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Индекс \_\_\_\_\_

Область \_\_\_\_\_

Город \_\_\_\_\_

Улица \_\_\_\_\_

Дом \_\_\_\_\_ Корп. \_\_\_\_\_ Кв. \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_  
Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик \_\_\_\_\_

Плательщик \_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_  
Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик \_\_\_\_\_

Плательщик \_\_\_\_\_

**Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:**

**в почтовых отделениях по каталогам:**

«Роспечать», подписной индекс: 81736 — для физических лиц, 19559 — для юридических лиц; «Почта России», подписной индекс: 16575 — для физических лиц, 11406 — для юридических лиц; каталог «Пресса России», подписной индекс: 45724, [www.akc.ru](http://www.akc.ru)

**Подписка по РФ и странам СНГ:**

ООО «Урал-Пресс», [www.ural-press.ru](http://www.ural-press.ru)  
СНГ, страны Балтии и дальнее зарубежье:  
ЗАО «МК-Периодика», [www.periodicals.ru](http://www.periodicals.ru)  
РФ, СНГ, Латвия:  
ООО «Агентство "Книга-Сервис"», [www.akc.ru](http://www.akc.ru)

**В мире науки**  
SCIENTIFIC AMERICAN

**Senior Vice President and Editor in Chief:**

Mariette DiChristina

**Executive Editor:**

Fred Guterl

**Managing Editor:**

Ricki L. Rusting

**Managing Editor, Online:**

Philip M. Yam

**Design Director:**

Michael Mrak

**News Editor:**

Robin Lloyd

**Senior Editors:**

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

**Associate Editors:**

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon,  
Ferris Jabr, John Matson

**Podcast Editor:**

Steve Mirsky

**Contributing editors:**

Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi,  
Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna,  
John Rennie, Sarah Simpson

**Art director:**

Ian Brown

**President:**

Steven Inchcoombe

**Executive Vice President:**

Michael Florek

**Vice President and Associate Publisher,**

**Marketing and Business Development:**

Michael Voss

**Vice President, Digital Solutions:**

Wendy Elman

**Adviser, Publishing and Business Development:**

Bruce Brandfon

© 2016 by Scientific American, Inc.

## Читайте в следующем номере:

### В поисках планеты X

Некоторые странные объекты в поясе Койпера заставляют предположить, что где-то на окраинах Солнечной системы, вероятно, скрывается крупная планета (размерами больше Земли), у которой даже может быть свой спутник. Эти объекты слишком далеки, чтобы их были способны обнаружить существующие телескопы, но обсерватории будущего имеют шансы «засечь» их.

### Сила детского мозга

Если удастся понять, что происходит с мозгом в детстве, в периоды интенсивного обучения, это поможет в поиске новых путей коррекции неврологических и психических заболеваний у взрослых.

### Квантовый взлом

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

### Горький вкус иммунитета

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 очень быструю иммунную защитную реакцию, уничтожающую бактерий. Активация этих рецепторов горькими веществами усиливает естественные иммунные реакции организма, что, возможно, ослабит нашу зависимость от антибиотиков.

### Шесть миллиардов человек в Африке

Прогнозы численности африканского населения очень тревожны. Непредвиденный рост крайне осложнит непростую и сегодня ситуацию с ресурсами на континенте и в мире в целом. Снижения рождаемости можно будет добиться только путем предоставления женщинам Африки более широких экономических, социальных и политических прав. Кроме того, им необходимо обеспечить легкий доступ к недорогим средствам контрацепции.



### Коллективная мудрость муравьев

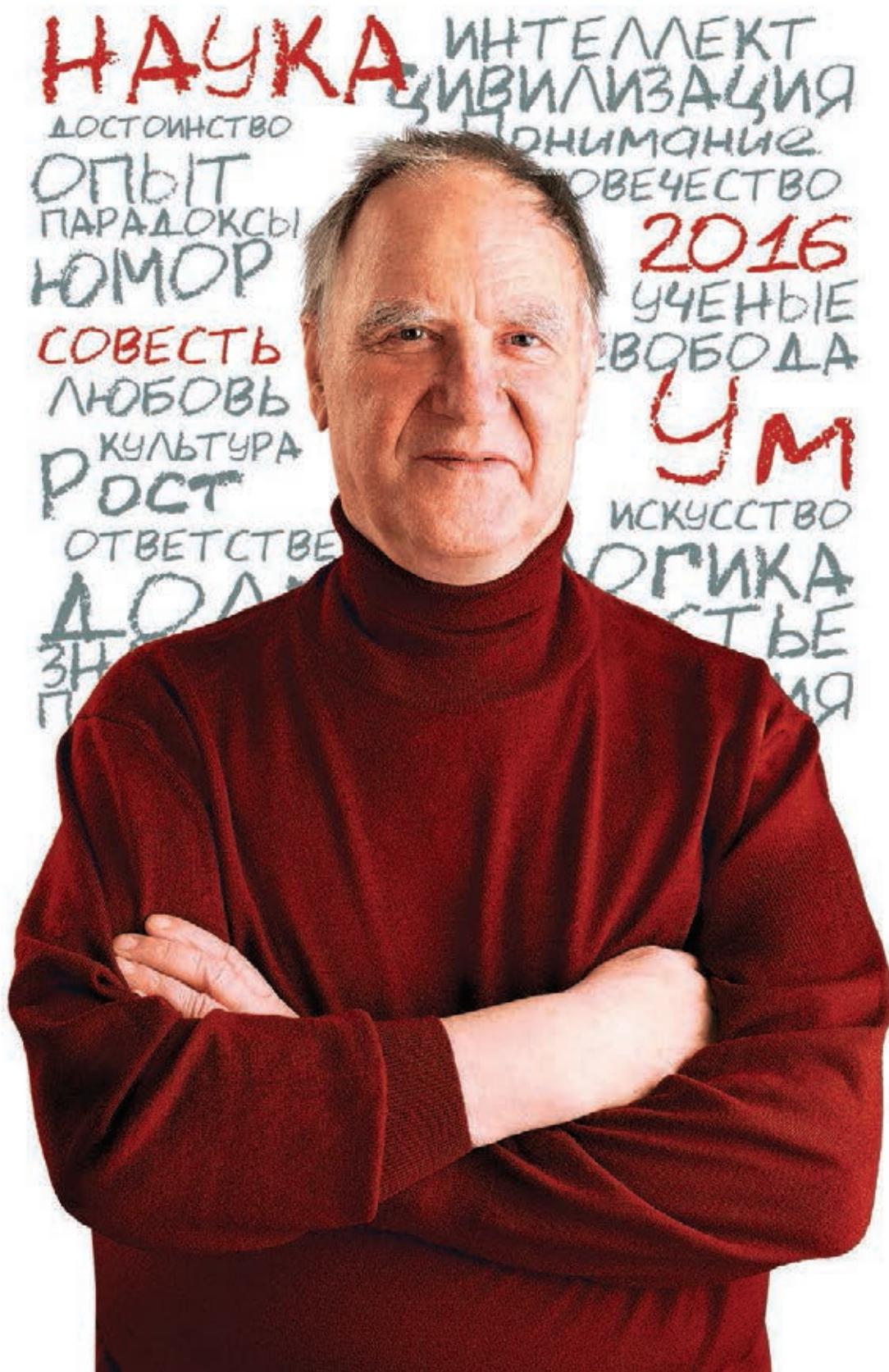
Муравьиные колонии живут без какого-либо централизованного управления. Выяснив, как им это удается, мы сможем понять и работу других систем, функционирующих без «указок сверху», — от головного мозга до Интернета.

очевидное  
невероятное



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ  
Научная  
Россия

В мире  
науки  
SCIENTIFIC  
AMERICAN



ISSN 0208-0621



9 770208 062001

16003

