

БИОХИМИЯ

**Зеркальные  
молекулы**

ФИЗИКА

**Стена  
из воды**

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

**Семена  
слабоумия**

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC  
AMERICAN

# В мире науки

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

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

№9 2013

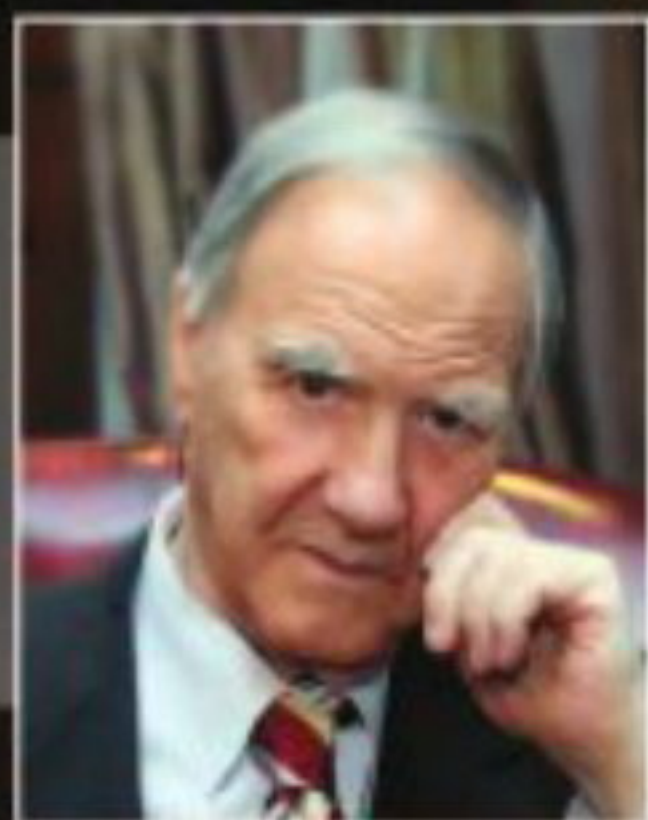
12+

## В поисках ИНОЙ ЖИЗНИ

Взгляд в экзопланетные небеса



Журнал выходит при поддержке  
МГУ имени М.В. Ломоносова



**Он помогал нам  
открывать мир**



68



28

# СОДЕРЖАНИЕ

## Сентябрь 2013

### Главные темы номера

#### In memoriam

##### ОН ПОМОГАЛ НАМ ОТКРЫВАТЬ МИР

Год назад не стало выдающегося просветителя и ученого **Сергея Капицы**. Редакция журнала «В мире науки» обратилась к его друзьям и коллегам с просьбой поделиться воспоминаниями о нем



#### Интервью

##### ДИАЛОГ ДОЛЖЕН ИДТИ НА ПОЛЬЗУ

Выдержки из онлайн-интервью «Газеты.Ру» с президентом РАН **Владимиром Фортовым**



#### Идеи, меняющие мир: лингвистика

##### ИНТЕЛЛЕКТУАЛ

##### С БИБЛЕЙСКИМ ИМЕНЕМ

Ведущая новой программы канала «Россия 24» «Идеи, меняющие мир» **Эвелина Закамская** беседует с одной из знаковых фигур современной науки, знаменитым лингвистом и политическим философом **Ноамом Хомским**



#### Биология

##### ЭКСПЕРИМЕНТ ВЕКА

##### Павел Красин

Об успехах исследований по генетике поведения на примере доместикации лис — бывший директор Института цитологии и генетики СО РАН, академик **Владимир Шумный**



#### Науки о Земле

##### ОТСЛЕЖИВАЯ НЕДРА

26

##### Павел Красин

В июне на Кузбассе произошло крупное землетрясение. О наблюдениях за сейсмическими событиями рассказывает директор Алтае-Саянского филиала Геофизической службы СО РАН **Александр Еманов**



#### Астрономия

##### ЗАРЯ В ДАЛЕКИХ НЕБЕСАХ

28

##### Майкл Лемоник

Наша галактика буквально кишит планетами. Ученые напряженно вглядываются в их атмосферы в поисках признаков внеземной жизни

#### Физика

##### СТЕНА ИЗ ВОДЫ

38

##### Дана Маккензи

Предполагается, что океанские течения и другие хаотические явления непредсказуемы, но математики находят метод описания безумия природы





88

## Ядерная физика

### НЕЙТРОНЫ И МЕГАПРОЕКТ ПИК

44

**Виктор Фридман**

Об истории Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова, его настоящем и будущем рассказывает его директор член-корреспондент РАН

**Виктор Аксенов**



## Информационные технологии

### ИНТЕРНЕТ НА ГРАНИ ЗАТОРА

50

**Интервью: Ларри Гринмейер**

Чтобы Всемирная паутина не порвалась под нарастающей тяжестью информации, нужно радикально изменить способы обработки данных в сети, считает глава Bell Labs Research **Маркус Хофманн**

## Медицина

### ВО ИМЯ БУДУЩЕГО

54

**Наталья Лескова**

Руководитель клиники гинекологии и новых репродуктивных технологий профессор **Анатолий Ищенко** главной своей заслугой считает помощь в сохранении здоровья носительницы будущего — женщины



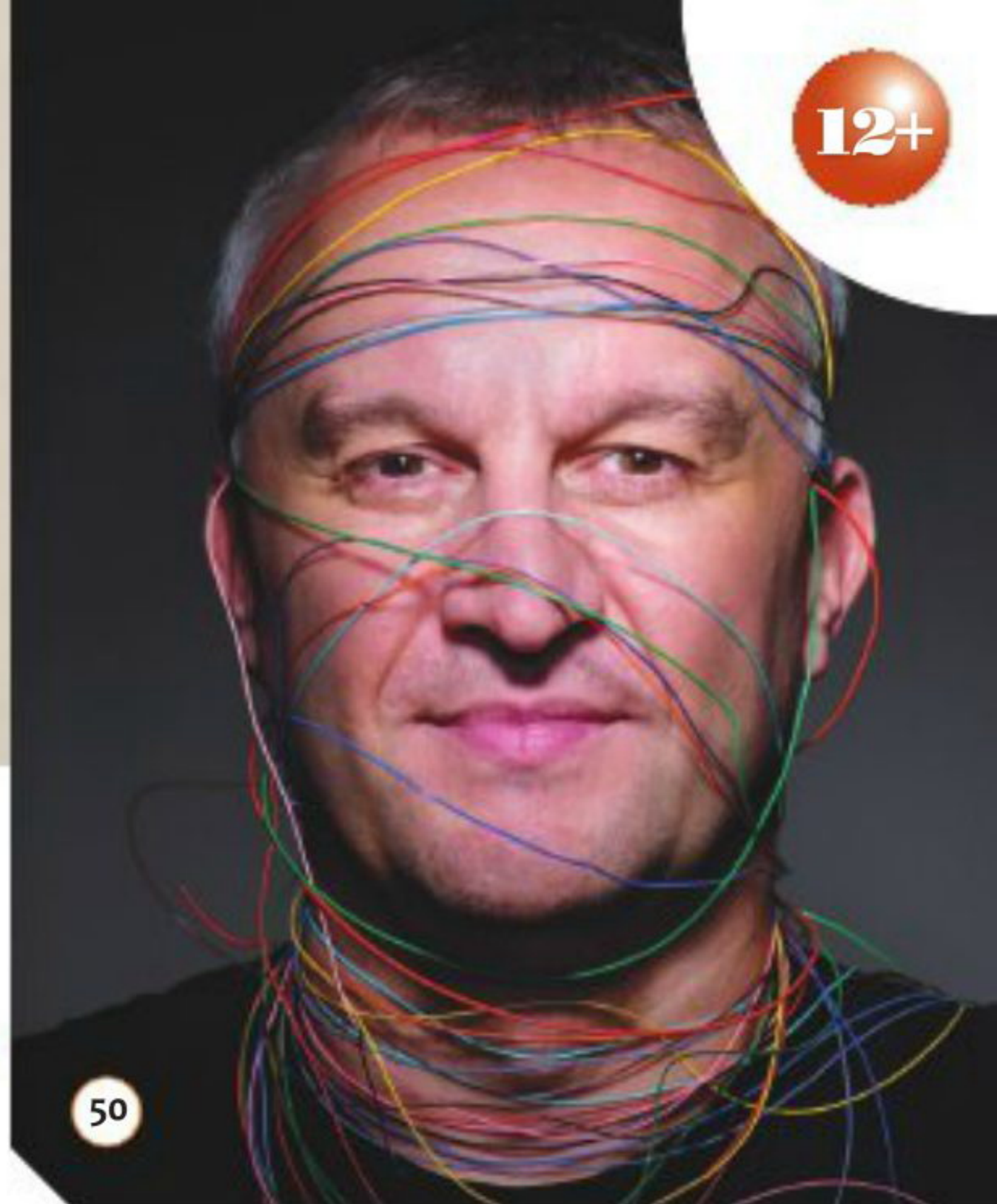
## Биохимия

### МОЛЕКУЛЫ ИЗ ЗАЗЕРКАЛЯ

62

**Сара Эвертс**

Левые аминокислоты — визитная карточка химии живых существ. Но почему в природе встречается так много исключений из этого правила?



50

## Нейробиология

### СЕМЕНА СЛАБОУМИЯ

68

**Лэри Уокер и Матиас Юкер**

Возникновение нейродегенеративных заболеваний можно объяснить цепной реакцией токсичных белков; быть может, эта информация наконец поможет найти необходимые методы лечения

### СКВОЗЬ БАРЬЕР К МОЗГУ

76

**Дженни Интерланди**

Представление о гематоэнцефалическом барьере как о живом изменчивом органе может способствовать прогрессу в лечении рака и болезни Альцгеймера

## Психология

### ПОБЕДИТЬ ДЕПРЕССИЮ

84

**Мария Киселева**

По данным ВОЗ, в 2020 г. депрессия займет второе место после ишемической болезни сердца в списке заболеваний, приводящих к инвалидности



## Дендрохронология

### КРУГИ ПО ДЕРЕВУ

88

**Марисса Фессенден**

Деревья рассказывают о том, как менялся климат

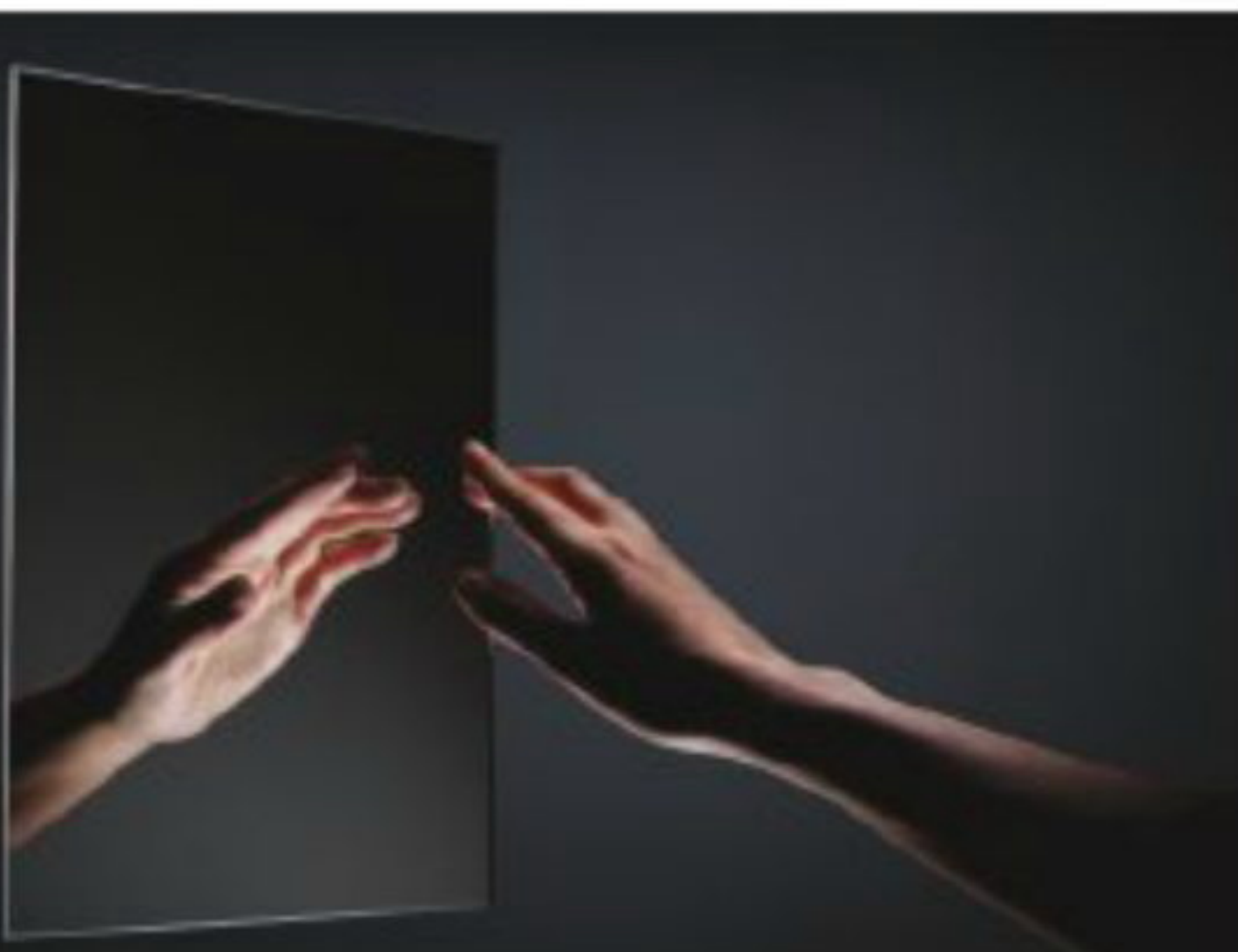
## Разделы

50, 100, 150 лет тому назад

43, 83

События, факты, комментарии

90



ежемесячный научно-информационный журнал

**SCIENTIFIC AMERICAN** **В мире науки**



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

## SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Senior Vice President and Editor in Chief:

Executive Editor:

Managing Editor:

Managing Editor, Online:

Design Director:

News Editor:

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

© 2013 by Scientific American, Inc.

## НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Сибирское отделение РАН

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

**Главный редактор:** В.Е. Фортов

**Первый заместитель главного редактора:** А.Л. Асеев

**Заместители главного редактора:** А.Ю. Мостинская

**Зав. отделом естественных наук:** О.И. Стрельцова

**Зав. отделом российских исследований:** В.Д. Ардаматская

**Выпускающий редактор:** Ю.Г. Юшквичюте

**Обозреватель:** М.А. Янушкевич

**Администратор редакции:** В.Ю. Чумаков

**Научные консультанты:** Е.Ю. Емельянова

член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор В.Л. Аксенов; доктор технических наук А.Ф. Еманов; доктор медицинских наук, профессор А.И. Ищенко; кандидат психологических наук М.Г. Киселева; кандидат физико-математических наук В.Г. Сурдин; академик РАН, доктор биологических наук В.К. Шумный

**Над номером работали:**

М.С. Багоцкая, О.Л. Беленицкая, С.В. Гогин, Е.В. Головина, Д.А. Граб, О.В. Калантарова, П.Э. Красин, А.П. Кузнецов, Н.Л. Лескова, И.В. Ногаев, О.В. Подойницына, А.И. Прокопенко, Е.В. Самойлова, И.Е. Сацевич, В.И. Сидорова, В.Э. Скворцов, В.П. Фридман, Н.Н. Шафрановская

**Верстка:** А.Р. Гукасян

**Дизайнер:** Я.В. Крутий

**Корректур:** Я.Т. Лебедева

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

Ю.С. Осипов

**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

**Бухгалтер:** Е.Р. Мещерякова

**Адрес редакции:** Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138;

Тел./факс: (495) 939-42-66; e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

**Отпечатано:** В ЗАО «ПК «ЭКСТРА М», 143400, Московская область, Красногорский

р-н, п/о «Красногорск-5», а/м «Балтия», 23 км, полиграфический комплекс

Заказ №09 13-08-00204

© **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.

Весь сентябрь  
на телеканале  
«24 ТЕХНО»

24Т  XHD

# ОСЕННЯЯ НЕЙРОМОНТИЖА

Куда приводят сны?  
Теория и практика  
цифровых сновидений

Вспомнить всё:  
терабайты в  
голове

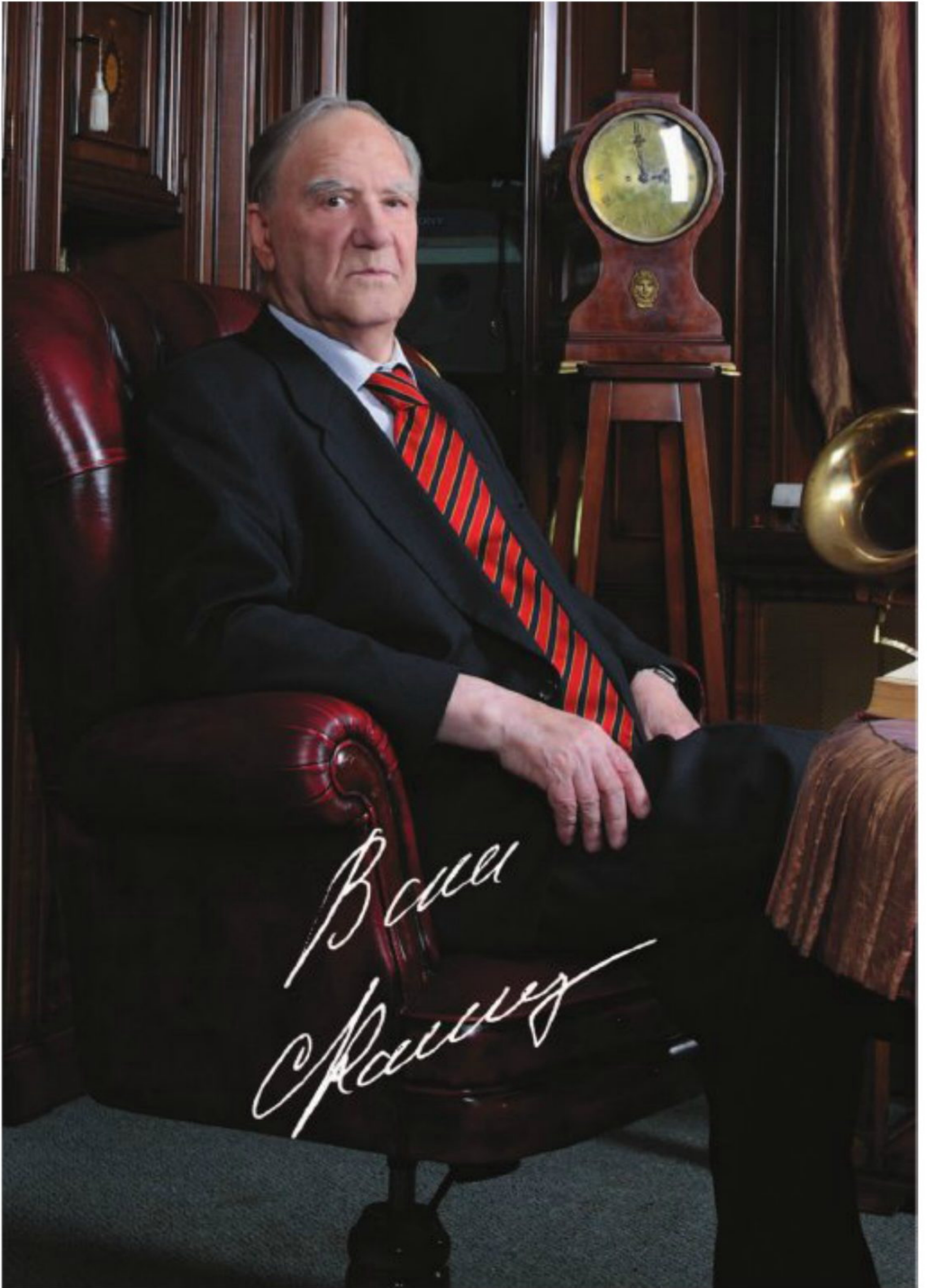
Любовь как вирус:  
ваш путеводитель по пандемии

18+

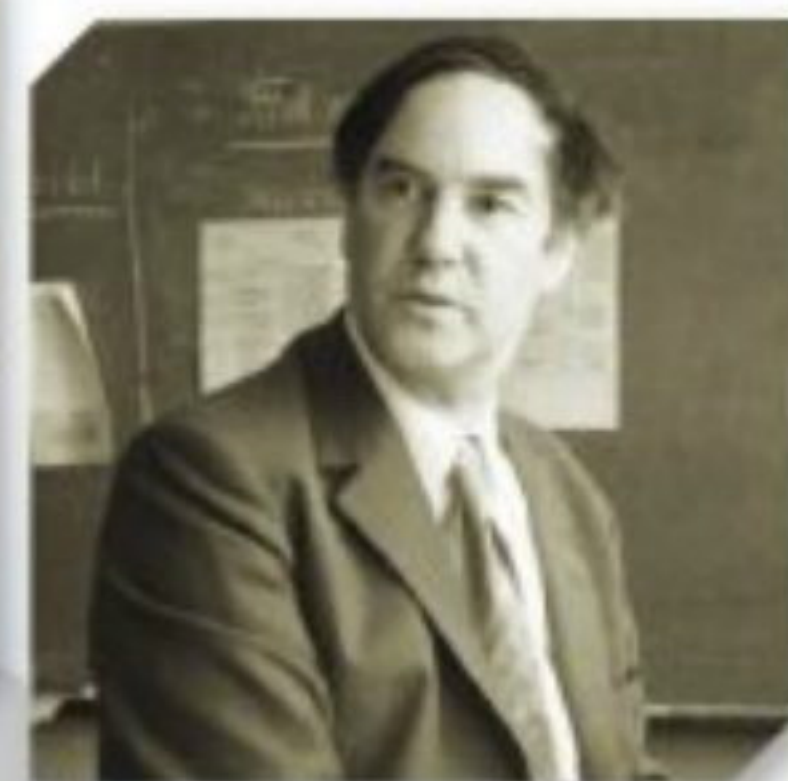
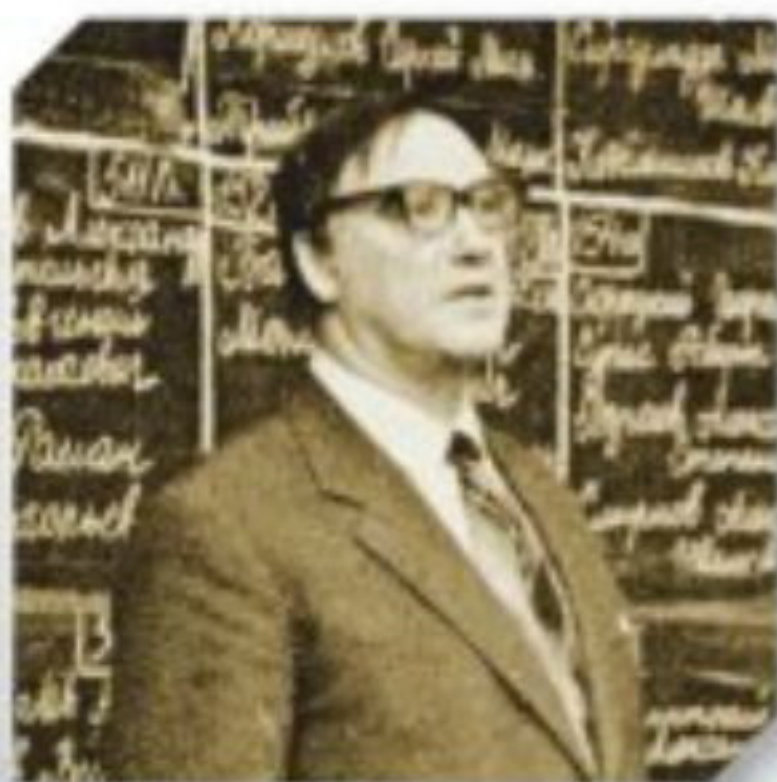
ТЕЛЕКАНАЛ «24 ТЕХНО» — ПРОТЕКТИВНЫЙ НАВИГНО-  
РАЗВЕЩАТЕЛЬНЫЙ ТЕЛЕКАНАЛ О ТЕХНИКЕ, ТЕХНОЛОГИИ,  
И РЕПОРТАЖАХ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛ

WWW.24TECHNO.RU

СПРАШИВАЙТЕ У ВАШЕГО ОПЕРАТОРА ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



Boris  
Spassov



# Он помогал нам открывать мир

*Год назад не стало выдающегося просветителя и ученого Сергея Капицы. Телеканал «Россия 24» при участии телекомпании «Очевидное — невероятное» подготовил к этой дате документальный фильм «Самый лучший день — завтрашний». В процессе работы автор и ведущая Гуля Балтаева встретила с друзьями и коллегами Сергея Петровича, чтобы записать их воспоминания*





*Владимир Евгеньевич  
Фортов*



*Андрей Афанасьевич  
Кокошин*



*Александр Леонидович  
Асеев*

**Владимир Евгеньевич Фортов**  
*Президент РАН, главный редактор  
журнала «В мире науки»*

Прошел год, и это не так много, но как же заметно отсутствие Сергея Петровича! Говорят, присутствие хорошего специалиста для предприятия, института не заметно, заметно его отсутствие. По-моему, к нему это очень подходит.

Помню, как я впервые его увидел. Я пришел учиться в Физтех, а Сергей Петрович возглавлял там кафедру общей физики. У студентов Физтеха всегда был выбор — пойти к одному лектору или к другому. Аудитория, в которой читал Капица, всегда была переполнена. Его курс лекций был интересен тем, что он иногда переходил от стандартного изложения материала, особенно скучного, на неожиданные факты. Например, мог попросить своего лаборанта рассказать о Южном полюсе, на котором тот недавно побывал, а потом порассуждать, почему там дуют именно такие ветры или почему у пингвинов атрофированы крылья. Это всегда было импровизацией. Было ясно, что физика — его жизнь.

Он долго колебался, идти ли ему на телевидение. Насколько я знаю, его отец Петр Леонидович не советовал ему это делать. Академик Л.А. Арцимович предупреждал, что это поставит крест на его академической карьере. Но Сергей Петрович никогда не жалел об этом. Ему было интересно. И мы пока не видим человека, который мог бы заменить его в этом деле. Это

особый жанр, который редко кому удается. Пропаганда науки — чрезвычайно нужная и полезная вещь. Сергей Петрович считал, что мы должны больше этим заниматься.

Он был необыкновенно обаятельным человеком. Мы были дружны с ним, я несколько раз с большим удовольствием участвовал в программе «Очевидное — невероятное».

Я ему очень благодарен за то, что он высказал много нетривиальных мыслей о нашей академии наук. Эти были мысли критического содержания, он как никто видел ее слабости, особенно в последнее время. Но его критика была деликатной и конструктивной. Сергея Петровича беспокоило усиление бюрократии вокруг научной сферы. Он предлагал эффективные способы, позволяющие разгрузить ученых от бумажной вертикали, созданной людьми не от науки.

От отца и деда — выдающихся ученых — он унаследовал принцип: ставить на первое место научный результат и свободу научного творчества.

**Андрей Афанасьевич Кокошин**  
*Академик РАН, директор Института проблем международной безопасности РАН, декан факультета мировой политики МГУ им. М.В. Ломоносова*

При первой встрече Сергей Петрович удивил меня своей интеллигентностью, высокой научной и человеческой этикой и, конечно, своими знаниями и уникальными воспоминаниями. Он мне много рассказывал о своем отце, о его окружении — выдающихся физиках Н.Н. Семенове, Л.Д. Ландау и многих других.

Программа «Очевидное — невероятное» с самого начала отличалась высокой степенью свободы, в ней позволялось гораздо больше, чем в других. Сергей Петрович так блистательно ее вел, на таком высоком интеллектуальном уровне, что это не могло не привлекать к передаче думающую образованную публику. Я участвовал в нескольких программах, в которых обсуждались проблемы стратегической стабильности, избавления мира от ядерной угрозы. Как физик он прекрасно понимал, что такое ядерное оружие и какую опасность оно несет людям. Наверное, это понимание он унаследовал на генетическом уровне.



*Гуля Балтаева*

Специальный корреспондент канала «Россия 24», автор документального фильма «Самый лучший день — завтрашний», посвященного памяти С.П. Капицы

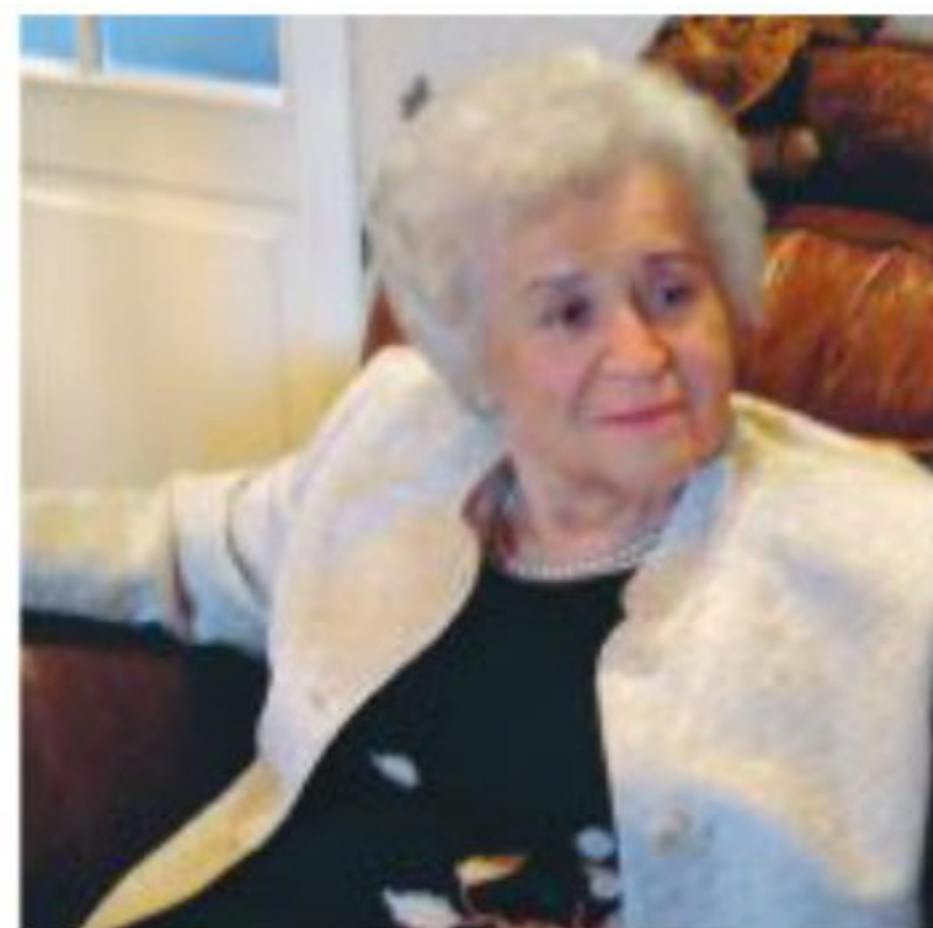




*Эвелина Владимировна  
Закамская*



*Валерий Абисалович  
Гергиев*



*Ирина Александровна  
Антонова*

Он был понятен миллионам телезрителей, однако никогда не упрощал беседу до такой степени, чтобы это выглядело неприемлемым для знающих людей. Это особое мастерство, мало кто умеет это делать.

Я не раз слышал от физиков, химиков, астрономов, которым сейчас 40–50 лет, что во многом они приняли решение пойти в науку под влиянием программы «Очевидное — невероятное». Это касалось нескольких поколений ученых.

В 1990-е гг. Сергей Петрович увлекся проблемами демографии. Мы у себя на факультете издали его книгу «Очерк теории роста человечества. Демографическая революция и информационное общество». Она посвящена тому, как меняется демографическая картина человечества в зависимости от происходящей информационной революции.

Мы много раз обсуждали с ним проблемы, связанные с демографией, и далеко не все вошло в его книгу. Я помню его рассуждения и должен сказать, что многое из того, что сегодня происходит в мире, подтверждает его правоту.

### **Александр Леонидович Асеев**

**Председатель Сибирского отделения РАН**

Я благодарен судьбе за то, что она меня свела с Сергеем Петровичем.

Хорошо помню, как появилась программа «Очевидное — невероятное». Она собирала огромное количество зрителей. Привлекала тематика, но еще больше — личность ведущего. Это было время расцвета науки. Казалось, она способна решить все проблемы, стоящие перед человечеством.

У нас с Сергеем Петровичем сложились теплые доверительные отношения. Это было связано с тем, что я представлял Сибирское отделение РАН — знаменитый Академгородок, главным отцом-основателем которого был М.А. Лаврентьев. Большое участие в организации Академгородка, Новосибирского университета, в котором я учился, принял отец Сергея Петровича, знаменитый ученый Петр Леонидович Капица, человек необычной судьбы. Он был основателем системы Физтеха, которая была воплощена у нас в Новосибирске.

Нам было легко и приятно общаться. Сергей Петрович много рассказывал о своем детстве в Англии. Мне это

было интересно, потому что я тоже провел в Англии довольно много времени, правда, не в Кембридже, а в Оксфорде. Он вспоминал, как приезжал с отцом к нам в Академгородок, сколько надежд было связано с развитием науки в Сибири. В то время это было прорывом.

В последние годы Сергея Петровича интересовали проблемы организации науки. Он верил: то, что было заложено его отцом в наш Академгородок и то, что было сделано М.А. Лаврентьевым, должно дать новый взгляд на решение этих проблем. В этом плане у нас много сделано. Активно развиваются фундаментальная наука и образование. Мы работаем с крупнейшими корпорациями над актуальными проблемами развития высоких технологий в Сибири. Все это составляло предмет наших обсуждений в последнее время.

Будучи физиком до мозга костей, он в последние годы жизни стал понимать, что решение многих проблем лежит не в области технических или точных наук, а в гуманитарной сфере. Это позволило ему применить математические и физические подходы для того, чтобы понять, что происходит с людьми, цивилизацией в целом. Парадоксы роста, связанные с народонаселением, — это было свежее слово в науке. Все это характеризовало его как масштабного человека, способного к новым решениям.

Это была удивительная личность, прирожденный учитель, человек энциклопедических знаний, таких сейчас очень мало. Чем дальше, тем очевиднее становится его масштаб.

### **Эвелина Владимировна Закамская**

**Ведущая телеканала «Россия 24»**

Его никто и никогда не называет журналистом. А я всегда смотрела на него как на своего старшего коллегу, как на человека блестящей, беспрецедентной и очень счастливой журналистской судьбы. Во многом он определил мой выбор профессии. Я очень горжусь тем, что мне посчастливилось общаться и даже дружить с Сергеем Петровичем.

Я его спрашивала, есть ли сегодня люди, сопоставимые по масштабу и по уровню с теми, с кем он общался и кого приглашал в свою программу. А это были самые интересные и яркие личности своего времени, причем не одного, а нескольких поколений. Он сказал, что такие



*Александр Дмитриевич Жуков*



*Константин Георгиевич Скрябин*



*Дмитрий Константинович Киселев*

герои безусловно есть, их нужно уметь искать. Объектом его интереса было не столько научное открытие, сколько человек. Буквально за несколько месяцев до его ухода мы сидели у него дома и обсуждали, какие идеи и какие герои сегодня меняют мир. Так появился наш новый проект «Идеи, меняющие мир», в котором мы продолжаем искать таких героев. И мы их находим. Среди них есть ученые, которых Сергей Петрович тогда упоминал. Конечно, его никто никогда не заменит, но для меня это завет Сергея Петровича, которому мы стараемся следовать.

### **Валерий Абисалович Гергиев**

*Дирижер, художественный руководитель Мариинского театра*

Сергей Петрович Капица — редкий человек, который не должен был никому доказывать, что он талантлив, что он занимает важное место в жизни страны, что он очень много знает. Это и так было понятно. Его появление в жизни каждого из нас расширяло наше представление о мире. Так бывает только с уникально одаренными, щедрыми, талантливыми и умными людьми, которые стремятся познать тайны окружающего мира, природы и человеческой жизни.

Мы с ним общались последние несколько лет. У занятых людей общение, к сожалению, очень ограничено. Обидно, что мы о многом не успели поговорить. Но я с удовольствием думаю о том, что его многомиллионная аудитория будет хранить добрую память о нем в сердцах.

Сегодня технический уровень всевозможных гаджетов позволяет увидеть на их экранах любое видео, любую телепрограмму прошлых лет. Я очень надеюсь, что iPad, iPhone и другие мобильные средства связи будут еще совершенствоваться, чтобы с их экранов на наших детей, на всех молодых людей смотрел своими умными, глубокими и пронцательными глазами Сергей Петрович и помогал им открывать мир, как когда-то всем нам.

### **Ирина Александровна Антонова**

*Президент ГМИИ им. А.С. Пушкина*

У него была удивительная внутренняя свобода, которая сочеталась с невероятной воспитанностью и деликатностью. Даже если он с чем-то не соглашался и видел,

что перед ним не его единомышленник, он всегда демонстрировал уважение к чужому мнению, оставаясь при этом на своей точке зрения. Такая способность к диалогу не так часто встречается.

Когда я сделала в Пушкинском музее выставку «Диалоги в пространстве культуры», Сергей Петрович был очень этим взволнован. Он принес мне книгу, в которой диалог рассматривался в более широком понимании — между народами, культурами, нациями, странами. Он говорил, что проблема диалога, т.е. умения слышать друг друга и в некоем соприкосновении высекать искры, становится одной из самых актуальных в разных областях знания.

Я давно знаю Сергея Петровича. Вместе с родителями — Петром Леонидовичем и Анной Алексеевной — он приходил к нам на «Декабрьские вечера». Его жена Татьяна Алимовна приносила свои знаменитые пирожки. Они были людьми нашего дома.

Мне всегда было интересно мнение Сергея Петровича как человека другой профессии. Личность такого глубокого масштабного измерения, как Сергей Петрович, обязательно видит то, чего не видите вы, помогает обрести новый взгляд на какие-то вещи.

Я бы назвала его не незаменимым, а неповторимым человеком. Второго такого не будет. Безусловно, интересные и талантливые люди есть, но они другие. Не думаю, что кто-то сможет продолжить его тему в таком же масштабе, в каком предлагал ее нам Сергей Петрович, знакомя с каким-то фактом культуры или науки, иногда даже с выходом в политику.

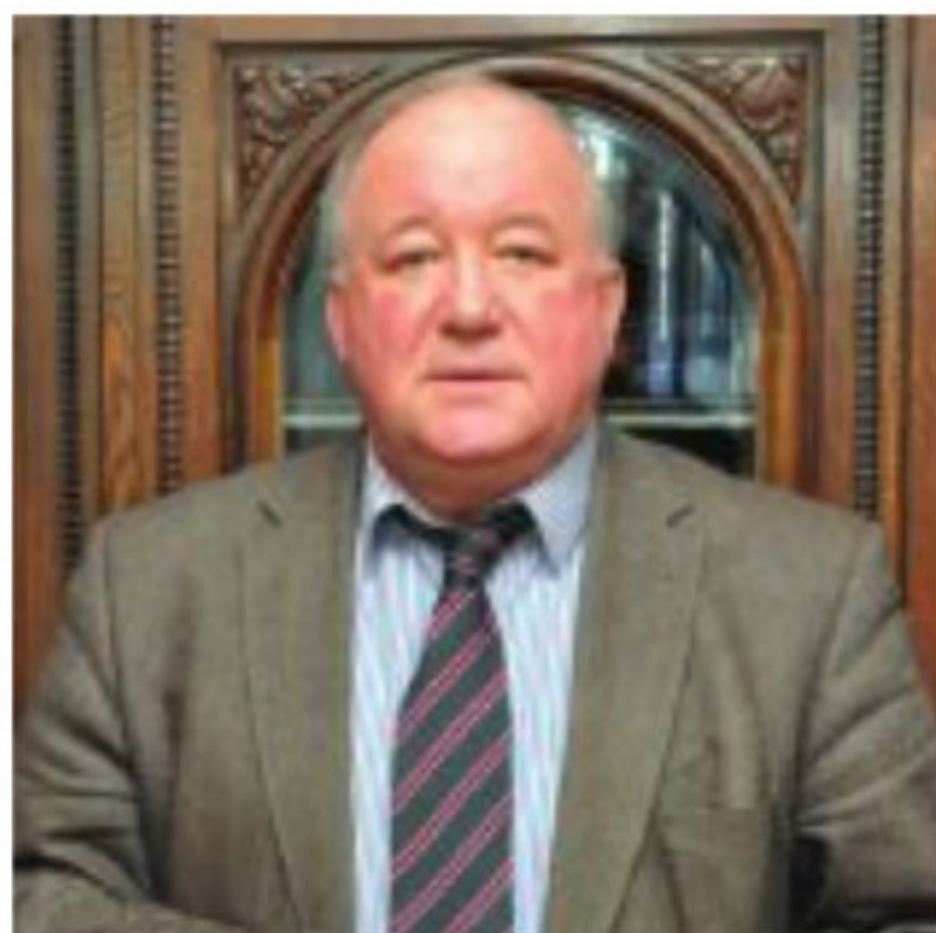
### **Александр Дмитриевич Жуков**

*Первый заместитель председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ*

Я, как и все в Советском Союзе, с большим интересом смотрел программу «Очевидное — невероятное». Она появилась в 1973 г., когда я поступил в университет. Она стала для многих открытием, окном в научный мир. До этого я никогда не слышал, чтобы кто-нибудь так просто и увлекательно рассказывал о самых сложных и серьезных научных проблемах. Мне запомнилась одна из первых передач про черные дыры, про рождение Вселенной. Такие темы трудно воспринимать без



*Виктор Антонович  
Садовничий*



*Борис Митрофанович  
Величковский*



*Вячеслав Всеволодович  
Иванов*

соответствующей подготовки, но когда говорил Сергей Петрович, все казалось простым, наглядным и настолько интересным, что многие молодые люди после этого хотели заниматься наукой.

С.П. Капица всегда олицетворял собой образ настоящего ученого — интеллигентного, широко образованного. Он пригласил меня на запись программы в 2009 г., я тогда работал в правительстве и занимался в том числе проблемами демографии. Сергей Петрович написал научную работу по этой тематике, и мы с ним обсуждали создавшуюся в России ситуацию. Меня поразило, насколько глубоко он владеет этой темой, далекой от его общего образования и его научной специальности. Но он умел вникнуть в суть любой проблемы. Меня восхищало в нем это качество, именно оно позволяло ему просто и увлекательно говорить о самых сложных вещах.

### **Константин Георгиевич Скрябин**

**Академик РАН, директор центра «Биоинженерия» РАН**  
Ю.М. Лотман говорил, что главное качество интеллигентного человека — служение. Первое, что нужно вспомнить о Сергее Петровиче, — это то, что он был необыкновенно интеллигентным человеком.

Я думаю, нам очень повезло, что он в свое время решил, что будет заниматься не только наукой, но и просветительством. Сергей Петрович интересовался очень широким кругом проблем. У нас с ним было несколько интересных споров вокруг того, чем я занимаюсь, — генетики, трансгенных растений, ГМО. Мы обсуждали, нужно ли развивать эти технологии. У него была ясная позиция, что наука, ее достижения — это благо для человечества. Оно не сможет без этого развиваться дальше, учитывая такие проблемы, как увеличение населения, рост экологических и энергетических проблем и др. Эти вопросы он освещал для простого телезрителя. У нас очень мало людей такого калибра, которые могут донести информацию до людей с разным уровнем знаний и образования.

Несомненно, Сергей Петрович был человеком мира. Он умел глобально смотреть на частные, как будто мелкие проблемы и доносить свои мысли до простых людей. В этом была его уникальность.

Он был крупным ученым. Выдающиеся люди, которые его окружали, — это среда, в которой он вырос. Это во многом предопределило круг его интересов и выбор профессии.

Сергей Петрович был счастливым человеком, потому что занимался делом, которое, с одной стороны, было служением, с другой — огромным удовольствием. Он был и ученым, и просветителем. В этом тоже его неповторимость. Он воплощал в себе черты и традиции русской интеллигентной семьи и в то же время был абсолютно современным человеком, остро чувствовал настоящий день.

Он не боялся говорить правду, а не то, что хочет слышать аудитория. Научная правда, если о ней правильно рассказать, интересна и привлекательна для человека. В этом состояло удивительное искусство Сергея Петровича.

### **Дмитрий Константинович Киселев**

**Заместитель генерального директора ВГТРК**

Сергей Петрович — большой ученый, но как популяризатор науки он гений. Мало кто совершил для науки столько, сколько он, чтобы повысить ее престиж, сделать востребованной и уважаемой. Никто не умел рассказать о самых сложных вещах так просто, как Сергей Петрович. Это особый дар, сейчас такого нет ни у кого. Он оказался абсолютно незаменимым. Академия наук сделала большую ошибку, не приняв его в свои ряды. Он относился к этому с иронией, считал, что самое высокое звание — профессорское, и просил себя называть «профессор Капица». Человек такого масштаба, как он, не может быть обуреваем столь низкими эмоциями, как обида. Он вел себя величественно, с достоинством. У него были английское воспитание, манеры, английское чувство юмора. Но главное, что у него было английским, — любовь к родине. Англичане отличаются особым отношением к своей стране. Это не значит, что он не видел недостатков.

У Сергея Петровича было абсолютно нестандартное мышление. Он все подвергал сомнению, никого не обижая при этом. У него был очень высокий уровень не только интеллекта, но и эмоциональности. Он был примером и украшением любого общества, любой компании, любой телепрограммы. Он много видел, много знал, был уважаемой величиной в Римском клубе. У него был международный глобальный авторитет.



*Анатолий Михайлович Сагалевич*

Сергей Петрович принадлежал к когорте лучших мыслителей мира, и мы все должны быть счастливы, что были его современниками.

### **Виктор Антонович Садовничий**

**Ректор МГУ им. М.В. Ломоносова**

Сергею Петровичу удалось создать целостную систему, которую можно назвать культурой пропаганды научных знаний. Это и журнал, и беседы, и научные работы, и, конечно, «Очевидное — невероятное». Очень жаль, если эта среда начнет угасать.

Мы неоднократно с ним обсуждали созданную им модель роста народонаселения Земли, и я как математик получал от этого огромное удовольствие. О Сергее Петровиче все говорят как о физике, но он был прекрасный математик.

При обсуждении любой темы Сергей Петрович проявлял удивительно высокие качества профессионала, будь то медицина, математика или экономика, не говоря о темах, связанных с физикой, химией, науками о Земле, природе, где он был настоящий виртуоз. Умение направить во время беседы мысль собеседника на более глубокое раскрытие темы было его удивительным свойством.

Я много раз участвовал в программе «Очевидное — невероятное». Это уникальное явление не только в науке, но и в культуре. Очень важно не потерять это для нашей страны, для менталитета нашего народа, который любит науку.

Результатом нашего сотрудничества с Сергеем Петровичем стало создание в 2010 г. в Московском университете Центра популяризации и распространения научных знаний, который он возглавил. Этот центр и сейчас существует, и мы планируем его развивать и дальше. Мы обязаны продолжить дело великого человека.

### **Борис Митрофанович Величковский**

**Директор института психологии Дрезденского технического университета, директор Института когнитивных исследований НИЦ «Курчатовский институт»**

«Есть ли сознание у моей кошки?» Этот вопрос Сергей Петрович задал мне во время записи программы «Очевидное — невероятное». Так я узнал, что он иногда любит задавать неудобные вопросы.



*Светлана Владимировна Попова*

Я трижды был участником «Очевидного — невероятного», и наше телевизионное общение протекало в невероятно раскованной творческой форме.

В это время Сергей Петрович увлекся глобальными проблемами демографии. Он открыл, как он полагал, грядущий перелом всех тенденций демографического развития. В тот период не было особых аргументов в пользу того, что это должно случиться именно сейчас. Но он это прогнозировал и считал, что основания у этого факта будут психологические. Как мне казалось, Сергей Петрович ожидал частичного ответа на этот вопрос от меня как от психолога, но тогда я не мог его дать. Более того, я даже сомневался в том, что это действительно так. Буквально за несколько дней до смерти Сергея Петровича я увидел в газете *International Herald Tribune* огромную статью о сломе демографических тенденций в Индии. Я успел ее передать Сергею Петровичу, получил от него благодарность. Он сказал, что ему позвонили уже несколько человек и сообщили об этой публикации. Эта статья подтверждала, что события протекают именно так, как он предсказал.

По-видимому, Сергей Петрович сделал грандиозное открытие, которое сейчас подтверждается и будет иметь колоссальные последствия для процесса глобализации в геополитическом масштабе. Мы должны вспомнить его как выдающегося ученого, не только физика, но и междисциплинарного — настоящего ученого эпохи Возрождения. Ученый остается ученым, даже если он ведет научную телепрограмму. Подлинное значение его поздних работ мы еще только должны осознать.

### **Анатолий Михайлович Сагалевич**

**Исследователь Мирового океана с применением глубоководных обитаемых аппаратов, профессор, Герой Российской Федерации**

Когда я в первый раз пришел к Сергею Петровичу на съемку передачи «Очевидное — невероятное», я сразу почувствовал атмосферу полного доверия.

Всего мы записали с ним четыре программы. Предмет нашего первого разговора — гидротермальные источники, так называемые «черные курильщики» — не был ему близок, но он очень быстро вошел в курс дела. Вторая программа была посвящена гибели кораблей «Титаник» и «Бисмарк». Сергей Петрович спросил: «А вы

думали, что эти затонувшие суда, которые были гордостью Англии и Германии, сейчас стали неотъемлемой частью океана?» Это очень интересный взгляд, они действительно стали его частью, и внимание многих исследователей до сих пор приковано к ним. История не закончилась, исследователи хотят узнать, что привело к этим крушениям, какие были предпосылки, какие люди там были. Все это уже история, но человек так устроен, что редко извлекает из нее уроки. Это мы тоже с ним обсуждали. Моей маме было 95 лет, когда она увидела программу с моим участием. У нее почти не было образования, и она мне раньше говорила, что не понимает, когда я рассказываю ей о своей науке. А когда она увидела программу Сергея Петровича, сказала, что сразу все поняла.

Сергей Петрович принадлежит к когорте не только великих ученых, но и великих просветителей. А они всегда опирались на силу науки и силу разума. Это и было основной формулой Сергея Петровича Капицы.

### **Вячеслав Всеволодович Иванов**

*Академик РАН, профессор Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, директор Института мировой культуры МГУ им. М.В. Ломоносова*

Внутренняя свобода Сергея Петровича в большой степени унаследована от родителей. Это были смелые и свободные люди, оказавшиеся в несвободной стране. И они выдержали это испытание.

Мы познакомились в юности, я хорошо знал всю его семью. Я считаю поведение Сергея удивительным. Он был очень хорошим начинающим ученым, написал успешную кандидатскую работу. И в этот момент случилась беда — его отца, Петра Леонидовича, лишили всех должностей, он мог заниматься исследованиями только в домашней лаборатории на даче. Ему нужен был помощник, и, конечно, им стал старший сын. Во-первых, он был физик с хорошим образованием, а во-вторых, он не боялся.

Потом у него произошел другой поворот в судьбе. Сергей Петрович выбрал самый нестандартный для советского ученого путь — просветительство, пожертвовав своей научной карьерой, может быть, академическим званием. Он тяготился тем, что многие ученые воспринимали его как популяризатора, т.к. всегда оставался ученым и делал интересные работы по физике, а к концу жизни — по демографии.

Сергей Петрович был чрезвычайно разносторонним человеком. Чем только он ни увлекался в жизни! Занимался самыми необычными видами спорта. Всегда был в движении, много знал, много читал. Помню, о поэте Евгении Евтушенко я впервые услышал от него. Он интересовался всем новым, только что появившимся.

Его очень волновала ранняя история человечества, даже предыстория, в том числе с точки зрения демографии. Культурная антропология — как жили наши очень далекие предки, о чем думали, чем занимались — все это его также очень занимало. Мы с ним сделали несколько передач по антропологии. Он и дальше очень охотно вникал бы в эти проблемы.

Круг его научных интересов был удивительно широким. Думаю, просветительство возникло именно от широты этого круга, а не наоборот. Он написал очень интересную книгу «Жизнь науки», состоящую из предисловий к научным сочинениям самых великих людей. У него была идея, что человек может дать в книге много деталей, подробностей, которые не так важны, а основное он скажет в предисловии, поэтому для того чтобы понять историю науки, историю мысли, нужно составить хорошее собрание предисловий. Такая парадоксальная идея.

Мне было очень интересно участвовать в его программе «Очевидное — невероятное». Запомнился содержательный разговор о соединении проблем генетики и лингвистики. Для меня была также очень интересна последняя наша программа о русской эмиграции, о том, как много она сделала для мировой интеллектуальной среды.

Сергей Петрович никогда не отступал от своих научных убеждений, был очень последовательным и мужественным человеком.

### **Светлана Владимировна Попова**

*Главный продюсер, генеральный директор телекомпании «Очевидное — невероятное» и журнала «В мире науки / Scientific American»*

Бог и судьба сделали мне подарок — я была другом, продюсером и партнером Сергея Петровича Капицы.

Мы познакомились 12 лет назад на благотворительном вечере и уже через 30 минут пришли к решению возродить программу «Очевидное — невероятное», которая к тому времени не выходила пять лет. Премьера состоялась, и Сергей Петрович был счастлив.

Последние несколько лет были непростыми — он болел. Моя задача заключалась в том, чтобы вдохновлять его, чтобы он жил и работал. Без работы он своей жизни не мыслил.

Гостями программы Сергея Петровича были и маститые, и начинающие ученые. Первые люди страны и мира — это было для него привычно. К молодым он испытывал огромный интерес, отслеживал потом их судьбы. Его очень вдохновляли встречи с Екатериной Шишацкой, Максимом Мокроусовым, Егором Задереевым и др.

Полтора года назад Сергей Петрович неожиданно нашел в своем архиве сценарий научно-приключенческого фильма «Тайна острова каланов», написанный им 30 лет назад. Он решил адаптировать его к нынешнему дню, начал увлеченно работать — сначала сам, потом с режиссером и сценаристом Романом Хрущом.

Через три месяца после ухода Сергея Петровича один из островов Курильской гряды был назван его именем.

В команде между собой мы его нежно называли «Петрович». Он был невероятно дружелюбен и ласков с людьми. Но мог быть и строгим. Мы все его очень любили. Работа и дружба с Сергеем Петровичем — это бесценный опыт и большая радость, которые навсегда останутся с нами.



# Диалог должен идти на пользу

*29 июля в редакции самого популярного и читаемого на русском языке интернет-издания «Газета.Ру» состоялось онлайн-интервью с президентом РАН Владимиром Фортовым. Разговор шел о реформе Российской академии наук, о перспективах принятия закона о РАН, о необходимости диалога между учеными и властью. Предлагаем вашему вниманию выдержки из интервью*

## **О позиции Российской академии наук**

Мы в академии наук не знали, что готовится такой закон. Более того, мы до сих пор не знаем, кто автор, какие аргументы и резоны были заложены в этот закон. То, что мы увидели, вызвало у нас резко отрицательную реакцию.

Я был приглашен к председателю правительства Д.А. Медведеву, мне показали закон и сказали, что его нужно реализовывать. Я выступил с резким мнением, что закон должен быть отозван по целому ряду причин. Научное сообщество едино, если не считать двух-трех ученых, которые его поддержали. Все остальные выражают резкое неприятие. Дальше была встреча с президентом В.В. Путиным, который поддержал нас в том, что этот закон должен быть модифицирован. Мы считаем, что во втором чтении закон был изменен в лучшую сторону. Тем не менее сегодня вокруг него идет острая дискуссия. Сможет ли наша академия наук выполнять свои функции и быть полезной обществу, или она попадет под управление бюрократов, людей, слабо разбирающихся в науке, но, как они думают, хорошо разбирающихся в деньгах?

Нас поддержало очень много людей. Нам пишут нобелевские лауреаты, коллеги, обеспокоенные судьбой нашей науки.

## **О позиции академии наук**

Сегодня со всех сторон поступают поправки к закону. Есть предложения Сибирского отделения, других региональных отделений.

Региональные отделения РАН — это важнейший вопрос. Они были созданы с конкретной целью, и польза от них очень велика. Достаточно сказать, что нефтегазовые месторождения Западной Сибири были открыты командой академика А.А. Трофимука из Сибири. Много полезного Сибирь сделала и в энергетике, и в лесном, и в сельском хозяйстве. Президиум РАН в одной из поправок настаивает, чтобы региональные отделения были независимы и могли свободно и эффективно работать.

## **Об Агентстве по управлению имуществом РАН**

На самом деле никто еще толком не знает, как будет работать Агентство по управлению имуществом РАН. Наша позиция состоит в том, что академия наук не должна быть клубом ученых. Если бы исходный текст документа, который собирались принять сразу в трех чтениях, тут же ввели в действие, тогда бы возникла совершенно неприемлемая ситуация, когда есть клуб ученых и есть некое агентство, бюрократическая структура, которая руководит академическими институтами. Мы будем настаивать на том, что это агентство должно отвечать за имущество. А самую главную часть для науки — какие эксперименты проводить, кого выбирать директором института и т.д. — должны оставить за академией наук. В этом наша позиция.

## **О молодых кадрах в науке**

Первое, что было сделано после выборов президента РАН, — утверждена норма, в соответствии с которой каждая административная позиция в академии



наук занимается человеком не более двух сроков подряд по пять лет. Я убежден, что это необходимая норма, которая лечит от застоя, коррупции, других болезней и дает молодежи возможность продвигаться.

Есть инициатива президента, предусматривающая, что уровень зарплаты в сфере науки должен быть не менее двукратной средней по регионам. Это значит, что в Москве ученый должен в среднем получать в академии наук 100 тыс. рублей.

Кроме того, есть проблема жилья. Даже получая 100 тыс., вы квартиру не купите. У нас есть предложение, как использовать собственность, которая есть у академии. Я имею в виду не только дома, но и землю.

### Об оценке эффективности

Здесь не надо изобретать велосипед, во всем мире есть система оценки. И наше Министерство образования и науки тоже призывает к тому, чтобы мы использовали международные способы оценки. Индексы цитирования, индекс Хирша и подобные ему как раз направлены на это. Существует также экспертная оценка, которая ведется специалистами в своей узкой области. В науке, как и в искусстве, талантливые и активные люди видны. Их не так много. Этот путь уже пройден нашими китайскими коллегами, которые сейчас вышли на второе место по публикационной активности. И там платят деньги за публикации. В МГУ делают то же самое. Но эта программа не будет реализована в ближайшее время, потому что будет воплощена та программа, которую мы сейчас обсуждаем. Я боюсь, что новая министерская программа сильно бюрократизирует процесс. В соответствии с ней будет создана новая бюрократическая структура, организация которой, по подсчетам Института экономики РАН, потребует от 60 до 70 млрд рублей в год. Это значит, что весь бюджет академии надо потратить на то, чтобы организовать Агентство по управлению имуществом РАН.

### О программе академии наук

Уверен, что если бы мы реализовали нашу программу, ситуация бы значительно улучшилась. Программа академии, которую мы разработали, сфокусирована на работающем ученом. Не на начальстве, не на бюрократических структурах, не на том, чтобы создавать какие-то надстройки, которые мешают работать. Принцип

должен быть такой: все, что помогает сотруднику работать, расти, жить, развиваться, должно приниматься. Все, что не обладает этим свойством, должно быть отброшено. Мы погрязли в бюрократии. Если вы сравните то, что делают люди на Западе, с тем, что делаем мы, то, по моей оценке, наша эффективность раза в два ниже из-за того, что мы у себя в академии наук свили такое своеобразное гнездо. Мы считаем, что важно это, а не то, кем и как будет управляться собственность. Думать, что, решив проблему собственности, мы сразу станем великой научной державой, — это очень близорукий взгляд. Никогда не станем.

### О фундаментальных исследованиях

Существует программа научных исследований Российской академии наук. Есть общая программа, и есть блок фундаментальных исследований. Если затормозить научные исследования, то очень скоро мы скатимся к такому режиму, что не просто сами не сможем предлагать нечто новое, — мы не будем понимать, что делают другие. А если посмотреть на так называемые страны золотого миллиарда, то те страны, которые не имеют ресурсов, а имеют развитое образование, науку, — они впереди. Это Япония, Италия, Германия и др. Без науки надо сразу забыть о планах нашего правительства и президента по реформированию промышленности, экономики и т.д.

### О прикладных разработках

До перестройки за фундаментальную науку отвечала академия наук, прикладные разработки курировали министерства. Когда началась перестройка, прикладная часть практически была уничтожена, потому что не стало министерств. Институты, КБ, испытательные станции были акционированы, поменяли профиль. Фундаментальная наука более или менее сохранилась, несмотря на потери, в Российской академии наук и частично в вузах.

По уставу мы занимаемся фундаментальными работами и прикладными. Но сейчас этот прикладной «хвост» потерян. Фундаментальная наука не приспособлена для того, чтобы тянуть этот «хвост», эта функция более широкая, трудная и энергоемкая.

Если мы хотим сделать нашу страну индустриальной, эта область должна быть организована по-другому. Нужна наука, ориентированная на бизнес, на продукт.





### О Министерстве образования и науки

Сегодня министерство объединяет и образование, и науку. В моем понимании это разные сферы деятельности. Масштаб задач, которые стоят перед образованием, начиная от детских садов и заканчивая аспирантурой, достоин отдельной структуры. Может быть, когда у нас все будет хорошо с образованием и с наукой, тогда можно будет их объединить. Но сегодня я с трудом понимаю, как министерство может справляться с такой нагрузкой.

### О работе со СМИ

Надеюсь, все заметили, что в последнее время общение руководства академии наук с журналистами стало живее.

Я убежден, что без разъяснения того, что такое академия, как она устроена, что ее ждет, какие схемы, каково ее место в науке, невозможно. Сегодня принято ругать академию наук: мол, мы занимаемся только сдачей в аренду и больше ничего не делаем. Это совсем не так.

Мы направляем журналистов в интереснейшие институты. Например, недавно в РАН было сделано так называемое радиопоглощающее покрытие а-ля *Stealth*. Это секретное дело, и нам стоило большого труда его рассекретить. Мы на это идем, потому что понимаем: это серьезное достижение. И оно применяется, эти самолеты продаются по всему миру. Кто это сделал? Ученые академии наук. Вы эту технологию никогда нигде не купите.

### О плагиате в диссертациях

Я проработал в Высшей аттестационной комиссии (ВАК) 30 лет. Первое, что могу сказать: воровать нехорошо. Второе: нельзя отдельные случаи обобщать до вселенских размеров. Я не слышал ни об одной работе, когда бы физика, математика, химика, биолога поймали за руку. В основном это все идет вокруг диссертаций по экономике и т.д.

Человечество придумало систему ученых степеней и званий тогда, когда зародились наука и образование, — около 600 лет назад. И всегда с плагиатом боролись. Были разного рода структуры, которые этого не допускали. У нас в стране такая структура называется ВАК. Изначально она была государственной и вневедомственной, не подчинялась ни одному министру или другому чиновнику. Эта система совершенствовалась, и она была объективна. Она позволяла бороться с такими явлениями, как списывание.

Сейчас эта система разрушена. Кандидатские диссертации вообще никуда не попадают, а докторские попадают выборочно. Мы взяли и разрушили эту систему, сделали ее подведомственной Минобрнауки, т.е. убрали ее объективность и государственность. А сейчас мы удивляемся, почему так получилось. Нужно менять систему, а не охотиться за некачественными диссертациями.

### О лженауке

Убежден, что это одна из наиболее серьезных задач, которая стоит не только перед академией наук, но и вообще перед наукой. На общем собрании президент страны сказал, что это очень важная проблема. Сегодня, по подсчетам ЮНЕСКО, число людей, которые занимаются наукой, и число хиромантов и прочих мракобесов приблизительно одинаковы. И количество последних все время растет. Зайдите в книжный магазин, посмотрите, сколько научно-популярной литературы, а сколько — эзотерической. Вы увидите разницу.

У нас есть комиссия по борьбе с лженаукой. Ее создал Виталий Лазаревич Гинзбург. С момента ее организации я имею честь в ней работать. Какие рычаги там могут быть? Это комплексный и очень сложный вопрос. Он связан непосредственно и с образованием, и с менталитетом. Одна академия наук эту проблему не решит. Это задача запросов общества.

### О законе об академии

В начале сентября в Комитете Госдумы по науке и наукоемким технологиям, который возглавляет академик В.А. Черешнев, будет еще одно обсуждение этого закона. Сейчас собираются поправки, их довольно много, и все они направлены на улучшение закона. Мы стараемся, чтобы он был ориентирован не на собственность, а на то, чтобы мы не потеряли темп, чтобы у нас не развалили школы, чтобы люди могли свободно заниматься любимым делом, чтобы молодежь чувствовала себя комфортно. Наша сегодняшняя позиция — это позиция президиума РАН. Мы считаем, что диалог должен вестись, и он должен идти на пользу. ■

Подготовила Ольга Беленицкая  
Благодарим «Газету.Ру» и лично главного редактора Светлану Лолаеву за сотрудничество и предоставленные материалы



Ведущая Эвелина Закамская беседует с известным американским интеллектуалом, лингвистом Ноамом Хомским

*На канале «Россия 24» вышла в эфир новая программа «Идеи, меняющие мир». Проект стал возможен благодаря совместной работе канала «Россия 24», телекомпании «Очевидное — невероятное» и журнала «В мире науки / Scientific American». Программа задумывалась с благословения и при участии Сергея Петровича Капицы незадолго до его кончины. Несомненно, уважение к его имени и авторитету журнала сыграло особую роль в становлении этого проекта*



# ИДЕИ МЕНЯЮЩИЕ МИР



Благодарим нашего партнера Группу «Сумма»  
за помощь в организации съемок.



**К**ак рождается идея, способная изменить мир в масштабах человечества? Об этом могут рассказать только сами люди, повлиявшие на наше представление о реальности силой своего интеллекта. Люди такого масштаба неоднократно были гостями программы «Очевидное — невероятное» и героями журнала «В мире науки». В оригинальной англоязычной версии журнала *Scientific American* давно существует спецпроект «Идеи, меняющие мир» (*World-Changing Ideas*), где рассказывается о революционных прорывах в разных областях науки и знания.

Концепция программы тоже рождалась как идея в процессе профессиональных и дружеских бесед представителей трех поколений: идейного вдохновителя профессора Сергея Петровича Капицы, директора и главного продюсера телекомпании «Очевидное — невероятное» и журнала «В мире науки» Светланы Поповой и ведущей программы «Мнение» на канале «Россия 24» Эвелины Закамской, которой предстояло не только вести новую программу, но и стать ее лицом.

Сергей Петрович успел принять участие в выборе и обсуждении героев нынешних эфиров, а запись интервью в США проходила уже без него. Сохранение преемственности стало главной задачей продюсера программы Светланы Поповой, проработавшей с Сергеем Петровичем более 12 лет. Поддержание просветительских традиций она считает не только своей миссией перед зрителями и читателями, но и личным долгом перед своим другом и коллегой.

«Объектом его интереса было не столько научное открытие, сколько человек, — вспоминает ведущая программы Эвелина Закамская. — Буквально за несколько месяцев до его ухода мы сидели у него дома и обсуждали, какие идеи и какие герои сегодня меняют мир. Мы продолжаем

искать таких героев, и мы их находим. Конечно, его никто никогда не заменит, но для меня это завет Сергея Петровича, которому мы стараемся следовать».

Особенность программы «Идеи, меняющие мир» — режиссерская, образная форма подачи материала. Пришедший в программу из кинематографа режиссер Роман Хрущ использовал сложные виды монтажа, архивные материалы, компьютерную графику. Учитывались особенности восприятия разных возрастных категорий зрителей, прежде всего молодой аудитории, которая не терпит монотонного видеоряда.

Проект «Идеи, меняющие мир» задуман как цикл интервью с людьми науки, известными в масштабах планеты. Состоялась премьера нескольких первых выпусков, посвященных интеллектуалам первой величины, работающим в США. Это лингвист и политический философ Ноам Хомский, нейробиолог Майкл Газзанига и раскаявшийся «экономический убийца» Джон Перкинс. Многие из них известны не только своими научными прорывами, но и крайними политическими взглядами, как, например, анархо-синдикалист Хомский, что делает разговор еще более актуальным.

В планах на ближайший год — охватить университеты и исследовательские центры Германии, Англии, Японии и других стран, снять передачи с участием мировых лидеров науки и интеллекта в самых разных областях знания. А еще, возможно, сделать героем неодушевленную легенду фундаментальной науки. Например, Большой адронный коллайдер. Почему бы и нет?

**Программы, премьера которых состоялась в эфире канала «Россия 24», можно посмотреть на сайте телеканала «Россия 24» ([www.vesti.ru](http://www.vesti.ru)) и на портале «Научная Россия / Scientific Russia» ([www.sci-ru.org](http://www.sci-ru.org))**



1, 2, 3. Здание Массачусетского технологического института в Бостоне, где работает Ноам Хомский, поражает воображение

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛ С БИБЛЕЙСКИМ ИМЕНЕМ

## Chomsky Style

Даже западные журналисты удивляются, насколько доступен для контакта один из главных интеллектуалов современности. Ученый с мировым именем лично отвечает на электронные письма, которые приходят на его университетский адрес в поддомене *mit.edu*. Он может назначить встречу даже в столовой кампуса за ланчем. Особого значения подобным условностям, да и факту своей известности он не придает. Запись интервью для программы «Идеи, меняющие мир» происходила на фоне книжных стеллажей в кабинете, так что зрители канала «Россия 24» смогут рассмотреть, что читает знаменитый мыслитель.

В 1980–1992 гг. профессор лингвистики МТИ был самым цитируемым ученым из ныне живущих. Он не только автор трудов по лингвистике, но и теоретик в области политической философии, публицист и полемист. Для

американских студентов-гуманитариев самых разных специальностей осваивать несколько трудов Ноама Хомского в год — так сказать, осознанная необходимость. Ведущая нашей новой программы, конечно, тоже знакома с его работами, ведь Эвелина Закамская по образованию филолог. Поступательно развивая свою теорию, Хомский в свое время совершил революцию в лингвистике, внес вклад в развитие когнитивной психологии, разработал модель пропаганды. Как политический философ он критиковал социалистическое устройство и внешнюю политику СССР, но некоторые труды Хомского по языковедению были переведены на русский и издавались у нас довольно большими тиражами.

Собственная популярность, похоже, забавляет профессора. Политический философ и теоретик пропаганды, он иногда шокирует журналистов незнанием ключевых фигур современной американской поп-культуры,



Лингвист и политический философ Ноам Хомский

Героем первого эфира программы «Идеи, меняющие мир» стал Ноам Хомский — лингвист и политический философ, профессор Массачусетского технологического института. Американцы называют его «наш Сократ». Сравнение спорное, но есть по крайней мере одна красивая параллель: на многие вопросы, касающиеся будущего лингвистики — главной сферы его научных изысканий в течение почти 60 лет — профессор часто отвечает: «Я этого не знаю»

но при этом утверждает, что чаще всего его просят поставить автограф не на томике «Синтаксических структур», а на альбоме панк-группы *Bad Religion*, для которого он в 1990 г. надиктовал трек с критикой действий США в Персидском заливе. Год назад аналогичным образом он стал звездой университетского видеоклип-сиквела *Gangnam Style* в роли себя самого, с кружкой чая и ироничной репликой: *Oppan Chomsky Style!*

Беседа с Эвелиной Закамской, профессор очевидно оживился, когда разговор коснулся его детских лет и родителей. По его собственному признанию, в молодости великий лингвист не мечтал об академической карьере и свой научный путь объясняет случайным стечением обстоятельств. Детство Авраама Ноама Хомского пришлось на годы Великой депрессии. Времена, когда дети были предоставлены улице и не нуждались в помощи взрослых и гаджетов, чтобы занять свой ум и досуг, он вспоминает с теплотой. Особенно экспериментальную начальную школу при Университете Темпл в Филадельфии: «Это было великолепно». С переводом в возрасте 12 лет в школу для мальчиков более академического типа учеба уже не вызвала у него подобных чувств. Сегодня Хомский-публицист часто критикует существующую в США образовательную систему с левых позиций. Тесты, по его мнению, воспитывают лишь дисциплину. Отказ от государственной системы высшего образования в пользу дорогостоящей частной Хомский называет изощренной техникой индоктринации молодежи (т.е. воспитания лояльных власти членов общества) при помощи банковских кредитов.

Ноам Хомский, очевидно, знает, о чем говорит, поскольку уже более полувека преподает в самом престижном техническом вузе мира, легендарном МТИ. Именно

здесь рождались все гениальные идеи лингвиста и именно сюда приехала съемочная группа программы «Идеи, меняющие мир», чтобы побеседовать с Хомским о языке. Когда в 1955 г. его пригласили работать в Бостон, МТИ был, по его словам, классической инженерной школой. «Вы учились так же, как обучается хороший плотник. Конечно, существовали научные, математические курсы, но они в большой степени выполняли вспомогательную функцию по отношению к прикладным», — вспоминал Хомский в недавнем интервью каналу CBS. За прошедшие годы МТИ превратился в крупнейший естественно-научный университет и исследовательский центр. Технологический взрыв, по его словам, привел к тому, что обучать в нем будущих инженеров сегодняшним технологиям никакого смысла нет: за десятилетие-другое не устаревают только фундаментальные знания.

### «Хомскианство», меняющее мир

Упомянутый труд Ноама Хомского «Синтаксические структуры» (1957) к таким фундаментальным знаниям до сих пор относится. Считается, что эта работа закрыла эру так называемого дескриптивного подхода в языкознании. Лингвистика до Хомского была сосредоточена на описании норм и средств языка, а сам язык понимался как вся доступная в данном сообществе людей совокупность высказываний. При этом предполагалось, что каждый из нас владеет языком лишь частично.

Хомский первым начал рассматривать язык как биологическое наследие вида *Homo sapiens*. Это «природный» объект, который буквально встроен в наш мозг эволюцией. Способность пользоваться фундаментальными языковыми алгоритмами дана нам от рождения, применяется всеми людьми без исключения, автоматически

и бессознательно. «В современном понимании языковые достижения младенцев идут гораздо дальше того, что им приписывал Дарвин <...>. Свойство дискретной бесконечности — это лишь одно из многих существенных отличий человеческого языка от животных систем коммуникации и выражения».

Великий лингвист отдает первенство в формулировании этой идеи «дискретной бесконечности» языка Галилео Галилею, а также прослеживает ее корни у Декарта и картезианцев, которые называли языковую способность «нашим благороднейшим даром». Теория Хомского описала механизм, который позволяет человеческому мозгу создавать бесконечное количество предложений, оперируя ограниченным набором средств. Для описания этого базового набора инструкций он ввел понятие генеративной (порождающей) грамматики.

Оглядываясь назад и характеризуя новаторство его естественно-научного подхода к языку, некоторые современные комментаторы считают, что Хомский тогда, на рубеже 1960-х гг., впервые поднял языкознание до уровня собственно науки. Впрочем, всегда было немало и тех, кто критиковал «хомскианство» именно за формализацию, извечное «музыку разъять как труп».

В отличие от Галилея и Декарта, Ноам Хомский — атеист и эволюционист. Отвечая на вопрос Эвелины Закамской о времени появления у нас языковой способности («органа языка»), профессор сказал, что ученые назвать его пока не могут: «Мы говорим о времени эволюции — 100 тыс. лет. Это мгновение ока, очень короткое время». Никаких значительных изменений с тех пор не произошло, и в когнитивном смысле мы идентичны племенам аборигенов. Вопрос, как и почему произошел эволюционный скачок, навсегда отделивший нас от царства животных, для Хомского остается без ответа: «Было бы замечательно, если бы по поводу эволюции человеческого языка можно было продемонстрировать хоть что-нибудь».

## Взгляд слева

Представляя суть нового проекта телекомпании «Очевидное — невероятное» в эфире канала «Россия 24», авторы программы «Идеи, меняющие мир» выбрали красивый визуальный образ — маленький самолет в небе над мегаполисом. Символ свободного интеллекта, не знающего ограничений. Именно это качество сам Ноам Хомский считает «видовым признаком» интеллектуала и сравнивает современных интеллектуалов с ветхозаветными пророками: «Пророки предлагали критический геополитический анализ, а также критические оценки и наставления морального свойства». Очевидно, что собственную миссию он тоже видит в осуществлении «пророчеств» в этом библейском смысле, а в последние десять лет, кажется, и вовсе сместил всю мощь интеллекта с научных исследований на свою вторую ипостась — политического философа и публициста.

Свои политико-философские взгляды Хомский определяет как либертарный социализм, а также называет себя идейным «попутчиком» анархо-синдикализма. Он отрицает необходимость многих существующих форм



Режиссер проекта Роман Хрущ

социальной иерархии и придерживается того мнения, что «индустриализация и развитие технологий дают больше возможностей для организации многих сфер жизни общества на принципах самоуправления». Реализованным историческим примером такого рода он считает первые израильские кибуцы. Но демократия по определению угрожает интересам элиты. Сегодня главной проблемой стали частные тирании (корпорации) и смещение полномочия принятия решений от национальных властей к «виртуальному парламенту» инвесторов и кредиторов.

От практики борьбы, акционизма ученый давно отказался, хотя в годы войны во Вьетнаме был активным участником и организатором антивоенных акций и неоднократно задерживался полицией. Сегодня тот же Хомский говорит, что «сопротивление — это не принцип, а тактика». Нынешний метод 85-летнего анархо-синдикалиста — написание статей, теледебаты, публичные лекции. На видеохостинге YouTube можно найти сотни тысяч соответствующих роликов.

В своих философско-политических статьях, которые он писал на протяжении десятилетий параллельно исследованиям в лингвистике, Хомский критикует и государство, и корпоратократию, и обслуживающую их интересы интеллектуальную элиту. Поскольку в нашей программе речь шла о языке, то мы не могли не спросить Хомского про Джорджа Оруэлла и его новояз. На вопрос Эвелины Закамской профессор ответил скорее как психолог: «Когда вы рассказываете о преступлении другого человека, вы преувеличиваете его, вы добавляете свое отношение, свое представление, насколько это ужасно. Вот это и есть новояз Оруэлла». Вообще же, когда его спрашивают про двоемыслие, новояз и другие околотингвистические моменты антиутопии «1984», профессор всегда использует эту тему в качестве повода показать недостатки существующей в США и других западных странах



4, 5, 6. Съёмочная группа за работой

политической системы. Сам роман «1984» Ноам Хомский вообще не считает удачной книгой и отдает предпочтение «Скотному двору», а точнее — предисловию к этой сатире Оруэлла, называя его «безвестным эссе о добровольной цензуре в свободных обществах».

Манипулирование мнением в условиях западной демократии он считает «обязанностью» СМИ, профессиональных журналов, школ, университетов и вообще образованных классов. Задача манипулирования привычками и поведенческими установками выпадает на долю популярного искусства, рекламы и огромной индустрии пиара. «Один из методов — создавать искусственные потребности, воображаемые нужды», — пишет он в своем известном очерке «Секулярное священство и опасности, которые таит демократия». В той же статье конца 1990-х гг. Хомский, возможно, предвосхитил и суть будущего внутреннего конфликта западных интеллектуалов при выработке отношения к *WikiLeaks* и нынешним разоблачениям Эдварда Сноудена. «Проект удержания публики в неведении, пассивности и послушании прослеживается на всем протяжении истории, но постоянно принимает новые формы <...>. Соединенные Штаты — по сравнительным меркам необычно свободное общество, и за это заслуживают одобрения. Элемент этой свободы — доступ к документам по секретному планированию. Эта открытость означает весьма немногое: пресса и вообще интеллектуалы в основной массе придерживаются всеобщего молчаливого согласия, что “нехорошо” упоминать то, что в них открывается».

Ноам Хомский часто достаивается от своих оппонентов пренебрежительного эпитета «левак» (*fellow leftist*) — впрочем, в основном за глаза, поскольку профессор МТИ считается слишком сильным полемистом, чтобы на него можно было воздействовать этим примитивным манипулятивным приемом лично. В эфире канала «Россия 24»

зрители увидели Ноама Хомского как спокойного и открытого человека. У нашей съемочной группы сложилось впечатление, что этот великий ученый готов отвечать абсолютно на любые вопросы, даже самые прозаичные. Например, почему у него такое странное имя («Оно значит “удовольствие, приятность”») или как повлияют технологии на процесс общения в будущем («Я этого не знаю»). Ведь любой такой вопрос, возможно, поможет родиться чьей-то идее. А идея может изменить мир.

Завершая разговор, ведущая программы Эвелина Закамская поинтересовалась, не перейдут ли все люди мира в будущем на один язык. Хомский ответил: Я надеюсь, что нет, потому что это было бы очень скучно. ■

Подготовила Ольга Платицина

Видеоверсию интервью смотрите на портале «Научная Россия» ([www.sci-ru.org](http://www.sci-ru.org))





*Эксперимент  
века*



**Владимир Константинович Шумный** — академик РАН, с 1986 по 2007 г. директор Института цитологии и генетики СО РАН, советник РАН.

- ✓ В 1958 г. окончил Московский государственный университет. В 1974 г. получил степень доктора биологических наук, в 1982 г. — звание профессора. Член-корреспондент АН СССР с 1979 г., академик АН СССР с 1990 г. В период с 1958 по 1985 г. был поочередно старшим лаборантом, младшим научным сотрудником, заведующим лабораторией, заместителем директора по научной работе. С 1986 г. — директор Института цитологии и генетики СО АН СССР/РАН. С 2008 г. — советник РАН.
- ✓ Автор более 350 научных работ по проблемам генетики, в том числе четырех монографий и двух учебников.
- ✓ Кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством» IV степени (1999). Кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством» III степени (2007).
- ✓ В 2007 г. награжден Золотой медалью РАН им. Н.И. Вавилова за серию работ «Изучение явлений гетерозиса, полиплоидии, хромосомной и генной инженерии у растений, а также создание ценных селекционных форм».
- ✓ Женат, имеет двоих детей.



*Классик молекулярной генетики Джеймс Уотсон, участвовавший в открытии спирали ДНК, отметил, что если бы он начинал свои исследования сейчас, то занялся бы генетикой поведения. Эти исследования уже более полувека ведутся в Институте цитологии и генетики Сибирского отделения РАН. О том, чего удалось достичь, нам рассказал бывший директор ИЦиГ, советник РАН, академик Владимир Константинович Шумный*



### 12 тысяч лет за 50

Истоки этой работы заложены академиком Дмитрием Константиновичем Беляевым и доктором биологических наук Людмилой Николаевной Трут в конце 1950-х гг. Дмитрий Константинович ушел из жизни 28 лет назад, но до сих пор он на четвертом месте по цитированию после Грегора Иоанна Менделя, Николая Ивановича Вавилова и Феодосия Добжанского.

Примерно 12 тыс. лет назад человек начал переходить на оседлый образ жизни. На земле жило уже порядка 5 млн людей, и человек начал понемногу осваивать территории. Для этого ему нужно было научиться выращивать растения и воспроизводить животных. По сути, древние люди начали первый этап селекции, который длился тысячи поколений. Животные отбирались по очень простому принципу — идут они на контакт

с человеком или нет. За это время было отобрано все, что мы сегодня имеем, все основные виды продовольствия — 150 видов растений и около 30 видов животных.

В чем была идея Дмитрия Константиновича Беляева? Он проанализировал весь стихийный процесс доместикации и решил воспроизвести его в течение жизни человека, т.е. 50 лет или 50 поколений животных. Для эксперимента была выбрана лиса, потому что она очень близка самому древнему из одомашненных животных — собаке. Ключом к отбору стало поведение животных.

У лис Беляев и Трут выделили три поведенческих типа: агрессивный, трусливый и домашний, идущий на контакт с человеком. Начиная с 1958 г. в экспериментальном хозяйстве СО РАН вели отбор именно этого типа лис. Было открыто много механизмов и генов, отвечающих

за поведение, проанализированы все процессы, которые с ним связаны. Таким образом родилась новая сфера науки — генетика поведения.

В итоге через 50 поколений в ИЦиГ вырастили практически домашних лис. По своему поведению они похожи на собак. В экспериментальном хозяйстве рождались лисята с висячими ушами, бульдожьим перекусом, укороченной мордой и закрученными хвостами. Тем не менее даже они — совсем не собаки, хотя уход за ними примерно одинаков. Одно из ответвлений глобального эксперимента по доместикации — выращивание лис, которые смогут жить рядом с человеком.

### Лисы детям не игрушка

В природе дикие лисы живут два-три года, а в экспериментальном хозяйстве ИЦиГ — до десяти лет. Для максимально хорошего самочувствия лисы должны жить на улице — им необходимы сезонная смена температурного режима и свежий воздух, иначе может ухудшиться здоровье. В лаборатории лис кормят смесью из мяса, рыбы, крупы, субпродуктов и витаминов, — для человека выглядит малоаппетитно, но животным нравится.

Агрессивные лисы могут легко укусить человека. У них снижена реакция страха, и в отличие от трусливых лис они нападают первыми. Трусливые лисы, напротив, избегают контакта, до последнего будут стараться убежать или спрятаться, но если их вынудить — укусят. У них прежде всего выражена реакция страха, и они ведут себя так же, как в дикой природе. Домашние же лисы ведут себя очень похоже на собак — и даже хвосты у некоторых из них закручены, как у лаек.

В ожидании обеда лисы громко тьявкают и стучат лапами по металлическим мискам, которые прикручены к клеткам. За человеком они следят, не мигая, виляют хвостами и цепляются лапами за прутья клетки — стараются всеми силами привлечь к себе внимание, которое им просто необходимо. Правда, так себя ведут только домашние лисы — агрессивные злобно тьявкают и бросаются на клетку, стараясь укусить, а трусливые молчат и убегают подальше.

### Погоуляем, поиграем

Уже сейчас в России и других странах мира находятся желающие приобрести одомашненную лису. Поэтому домашних лисят воспитывают, приучают к поводку, прогулкам и т.д.

Самые маленькие лисята готовы носиться по вольеру, не обращая никакого внимания на человека, но, подрастая, начинают играть с людьми. Впрочем, ведут они себя не агрессивно, и управиться с ними могут даже дети — когда лисенок на поводке, он напоминает пытливого и глуповатого щенка. Летом в экспериментальном хозяйстве с удовольствием занимаются дети из близлежащего поселка, и у каждого юнната есть свой любимый лисенок, а живущий в хозяйстве кот лис не любит и старается держаться от них подальше.

Я пытаюсь прикормить лисят взятыми с собой фруктами. Апельсин и яблоко они воспринимают скорее как мячики, хотя и пробуют их на зуб. Лисята охотно берут угощение с ладони, и их можно легко взять на руки и погладить. На руках непоседливые лисята тоже не сидят спокойно и норовят лизнуть лицо или спрятаться под рубашку — очаровательный символ успешного эксперимента по доместикации.

### Важно для мира

Вначале идея доместикации была неоднозначно воспринята даже в нашей стране — 50 лет и 12 тыс. лет казались несопоставимыми величинами. Но когда оказалось, что такой эксперимент можно



Рыжая лисичка Адена улыбается: к ней пришли в гости



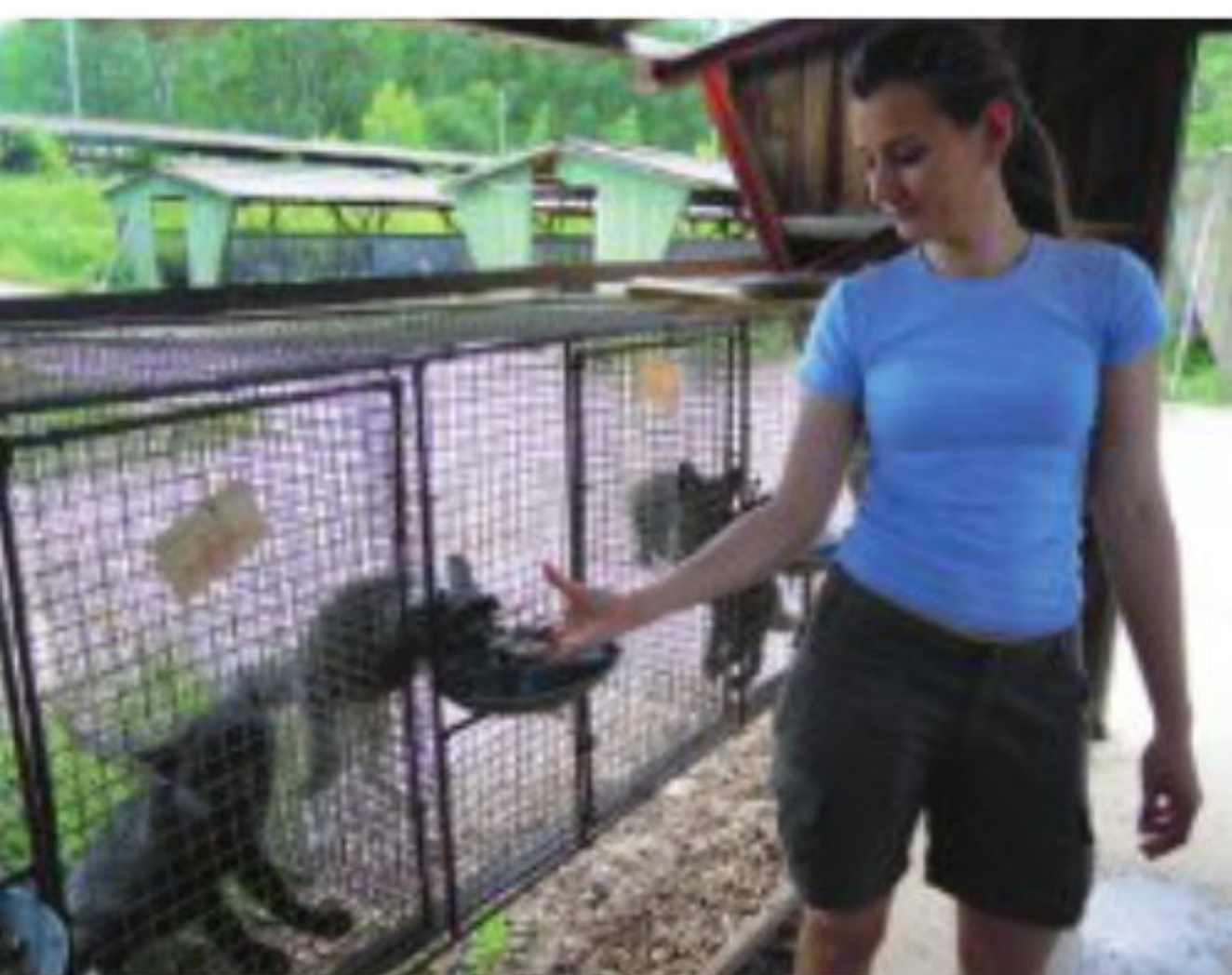
Лисы не кусают, а с обожанием прихватывают человека за палец



Стоит только спустить лисят с поводка, и они сразу же побегут резвиться в траве



Домашним лисам необходимо внимание человека — ради него они даже готовы встать на задние лапы



Сотрудник лаборатории эволюционной генетики ИЦиГа Дарья Шепелева подкармливает любимую лису



Лисенок добрался до своей любимой игрушки и на время потерял интерес ко всему остальному

провести при жизни одного человека, этим заинтересовались западные ученые — немцы, американцы, китайцы, японцы, для которых лиса — священное животное. Ученые ИЦиГ стали с ними сотрудничать, но приоритет остался за сибирской наукой.

— В мире аналогов нашей работе нет, — утверждает Владимир Константинович. — Она считается одним из самых крупных обобщений XX в. Это была первая работа, которая показала механизмы доместикации и их возможности. К нам в институт приезжали западные ученые и студенты, работали на нашей ферме. В самые трудные времена, в 1990-е гг., американцы даже предлагали мне продать ферму за хорошие деньги, но я отказался. Мы сохранили свое первенство и в дальнейшем будем продолжать эту работу.

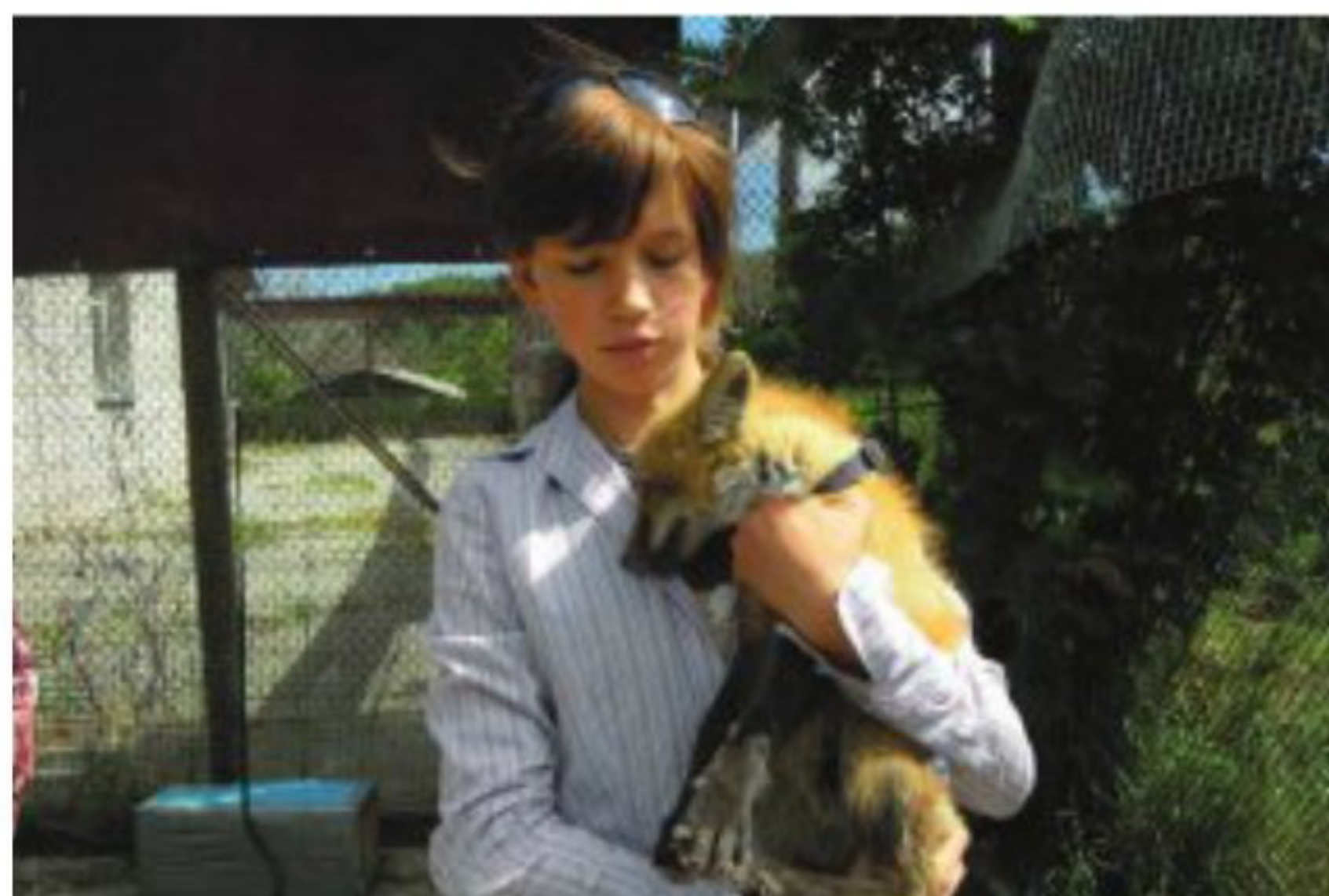
По методу ученых ИЦиГ можно одомашнивать не только лис, но и других животных. Подобную работу уже провели с норками и начали с крысами, есть планы осуществить доместикацию соболя. Это особенно интересно, поскольку в наши дни исследования поведения перешли на совершенно новый уровень.

### Задел на 100 лет вперед

Раньше ученые занимались достаточно простым генетическим анализом — отбором по определенным типам поведения, скрещиванием, фиксацией изменчивости, которая при этом появляется. Сегодня работа ведется на молекулярно-генетическом уровне — секвенирование геномов для животных разных типов поведения, поиск различий между этими геномами, выявление основных генов, отвечающих за поведение.

— Генетика поведения — это область, о которой мы очень мало знаем и пока даже не можем точно определить нормы и патологии поведения у человека, — отмечает Владимир Константинович Шумный. — Сначала все это нужно изучить на животных. На них можно промоделировать почти все человеческие патологии, в том числе эпилепсию и шизофрению, практически любую модель поведения человека. Может быть, через 100 лет мы создадим генетические механизмы, которые позволят убрать агрессию из поведения людей. Осталось дождаться результатов.

Подготовил Павел Красин



На руках непоседливые лисята не сидят спокойно, норовят лизнуть лицо или спрятаться под рубашку

# Отслеживая недра

В июне на Кузбассе произошло крупное землетрясение, отголоски которого почувствовала вся Сибирь. О том, как ведется наблюдение за сейсмическими событиями, нам рассказал директор Алтае-Саянского филиала Геофизической службы Сибирского отделения РАН, доктор технических наук Александр Федорович Еманов



А.Ф. Еманов на сейсмологической станции Салаир, ближайшей к разрезу «Бачатский»

— Специалисты нашей службы оказались в районе разреза «Бачатский» раньше, чем кто-либо еще, поскольку выехали за час до землетрясения и двигались по направлению к Алтаю для развертывания локальной сети временных сейсмологических станций. Когда произошло землетрясение, отряд сменил маршрут и развернул десять заранее подготовленных станций в районе разреза «Бачатский». Именно на этом разрезе за год до данного землетрясения уже выставлялась сеть временных сейсмологических станций, и по результатам их работы было показано, что под разрезами «Бачатский» и «Шестаки» существует наведенная сейсмичность. Это определило решение вопроса о природе сейсмического события, произошедшего в начале 2012 г. на этом разрезе. Вместе с июньским землетрясением в окрестностях разреза «Бачатский» чуть больше, чем за год, произошло три крупных землетрясения, и это вызвало обеспокоенность в общественных и научных кругах.

При поддержке со стороны администрации Кемеровской области и ее губернатора был разработан план работ по созданию системы мониторинга наведенной сейсмичности шахт и разрезов Кузбасса. Сейчас мы планируем поставить станции по двум крупным линиям добычи на Кузбассе, где главное — отслеживать именно

наведенную, иначе говоря, техногенную сейсмичность, разделить добывающие предприятия по интенсивности наведенной сейсмичности. Второй этап — выделение наиболее опасных зон, где будем создавать более плотные локальные сети станций, как в районе угольного разреза «Бачатский». На этом разрезе на средства ООО «Кузбасразрезуголь» уже ведется второй уровень наблюдательной сети.

— **Когда ориентировочно будут закончены эти работы?**

— Работы должны быть завершены к началу следующего года. В Бачатском карьере, например, планируется добыча до глубины 550 м. Все это надо контролировать, ведь землетрясение может произойти в любое время, в том числе и ночью. Повезло, что июньское землетрясение случилось в шесть утра, и разрушенные в близлежащих поселках здания детских садов были пусты. Большая удача, что землетрясение не обрушило борт карьера. Следующее событие может быть ближе к населенным пунктам.

— **Были ли раньше случаи, когда при разработке месторождений открытым методом происходили землетрясения?**

— В мире наведенная сейсмичность при добыче угля изучается в Германии, Чехии, ЮАР, Австралии и у нас в Воркутинском угольном бассейне, но в большинстве случаев в каждом регионе у этого явления свое лицо. Вопрос техногенных (или наведенных) землетрясений в Кузбассе детально исследуется с 2005 г. По результатам исследований наведенной сейсмичности шахт в СО РАН написана монография. А о подобных землетрясениях при открытой выработке угля в России раньше не было ничего известно, землетрясение в разрезе «Бачатский» — крупнейшее для нашей страны и в мире техногенное землетрясение в районе добычи твердых полезных ископаемых. К образованию разрыва привело сочетание природного и техногенного воздействия. Станций, которые сейчас разворачиваются, будет достаточно, чтобы отслеживать ситуацию вокруг разреза.

— **В Бачатском угольном разрезе за последние полтора года произошло три крупных сейсмических события. Стоит ли продолжать там добычу?**

— Добыча ведется уже много лет, и сейсмические события будут происходить, даже если прекратить ее совсем. Воздействие на земную кору в крупном масштабе уже оказано. Сейчас вопрос в том, как добывать уголь, избегая крупных сейсмических событий. Видимо, размеры карьеров влияют на масштабы землетрясения. Для землетрясения с магнитудой 6,0 нужна трещина в породе порядка 10 км. Длина Бачатского карьера — 12 км. Это означает, что трещина образовалась вдоль всего склона карьера. А если бы его длина была всего 2 км? Может быть, в этом случае и максимальная энергия техногенных землетрясений была бы меньше. Изучение наведенной сейсмичности и закономерностей ее формирования важно не только для Кузбасса. Например, неподалеку от Новосибирска есть несколько разрезов глубиной до 100 м — они тоже могут вызвать возникновение наведенной сейсмичности.

**— Как быстро вы узнаете о случившихся землетрясениях?**

— У нас реализована система, позволяющая в реальном времени собирать данные в Новосибирске, обрабатывать их и рассылать предупреждения о землетрясениях в течение двух минут от возникновения события. Когда происходит землетрясение, то оповещение в МЧС городов часто приходит раньше, чем сейсмические волны. Волна еще только бежит в Кемерово или Красноярск, а там уже знают, что произошло землетрясение такой-то силы и у них в городе будет сотрясаемость в четыре или пять баллов.

Подобной эффективности обработки событий можно достичь только на больших сетях станций. Развиваемая в Кузбассе сеть станций для мониторинга техногенной сейсмичности ориентирована на совместную работу с региональной сетью всего региона. В этом случае ее эффективность на порядок выше, чем существование одиночной сети, как для скорости обработки, так и для точности и информативности.

**— Эта информация доступна обычным людям?**

— Вы можете свободно зайти на сайт нашей службы, зарегистрироваться, и к вам на электронную почту будет приходить рассылка о землетрясениях. Присылаются время начала события, магнитуда, глубина и координаты события. Через некоторое время приходит уточненная информация, по мере того как ее дополняют станции. Наш Центр обработки сейсмологических данных обрабатывает данные более 300 станций, расположенных не только в России, но и в Монголии,



Китае, Казахстане. Мы видим всю сейсмическую ситуацию, а более детально — там, где больше станций.

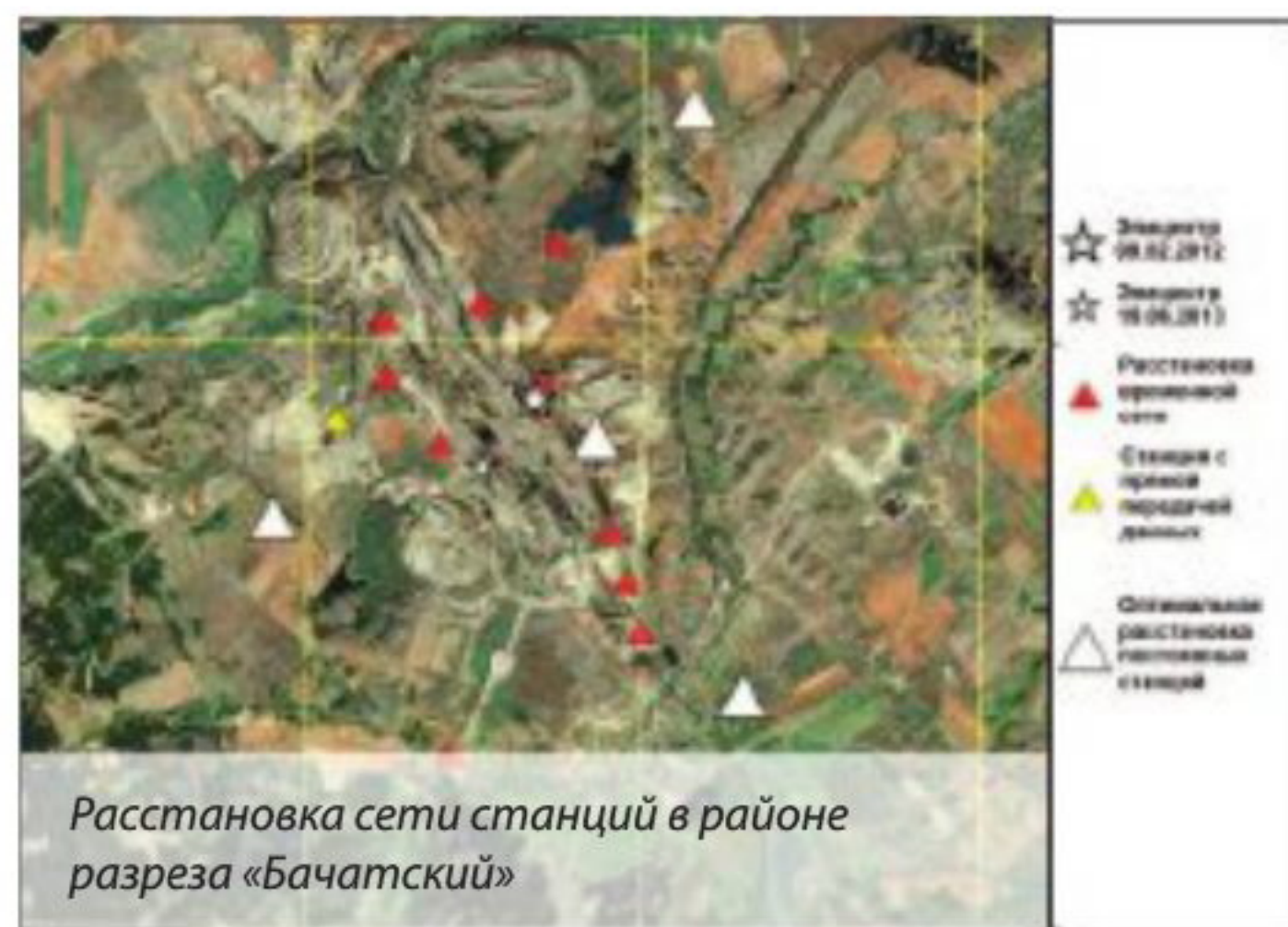
**— Ведет ли ваша служба какие-то еще исследования?**


— По наведенной сейсмичности шахт Кузбасса получены фундаментальные результаты о решающей роли вибрации во влиянии на сейсмический процесс и доказана возможность воздействовать со стороны на развитие сейсмичности в активизированной зоне. У нас много полигонов и уникальных исследований, которых нет нигде в мире. Например, на Алтайском полигоне каждое лето разворачиваются десятки временных станций, и мы имеем возможность изучать эту локальную зону. Уже получены фундаментальные результаты о структуре афтершокового процесса в блочных средах и о модели напряженного состояния земной коры. Сейчас мы идем к тому, чтобы работать по такой схеме: приехали на место, установили станции, и они по сотовой сети передают информацию в Центр обработки сейсмологических данных. Все данные, получаемые во время локальных экспериментов, должны быть доступны нам в реальном времени.

Еще одна интересная разработка — обследование зданий. Как делают томографию человека, так и мы можем стоячими волнами просветить здание, выявить все его дефекты. Технология разработана в нашем коллективе. Можно установить сеймостанцию в районе конкретных объектов — например, атомных станций, и получать информацию об их состоянии во время землетрясения. В этом случае мы сможем за несколько минут предупредить их о том, что к ним идут сейсмические волны, и дать ожидаемые сотрясаемости в баллах. После того как сейсмические волны пройдут через объект, мы в течение нескольких минут сможем сказать, произошли ли в конструкции здания нарушения, и если да, то где именно. Эти разработки имеют большую перспективу, особенно в развитии совместных сетей мониторинга. ■

*Беседовал Павел Красин*

**В следующих выпусках журнала мы планируем более подробно рассказать о землетрясениях и о работе Алтае-Саянского филиала Геофизической службы СО РАН**





Майкл Лемоник

# Заря в далеких небесах

*Наша галактика буквально кишит планетами.  
Ученые напряженно вглядываются в их атмосферы  
в поисках признаков внеземной жизни*



## ОБ АВТОРЕ

**Майкл Лемоник** (Michael D. Lemonick) — один из авторов некоммерческого новостного сайта «Центральное климатическое бюро» (*Climate Central*) и автор книги «Земля в зеркале: поиски близнеца нашей планеты» (*Mirror Earth: The Search for Our Planet's Twin*, 2012). В течение 21 года он писал о науке для журнала *Time*.



**К**аждый из находившихся там, от самого маститого астрофизика и до самого неискушенного научного репортера, вряд ли забудет эту пресс-конференцию, прошедшую в январе 1996 г. во время зимней сессии Американского астрономического общества в Сан-Антонио, штат Техас. Джеффри Марси (Geoffrey W. Marcy), астроном, работавший в Университете штата Сан-Франциско, объявил тогда, что он и его коллега-астроном Пол Батлер (R. Paul Butler), в то время сотрудник Калифорнийского университета в Беркли, обнаружили вторую и третью планеты из когда-либо замеченных на орбитах вокруг звезды солнечного типа. Об открытии первой такой планеты, 51 Пегаса *b*, несколькими месяцами раньше объявили Мишель Майор (Michel Mayor) и Дидье Келос (Didier Queloz) из Женевского университета — но одно-единственное открытие могло быть чистой случайностью или даже ошибкой. Теперь же Марси мог с уверенностью сказать, что это не то и не другое. «Планеты, — объявил он столпившимся в конференц-зале, — как оказалось, не редкость».

Это заявление потрясло весь астрономический мир. Поиском планет почти никто не занимался, поскольку ученые были убеждены, что найти их будет слишком трудно. Теперь же, после изучения всего лишь небольшого количества звезд, астрономы обнаружили три планеты, что дало основания предполагать существование еще многих миллиардов других миров, ждущих, когда их откроют.

Если бы Батлер и Марси даже решили проблему теории формирования планет, это открытие не стало бы такой сенсацией. Но результаты их наблюдений недвусмысленно показали, что так называемые экзопланеты действительно существуют, а вместе с ними и возможность ответить на вопрос, который волнует философов, ученых и теологов со времен древних греков: одиноки ли мы во Вселенной?

После того как утихли первые восторги, исследователи задумались над тем, как им приступить к поиску каких-либо форм жизни на планете, обращающейся вокруг чужого солнца. За исключением попыток перехвата сигналов инопланетного радиовещания, как это делала Джоди Фостер в кинофильме «Контакт», единственным способом обнаружить ее был бы поиск биологических маркеров в атмосфере экзопланет — свидетельства наличия химически активных веществ, таких как кислород, который быстро исчезает, если его не восполняют какие-либо организмы в процессе своего метаболизма.

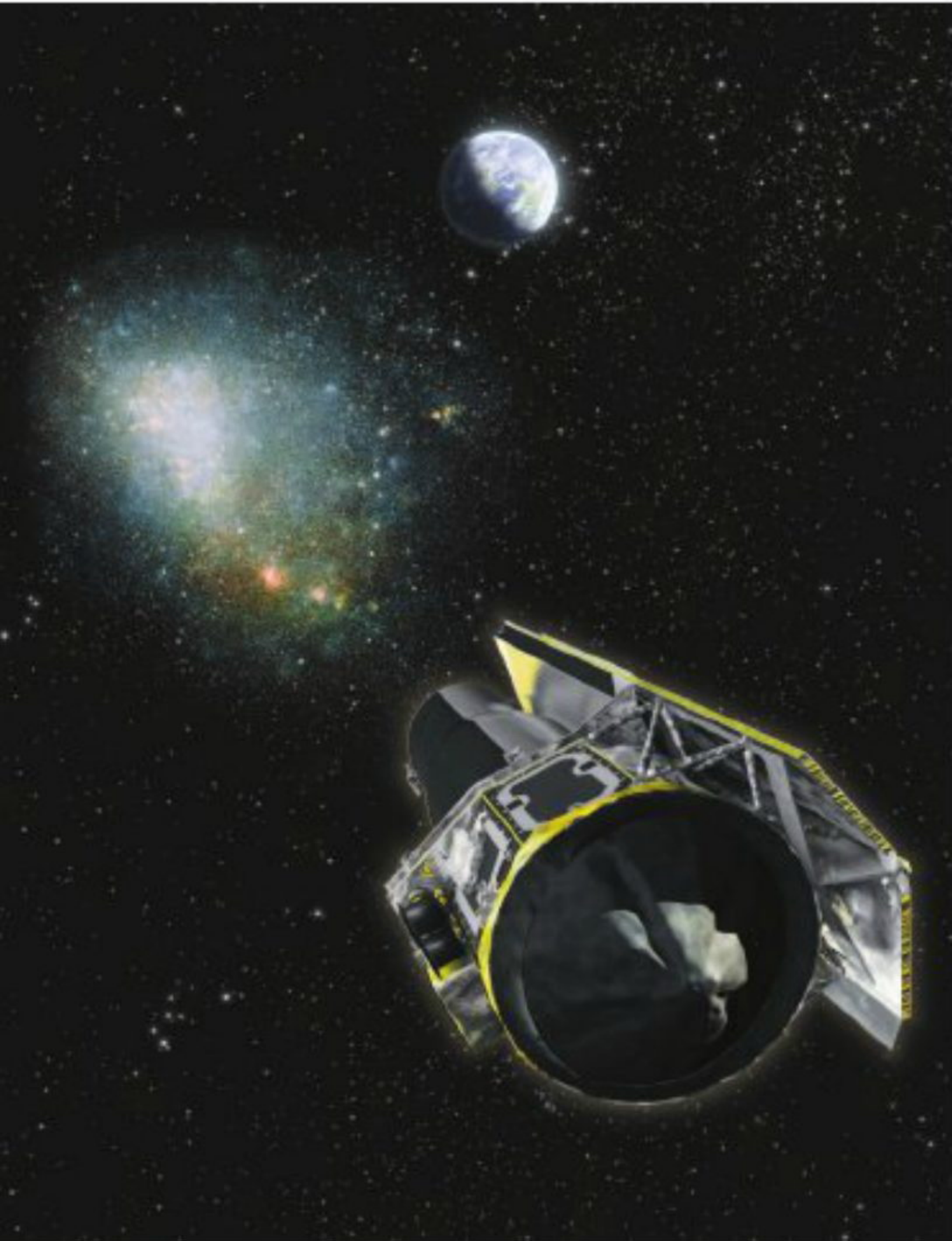
Марси, Майор и их коллеги наблюдали лишь гравитационное воздействие, которое планеты оказывали на свои родительские звезды; но, чтобы обнаружить биомаркеры, потребовалось бы непосредственно исследовать атмосферы экзопланет. С этой целью NASA планировало запустить в космос серию все более мощных космических телескопов — программу, кульминацией которой должен был стать вывод на орбиту «Интерферометра — детектора планет земного типа», который стоил бы несколько миллиардов долларов и который предполагалось запустить в 2020-х гг. Словом, астрономы считали, что в ближайшем будущем они вряд ли узнают что-нибудь новое об атмосфере экзопланет.

Но они оказались неправы. Открытие нескольких первых экзопланет вдохновило целое поколение молодых ученых заняться тем, что внезапно стало самой актуальной специальностью в астрофизике. Это убедило и многих из их старших коллег тоже переключиться на изучение экзопланет. Такой внезапный приток интеллектуальных ресурсов привел к появлению свежих идей относительно того, как именно следует исследовать атмосферы экзопланет, и кардинально ускорил ход событий. К 2001 г. астрономы обнаружили в атмосфере одной из экзопланет натрий. С тех пор они выявили еще наличие метана, двуокиси и монооксида углерода, а также воды. Исследуя атмосферы экзопланет, они

## ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Когда-то здравый смысл убеждал, что исследовать атмосферы далеких экзопланет практически невозможно, — слишком ярко сияние их родительских звезд.
- Однако когда специалисты занялись изучением экзопланет во время прохождения их перед своими светилами, они поняли, что происходящее при этом изменение яркости звезд, возможно, дает ключ к загадке состава их атмосфер.
- Сейчас астрономы используют эти совершенные методы, чтобы выяснить атомный и молекулярный состав атмосферы экзопланет. Они надеются, что вскоре расширят свои поиски в сферу молекул, которые представят доказательства существования внеземной жизни.





рассказывает Кнутсон, — это горячие подобные Юпитеру небесные тела, которые находятся от своего светила на расстоянии гораздо меньшем, чем Меркурий от Солнца. Однако Кнутсон и другие астрономы стали все активнее заниматься изучением атмосферы планет меньшего размера, так называемых планет типа «сверхземля», масса которых составляет от двух до десяти масс нашей Земли, — то, чего никто не мог представить еще десятилетие назад. Появившееся в апреле сообщение о том, что космический телескоп «Кеплер» обнаружил две планеты размером меньше, чем две Земли, причем обе расположены на орбитах, на которых температура допускает существование жизни, дает основание предполагать, что пригодных для жизни миров почти наверняка предостаточно. Несмотря на то что эти планеты, получившие названия *Kepler 62e* и *62f*, находятся от нас слишком далеко, чтобы их можно было бы изучить в деталях, ученые убеждены: пройдет не так уж много лет — и астрономы смогут заняться поиском биологических маркеров в атмосферах планет, которые почти во всех отношениях можно назвать близнецами Земли.

### Планета, обнаруженная с автомобильной стоянки

Астрономы полагали, что пройдут десятилетия, прежде чем начнется изучение атмосферы планет, поскольку первые несколько экзопланет были открыты с помощью косвенных мето-

**Затмение солнцем:** космический телескоп «Спитцер» сможет уловить мельчайшие изменения яркости, которые происходят, когда планета заходит за свою родительскую звезду

даже получили косвенные свидетельства того, что некоторые планеты, вероятно, частично состоят из чистых алмазов. «На данный момент, — говорит Хизер Кнутсон (Heather Knutson), астрофизик Калифорнийского технологического института, участвовавшая во многих из этих пионерских наблюдений, — мы получили данные об атмосфере порядка 30–50 планет, учитывая еще не опубликованные материалы».

Несмотря на все эти открытия, чтобы получить убедительные свидетельства существования внеземной жизни, необходимо пройти долгий путь. И это не удивительно, поскольку большинство планет, о которых

говорят — изучением воздействия, которое они оказывают на свои родительские звезды. Сами планеты оставались невидимыми, но, поскольку и звезда и планета обращаются вокруг общего центра масс, в результате гравитационного притяжения планеты звезда как бы колеблется в пространстве. Когда звезда движется по направлению к нам, спектр ее излучения смещается в синюю область, а когда прочь от нас — в красную. Степень смещения показывает наблюдателю лучевую скорость звезды, или то, насколько быстро звезда движется по направлению к Земле или от Земли, что, в свою очередь, говорит нам о том, насколько массивна экзопланета.

Однако существовала и другая возможность обнаружить удаленные планеты. Если бы орбита невидимой планеты была ориентирована к Земле ребром, планета проходила бы прямо перед звездой — то, что мы называем прохождением, или транзитом. Однако во времена этих первых открытий, почти два десятилетия назад, мало кто из астрофизиков задумывался о прохождении, просто потому что сам поиск планет был вне досягаемости. (Примечательным исключением был Уильям Боруцки (William J. Borucki) из Научно-исследовательского центра NASA в Эймсе, космический зонд «Кеплер» которого впоследствии найдет тысячи транзитных объектов.)

Несколько лет спустя, в 1999 г., Тимоти Браун (Timothy W. Brown), в то время работавший в Национальном центре исследований атмосферы, и Дэвид Шарбонно (David Charbonneau), бывший в ту пору студентом Гарвардского университета, соорудили небольшой любительский телескоп на автомобильной парковке в Боулдере (США, штат Колорадо) и первыми наблюдали прохождение экзопланеты перед диском звезды. Этой планетой была *HD 209458b*, обнаруженная немного раньше методом измерения лучевой скорости. Через несколько недель Грегори Генри (Gregory W. Henry) из Университета штата Теннесси, работавший совместно с Марси, разглядел эту же планету во время ее следующего прохождения перед диском звезды. Обе группы были признаны первооткрывателями, поскольку сообщения об открытии были опубликованы одновременно.

Успешное обнаружение прохождений перед звездными дисками дало в руки астрономам еще один метод поиска экзопланет, а также способ измерения их плотности. Метод измерения лучевой скорости (доплеровский метод) позволил вычислить массу планеты *HD 209458b*. Астрономы уже знали ее физический размер, поскольку количество света от звезды, которое блокирует планета, пропорционально ее размеру. (Измерения показали, что *HD 209458b* на 38% больше Юпитера, хотя массивнее его всего лишь на 71%, — неожиданный результат, который астрофизик из Принстонского университета Адам Берроуз (Adam Burrows) назвал «текущей проблемой, требующей объяснения».)

К этому времени несколько астрофизиков поняли, что прохождения позволяют также изучать и атмосферу экзопланет с помощью того, что Кнутсон называет «удивительно хитроумным методом». Еще до того как было сообщено об обнаружении первого прохождения экзопланеты, Сара Сигер (Sara Seager), астрофизик из Массачусетского технологического института, которая в то время была студенткой — именной стипендиаткой в Гарварде, в соавторстве со своим куратором Димитаром Сасселовым (Dimitar D. Sasselov) написала статью, в которой они предсказали, что увидит наблюдатель, когда свет от звезды проникает через атмосферу планеты во время прохождения планеты перед звездой (см.: Валенсия Д., Сасселов Д. *Планеты, на которых возможна жизнь // ВМН, № 10, 2010*). Физики давно выяснили, что различные атомы и молекулы поглощают свет

различных длин волн. Если вы смотрите на планету через фильтр, пропускающий свет с длиной волны, соответствующей спектру поглощения молекулы, которую вы ищете, то из-за того, что любая атмосфера, содержащая эти молекулы, будет поглощать свет, дымчатая атмосфера планеты станет непрозрачной, что заставит планету выглядеть более крупной.

Сигер и Сасселов предположили, что проще всего будет обнаружить натрий. «Натрий — что-то вроде запаха скунса, — говорит Шарбонно. — Даже небольшое его количество дает очень сильный эффект». Он это знает лучше, чем кто-либо другой: в 2001 г. Шарбонно, Браун и их коллеги снова обратились к *HD 209458b*, своей первой транзитной планете, но уже с помощью не слабенького любительского телескопа, а космического телескопа «Хаббл». И они действительно заметили признаки наличия натрия, как это и было предсказано.

## Полное затмение

Астрономы обнаружили и то, что существует еще один метод изучения атмосферы транзитных планет. Когда планета проходит на фоне диска своей звезды, к наблюдателю обращена ее темная сторона. В другие периоды она открывает по крайней мере часть своей освещенной поверхности, а сразу перед тем как планета скроется за звездой, к Земле обращена ее дневная поверхность. И, хотя звезда несравненно ярче, сама планета тоже сияет, главным образом в инфракрасном диапазоне спектра.

Однако это сияние внезапно прекращается, когда планета скрывается за звездой; ее вклад в совместное излучение системы «планета + звезда» пропадает. Если астрофизики могут провести сравнение излучения до и после того, как планета зайдет за солнце, они смогут сделать вывод о том, на что похожа сама планета. «Это меняет всю природу задачи, — говорит Кнутсон. — Вместо того чтобы искать очень бледный объект вблизи очень яркого, нужно просто измерить сигналы, изменяющиеся во времени». Еще в 2001 г. Дрейк Деминг (L. Drake Deming), в то время сотрудник Центра космических полетов им. Годдарда NASA, направил инфракрасный телескоп, расположенный на вершине потухшего вулкана Мауна-Кеа на острове Гавайи, на *HD 209458b*, надеясь увидеть это так называемое вторичное затмение, но, как сам он говорит, ему так и не удалось ничего обнаружить.

Однако он знал, что космический телескоп «Спитцер», запуск которого был назначен на 2003 г., почти наверняка сможет провести такое измерение; знал об этом и Шарбонно. Незнакомые друг с другом астрофизики подали заявку, чтобы получить время работы со «Спитцером» для проведения наблюдений. Обоим оно было предоставлено, и оба получили данные. Однажды в начале 2005 г., как вспоминает Деминг, ему пришло голосовое сообщение: «Дрейк, это Дэйв Шарбонно из Гарварда, — сказал голос. — Я слышал, вы недавно провели какое-то интересное наблюдение. Возможно, нам следует поговорить».

Оказалось, что Деминг (совместно с Сигер) и Шарбонно независимо друг от друга провели первое в истории наблюдение вторичного затмения практически в одно

Как это работает

### ПОВТОРНОЕ ЗАТМЕНИЕ ПЛАНЕТЫ

Современные поиски экзопланет представляют собой попытки обнаружить их, фиксируя характерное снижение яркости, возникающее, когда планета проходит через диск своей родительской звезды (справа). Но если вы хотите узнать, из чего состоит атмосфера планеты, то вам нужно зафиксировать второе, меньшее уменьшение яркости, которое происходит, когда планета заходит за свою звезду. Это затмение блокирует отраженный свет звезды; изучая отраженное излучение, астрономы могут по кусочкам воссоздать молекулярный состав атмосферы (внизу).

Изменение видимой яркости родительской звезды в течение главного затмения

Высокая  
↓ Видимая яркость  
Низкая

← Время

**Отыщи планету**  
С 2009 г. космический телескоп «Кеплер» вглядывался в более чем 100 тыс. ближайших к нам звезд в ожидании падения яркости звезды, которое происходит, когда невидимая планета проходит между звездой и Землей. Эти затмения экзопланеты уменьшают сияние звезды всего на 1/10 000 его величины.

### Выясни состав атмосферы

Экзопланеты должны отражать в нашу сторону и часть падающего на них света родительской звезды. Какое именно излучение это будет, зависит от атмосферы планеты, поскольку каждый вид молекул в атмосфере поглощает или отражает свет строго определенной длины волны. Когда планета заходит за звезду, астрономы измеряют скачкообразное снижение яркости, которое происходит, когда отраженный свет исчезает. Отслеживая этот скачок на различных длинах волн, астрономы могут восстановить состав атмосферы планеты.

Изменение видимой яркости во время вторичного затмения

- Длина волн: 3,6 мкм
- 4,5 мкм
- 5,8 мкм
- 8,0 мкм
- 16 мкм
- 24 мкм

Высокая  
↓ Видимая яркость  
Низкая

← Время

и то же время, используя одну и ту же обсерваторию. Две группы одновременно объявили о своих результатах по двум различным звездам — уже многократно изученной планете *HD 209458b* в случае Деминга и планете, получившей название *TrES-1*, в случае Шарбонно. Спустя год группа Деминга зафиксировала вторичное затмение планеты, названной *HD 189733b*. «Это, — отмечали в обзорной статье в 2010 г. Сигер и Деминг, — стало началом лавины обнаружения экзопланет методом наблюдения вторичного затмения с помощью телескопа "Спитцер"... Будет правильно сказать, что никто не предполагал всей важности и ошеломляющего влияния космического телескопа "Спитцер" на становление целой области астрофизики — изучения атмосферы экзопланет».

По существу, говорит Сигер, «мы использовали космические телескопы "Хаббл" и "Спитцер" для исследований, для которых они никогда не предназначались, дойдя до пределов их возможностей».

### Атмосферные слои

Эти работы показали пару интересных вещей, говорит Сигер. «Возможно, это прозвучит немного банально, но мы выяснили, что горячие "юпитеры" действительно горячи. Мы измерили их яркость и температуры». И то, что наблюдали ученые, находится в соответствии с тем, как по их расчетам звезды нагревают свои планеты. «Во-вторых, — продолжает она, — мы обнаружили молекулы. И оказалось ли то, что мы обнаружили, очень далеким

### НАШ ТЕСНЫЙ КОСМОС

Охотники за экзопланетами работали не покладая рук. С 2011 г. астрономы открывали в среднем примерно три экзопланеты в неделю, среди которых очень мало расположенных в зоне жизни, где вода, возможно, находится в жидком состоянии. На этой карте отмечена 861 известная планета и расстояние от каждой до нашего Солнца. Несмотря на достигнутые успехи, ученым удалось пока что найти лишь крошечную толику планет, населяющих нашу Галактику. По оценкам астрономов, в галактике Млечный Путь находится более 100 млрд планет.

- Родительская звезда
- Планета из зоны жизни
- ☾ Открыта с помощью телескопа «Кеплер»

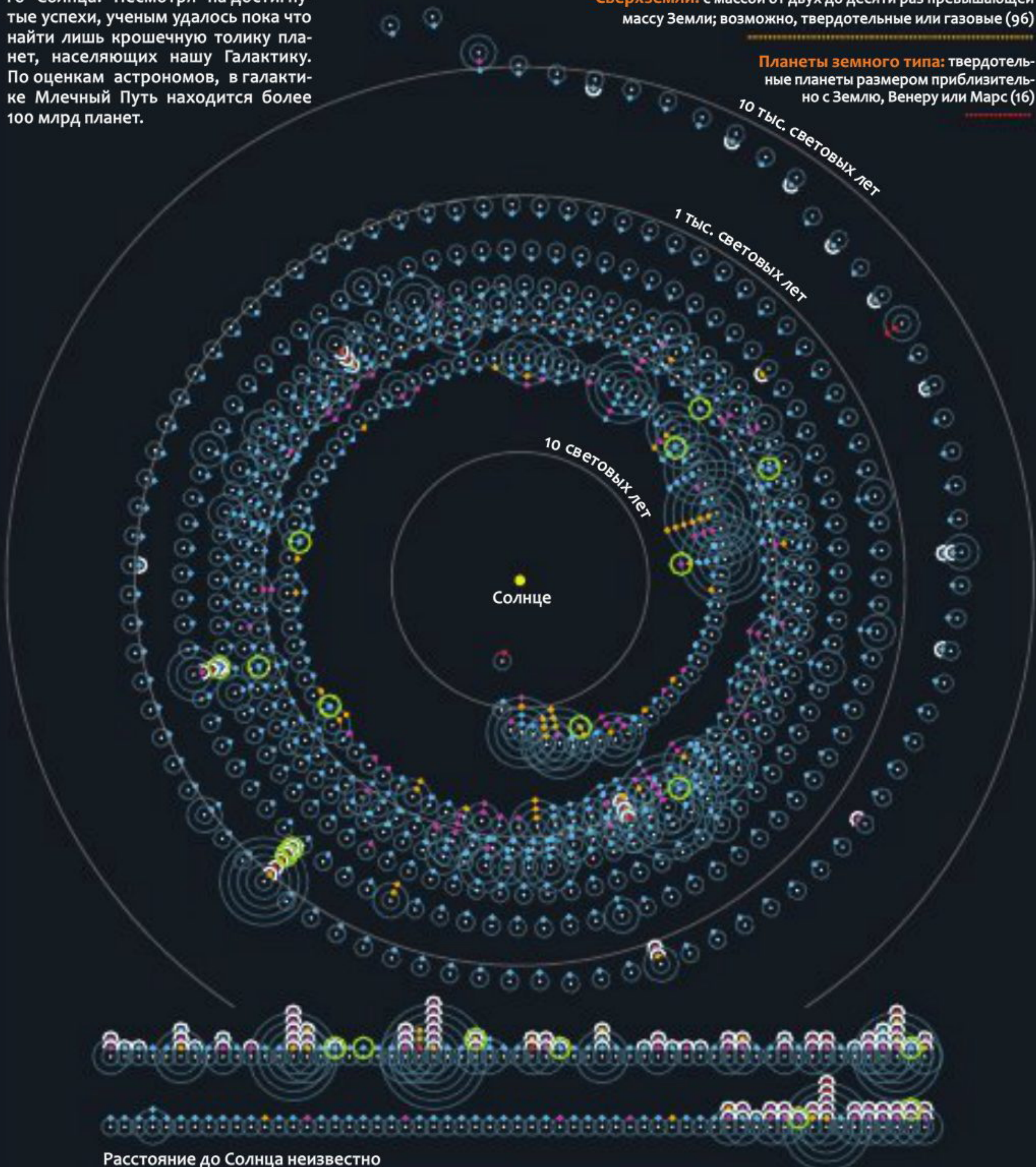
Экзопланеты, подтвержденные на апрель 2013 г. (звезды, планеты и их орбиты не в масштабе)

**Газовые гиганты:** массивные планеты размером с Сатурн, Юпитер и более (640)

**Планеты типа Нептуна:** газовые планеты меньшего размера, похожие на Нептун (136)

**Сверхземли:** с массой от двух до десяти раз превышающей массу Земли; возможно, твердые или газовые (96)

**Планеты земного типа:** твердые планеты размером приблизительно с Землю, Венеру или Марс (16)



SOURCE: DATA FROM NASA EXOPLANET ARCHIVE <http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>; Graphic by Jan Willem Tuip

от наших ожиданий? Знаете, практически нет». Сигер отмечает, что физики могут построить непосредственно модель шара из газа, состоящего из некоторой комбинации элементов, при определенной температуре и выяснить, какие молекулы в нем образуются. «Законы физики и химии универсальны», — говорит она.

Однако Сигер и другие астрофизики выяснили также, что, несмотря на схожесть в целом атмосфер экзопланет, каждая из планет может обладать индивидуальными свойствами. Значение имеет то, как температура меняется с высотой. Некоторые планеты нашей Солнечной системы, такие как Юпитер и Сатурн, демонстрируют инверсию температуры, т.е. температура с высотой не падает, а растет; другие — нет. «Проблема, — отмечает Кнутсон, — заключается в том, что мы не знаем причины инверсии и не можем поэтому предсказать, какая из планет будет обладать этим свойством, а какая нет». Ряд астрофизиков предполагают, что в атмосфере экзопланет с инверсией, вероятно, есть какие-то молекулы, поглощающие тепло, такие как окись титана, но пока что это лишь гипотеза.

Другой вопрос — не состоят ли атмосферы некоторых планет из иного набора молекул, чем атмосферы других? Никку Мадхусудхан (Nikku Madhusudhan), в настоящее время работающий в Йельском университете, провел анализ спектральных характеристик видимой и инфракрасной областей спектра излучения планеты WASP-12b и пришел к выводу, что ее атмосфера необычайно богата углеродом, этого элемента там примерно столько же, сколько и кислорода.

Теория утверждает, что при отношении углерод/кислород более чем 0,8, если оно такое же, как у других, более мелких планет той же звездной системы (как это предположительно и должно быть при условии, что планеты звездной системы сформировались из одного и того же газопылевого диска), то должны были бы образоваться породы, состоящие из карбидов — минералов, богатых углеродом, а не богатых кремнием силикатов, как это имеет место в нашей Солнечной системе. Если это действительно так, то на планете размером с Землю в звездной системе целые континенты, вероятно, должны состоять из алмазов.

Сигер и другие подготовили теоретические статьи, в которых высказано предположение, что ничего не мешает существованию планет, почти целиком состоящих из углерода или даже железа. Однако в случае WASP-12 это, возможно, не так. Кнутсон говорит, что Иэн Кросфильд (Ian Crossfield) из Астрономического института им. Макса Планка в Хайдельберге, Германия, недавно выяснил, что излучение планеты WASP-12b «загрязнено» светом, идущим от бледной двойной звезды, на фоне которой она расположена. «Его результаты, возможно, ставят под сомнение интерпретацию данных относительно этой конкретной планеты», — говорит Кнутсон.

### Водяной мир

Вне всяких сомнений самое пристальное внимание астрономов сфокусировано на планете, называемой

GJ 1214b, которая обращается вокруг небольшого красного карлика спектрального класса M, удаленного от Земли примерно на 40 световых лет. Его близость делает изучение GJ 1214b относительно простым, а в силу того, что размер этой планеты всего в два раза больше Земли, она гораздо сильнее похожа на Землю, чем горячие «юпитеры», обнаруженные в первые годы охоты за планетами. «Это любимая сверхземля всех астрономов, — рассказывает Лаура Крайдберг (Laura Kreidberg), студентка Чикагского университета, которая ведет анализ данных, полученных в ходе одного из таких проектов по наблюдению.

GJ 1214b была обнаружена в 2009 г. в ходе так называемого проекта *MEarth*, организованного Шарбонно с целью поиска планет у карликов спектрального класса M. Идея заключалась в том, что по ряду причин небольшие транзитные планеты проще будет найти у этих небольших тусклых звезд, а не у звезд большего размера. Во-первых, планета размером с Землю будет блокировать относительно большой процент излучения небольшой звезды. Такая планета к тому же будет оказывать достаточно сильное гравитационное притяжение на саму звезду, облегчая измерение массы планеты, а значит и ее плотности. Зона жизни небольшой холодной звезды располагается намного ближе к ней, чем у горячей звезды солнечного типа, что увеличивает вероятность зафиксировать переходные явления (поскольку орбита расположенной ближе планеты не обязательно должна проходить близко к видимому центру звезды). Наконец, в Млечном Пути гораздо больше карликов спектрального типа M, нежели звезд солнечного типа, — на расстоянии не более 30 световых лет от Земли находятся примерно 250 карликов, в то время как звезд солнечного типа всего 20.

GJ 1214b — не совсем вторая Земля: она в 2,7 раза больше и в шесть с половиной раз массивнее Земли, что дает для ее результирующей плотности величину, среднюю между плотностью Земли и Нептуна. К сожалению, как сразу же после обнаружения планеты поняли Шарбонно и другие, такая плотность может возникать по ряду причин. Возможно, например, что GJ 1214b имеет небольшое каменное ядро, окруженное массивной атмосферой, состоящей преимущественно из водорода. Но это также может быть более крупным ядром, окруженным глубоким океаном воды с тонкой насыщенной водяными парами атмосферой. Невозможно, опираясь только на плотность, различить эти два вероятных варианта — хотя вариант океанского мира, естественно, более привлекателен, особенно с учетом того, что жидкая вода считается непременным условием, если не гарантией существования жизни, насколько мы о ней знаем.

Однако, когда астроном Чикагского университета Джейкоб Бин (Jacob Bean) проводил наблюдение планеты в различных спектральных диапазонах, надеясь заметить различия в ее кажущемся размере, что указывало бы на то, насколько плотна ее атмосфера, он ничего не увидел. Это могло означать одно из двух: возможно, планета имеет плотную водородную атмосферу

с сильной облачностью и дымкой, делающей ее обнаружение трудной задачей. Или же, вероятно, она имеет тонкую, насыщенную парами воды атмосферу — слишком тонкую, чтобы ее можно было различить с помощью наземных телескопов. Это как если с большого расстояния рассматривать горный хребет, говорит Крайдберг, которая начала работать с Бином в прошлом году. «Возможно, там есть горные вершины, — объясняет она, — но если вы находитесь слишком далеко, он может выглядеть ровной линией».

Чтобы попытаться разрешить эту проблему, Бину и его коллегам было предоставлено для работы 60 оборотов «Хаббла». Они уже начали проводить свои наблюдения. Астрономы не первый раз наблюдают *GJ 1214b* с помощью «Хаббла», но на сей раз это самая насыщенная программа и в ходе ее выполнения будут использованы преимущества новой мощной «Широкоугольной камеры 3», установленной во время последней миссии шаттла по обслуживанию телескопа в мае 2009 г. При удачном стечении обстоятельств это наконец позволит ответить на вопрос, водный мир планета *GJ 1214b* или нет.

**Ученые убеждены: пройдет не так уж много лет, и астрономы смогут заняться поиском биомаркеров в атмосферах планет, которые почти во всех отношениях можно назвать близнецами Земли**

## Охота за кислородом

Теперь, когда астрономы уже несколько лет занимаются охотой за планетами, они стали находить гораздо больше планет с длинными периодами обращения. Эти тела располагаются дальше от своих звезд, и поэтому они холоднее, чем первое поколение горячих «юпитеров». «Долгое время нам удавалось обнаруживать лишь объекты с температурой 1,5–2 тыс. °К, действительно очень горячие планеты», — говорит Кнутсон из Калтеха. В этих условиях «большая часть углерода в атмосфере уже соединилась с кислородом, образовав моноокись углерода, — продолжает она. — По-настоящему интересно то, что происходит, когда температура ниже 1000 кельвинов: в этом случае углерод начинает встраиваться в молекулы метана».

Метан вызывает особый интерес, поскольку он мог бы быть признаком биологической активности — хотя не стопроцентным, поскольку метан способен образовываться и в ходе чисто геологических процессов. Наличие кислорода, и особенно озона — химически очень активной молекулы, состоящей из трех атомов кислорода, —

с гораздо большей вероятностью свидетельствовало бы о присутствии жизни. Но обнаружить кислород тоже чрезвычайно трудно, поскольку его спектральные характеристики проявляются очень слабо, особенно в случае относительно небольшой атмосферы у планеты размером с Землю.

Однако, несмотря на всю активность в изучении среднегорячих сверхземель, усилия астрономов по-прежнему нацелены на то, чтобы выиграть «большой приз». «Все это всего лишь репетиция, — говорит Сигер. — Я имею в виду то, что это интересно само по себе, но для таких, как я, это всего лишь мостик к тому времени, когда мы от сверхземель наконец перейдем к изучению атмосфер близнецов Земли».

Это вряд ли случится раньше, чем на орбиту будет запущен телескоп «Джеймс Уэбб», т.е., возможно, в 2018 г., а примерно к 2020 г. к тому же вступит в строй новое поколение огромных наземных телескопов, включая «Гигантский Магелланов телескоп» и «Тридцатиметровый телескоп». Но даже с такими мощными инструментами, говорит Мигер, «это займет сотни и сотни часов» наблюдений. Нет полной уверенности, что даже тогда удастся обнаружить признаки жизни со стопроцентной уверенностью. Для этой цели ученым, возможно, понадобится «Детектор планет земного типа», финансирование которого было урезано столь радикально, что на данный момент назвать точную дату его запуска — все равно что гадать на кофейной гуще.

Однако примечательно, что уже сейчас, опережая любые прогнозы, казавшиеся в 1990-е гг. лишь мечтами, Сигер может серьезно обсуждать реальные перспективы обнаружения биомаркеров. Мы уже не надеемся лишь на то, что внеземная цивилизация заметит нас и пошлет нам сигнал. Мы активно исследуем атмосферы далеких планет в поисках признаков того, что же там происходит.

Перевод: А.П. Кузнецов

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Валенсия Д., Сасселов Д. Планеты, на которых возможна жизнь // ВМН, № 10, 2010.
- Exoplanet Atmospheres. Sara Seager and Drake Deming in Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 48, pages 631–672; September 2010.
- The Kepler exoplanet-detection mission: <http://kepler.nasa.gov>

ПОПУЛЯРНАЯ

МЕХАНИКА



Департамент науки,  
технологической  
политики  
и предпринимательства  
города Москвы



Московский  
государственный  
университет  
имени  
М.В. Ломоносова



Министерство  
образования  
и науки  
Российской  
Федерации

И НЕЙРОХИРУРГИЯ

ГЛАЗА НЕВЕРОЯТНЫЕ

НАУЧНЫЕ

ЭКСПЕРИМЕНТЫ

И ЗАЩИТА

ОКРУЖАЮЩЕЙ

СРЕДЫ

РЕКЛАМА

НОБЕЛЕВСКИЕ

ЛАУРЕАТЫ

И КОМПЬЮТЕРНЫЕ

ГЕНИИ **АДРОННЫЙ**

**КОЛЛАЙДЕР**

И ПАРК ЮРСКОГО

ПЕРИОДА

**ФЕСТИВАЛЬ  
НАУКИ**

**МОСКВА**

**MOSCOW**

**SCIENCE**

**FESTIVAL**

**ВХОД СВОБОДНЫЙ 2013**

**11 — 13 ОКТЯБРЯ**

**МГУ, ЭКСПОЦЕНТР**

**80 ПЛОЩАДОК ПО МОСКВЕ**

**WWW.FESTIVALNAUKI.RU**



ПРОГРАММА  
ФЕСТИВАЛЯ  
РАССЧИТАНА  
НА ПОСЕТИТЕЛЕЙ  
ВСЕХ ВОЗРАСТОВ

Дана Маккензи

# СТЕНА ИЗ ВОДЫ

*Предполагается, что океанские течения и другие хаотические явления по самой своей сути непредсказуемы. Но математики находят метод описания безумия природы*





**Д**ля всего Мексиканского залива лето 2010 г. стало летом разлива нефти. Когда у берегов Луизианы из аварийной скважины *Deepwater Horizon* компании *British Petroleum* хлынула нефть, туристы толпами ринулись прочь с побережья залива под влиянием распространяемых средствами массовой информации новостей о том, что нефтяное пятно направляется к берегу. Даже в таких удаленных от места аварии точках, как Форт-Майерс и Ки-Ларго во Флориде, пляжи опустели, а цены на проживание в гостиницах резко упали.

На самом деле ситуация никогда не была до такой степени ужасной — особенно на западном берегу Флориды. Эта часть побережья Мексиканского залива на все время разлива нефти была защищена невидимым водоразделом. Протянувшаяся над континентальным шельфом у побережья Флориды незаметная глазу преграда направляла нефть в другую сторону и препятствовала ее распространению далее на восток. Это была не какая-то твердая стена, а стена воды, которая перемещалась по мере того, как смещались океанские течения. Тем не менее она была столь же эффективной защитой, как настоящая дамба или плавучие ограждения нефтяного пятна.

Ученые называют такие невидимые стены транспортными барьерами. Они — морской эквивалент континентальных водоразделов и разграничивают потоки воды, текущие в противоположных

направлениях. В хаосе океанских течений они служат дорожной картой, показывающей, по какому маршруту происходит движение. Хотя водные потоки зачастую кажутся практически непредсказуемыми, транспортные барьеры поддерживают определенный порядок и структуру их хаотического течения.

Изучение такого рода структур в последние годы очень активно развивается, а их значение оценено научным сообществом еще не в полной мере. Но ученые уже показали, как их исследования позволят объяснить, почему нефть, растекшаяся по поверхности залива в результате аварии, исчезла быстрее, чем ожидалось, и почему ни капли ее не просочилось в Атлантический океан через Флоридский пролив. Понимание природы этих течений, возможно, сделает более эффективной работу по очистке океана во время будущих катастроф. Ведущиеся исследования, вероятно, прольют свет и на то, как кровоток влияет на образование холестериновых бляшек в артериях, и помогут предсказать, каким образом вызывающие аллергию споры мигрируют в атмосфере.

Теория хаоса как наука сформировалась в 1970-х гг., когда ученые обнаружили, что в определенных природных явлениях даже мельчайшее возмущение может привести к кардинальным изменениям. Часто можно услышать притчу, что взмах крыльев бабочки в одной части света может вызвать едва уловимое изменение в воздушных потоках, которое спустя несколько недель, многократно усилившись, приведет к буре на другом континенте.

## ОБ АВТОРЕ

**Дана Маккензи** (Dana Mackenzie) — независимый математик и автор книг о науке, проживает в Санта-Крузе, штат Калифорния. Ученую степень в области математики он получил в Принстонском университете, к тому же он обладатель одного из высших титулов Американской шахматной федерации. Его последняя книга «О Вселенной без слов» (*The Universe in Zero Words*) вышла в 2012 г. в издательстве Принстонского университета.



Гидродинамические течения — включая течения газов, таких как воздух, и жидкостей, таких как морская вода, — по сути, самый типичный пример хаотических систем и одновременно один из самых распространенных: законы гидродинамики управляют самыми различными явлениями, начиная от Гольфстрима и кончая течением воздушного потока через турбину и траекторией мяча после крученого удара при выполнении штрафных в футболе. Математические уравнения, описывающие течение жидкости, были получены почти 200 лет назад Клодом-Луи Навье (в 1822 г.) и Джорджем Стоксом (в 1842 г.). Однако написать уравнения и решить их — отнюдь не одно и то же; решение уравнений Навье — Стокса и поныне остается одной из самых трудных задач в математике.

Теоретически точное решение уравнений Навье — Стокса дало бы подробное предсказание поведения потока в будущем. Но точность ответа будет зависеть от того, насколько хорошо мы знаем, как говорят ученые, начальные условия. На практике вы никогда не сможете установить, в какую сторону движется каждая из молекул воды в океане, а в хаотической системе любая неопределенность — сродни эффекту бабочки — растет во времени экспоненциально. Ваше точное решение уравнения Навье — Стокса быстро превратится в одну из гипотетических возможностей.

И в то же время термин «хаотический» не означает «беспорядочный» или «непредсказуемый» — по крайней мере, в принципе. Где-то в минувшем десятилетии или около того математики создали теоретическую базу для описания устойчивых структур, таких как транспортные барьеры, прячущиеся в хаосе течений. В 2001 г. Джордж Халлер (George Haller), математик, ныне работающий в Университете Макгилла, придумал для этих структур довольно неуклюжее название «лагранжевы когерентные структуры». Более поэтично сложную структуру транспортных барьеров Халлер называет «скелетом турбулентности». Например, выявив эти структуры в теле

жидкости, вы можете сделать кратко- и даже среднесрочные прогнозы того, куда течение жидкости понесет объект, даже не имея на руках точного решения уравнения Навье — Стокса.

На что же похож транспортный барьер? Вы наблюдаете его всякий раз, когда видите кольцо дыма. В его основе лежит притягивающая лагранжева когерентная структура — кривая, по направлению к которой частицы движутся по течению, словно их притягивает невидимый магнит. Обычно вы не замечаете такие структуры, но пустите в воздухе кольцо дыма: его частицы начнут концентрироваться вокруг нее и она станет заметной.

Гораздо труднее увидеть картину отталкивающих лагранжевых когерентных структур. Если бы эти кривые были видны, то мы увидели бы, что они отталкивают частицы прочь от себя. Заметить их было бы гораздо проще, если бы время можно было направить в обратную сторону (т.к. в этом случае они притягивали бы частицы), но поскольку это невозможно, единственный способ обнаружить лагранжевы когерентные структуры — выудить их с помощью компьютерного анализа. Эти трудно наблюдаемые отталкивающие структуры особенно важны потому, что, как математически доказал Халлер, они имеют тенденцию формировать транспортные барьеры.

Эксперимент, проведенный летом 2003 г. в заливе Монтерей у побережья Калифорнии показал, что лагранжевы когерентные структуры в реальных водоемах можно просчитать в реальном времени. Математик Шон Шадден (Shawn C. Shadden) из Иллинойского технологического института и его сотрудники изучали поверхностные течения в заливе, используя четыре высокочастотных радара, размещенных вокруг залива.

Анализируя данные, полученные с помощью радара, ученые обнаружили, что большую часть времени длинный транспортный барьер перемещается по заливу от мыса Пинос на южной оконечности почти до его северной стороны. Воды к востоку от барьера циркулируют

## ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Невидимые разделительные линии пролегают между потоками в океане и ветрами в атмосфере.
- Такие транспортные барьеры, называемые лагранжевыми когерентными структурами, делают хаотические движение более предсказуемым.
- Понимание этих структур может помочь при прогнозировании поведения нефтяных пятен и ликвидации аварий на нефтяных вышках, а также при выяснении особенностей циркуляции жидкостей, например кровотока.

вдоль залива, а к западу от него уходят в море. (Время от времени барьер отрывается от мыса Пинос и дрейфует в сторону моря.) Такая информация, вероятно, будет критически важна в случае разлива в акватории загрязняющих агентов.

Чтобы подтвердить, что структуры, выявленные путем вычислений, действительно ведут себя, как было обещано, группа Шаддена отследила движение четырех плавающих буй, которые они использовали в эксперименте совместно с Исследовательским институтом Аквариума залива Монтерей. Когда исследователи поместили плавающие буй в воды на противоположных сторонах транспортного барьера, то первый буй вместе с водой циркулировал по кругу внутри залива, в то время как другой, подхваченный течениями, отправился дрейфовать на юг вдоль побережья. Они также показали, что буй, помещенный в циркулирующую часть структуры, остается в заливе в течение 16 дней — несмотря даже на то, что для расчетов они использовали данные трех дней измерений. Такая устойчивость результатов подтверждает силу и постоянство транспортного барьера. В течение 16 дней он действительно оставался чем-то вроде невидимой стены в водах залива.

### Счастливым исход катастрофы в заливе

Самая впечатляющая демонстрация концепции транспортного барьера была получена в результате разлива нефти в Мексиканском заливе в 2010 г. Океанографы и математики провели анализ огромных объемов данных, касающихся утечки, и показали, как эта информация может помочь ученым предсказать, куда направится нефтяное пятно.

Лагранжевы когерентные структуры, возможно, могут объяснить, почему нефть, плававшая на поверхности, исчезла быстрее, чем кто-либо ожидал, — намного быстрее, например, чем нефтяное пятно, вылившееся из танкера *Exxon Valdez* в 1989 г. в заливе Принс-Уильям на Аляске. (Судьба нефти, ушедшей под воду, до сих пор остается предметом споров, и большие ее объемы, возможно, все еще покоятся на дне Мексиканского залива.) Оказалось, что теплые воды Мексиканского залива — прибежище для множества микроорганизмов, которые питаются углеводородами, пробивающимися естественным путем из-под земли в воды залива. Получив гораздо больше пищи (углеводородов), чем обычно, микроорганизмы эти невероятно расплодились. Микробиолог Дейв Валентайн (Dave Valentine) и математик Игорь Мезик (Igor Mezic), оба из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, показали, что бактерии имеют тенденцию скапливаться в областях, определяемых транспортными барьерами. Очевидно, что долговременная стабильность этих областей способствовала быстрому разложению нефти. Валентайн отмечает, что сценарий был бы совершенно иным, случись выброс нефти у побережья Бразилии, еще одного региона, где были открыты гигантские глубоководные запасы нефти. Там течения направлены в океан, где нет естественных ареалов бактерий, которые могли бы переварить углеводороды.

Транспортные барьеры могут также объяснить, почему нефть, разлившаяся в результате аварии на платформе *Deepwater Horizon*, не попала в Кольцевое течение, устойчивую водную струю, проходящую через Флоридский пролив в Атлантический океан, где она могла бы загрязнить пляжи вдоль всего восточного побережья полуострова. Еще 2 июля Национальное управление океанических и атмосферных исследований США (NOAA) предсказывало, что с вероятностью от 61% до 80% часть нефти попадет в Кольцевое течение. Эти предсказания основывались на данных 15-летних исследований океанского течения, выходящего из Мексиканского залива.

В 2010 г. нам, очевидно, очень повезло. Во-первых, необычайной силы юго-западные ветры отогнали нефтяное пятно на север, подальше от Кольцевого течения. Кроме того, гигантская воронка, называемая водоворотом Франклина, отделилась от Кольцевого течения и оттолкнула его дальше, чем обычно, на юг, образуя барьер между нефтяным пятном и течением. Остается лишь выяснить, можно ли было прогнозировать какое-либо из этих явлений. Однако Халлер вместе с океанографом Марией Оласкоагой (Maria Olascoaga) из Университета Майами показал, что другие, казалось бы непредсказуемые, изменения нефтяного пятна можно было предвидеть заранее. 17 мая, например, гигантский «тигровый хвост» (названный так из-за его формы) нефтяного пятна за один день внезапно переместился на 160 км на юго-восток. Согласно их компьютерному анализу, «тигровый хвост» перемещался вдоль притягивающей лагранжевой когерентной структуры, и предвестником надвигающейся нестабильности за семь дней до того стало формирование сильного притягивающего ядра этой структуры. Аналогично внезапное отступление кромки нефтяного пятна на запад 16 июня было предвосхищено за девять дней формированием исключительно сильного отталкивающего ядра к востоку от пятна. Если бы в то время велось наблюдение, которое позволило бы определить транспортные барьеры, суда для очистки акватории можно было бы сразу направить в нужные районы залива.

Концепция транспортного барьера в последние годы вышла за рамки разделов науки, изучающих океанские течения. Например, Шейн Росс (Shane Ross) из Виргинского политехнического института изучал влияние транспортного барьера в атмосфере на перенос патогенных аэрозолей. Совместно с биологом Дэвидом Шмале (David Schmale) из того же института они использовали небольшой беспилотник для сбора образцов воздуха на высотах от нескольких десятков до нескольких сотен метров над Блэксбергом. Когда притягивающая структура проходила мимо, или же когда две отталкивающие структуры следовали сразу же одна за другой, ученые зафиксировали пик в количестве спор грибка *Fusarium*. Росс выдвинул гипотезу, что в первом случае споры были притянуты к когерентным структурам, тогда как во втором они были захвачены между двумя отталкивающими барьерами, так же как стадо коров загоняют на небольшую площадку ударами плетей. Часть спор

представляла собой виды, которые обычно не встречаются в Виргинии, и это дает основания полагать, что структуры сохраняются достаточно долго, если споры смогли перелететь на несколько сотен километров.

Сейчас Шадден изучает роль лагранжевых когерентных структур в кровообращении. Например, он использует их, чтобы обнаружить границы между кровью, выброшенной во время одного сокращения сердца и следующего за ним. Он показал, что большая часть крови в нормальном желудочке остается там не дольше чем в течение двух сокращений. Но у шести пациентов с увеличенным сердцем различные порции крови рециркулируют намного дольше — «широко признанный фактор риска тромбоза», написал он в черновике своей статьи.

Спустя более чем десять лет после того, как Халлер ввел в оборот термин, лагранжевы когерентные структуры все еще остаются на периферии исследований в океанографии и физике атмосферы. Один из доводов против

## Ученые из Массачусетского технологического института сейчас работают над использованием лагранжевых когерентных структур для предсказания, куда течения унесут потерпевших кораблекрушения. В таких ситуациях даже несколько минут могут стать вопросом жизни и смерти

них состоит в том, что если в измерения поля скорости течения вкрались ошибки, то они неизбежно будут умножаться и это приведет к ошибкам и в предсказаниях транспортного барьера. Но эксперимент в заливе Монтерей показал, что расположение транспортных барьеров относительно нечувствительно к ошибкам измерений.

Другое возражение заключается в следующем: для того, чтобы рассчитать когерентные структуры, вам необходимо знать все поле скоростей потока, т.е. скорость воды в каждой точке. Но если вы знаете это, то можете предсказать перемещение нефтяного пятна, используя существующие компьютерные модели. Тогда ради чего весь этот сыр-бор с вычислениями лагранжевых когерентных структур?

Как оказалось, предсказание — не единственная сфера применения метода. «Ретроспективный прогноз», возможно, окажется важным для обнаружения источника «загадочных нефтяных пятен», которые прибывает к берегу неизвестно откуда — часто из затонувших судов.

Например, грузовое судно *Jacob Luckenbach*, которое затонуло недалеко от Сан-Франциско в 1953 г., загрязняет побережье Калифорнии ежегодно с 1991 г., но источник утечки нефти не был обнаружен до 2002 г. В результате падений самолетов и кораблекрушений также образуются скопления обломков и остовов. Поскольку традиционные модели океана не допускают реверсию во времени, спасатели не могут экстраполировать наблюдаемую картину распределения обломков на прошедшие события, чтобы выявить их источник. Океанограф С. Бигл-Краузе (С.Ж. Beegle-Krause) и математик Томас Пикок (Thomas Peacock) из Массачусетского технологического института сейчас работают над использованием лагранжевых когерентных структур для предсказания, куда течения унесут потерпевших кораблекрушения. В таких ситуациях, отмечает Пикок, «даже несколько минут могут стать вопросом жизни и смерти».

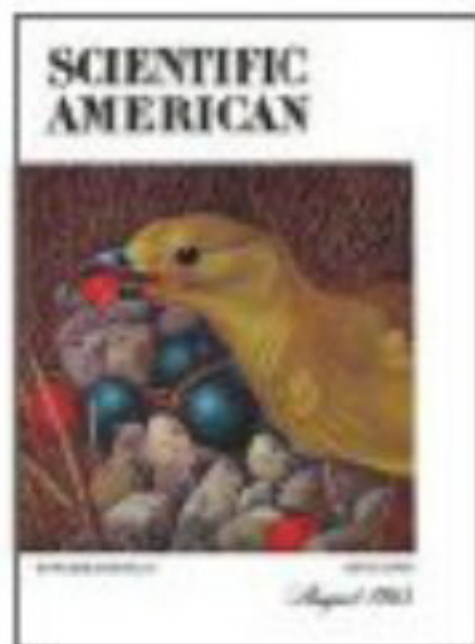
Наконец, лагранжевы когерентные структуры могут стать чем-то большим, чем просто средство для прогнозов и ретроспективного анализа: они позволяют находить общее в частном. Выяснение этих структур позволяет ученым более точно интерпретировать прогнозы, полученные с помощью компьютерного моделирования. Если модель предсказывает, что нить нефтяного пятна будет двигаться в направлении Пенсаколы, и мы видим структуру, которая отталкивает или притягивает ее в этом направлении, мы можем быть достаточно уверенными в прогнозе. Если же соответствующая структура отсутствует, то модель, вероятно, следует рассматривать более скептически.

Сейчас математики расширяют свои исследования на другие типы организованных структур в турбулентных жидкостях, такие как струи и вихри. Углубив наше понимание, мы, вероятно, сможем найти ответы на вопросы, касающиеся хаотических явлений, которые сегодня от нас ускользают. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- The Correlation between Surface Drifters and Coherent Structures Based on High-Frequency Radar Data in Monterey Bay. Shawn C. Shadden et al. in *Deep-Sea Research, Part II: Topical Studies in Oceanography*, Vol. 56, Nos. 3–5, pages 161–172; February 2009.
- Forecasting Sudden Changes in Environmental Pollution Patterns. María J. Olascoaga and George Haller in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 109, No. 13, pages 4738–4743; March 27, 2012.
- Lagrangian Coherent Structures: The Hidden Skeleton of Fluid Flows. Thomas Peacock and George Haller in *Physics Today*, Vol. 66, No. 2, pages 41–47; February 2013.



## АВГУСТ 1963

**Сверхзвуковые мечты.** Подталкиваемая принятым 20 месяцев назад франко-британским планом создания пассажирского сверхзвукового самолета, администрация США обратилась к Конгрессу с просьбой выделить около \$750 млн на разработку подобного авиалайнера собственными компаниями.

Предполагается, что расходы, оцениваемые почти в миллиард долларов, будут не по карману частным компаниям. Правительство впервые предоставит прямую субсидию для разработки коммерческого самолета. Глава Федерального авиационного управления США Наджиб Халаби (Najeeb E. Halaby) надеется, что разрабатываемый лайнер поступит в эксплуатацию еще до 1971 г. Он уверен, что можно создать самолет более быстрый, чем франко-британский *Concorde*, и запустить его в эксплуатацию примерно в одно время с конкурентом.



## АВГУСТ 1913

**От соперничества к войне.**

В недавнем выпуске журнала *La Nature* опубликована критическая оценка соотношения военно-воздушных сил Германии и Франции. Поскольку обе эти державы остро соперничают, стараясь достичь превосходства в воздухе, публикация краткого изложения

статьи нашего французского современника будет несомненным доказательством интереса наших читателей. Если истинное состояние ВВС Франции — военная тайна, то планы их развития еще более секретны. Отставание воздушного флота очевидно, но и усилия страны по уменьшению этого отставания также несомненны.

**Примечание:** фотоальбом о вооружениях 1913 г. см. по адресу: [www.ScientificAmerican.com/jul2013/warfare](http://www.ScientificAmerican.com/jul2013/warfare)

**Муха цеце.** Острова Сесе на озере Виктория — образец природных богатств. Но при всей своей красоте они — обиталище смерти. Гибель грозит всем их обитателям. Это земля безмолвия. Там не слышно детских голосов, над водами не разносятся полные гармонии песни женщин народа ганда. Деревни с крытыми корой хижинами, которые веками служили жилищами лучшим представителям африканской расы, превратились в гниющие развалины. Что же уничтожило здесь все

человеческое? Сонная смерть. А что вызывает этот убивающий сон? Муха, которая плодит самых мелких убийц, какие только известны в мире.



## АВГУСТ 1863

**Американское искусство за рубежом.**

Газета *London Times* сообщает: «Искусство мистера Черча (Frederic Church), самого известного американского художника-пейзажиста, было представлено в нашей стране картинами "Ниагара" и "Сердце Анд". А его работа "Айсберги у берегов Лабрадора",

выставленная ныне в Германской галерее, дает отличную возможность составить представление о том, на что нацелена американская пейзажная живопись и чего она достигла. Эта картина — благородный пример применения искусства пейзажной живописи для запечатления величественных, красивых и необычных природных ландшафтов, чего возможно достичь лишь благодаря трудолюбию, а порой — рискуя своим здоровьем или даже жизнью».

**Срок годности светила.** Если бы Солнце состояло из угля, то при нынешней скорости отдачи энергии его хватило бы всего на 5 тыс. лет. По всей вероятности, оно представляет собой не горящее, а раскаленное тело. Его свет — свечение скорее расплавленного металла, чем горящей печи. Однако не может быть, чтобы Солнце непрерывно отдавало тепло, не остывая или не подпитываясь каким-то новым топливом. Если предположить, что тепло Солнца поддерживается энергией падающих на него метеоритов (а то, что они на него падают, было доказано), то, исходя из массы Солнечной системы, можно приблизительно оценить, как долго Солнце сможет служить светилом. Полученные оценки лежат в пределах от 100 до 400 млн лет.



Машина для изготовления одежды времен, когда ее шили в основном вручную, 1863 г.

**Одежная машина.** Острая конкуренция в некоторых отраслях производства не позволяет оставлять без внимания ни одно устройство или прием, которые могли бы облегчить процесс. Это особенно верно для изготовления кринолинов, где так много зависит от количества и качества работы, которую может выполнить изготовитель. На рисунке показан усовершенствованный каркас, что представляет собой очень большой шаг вперед в производстве кринолинов. ■

**Примечание:** сельскохозяйственные машины того же времени см. по адресу: [www.ScientificAmerican.com/aug2013/agriculture-1863](http://www.ScientificAmerican.com/aug2013/agriculture-1863)

# Нейтроны и мегапроект ПИК



*Сегодня в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» сосредоточена значительная часть ядерно-физического потенциала страны. Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова (ПИЯФ) — один из четырех институтов, входящих на данный момент в состав НИЦ. Об истории знаменитого института, его настоящем и будущем мы попросили рассказать его директора, члена-корреспондента РАН Виктора Лазаревича Аксенова*

**Е**ще в 1954 г. по инициативе И.В. Курчатова для развития атомного проекта Советское правительство приняло постановление о создании ядерных центров в ряде республик СССР и строительстве на их базе исследовательских ядерных реакторов, ускорителей и междисциплинарных исследовательских лабораторий. В рамках этой программы в 1956 г. Ленинградский физико-технологический институт создал филиал в Гатчине для строительства нейтронного исследовательского реактора, который заработал в 1960 г. и получил название ВВР-М. Академик Борис Павлович Константинов (1910–1969), известный советский физик, сыграл определяющую роль в организации и развитии института. Следующей большой установкой здесь стал протонный синхротрон СЦ-1000 — этот ускоритель до сих пор остается заметным в своем классе и дает продукцию науке. Это произошло в 1970 г. А еще через год филиал стал независимым институтом академии наук.

В 2010 г. Петербургский институт ядерной физики вошел в состав Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». В 2011 г. был произведен физический пуск создаваемого реактора ПИК — самого мощного в мире ядерного реактора для исследований на выведенных пучках нейтронов.

### **Векторы развития**

ПИЯФ осуществляет свою научную деятельность в соответствии с Программой совместной деятельности организаций, участвующих в пилотном проекте по созданию НИЦ «Курчатовский институт».

В рамках этой программы ПИЯФ НИЦ «КИ» координирует фундаментальные и прикладные исследования с использованием нейтронов. Эти исследования во многом имеют междисциплинарный характер, но в то же время можно выделить пять основных направлений: теоретическая физика, физика элементарных частиц и атомного ядра, нейтронная физика, молекулярная и радиационная биология, ядерно-физические методы в прикладных исследованиях, включая медицину, радиационное материаловедение, производство изотопов. Научные достижения ученых ПИЯФ НИЦ «КИ» отмечены Ленинской и Государственными премиями, премиями Правительства РФ, РАН.

Работы института по теоретической физике внесли существенный вклад в развитие современных представлений о структуре вещества и мира элементарных частиц (член-корреспондент РАН В.Н. Грибов, академик Л.Н. Липатов), были отмечены рядом международных премий. В частности, эти развитые нашими учеными модели и представления, по существу, составляют теоретическую основу наблюдения новых частиц при высоких энергиях, в том числе и знаменитого бозона Хиггса.

Как и другие институты, входящие в состав НИЦ «Курчатовский институт», мы активно участвуем в различных международных проектах, но особенно в работах в *CERN* на всех четырех детекторах Большого адронного коллайдера — *ATLAS*, *ALICE*, *LHCb* и *CMS*.

В *CERN* мы проводим и другие интересные исследования, в частности по использованию кристаллов для коллимации пучков ускоренных частиц. Еще в 1996 г. за создание и реализацию новых методов управления пучками частиц высоких энергий на ускорителях с помощью изогнутых кристаллов наши сотрудники были удостоены Государственной премии РФ.

В Институте Пауля Шеррера в Швейцарии совсем недавно завершился большой цикл экспериментов, связанный с захватом мюона на протоне, — это итог многолетней работы группы сотрудников нашего института под руководством члена-корреспондента РАН А.А. Воробьева.

В области нейтронной физики ПИЯФ НИЦ «КИ» — один из лидеров и у нас в стране, и в мире. Всемирно известны научные школы академиков В.М. Лобашова, В.А. Назаренко, профессоров Г.М. Дабкина, С.В. Малеева и др. Большая часть этих исследований выполнена на реакторе ВВР-М. Сегодня мы активно развиваем эти традиции в наших работах по реактору ПИК.

Еще одно важное направление работы ПИЯФ НИЦ «КИ» связано с молекулярной и клеточной биологией, генетикой и радиационной биофизикой. Соответствующее отделение молекулярной и радиационной биофизики в последнее время активно участвовало в проведении уникальных комплексных биогеохимических работ с водой антарктического озера Восток.

Представьте озеро, которое находится под слоем льда толщиной в 4 км. Оказалось, что под этим льдом существует огромный водоем, длина которого — 250 км,

а ширина — 50 км. Но самое интересное то, что этот водоем был изолирован от внешней среды шапкой льда в течение почти 15 млн лет. Собственно, в этом и есть главный смысл исследования озера Восток: помимо экстремальных условий для жизни (сверхнизкие температуры, давление, огромный избыток кислорода) есть возможность существования форм жизни, отличных от земных. Именно этим наши биологи и занимаются. Исследования проводятся начиная с 1999 г., накоплен огромный банк данных по всем бактериям, которые там могут быть. Поиск следов микробной (и иной) жизни по ДНК-«отпечаткам» в воде, во льду и снегу ответит на принципиальные вопросы о возможности существования жизни в экстремальных природных условиях, а изучение донных отложений даст информацию о природных ресурсах, скрываемых под толщей льдов Антарктиды. Ученые ПИЯФ НИЦ «КИ» занимают лидирующие позиции в подготовке и проведении этих исследований. Разработанная ими уникальная методика анализа малых концентраций биологических соединений позволила значительно улучшить чувствительность их обнаружения.

Еще одна характерная черта ядерных институтов, которые создавались в прошлом столетии для изучения фундаментальных проблем и различных аспектов использования ядерной энергии, заключается в том, что фундаментальная наука всегда дает и практические результаты. Одно из таких направлений связано с электроникой. В последнее время участились случаи аварий ракет, самолетов. И одна из причин — радиация атмосферы, радиация космического происхождения, и поэтому очень важно, как будет вести себя электроника в таких условиях внешнего облучения. В ПИЯФ НИЦ «КИ» на протонном синхротроне создан радиационный комплекс, на котором совместно с курчатовским реактором ОРМ решается проблема радиационных испытаний электронных компонентов на пучках протонов и нейтронов.

### Гатчинский метод

Важнейшее с социальной точки зрения применение пучков протонов ускорителя — это адронная, или в данном случае протонная терапия: использование пучков протонов для лечения раковых опухолей. Успешные исследования,

практические разработки в области ядерной медицины есть во всех институтах, входящих в НИЦ «КИ». В нашем институте с 1975 г. работает медицинский комплекс протонной терапии на базе протонного синхротрона СЦ-1000 с энергией протонов 1 тыс. МэВ, на котором проводится эффективное лечение ряда заболеваний головного мозга, таких как аденомы гипофиза и артериовенозные мальформации сосудов головного мозга.

Для лечения больных совместно с Российским научным центром радиологии и хирургических технологий (РНЦ РХТ) был разработан уникальный и эффективный метод облучения «напролет» заданных участков головного мозга протонами с энергией 1 тыс. МэВ, получивший название «гатчинский метод». Малое рассеяние протонов при их прохождении через облучаемый объект в сочетании с ротационной техникой облучения создает высокий градиент распределения дозного поля, что позволяет облучать опухоли, находящиеся вблизи жизненно важных органов. Еще одна основополагающая характеристика данного метода облучения — простое и надежное наведение пучка на заданный объект облучения, что гарантирует безопасность процесса облучения.

За 1975–2012 гг. курс протонной терапии прошли 1386 пациентов. Ремиссия больных составляет более 80%, и столь высокая эффективность лечения достигается уже при однократном облучении. Конечно, лечением занимаются медики. Наш институт только разрабатывает физические методики, которые могут применяться в медицине, и предоставляет пучок, а лечение проводят врачи с участием наших физиков.

Протоны можно использовать и в офтальмологии для лечения поверхностных злокачественных заболеваний и онкологических заболеваний органов зрения. Это новое направление, которое мы развиваем, оно еще требует изучения и доработки. Как и в случае протонной терапии, мы предоставляем физическое оборудование, ускоритель, а все остальное — работа медиков. Пока мы заканчиваем строительство нового ускорителя — сильноточного циклотрона Ц-80. На его базе будет создан радиоизотопный комплекс РИЦ-80 (Радиоактивные Изотопы на Циклотроне Ц-80). Основная задача комплекса РИЦ-80 — производство радиоизотопных генераторов, радионуклидов и на их основе радиофармпрепаратов для ядерной медицины.



Главный административный корпус



Реактор ВВР-М





Реакторный комплекс ПИК

## На ПИКе технологий

Будущее института, несомненно, связано с сооружаемым реакторным комплексом ПИК. Этот комплекс станет самой мощной фабрикой по производству нейтронов в Европе. Что такое нейтроны и зачем они нужны? Нейтрон — это частица, наряду с протонами входящая в состав ядра. Свободный нейтрон живет около 15 мин, а более точно — 880,1 с. Это время жизни нейтрона было определено физиками нашего института в 2012 г. и занесено в официальные справочники как среднемировое значение жизни нейтрона. Нейтрон — уникальная частица, и уникальность ее состоит в том, что она нейтральна — отсюда и название «нейтрон». Его долго не могли идентифицировать, поскольку общее представление в начале прошлого века «обязывало» все частицы быть заряженными. И хотя Резерфорд еще в 1920 г. предположил, что должна быть такая нейтральная частица, лишь в 1932 г. Джеймс Чедвик наконец сделал решающий шаг, объявив, что наблюдаемое в эксперименте и есть нейтральная частица, и назвал ее «нейтрон».

По сути, вся современная ядерная физика стала развиваться после открытия нейтрона: были сформулированы ее основные положения в области состава ядра, ядерных реакций и т.д. Нейтральность нейтрона как частицы как раз и открывает путь к изучению свойств вещества. Кроме того, нейтрон обладает собственным магнитным моментом, тем самым предоставляя готовую пробу микроскопических магнитных свойств. Еще одно очень важное свойство состоит в том, что нейтрон, в отличие от фотонов и рентгеновского излучения, рассеивается на ядрах, а рассеяние на изотопах даже одного и того же ядра имеет разный характер, что позволяет использовать так называемое изотопное замещение. Оно особенно важно для исследований в области биологии.

Использование уникальных свойств нейтрона делает его основой универсального метода именно для междисциплинарных исследований: в биологии, материаловедении, инженерных науках. Таким образом, наличие источника нейтронов дает конкретному научному центру, стране и мировой науке не имеющий аналогов способ изучения свойств вещества и создания новых материалов. Разумеется, такая мегаустановка, как нейтронный или синхротронный источник, предназначена не только для одного института, а для коллективного использования учеными из российских и мировых научных центров.



Технологический зал реактора

Подобные мегаустановки в современной науке — свидетельство научно-технологического потенциала, конкурентоспособности страны и элемент национальной безопасности. Наша страна всегда была одним из сильнейших участников научных исследований с использованием мегаустановок.

После спада 1990-х — начала 2000-х гг. мы вступили в новый этап развития и в этой области фундаментальных исследований. Одним из ведущих научных центров в области меганауки у нас в стране был и остается Курчатовский институт, традиционно развивающий прорывные научные направления на ускорительных комплексах, термоядерных установках, нейтронном и синхротронном источниках. По инициативе и под руководством профессора М.В. Ковальчука в НИЦ «Курчатовский институт» была сформирована научная программа совместной деятельности институтов, участвующих в НИЦ, ориентированная прежде всего на проведение междисциплинарных научных исследований на этих больших и крайне сложных установках. Под руководством М.В. Ковальчука вокруг таких мегаустановок, как Курчатовский синхротрон и исследовательский нейтронный реактор ИР-8, был также сформирован уникальный научный центр конвергентных nano-, био-, информационных, когнитивных и социогуманитарных наук и технологий (НБИКС).

Сейчас наступил такой этап, когда есть потребность и возможность создавать в России свою современную научную базу, мегаустановки и реализовывать на ней проекты с международным участием. В 2010 г. Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям в результате многократных экспертиз и обсуждений (в том числе с участием международных

экспертов) были отобраны из поданных нескольких десятков предложений шесть наиболее проработанных мегапроектов: реактор ПИК, токамак *IGNITOR* (российско-итальянский проект), источник синхротронного излучения IV поколения, проект *NICA*, электрон-позитронный коллайдер, сверхмощный лазерный комплекс.

Почему ПИК попал в эту шестерку? Первая причина: проект реактора с компактной активной зоной и отражателем из тяжелой воды оказался исключительно удачным. Он создавался в конце 1960-х гг. в период максимального расцвета реакторной науки и техники в мире и особенно в СССР. Менялись технологии, оборудование, но принципиально нового с тех пор ничего не возникло. По этому проекту уже построены несколько реакторов в мире — «Орфей» во Франции, Мюнхенский реактор. ПИК будет иметь предельно возможный для исследовательских реакторов поток тепловых нейтронов. Вторая причина: сам проект комплекса был сделан на перспективу, и сегодня есть целый ряд актуальных направлений, по которым он может развиваться. Около реактора можно расположить около 50 экспериментальных станций. Такого размаха нет нигде в мире. Третья причина: Гатчина — известный и один из лучших в мире центров нейтронных исследований с богатой историей, давними традициями и большим количеством значимых результатов.

Проект ПИК начал реализовываться в 1976 г., и первый его этап был выполнен очень успешно. Это было продолжение и развитие работ на основе опыта первого реактора ВВР-М. В 1986 г. произошла авария на Чернобыльской АЭС. Готовность ПИК к тому моменту составляла почти 70%. После аварии проект был пересмотрен на предмет безопасности: усилены здания реактора, изменены технические решения, потребовалась новая экспертиза проекта, которая заняла несколько лет и завершилась в 1991 г. Последующие годы для проекта были очень

тяжелыми, средства выделялись крайне нерегулярно, они позволяли лишь как-то поддерживать построенное, чтобы все окончательно не разрушилось.

В 2007 г., когда постановлением правительства были дополнительно выделены средства на строительство реактора, началось, по существу, восстановление реакторного комплекса (38 зданий площадью 66 тыс. кв.м.). Однако состояние института в целом продолжало ухудшаться. В эти годы РАН по требованию правительства проводила меры по повышению заработной платы сотрудников. В результате, например, в 2010 г. бюджет института расходовался практически только на это, но на содержание инфраструктуры, т.е. работающего реактора ВВР-М и ускорителя СЦ-1000, средств не было. Положение, без преувеличения, было близко к катастрофическому. Ситуация кардинально изменилась при переходе ПИЯФ в 2010 г. в НИЦ «Курчатовский институт».

Уже в феврале 2011 г. состоялся физический пуск реактора в рамках первого пускового комплекса (19 зданий площадью 33 тыс. кв.м.). Физический пуск реактора состоит в достижении критического состояния при выделении мощности, не требующей принудительного охлаждения (100 Вт). Это очень важный этап, который подтверждает, что реактор сконструирован правильно, а люди, работающие на нем, знают свое дело. Предварительно все операции были отработаны на полномасштабной физической модели реактора.

Строительство реакторного комплекса завершается в 2013 г. После того как наш институт получит все разрешения на работы по выводу реактора на проектную мощность 100 МВт, начнется энергетический пуск, после которого возможна сдача реактора в эксплуатацию. Мы планируем начать регулярное использование реакторного комплекса ПИК для исследований на выведенных пучках в 2018–2019 гг.





Президент РФ В.В. Путин в нейтронном зале реактора ПИК. Его сопровождают (слева направо): руководитель администрации президента С.Б. Иванов, директор НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчук, директор ПИЯФ НИЦ «КИ» В.Л. Аксенов, помощник президента А.А. Фурсенко

## Планы на будущее

30 апреля 2013 г. в ПИЯФ НИЦ «КИ» состоялось заседание Совета при Президенте РФ по науке и образованию. После заседания совета В.В. Путин посетил реакторный комплекс ПИК, ознакомился с ходом работ и подробно обсудил увиденное с директором НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчуком. По итогам визита президент дал ряд поручений по завершению создания реакторного комплекса и обеспечению его работы.

Программа наших действий определена до 2020 г. Во-первых, необходимо привести в соответствие с современными нормами инженерно-технические системы реакторного комплекса ПИК. Для их модернизации мы предлагаем два инвестиционных проекта: один по модернизации инженерно-технических систем реакторного комплекса, другой по реконструкции лабораторных зданий и оборудования. В результате мы доведем до самого современного уровня обеспечение безопасности и функционирование всех реакторных систем. Одновременно начнутся работы по созданию комплекса экспериментальных станций. Это отдельный большой проект.

Следующий вопрос, существенный для дальнейшего развития, — модернизация инфраструктуры всей площадки института. В инженерном обеспечении нуждается не только реактор ПИК, но и другие подразделения.

Третий пункт программы развития института — обеспечение жильем и зарплатой специалистов, в первую очередь молодых. НИЦ «Курчатовский институт» уже включен в правительственную программу обеспечения жильем. Постепенно растет зарплата: в этом году она будет увеличена для служб реактора ПИК и превысит среднюю зарплату по Ленинградской области. Следующий этап запланирован на 2014–2015 гг. — выход на среднюю зарплату на Ленинградской АЭС. Сейчас, когда идет реальная работа, видны ее результаты, у нас есть возможность обоснованно увеличить фонд заработной платы.

Указанные три направления обеспечивают развитие ПИЯФ до 2020 г. При этом на базе реактора ПИК создается и Международный центр нейтронных исследований в области фундаментальных взаимодействий, ядерной физики, медицины, материаловедения, нанобиотехнологий. Планируется строительство конференц-центра, гостиницы, жилья для сотрудников и других необходимых объектов.

В настоящее время в институте работают 1,8 тыс. человек, из них 500 научных сотрудников, 80 докторов

## ! Справка

**Виктор Лазаревич Аксенов** — доктор физико-математических наук, профессор, директор Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте РФ по науке и образованию.



- ✓ Окончил физический факультет Томского государственного университета в 1970 г. С 1973 г. после окончания аспирантуры по 2006 г. работал в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне руководителем лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка.
- ✓ С 2006 г. — заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт», с 2012 г. — директор ПИЯФ НИЦ «КИ». Заведующий основанной им в 2000 г. кафедрой нейтронографии МГУ им. М.В. Ломоносова.
- ✓ Автор более 200 публикаций.
- ✓ Лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники 2000 г. за разработку и реализацию новых методов структурной нейтронографии на импульсных и стационарных реакторах.
- ✓ С 1998 г. — почетный член физического общества им. Лоранда Этвеша (Венгрия).
- ✓ Область научных интересов: нейтроны в исследованиях конденсированного состояния вещества, магнетизм тонких пленок и слоистых структур; структура и физические свойства кластеров в системах с развитой поверхностью.
- ✓ Женат, имеет двоих детей.

и 300 кандидатов наук. Ключевой вопрос — подготовка кадров, для чего мы активно развиваем научно-образовательные программы, прежде всего между Гатчиной и Петергофом, где находятся физический, химический и ряд других факультетов Санкт-Петербургского университета. Сегодня 150 научных сотрудников нашего института — выпускники физического факультета СПбГУ. В прошлом году по инициативе М.В. Ковальчука, ставшего к тому времени деканом физического факультета, была открыта новая кафедра нейтронной и синхротронной физики. Поэтому мы очень рассчитываем в ближайшее время получить новый кадровый резерв из молодых ученых — широко образованных, мыслящих. Это крайне актуально сегодня для междисциплинарных исследований, в том числе на такой уникальной мегаустановке, как реакторный комплекс ПИК. ■

Подготовил Виктор Фридман

Интервью: Ларри Гринмейер

# Интернет на грани затора

Чтобы Интернет не обрушился под нарастающей тяжестью информации, нужно радикально изменить способы обработки данных в сети, считает глава Bell Labs Research Маркус Хофманн (Marcus Hofmann)

**Д**о конца текущего года количество смартфонов, планшетников и прочих интернет-ориентированных гаджетов превысит численность населения Земли. Но, пожалуй, существеннее то, что все более быстрые и мощные мобильные устройства, появляющиеся на рынке, производят и потребляют беспрецедентные объемы цифрового контента. Согласно недавно опубликованному годовому отчету компании Cisco, одного из мировых лидеров в области сетевых технологий, объем информации, передаваемой во всем мире через мобильные устройства, в 2012 г. вырос на 70%. Однако мощность существующей в мире сетевой инфраструктуры конечна, что заставляет нас строить догадки: когда же мы достигнем предела пропускной способности и что мы будем тогда делать?

Конечно, есть способы увеличить производительность сети: например, можно проложить новые кабели, напечатать их большим количеством цифрового оптоволокна или разгрузить трафик через вторичные спутниковые сети, но эти меры всего лишь отсрочат наступление неизбежного. Выход — сделать общую инфраструктуру сети более «умной». Для этого потребуются два основных компонента: компьютеры и иные устройства, которые смогут предварительно обрабатывать и, возможно, фильтровать или агрегировать контент перед тем, как выложить его в сеть, а также такая сеть, которая

«понимает», что делать с контентом, а не просто тупо поглощает его в виде бесконечного неразличимого потока битов и байтов.

Чтобы выяснить, можно ли добиться подобных технологических прорывов, журнал *Scientific American* побеседовал с Маркусом Хофманном, который возглавляет фирму *Bell Labs Research* в городе Холмделе, штат Нью-Джерси, США. Это научно-исследовательское подразделение компании *Alcatel-Lucent*, которая в том или ином качестве занималась разработкой транзисторов, лазеров, ПЗС-матриц и множеством других передовых технологий XX в. Хофманн (он пришел в *Bell Labs* в 1998 г., получив докторскую степень в Германии, в Университете Карлсруэ) и его команда считают, что нужно двигаться именно по пути построения клиент-ориентированных информационных сетей, потому что такой подход обещает увеличение мощности Интернета за счет развития его интеллектуальной надстройки. Предлагаем вам выдержки из этого интервью.

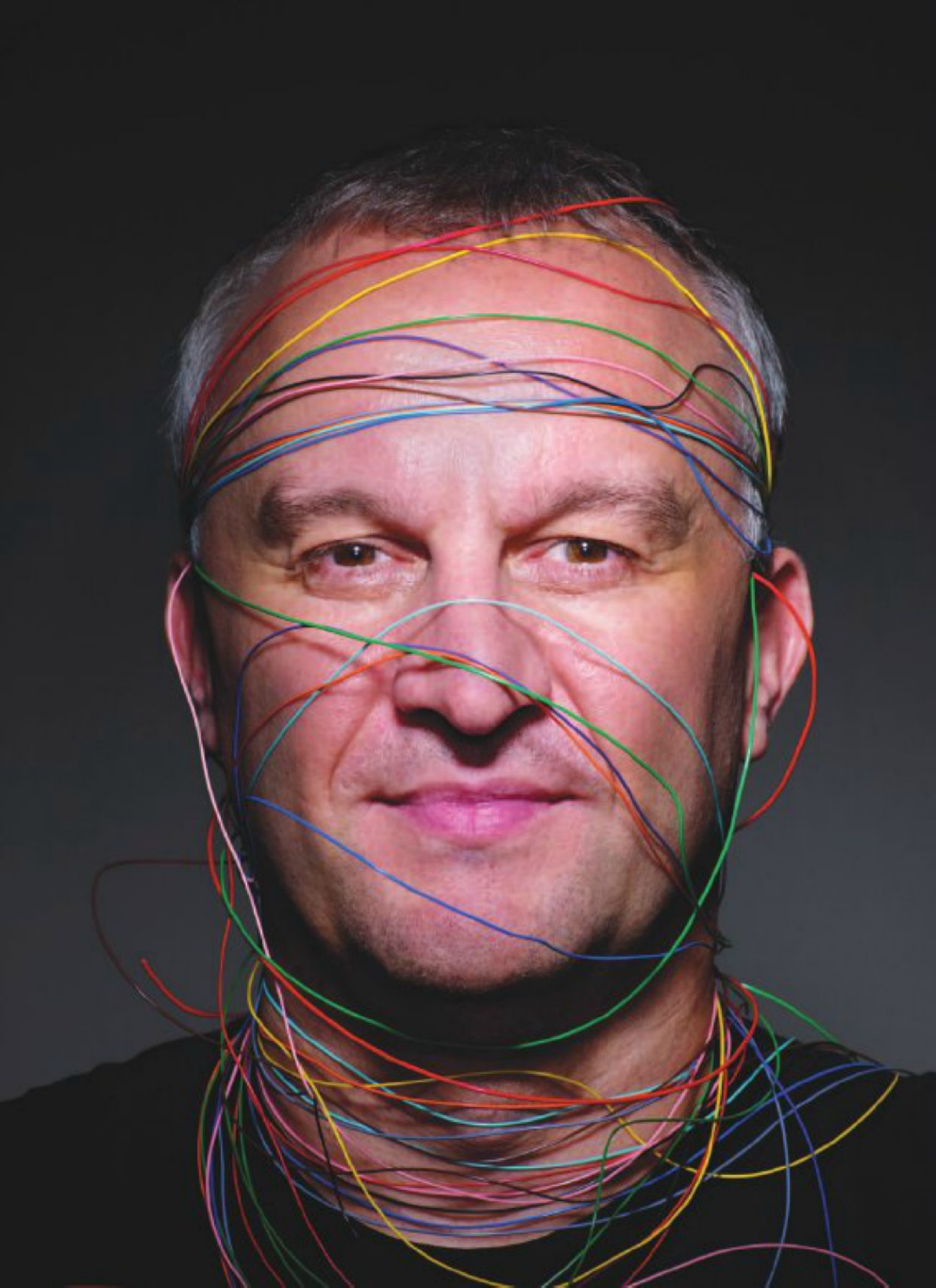
**— Откуда известно, что мы подходим к пределу возможностей современной телекоммуникационной инфраструктуры?**

— Признаки этого едва заметны, но они есть. Вот вам пример из личной жизни. Я пользуюсь скайпом, чтобы «живьем» показать моим родителям в Германии, как мои дети играют в хоккей. Но иногда в самые захватывающие моменты видео тормозит. В целом это происходит не так уж часто, но с некоторых пор — все чаще и чаще. Это признак того, что сеть начинает испытывать стресс от того объема данных, которым ее нагружают.

Мы знаем, что сама природа устанавливает определенные пределы: каналы передачи информации имеют ограниченную пропускную способность. Этот феномен

## ! СПРАВКА

- **Кто:** Маркус Хофманн
- **Должность/профессия:** специалист и инженер в области вычислительной техники
- **Где:** *Bell Labs Research*, Холмдел, штат Нью-Джерси, США



называется нелинейным пределом Шеннона (по имени математика Клода Шеннона, работавшего в *Bell Telephone Laboratories*), и он указывает нам границу развития технологий. Мы уже почти достигли этой границы, оставшийся запас находится в пределах двоичного порядка. Другими словами, когда объем сетевого трафика удвоится — а это может произойти в ближайшие четыре-пять лет, — предел Шеннона будет превзойден. Наступит фундаментальный информационный затор. Этот предел принципиально нельзя отодвинуть, подобно тому как мы не можем увеличить скорость света. Поэтому нам придется искать пути для продолжения необходимого технологического роста с учетом указанных пределов.

**— Как сделать, чтобы Интернет не уперся в этот предел?**

— Наиболее очевидный путь — увеличивать пропускную способность сети путем прокладки дополнительно оптоволоконного кабеля. Например, вместо одного трансатлантического оптоволоконного кабеля иметь два, пять или десять. Это подход, так сказать, «в лоб», но его реализация обойдется очень дорого: нужно копать землю для прокладки световодов, устанавливать многочисленные оптоусилители, приемники-передатчики и т.д. Чтобы снизить затраты, необходимо не только объединить множество информационных каналов в едином оптоволокне, но и миниатюризировать многочисленные приемники и передатчики с помощью новых технологий, в частности из сферы интегральной оптики. Такой подход называется «пространственным уплотнением».

Впрочем, только лишь «разогнать» производительность существующей инфраструктуры будет недостаточно, чтобы удовлетворить растущие коммуникационные потребности. Нужна такая сетевая инфраструктура, которая больше не воспринимает необработанные данные всего лишь как биты и байты, но различает в них элементы информации, значимые для пользователя компьютера или смартфона. Хотите ли вы знать, какие сегодня температура, скорость ветра и атмосферное давление, или вам просто нужно узнать, как одеться по погоде? Вот для этого и строится информационная сеть.

**— Чем такая сеть отличается от сегодняшнего Интернета?**

— Многие называют Интернет «тупым», хотя мне не нравится это определение. Что изначально дало толчок развитию Интернета? Необходимость обмениваться документами и данными не в режиме реального времени. Главным требованием к системе была ее устойчивость — способность продолжать работу, даже когда один или более ее узлов (компьютеров, серверов и т.д.) вышел из строя. Сеть была предназначена для восприятия данных как простого потока цифровой информации, а не для интерпретации значимости этих данных.

Сегодня мы используем Интернет для приложений, требующих работы в реальном времени, будь то просмотр видеопотока или онлайн-телефония. В то же время мы генерируем гораздо большие объемы данных. Сети приходится больше «знать» об информации, которая в нее поступает, чтобы лучше спланировать ее

доставку и таким образом функционировать более эффективно. Например, если я в своем офисе провожу видеоконференцию и отворачиваюсь от экрана монитора, чтобы переговорить с только что вошедшим ко мне человеком, в настройках конференции должен быть параметр: «Приостановить передачу изображения до тех пор, пока я снова не повернусь к экрану». Система распознает тот факт, что я отвлекся, и не будет тратить сетевые ресурсы, пока я с кем-то разговариваю в моем кабинете.

**— Что нужно сделать, чтобы сеть больше «знала» о передаваемой информации?**

— Существуют разные подходы. Если вы хотите больше знать о данных, передаваемых в сети (например, чтобы отправить запрос на загрузку веб-страницы ближайшему серверу), то используете программу, которая «подглядывает» в пакет данных: это называется «глубоким инспектированием пакета». Представьте себе обычное бумажное письмо, которое вы отправляете по почте в конверте с адресом. Почтовой службе все равно, что в письме, ей нужен только адрес. Точно так же се-

**«Нужна такая сетевая инфраструктура, которая больше не воспринимает необработанные данные всего лишь как биты и байты, но различает в них элементы информации, значимые для пользователя компьютера или смартфона»**

годня пересылает данные и Интернет. При глубоком инспектировании пакета программа-инспектор дает сети указание «распечатать конверт» с данными и прочитать по крайней мере часть содержимого. Но таким путем можно получить лишь ограниченную информацию о содержании пакета, причем эта работа требует большой производительности. Кроме того, если данные в пакете зашифрованы, то глубокое инспектирование бесполезно.

Лучшим вариантом было бы классифицировать данные и выдать сети инструкции по обработке разных типов данных. Можно ввести регламент, устанавливающий, скажем, приоритет видеопотока перед электронной почтой, для этого даже не обязательно заглядывать в содержание видео или почты. Сеть просто будет учитывать эти дескрипторы при маршрутизации пакетов.

**— Но данные, которые путешествуют по Интернету, уже снабжены дескрипторами, почему бы их не использовать?**

— Все зависит от уровня обработки этих дескрипторов. Например, пакеты данных, которые используют протокол Интернета, имеют заголовок с адресами отправителя

и получателя. Их можно считать дескрипторами, но они несут очень ограниченную информацию. Они не скажут, к какому веб-сайту обращается пользователь. По ним не ясно, относятся ли данные к видеопотоку в реальном времени или их можно подвергнуть пакетной обработке. Я же веду речь о более содержательных тегах верхнего уровня, или метаданных, которые частично могут быть отображены в тегах нижнего уровня.

**— Не получится ли так, что управление потоками данных в сети посредством приоритетов приведет к тому, что сеть будет отдавать предпочтение определенному типу трафика за счет других?**

— Но эта ситуация не отличается от того, что мы уже имеем, скажем, на городских дорогах. Когда мы слышим сирену, всем нам полагается принять вправо, освободив проезжую часть для машины скорой помощи, чтобы та проехала как можно быстрее, без помех и, возможно, спасла чью-то жизнь. В данном случае сирена выполняет функцию дескриптора: пока мы признаем, что она указывает на экстренный случай, нам необязательно знать, кого везет скорая помощь и что случилось с этим человеком, — мы просто ведем себя соответствующим образом. Может быть, мы должны в случае крайней необходимости дать право преимущественного «проезда» и определенным пакетам данных в Интернете? Речь идет всего лишь о понятных правилах игры и общепринятых манерах поведения — что на дорогах, что в сети.

**— Даже если «умная» сеть сможет перемещать данные более рационально, все равно сетевой контент экспоненциально растет. Как уменьшить поток данных, поступающих в сеть?**

— Смартфоны, компьютеры и прочие устройства порождают большое количество первичных данных, которые затем поступают в специализированные центры хранения и переработки информации. Пересылка данных через весь мир в некий пункт централизованной переработки не решит проблемы экспоненциального роста контента в будущем. Вместо этого мы могли бы перейти к такой модели, при которой данные обрабатываются еще до того, как попадают в сеть. Например, имея камеру видеонаблюдения в аэропорту, вы программируете эту камеру (или небольшой сервер, управляющий группой камер) для распознавания лиц таким образом, что само распознавание будет выполняться на месте с помощью базы данных, хранящейся в самой камере или на сервере, и только потом информация будет уходить в сеть.

**— Как при создании информационных сетей решается проблема конфиденциальности данных?**

— Существующая сегодня дихотомия в отношении защиты данных такова: ты или сохраняешь конфиденциальность — или практически полностью отказываешься от нее, чтобы получить доступ к определенным персонализированным сервисам, как, например, музыкальные поисково-рекомендательные службы, основанные на предпочтениях подписчика, или скидочные купоны для интернет-магазина. Нужно найти какую-то золотую середину, чтобы пользователь сам распоряжался своими данными.

Главная проблема заключается в том, что эта «середина» должна быть достаточно понятной пользователю. Посмотрите, как сложно сегодня обеспечить конфиденциальность в социальных сетях. Ваши снимки оказываются в фотопотоках у людей, которых вы даже не знаете. Должен быть цифровой аналог ручки управления, который позволит регулировать соотношение уровня конфиденциальности и уровня персонализации. Чем больше я сообщаю о себе информации, тем более персонализированными будут сервисы, которые я получаю. Но я смогу повернуть эти ручки и назад: если я пожелаю оставить о себе менее подробную информацию, я все равно смогу получать адресные предложения, разве что менее целевые.

**— Открытость Интернета делает его уязвимым для кибератак, поэтому проблема обеспечения безопасности в основном перекладывается на пользователей компьютеров и других устройств, подключенных к Сети. Какое влияние на безопасность в Интернете окажут информационные сети?**

— Подход, связанный с построением информационных сетей, придает глобальной инфраструктуре более высокую осведомленность относительно характера сетевого трафика, что может оказаться полезным для распознавания и сдерживания кибератак. Но здесь могут возникнуть другие осложнения. Я рассчитываю — и даже надеюсь — на то, что потоковые данные во все больших масштабах будут передаваться в зашифрованном виде для обеспечения их подлинной безопасности и конфиденциальности. Конечно, из зашифрованных данных будет трудно извлечь какие-либо метаданные для сети. Это серьезная задача для разработчиков: она потребует создания новых алгоритмов шифрования, которые одновременно и сохраняют секретность, и позволяют производить определенные математические операции над зашифрованными данными.

Представим, например, что размер дохода каждой семьи в некоем регионе хранится в зашифрованном виде на сервере «облака» и никто, кроме авторизованного пользователя, не сможет получить эти данные. Было бы полезно, если бы эти цифры были закодированы так, чтобы программа, запущенная в «облаке», смогла вычислить средний семейный доход для данного региона — без расшифровки конкретного домовладения, исключительно путем обработки кодированных данных.

Есть и другой подход: разработать такие хитрые способы управления шифрами, чтобы ими можно было делиться без ущерба для безопасности. В случае успеха ни один из этих подходов не должен осложнить жизнь пользователю. В этом и проблема, и ключ к ее решению. Сколько пользователей сегодня реально занимаются шифрованием своей электронной почты? Почти никто, потому что это лишняя работа. ■

Перевод: С.В. Гогин

*Ларри Гринмейер (Larry Greenemeier) — заместитель редактора журнала Scientific American*

Я радуюсь, когда человек счастлив,  
когда у него появляется ребенок





# ВО ИМЯ БУДУЩЕГО

*Профессор, руководитель клиники гинекологии и новых репродуктивных технологий Анатолий Иванович Ищенко главной своей заслугой считает то, что за многие годы врачебной практики ему удалось стать тем «передаточным механизмом», который помогает сохранить женское здоровье во имя общего будущего: ведь именно женщина, в чреве которой зарождается жизнь, — его носительница*

**— Анатолий Иванович, ваша клиника — одна из старейших в Москве. Ей уже 150 лет. Расскажите, как все начиналось.**

— Если вспоминать зарождение специальности «Акушерство и гинекология» вообще, то реформы медицинского образования и акушерской помощи впервые были разработаны директором Медицинской канцелярии Павлом Захаровичем Кондоиди и осуществлены в царствование Елизаветы Петровны. Кондоиди составил определение медицинской канцелярии об учреждении и организации школ для «бабичьего дела», как тогда называли акушерство, и 21 марта 1754 г. представил его на рассмотрение Правительствующего Сената. Этот проект предусматривал подготовку русских акушерок. Курс обучения длился шесть лет. Для преподавания повивального искусства в каждой школе назначались «профессор бабичьего дела» и его помощник — лекарь или акушер. Таким образом, с 1758 г. в Москве существовала акушерская школа, впоследствии преобразованная в Повивальный институт при Московском императорском воспитательном доме.



**Из истории МГМУ им. И.М. Сеченова** 1. Группа с профессорами И.Ф. Огневым и Л.З. Мороховцом в Институте зоологии 2. У госпитальных клиник, группа с профессором Н.И. Напалковым 3. В палате нервной клиники с Г.И. Россолимо 4. Группа с профессорами Д.Н. Зерновым и П.И. Карузиным 5. Академик РАМН, д.м.н. профессор В.П. Фисенко, академик РАМН, д.м.н., профессор Д.А. Харкевич, д.м.н., профессор О.Н. Чиченков

Первый Московский медицинский университет — наследник Московского университета. Именно там в 1760-е гг. состоялось рождение первого в стране медицинского факультета. Первым профессором этого факультета стал известный московский акушер Иоганн Фридрих Эразмус. Он читал лекции по анатомии, хирургии и «бабичьему делу». Эразмус был опытным врачом-практиком и прекрасным педагогом, автором первого в России учебника по повивальному искусству. Именно он впервые в России применил акушерские щипцы. В свободное от основной работы время он проводил занятия с городскими акушерками в своей квартире на Новой Басманной улице.

Систематическое преподавание акушерства в Московском университете было продолжено Вильгельмом Михайловичем Рихтером, который, помимо всего прочего, был директором созданного им Повивального института при Московском императорском воспитательном доме.

Открытие факультетских клиник Московского университета ознаменовало собой важный этап в жизни медицинского факультета. С тех пор клинический метод преподавания стал основой всего учебного процесса. В 1851 г. клиника Московского университета перешла под руководство профессора Владимира Ивановича Коха, одновременно бывшего директором родовспомогательного заведения при Московском императорском



6. У памятника Н.И. Пирогову 7. Госэкзамен: среди экзаменаторов — профессора Л.Е. Голубинин, А.Б. Фохт, В.Д. Шервинский, В.К. Рот, С.С. Корсаков 8. Госэкзамен принимает академик РАН, доктор медицинских наук, профессор М.Р. Сапин

воспитательном доме. В.И. Кох стал первым профессором акушерства в Москве, начавшим читать лекции не на латыни, а на русском языке. При нем стали защищать первые написанные по-русски диссертации.

Наша клиника была построена в 1889 г. на пожертвования меценатов — в частности, Варвары Морозовой и Елизаветы Пасхаловой. Здание сначала было двухэтажным. Строительство клиники, начавшееся в 1886 г., было закончено в 1889 г. Специальность тогда была разделена на акушерство и гинекологию. Первым директором акушерской части клиники был профессор Александр Матвеевич Макеев, известный московский акушер, который ввел антисептику в акушерстве. С первых

же дней своей педагогической деятельности он учил студентов, что «родильная горячка» — не эпидемия, а эндемия и сепсис. В клинике широко пользовались различными антисептическими средствами (йодоформ, сулема, карболовая кислота, креолин). А.П. Матвеев предложил профилактику опасного заболевания новорожденных — офтальмобленнореи — путем введения в конъюнктивальные мешки 2% раствора ляписа. Это способствовало почти полной ликвидации этой патологии.

Директором гинекологической части стал профессор Владимир Федорович Снегирев, чье имя сейчас носит наша клиника. Его портрет, написанный художником Владимиром Маковским, находится в нашем музее.



*«Малыш родился»: некоторые мамы очень долго ждут этих слов*



*Работа в клинике довольно однообразна*

Следом пришел другой выдающийся акушер — профессор Николай Иванович Побединский. Эта фамилия связана с историей клиники достаточно тесно: в дальнейшем внук Николая Ивановича Николай Михайлович Побединский в течение 26 лет возглавлял кафедру акушерства и гинекологии №1 Первого медицинского института. При нем состоялась вторая реконструкция клиники, когда устаревшее внутреннее технологическое оборудование было заменено новым, произведена реконструкция палат, увеличен коечный фонд, клиника была оснащена новым современным оборудованием. Активное участие в этом процессе приняла Татьяна Андреевна Старостина, профессор кафедры, одновременно главный акушер-гинеколог Советского Союза, а также депутат Верховного Совета СССР. Благодаря ее деятельности и были изысканы финансовые средства на восстановление клиники.

## Без крови и боли

Еще в 30-е гг. прошлого века акушерство и гинекология были объединены в одну специальность. Тогда клинику возглавлял профессор Михаил Сергеевич Малиновский, один из выдающихся акушеров-гинекологов, при котором была осуществлена первая реконструкция клиники. Именно в те годы она приобрела свой современный вид пятиэтажного здания: на первых четырех этажах — клинические отделения, а пятый этаж — послеоперационное отделение и операционный блок.

Наша история связана с целым рядом выдающихся имен. Кроме уже названных, это известный гинеколог профессор А.П. Губарев, активно развивавший оперативную гинекологию в Москве, профессора Л.С. Персианинов, К.Н. Жмакин и многие другие. Это имена,

которые составили славу отечественных акушерства и гинекологии. Для нас очень важна преемственность поколений, поэтому мы стараемся не забывать, что стоим на плечах гигантов.

## — Какие женские проблемы в те далекие годы были на первом месте, и как их удавалось решать?

— Профессор Н.И. Побединский был пионером кесарева сечения в Москве: в 1885 г. он впервые осуществил эту операцию. Раньше женщины при подобных осложнениях, как правило, умирали. Процент выживших был минимален. Профессор В.Ф. Снегирев, выдающийся гинеколог, по статистике провел более 2 тыс. операций. По тем временам это колоссальный клинический опыт, сочетавшийся с высочайшим мастерством хирурга. Известны его работы по маточным кровотечениям, оперативной гинекологии — миомэктомии, прошиванию маточных сосудов. Он внес также большой вклад в диагностику и лечение онкологических заболеваний. Он был основателем первого ракового общества в Москве, внедрял лучевую терапию, полагая, что ее включение в комплекс противораковых мер приведет к благоприятным результатам.

## — Наверняка нынешние проблемы — иные, чем в те годы. Каких стало меньше, каких больше?

— Онкологические заболевания сегодня, безусловно, лидируют, поэтому они выделены в особую структуру — онкогинекологию. Наша клиника акушерства и гинекологии этим узко не занимается, т.к. есть свои «фирменные» направления. В оперативном плане это прежде всего внедрение и совершенствование эндоскопических операций. После реконструкции клиники эта часть хирургической помощи развивалась широко. Мы активно внедряем лазерные технологии. Сегодня 70% операций выполняем эндоскопически. Это операции любого



В операционной



Сегодня многие операции выполняются эндоскопически

объема. Группа ученых, профессоров — В.И. Кулаков, В.И. Краснопольский, Л.В. Адамян, Г.М. Савельева, ваш покорный слуга и многие другие — в 2000 г. стали лауреатами премии Правительства России как раз за разработку эндоскопических методов для диагностики и лечения гинекологических заболеваний. В настоящее время это направление продолжает интенсивно развиваться.

Из больших разделов хирургической деятельности актуальна тазовая хирургия. Это весьма болезненная социальная проблема, связанная с особенностями женского организма, когда требуется реконструкция тазового дна. Происходит это на фоне таких патологий, как недержание мочи, опущение или выпадение матки. С возрастом все это, к сожалению, становится серьезной проблемой, хотя процент молодых женщин, страдающих такого рода заболеваниями, увеличивается. Соответственно, требуются современные методы коррекции.

### Эндометриоз — болезнь века

Для проведения внутриматочных хирургических вмешательств внедряются лазерные технологии. Целесообразнее использовать эти технологии прежде всего потому, что они более щадящие. Они нужны при аденомиозе, внутриматочных изменениях различного генеза, как врожденных, так и приобретенных. При использовании лазера травма тканей минимальна, а значит, меньше и процент послеоперационных осложнений. Лазерные технологии показаны и при лапароскопических вмешательствах, особенно при лечении эндометриоза: лазер позволяет выпаривать сам очаг эндометриоза без последующих тяжелых рубцовых и спаечных изменений в органах малого таза.

— **Что можно назвать вашей «изюминкой», знаком отличия клиники?**

— Если говорить лично обо мне, то я всю жизнь занимался эндометриозом, его тяжелыми, осложненными формами. Это болезнь века. Эндометриоз — доброкачественное заболевание, которое локализуется в женских половых органах, но может распространяться и на соседние органы. При этом могут поражаться кишечник, органы мочевой системы. Запущенные процессы могут приводить, например, к потере почки или поражению мочеточника.

— **Почему развивается эндометриоз?**

— Если бы я это знал, то мог бы претендовать на Нобелевскую премию. Это многофакторное заболевание, и до сих пор мы не имеем достаточно точного представления о его природе. Ведутся молекулярно-биологические исследования, которые позволяют глубже проникнуть в понимание патогенеза этого заболевания, но от точного знания мы пока далеки.

— **Каковы его проявления?**

— Чаще всего это болевой синдром во время менструации, обильные, длительные кровотечения со сгустками. Если у женщины присутствует вся эта симптоматика, не следует терпеть, надо обратиться к врачу. При этом важно подчеркнуть, что внедрение лапароскопических технологий привело к снижению тяжелых форм эндометриоза. Вначале это была только диагностика, которая постепенно переросла в хирургическую помощь. Все это позволило выявлять заболевание на более ранних стадиях и успешно его лечить. В то же время, если не лечить эту патологию, эндометриоз часто приводит к появлению различных образований — эндометриозных кист, инфильтратов, очагов на брюшине малого таза, которые могут захватывать также соседние органы. Кисты опасны тем, что за счет микроперфорации и излития содержимого они провоцируют «острый

живот», и такие пациентки зачастую попадают в хирургический стационар. При тяжелом поражении дистальных отделов толстой кишки формируется стеноз, возникает частичная непроходимость толстой кишки. Заболевание достаточно сложное — в плане как диагностики, так и лечения. В настоящее время общепринятым считается комбинированный подход: хирургическое удаление очага эндометриоза и последующая противорецидивная гормональная терапия. Чтобы не довести себя до такого состояния, призываю всех женщин более тщательно относиться к своему здоровью и не забывать, что женщина — носительница нашего будущего.

## Так говорил Гиппократ

**— По поводу будущего. Вы тоже потомственный гинеколог?**

— Нет, я из семьи военного. Мать — учительница. Правда, кто-то из предков, по рассказам бабушки, заговаривал кровь, и со всевозможными травмами, порезами и кровотечениями бежали к нему.

**— А вы не умеете останавливать кровотечение силой мысли?**

— Нет, я приверженец традиционных технологий.

**— Как же получилось, что вы решили стать врачом?**

— В юности я много читал, и что-то из жизни врачей меня впечатлило. Это юношеское впечатление и привело меня в профессию, а не то, что я мечтал об этом с детских лет. Жалеть никогда не приходилось. Детские фантазии и реальность совпали. Однако уже следующее поколение частично пошло по медицинской линии: старший сын — хирург-гинеколог, старшая дочь — психиатр.

**— Наверняка у вас есть пациентки, что называется, запавшие в душу, которых удалось спасти от какого-то очень тяжелого заболевания.**

— Да, такие есть. Вспоминается случай, когда я впервые столкнулся с тем же тяжелым эндометриозом. Это была пациентка из Московской области. Тогда судьба свела меня с моим учителем в гинекологии, профессором, а ныне академиком РАМН Владиславом Ивановичем Краснопольским, директором Московского областного института акушерства и гинекологии. Это была молодая женщина с тяжелым поражением толстой кишки, и мне довелось ее оперировать. Именно эта операция дала толчок моему дальнейшему интересу к данному заболеванию. К сожалению, операция была радикальная, пришлось удалить часть кишки и матку, однако речь шла о спасении жизни. При этом нам удалось обойтись без наложения стомы. Женщина выздоровела, хотя послеоперационный период потребовал значительных усилий.

**— Насколько часто приходится сталкиваться с подобными тяжелыми случаями сейчас?**

— Значительно реже, чем раньше, но приходится. Речь идет о 10–15 случаях в год.

**— И среди таких пациенток в том числе молодые, нерожавшие женщины? А ведь столь тяжелые случаи эндометриоза могут приводить к невозможности иметь детей в дальнейшем.**

— У молодых женщин мы стараемся сохранить репродуктивные возможности. К тому же сейчас этому способствуют новые репродуктивные технологии, которые внедрены во всем мире и в том числе у нас.

**— Ведь ваше отделение ЭКО старейшее в Москве, а может быть, и в стране.**

— Родоначалником отделения в клинике была Елена Андреевна Калинина. Она стала «мамой» первого в СССР «ребенка из пробирки». Был еще «папа» — профессор Борис Васильевич Леонов. Родилась девочка. Несколько лет назад она сама стала мамой — у нас пошли внуки. Сейчас мы продолжаем успешно работать в этом направлении. Те пациентки, которым по причине того же эндометриоза вынуждены были произвести удаление матки, могут обратиться к суррогатному материнству. У нас нередко рождают суррогатные матери, и это один из способов решения проблемы.

**— У вас немало пациенток, которым вы провели подобного рода операцию, а потом помогли стать мамами. Приводят ли они к вам своих детей, и что вы чувствуете, видя столь конкретный результат, в том числе своих усилий?**

— Я радуюсь. Это же здорово, когда человек счастлив, когда у него появляется ребенок, а я стал передаточным механизмом, который этому поспособствовал.

**— У вас, как и положено в подобной клинике, множество беременных женщин. К вам попадают любые женщины или преимущественно тяжелые?**

— Мы федеральное учреждение здравоохранения, но при этом мы не обычный роддом, который имеет сеть консультаций. У нас есть только одно консультативное отделение, куда приходят беременные пациентки, чаще всего с определенной проблемой. Это различные заболевания, которые периодически сопутствуют беременности, а вообще любая женщина в стране, если захочет родить в нашей клинике, может сюда прийти.

**— Я посмотрела отзывы о вас в Интернете. Не нашла ни одного плохого. Много таких: «Рожала здесь свою дочь. Второго ребенка приду рожать только сюда». Как вам удается этого добиться?**

— В медицине, как и в армии, должно преобладать единичное. От плохих врачей нужно избавляться. Я достаточно жесткий руководитель, и это, наверное, генетически заложено. Я ведь сын военного. Правда, избавляться почти ни от кого не пришлось: те, кто не вписался в нашу систему работы, ушли сами. Остальное выглядит довольно рутинно: каждодневное воспитание коллектива, личный пример, работа над ошибками, беседы с каждым заведующим отделением. Все это, надеюсь, и способствуют сохранению доброго имени нашей клиники.

**— А еще вы заведующий кафедрой акушерства и гинекологии номер один, и это обязывает. Сегодняшние студенты отличаются от тех, какими они были десять лет назад?**

— Отличаются. Теперешнее поколение вновь обратилось к профессии врача. В 1990-е гг. врачебное образование многие получали, стремясь уйти в фармацевтические фирмы. При откровенном разговоре со студентами

выяснялось, что основная часть группы не имеет планов заниматься лечебной практикой. Сейчас общение со студентами показывает, что престиж профессии вновь растет.

— **Очевидно, вместе с зарплатой? Ведь в фармфирмы уходили не от хорошей жизни.**

— Естественно. Очень важно, чтобы было на что кормить свою семью. И сегодня средняя зарплата врача приближается к заработку работников тех же фармфирм или компаний, торгующих медицинским оборудованием, поэтому если человек собирался связать свою жизнь с врачебной деятельностью, то у него это должно получиться. Сегодня уже семь-восемь человек в группе хотят стать врачами, а человека два-три все-таки планируют что-то более легкое. Ведь профессия врача по-прежнему непростая.

— **Прямо напротив входа в вашу клинику я увидела рекламную машину «Роды в Майами. Двойное гражданство для вашего малыша». Не хотелось бы вам эту машину убрать куда-нибудь подальше?**

— Нет, пусть стоит. Они нам не конкуренты. Это психология человека, во многом связанная с большими деньгами. Им кажется, что, заплатив ту или иную сумму, можно получить гарантию лучшего ухода. Но в том же Майами рожают под присмотром акушерки, а врач приходит, только если случаются какие-то сложности, а у нас на месте вся дежурная бригада — несколько врачей.

— **Однако некоторое время назад в нашей стране была сильна тенденция уезжать рожать за рубеж. Считалось, что там намного выше уровень медицинского обслуживания, в то время как у нас сплошной риск для матери и ребенка. Изменилась ли ситуация сейчас?**

— Сегодня эта тенденция пошла на спад. Большинство женщин доверяют отечественным акушерам. На все случаи жизни есть пословицы и поговорки. Одна из них — «Дома и стены помогают». Это правда. Другое дело, если человек не планирует жить в нашей стране и хочет сделать сына или дочь гражданином США, тогда есть смысл рожать в Майами.

— **У вас на стене висит красиво оформленная клятва Гиппократова на греческом языке. Что для вас это значит — просто сувенир или нечто большее?**

— По окончании института мы читали не клятву Гиппократова, а клятву советского врача. Она была более идеологизирована, но по сути ничем не отличалась — не навреди и т.д. Во все времена были свои сообщества врачей, которые определяли позицию людей этой профессии, и обычно она была однозначной. У меня одна из пациенток была архивариусом, и однажды она принесла мне любопытный документ. В Византии был свой союз врачей, и там существовал устав, где провозглашалась такая истина: «Любая благодарность должна быть достаточной для тебя». Это все та же клятва Гиппократова.

— **Для вас это верный афоризм?**

— Да, я стою именно на таких принципах. На них я вырос и стараюсь внушить их своим ученикам и коллегам. ■

*Беседовала Наталия Лескова*



### ! Справка

**Анатолий Иванович Ищенко** — доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой акушерства и гинекологии №1 Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, директор клиники акушерства и гинекологии им. В.Ф. Снегирева при этом учебном заведении, автор более 500 научных работ, 30 патентов на изобретения.

Профессором А.И. Ищенко предложены и внедрены органосберегающие методы лечения таких тяжелых женских патологий, как аденомиоз и эндометриоз, коррекция опущения, выпадения половых органов, недержания мочи, разработан и успешно применяется оригинальный метод интрафасциальной экстирпации матки.

Под руководством А.И. Ищенко защищены 30 кандидатских и шесть докторских диссертаций. А.И. Ищенко — лауреат премии Правительства РФ, обладатель медали «За заслуги перед Отечеством» II степени.





# М из Молекулы Зазеркалья

*Левые аминокислоты — визитная карточка химии живых существ. Но почему в природе встречается так много исключений из этого правила?*

**В**ы никогда не пытались подразнить самца утконоса во время брачного сезона? Вот и не надо — это может выйти вам боком. «Живое ископаемое» ухватит вас своими короткими, но сильными задними ногами, а там у него — острые шпоры с ядом. Этот яд причиняет острую боль, может вызвать временную хромоту у соперника-самца и, конечно же, представляет собой весьма удобное средство защиты от докучливых людей или собак. Но, кроме того, яд утконоса — очень необычное биохимическое «зелье». (А чего еще ожидать от млекопитающего, которое откладывает яйца и имеет утиный клюв?) Защитное вещество утконоса содержит особый тип молекул, которые ученые раньше встречали только у бактерий и никак не ожидали обнаружить за пределами микромира.

Молекулы эти — зеркальное отражение молекул «нормальных» аминокислот, органических веществ, которые в живой клетке соединяются друг с другом в цепочки, формируя белки — структурную и функциональную основу любой известной нам формы жизни. «Зеркальные» аминокислоты состоят из таких же атомов, что и обычные аминокислоты (их чуть больше 20), имеющиеся у всех организмов; более того, и взаимное расположение атомов в них совершенно то же. Отличаются же они друг от друга не больше, чем наши правая и левая рука. Однако этого вполне достаточно, чтобы закрыть зеркальным аминокислотам путь в биохимические реакции: заменить ими обычные аминокислоты нельзя. Все «классические» аминокислоты по своей структуре «левые», а их зеркальные антиподы, соответственно, «правые». (Это явление называется в химии зеркальной изомерией, а сами формы — зеркальными изомерами. — Прим. пер.) Научное обозначение левых форм — *L*-аминокислоты, а правых — *D*-аминокислоты (от лат. *laevus* — «левый», *dexter* — «правый»).

Долгое время считалось аксиомой, что правые аминокислоты играют ничтожно малую роль в физиологии высших организмов, т.к. они не соответствуют тонким пространственным механизмам межмолекулярных взаимодействий в клеточных процессах у растений и животных — подобно шестеренкам, вращающимся в неправильную сторону. Но в последние годы эти аминокислоты все чаще обнаруживаются в самых неожиданных контекстах — от сигнальных веществ, выделяемых омарами в половом процессе, до ритуальных галлюциногенов, употребляемых индейскими охотничьими племенами в Перу. Самое же интересное, как выяснили ученые, заключается в том, что правые аминокислоты выполняют важные

физиологические функции человека и потенциально даже могут стать основой для разработки новых и необычных лекарств против таких трудноизлечимых заболеваний, как муковисцидоз, шизофрения и дегенерация желтого пятна.

Соломон Снайдер (Solomon Snyder), невролог из Университета Джонса Хопкинса, которому принадлежит большая часть самых ранних работ по функциям правых аминокислот в головном мозге человека, рассказывает, что встретил серьезное сопротивление со стороны редакций журналов, когда попытался опубликовать свою первую статью на эту тему. Но для него эти необычные биомолекулы потому-то и были столь интересны, что они нарушали «первое правило биохимии млекопитающих», как он это сформулировал. «Как обычно и случается в истории науки, — продолжает Снайдер, — всякий раз, когда обнаруживается нечто действительно новое или необычное, непременно кто-нибудь да скажет: "Чебуха!"»

Преобразование левого изомера аминокислоты в правый часто происходит в результате нескольких довольно простых пространственных перестроек. Поэтому в ходе эволюции «эксперименты» с правыми аминокислотами были практически неизбежны. «Природа достаточно разумна, чтобы воспользоваться подобной возможностью, да она всегда так и поступала — просто нам не хватало сообразительности, чтобы заметить это», — считает Ричард Лосик (Richard Losick), специалист по клеточной биологии из Медицинской школы Гарвардского университета.

## Великая космогоническая случайность?

Почему же вышло так, что левые аминокислоты оказались настолько доминирующими в химии жизни, что многочисленные функции их правых партнеров оставались незамеченными наукой до самого последнего времени, хотя сами изомеры были идентифицированы еще в XIX в.? Некоторые ученые полагают, что преимущество левых изомеров — не более чем результат «игры в орлянку» космического масштаба: те первые химические структуры, которые сумели успешно освоить процесс самовоспроизведения, по чистой случайности состояли именно из левых форм, и эта асимметрия передавалась из века в век вплоть до наших дней — таково мнение Роберта Хэзена (Robert Hazen) из Университета

## ОБ АВТОРЕ

**Сара Эвертс (Sarah Everts)** — уроженка Монреаля, берлинский корреспондент еженедельного журнала *Chemical & Engineering News*. Кроме того, она ведет блог *Artful Science* о науке и искусстве.



Джорджа Мэйсона, штат Виргиния, геофизика и исследователя в области происхождения органической жизни. Есть, правда, еще одна популярная теория, которая гласит, что поляризованный свет, излучаемый некоей быстро вращающейся звездой на ранних стадиях развития нашей галактики, каким-то образом избирательно уничтожил все правые аминокислоты, и в результате левые формы стали строительными кирпичиками жизни.

Так или иначе, преобладание *L*-форм стало свершившимся фактом, и тогда в эволюции возник постоянный тренд, приведший к окончательному закреплению одной из зеркальных форм, поясняет Джералд Джойс (Gerald Joyce) из Исследовательского института им. Скриппса, штат Калифорния, изучающий вопросы происхождения жизни. «Можно провести такую аналогию, — продолжает он. — В западных странах существует обычай приветствовать друг друга, пожимая правую руку. По сути это негласная договоренность между людьми, сложившаяся исторически именно в таком виде. Если бы вместо этого мы договорились обмениваться рукопожатиями левой руки, было бы ничуть не хуже. А вот если бы договоренности не было вообще, то возникало бы множество неловких ситуаций». Аналогично молекулярные механизмы в живых клетках — от работы ферментов, с помощью которых синтезируются сами аминокислоты, до функций рибосом (сложных структур, на которых аминокислоты собираются в белковые цепочки) — совместимы только с левыми аминокислотами, но не с их правыми изомерами.

Столь ранний «выбор» первыми живыми структурами левых аминокислот, по-видимому, породил неравенство биологических ролей двух типов зеркальных изомеров и в другом крупном классе органических молекул — углеводов. Многие исследовательские группы пытались воспроизвести химическую эволюцию в лаборатории, используя растворы, сходные по составу с так называемым «первичным бульоном» — водами Мирового океана, существовавшего на Земле около 4 млрд лет назад. Эти исследования показали, в частности, что преобладание в растворе левых аминокислот приводит (по целому ряду

## ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Аминокислоты — «строительные кирпичики» белков — могут существовать в виде двух изомеров: правых и левых, которые представляют собой зеркальные отражения друг друга и различаются таким же образом, как у человека различаются правая и левая руки. В период возникновения жизни на Земле именно левые формы аминокислот стали основой белковых структур, оставив правые формы в стороне от основного течения биохимической эволюции.
- Долгое время исключения из этого правила были известны только в мире бактерий. Но в последние годы обнаруживается все больше примеров участия правых аминокислот в биохимических процессах более высокоразвитых организмов, включая человека.
- Сегодня биохимики изучают возможности применения этих экзотических аминокислот для лечения различных заболеваний, таких как шизофрения, муковисцидоз, дегенерация желтого пятна.

сложных химических причин) к преимущественному возникновению только одной из двух зеркальных форм углеводов, но на этот раз не левой, а правой.

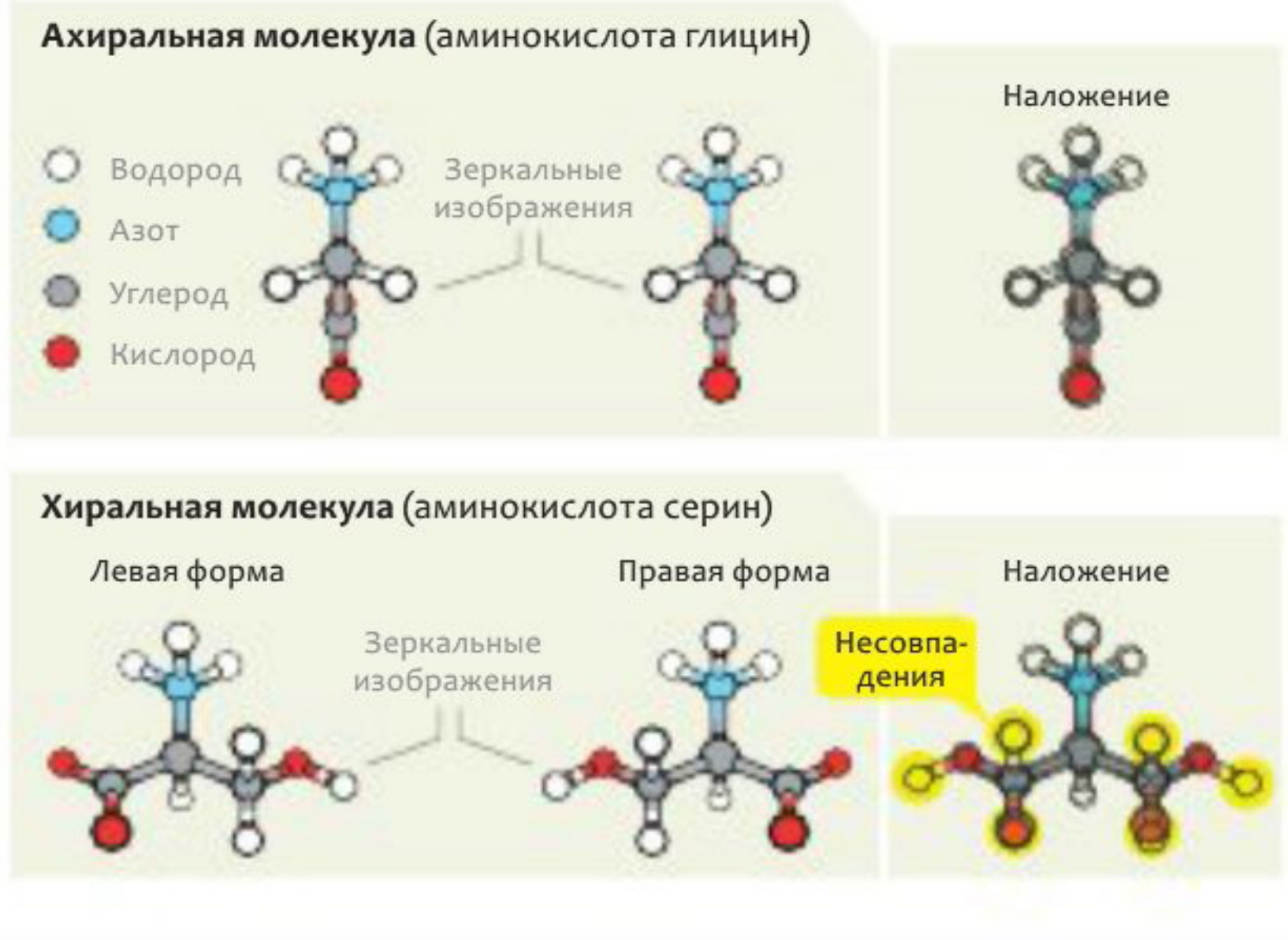
Различные случаи отклонения от правила у природных аминокислот привлекли повышенное внимание в 1990-х гг., после того как Снайдер продемонстрировал, что правые аминокислоты служат нейромедиаторами в головном мозге человека. В 2002 г. Филип Кучел (Philip Kuchel), химик из Сиднейского университета в Австралии, установил, что яд утконоса тоже содержит *D*-аминокислоты. А в 2009 г. исследователи из Гарвардского университета и из Медицинского института Хауарда Хьюза сообщили, что некоторые правые аминокислоты выполняют новые и совершенно неожиданные функции в клеточных стенках бактерий. К 2010 г. ученые уже начали понимать, что *D*-аминокислоты используются не только отдельными видами бактерий, но и их сложными сообществами, например теми, которые обитают в тонкой поверхностной «биопленке» на различных субстратах — от воды в горячих термальных источниках до рабочих поверхностей медицинских инструментов. Похоже, эти молекулы нужны бактериям на тот случай, если образуемая ими пленка по тем или иным причинам дезинтегрируется.

Итак, показано, что у человека одна из правых аминокислот, *D*-аспартат, выступает нейромедиатором, участвующим в нормальном процессе развития мозга. Другая же «неправильная» аминокислота, *D*-серин, работает в тандеме с «правильной» аминокислотой *L*-глутамином при активации молекул, ответственных за так называемую синаптическую пластичность, играющую ключевую роль в процессе обучения и при формировании памяти. По-видимому, *D*-серин имеет непосредственное отношение также и к возникновению шизофрении — тяжелого психического заболевания, принимающего различные формы. Выяснилось, что у людей, страдающих этим недугом, содержание *D*-серина в головном мозге понижено. Это открытие побудило фармацевтические компании заняться поисками веществ, способных повысить уровень *D*-серина у больных. Однако избыток *D*-серина, хотя и при иных обстоятельствах, тоже может вызывать проблемы. Так, у людей с высоким риском инсульта повышенное содержание этой правой аминокислоты может привести к более серьезным повреждениям мозга. Поэтому исследователям приходится искать лекарственные вещества, понижающие уровень *D*-серина в мозге.

Но если рибосомы производят только левые аминокислоты, то каким образом в организме появляются и правые их формы? Снайдер показал, что клетки мозга не синтезируют *D*-серин, так сказать, с нуля.

## КАК ОБНАРУЖИТЬ ЗЕРКАЛЬНЫЕ ИЗОМЕРЫ

Из примерно 20 аминокислот, составляющих природные белки, только глицин (верхняя схема) не может иметь правых и левых зеркальных изомеров, т.к. при наложении друг на друга их молекулы полностью совпадают в пространстве. Такие молекулы называются ахиральными. Все остальные аминокислоты хиральны. Такую молекулу (для примера на нижней схеме приведена аминокислота серин) невозможно пространственно совместить с ее зеркальным изображением, как невозможно совместить наши правую и левую руки.



Вместо этого мозг вырабатывает специальный фермент, который «переворачивает» *L*-изомер этой аминокислоты в ее *D*-форму. Это весьма изящный способ получить нужное количество правого изомера из богатого пула стандартной формы, уже существующего в клетке.

К подобной стратегии организмы прибегают и в том случае, когда возникает необходимость включения некоторых *D*-аминокислот в состав олигопептида — более короткой, чем белок, цепочки из аминокислот. (Олигопептиды нередко функционируют как биологические яды, наминающие по структуре и свойствам уже упомянутый выше яд утконоса.) В таких ситуациях «верные своим привычкам» рибосомы собирают олигопептид из обычных левых изомеров. Затем в дело вступает фермент, который превращает *L*-аминокислоту в ее *D*-близнеца. «Используя стандартные клеточные механизмы, синтезирующие или соединяющие между собой левые аминокислоты, природа освобождается от необходимости создания конвейера из разнообразных ферментов, которые синтезировали бы правые молекулы из простых компонентов», — поясняет Гюнтер Крайль (Guenther Kreil) — химик из Австрийской академии наук в Вене. В 2005 г. этот ученый выделил фермент, с помощью которого ядовитые южноамериканские квакши-древозлазы получают *D*-аминокислоты, входящие в состав их токсичных олигопептидов.

Впервые Крайль заинтересовался ядом бесхвостых земноводных, когда услышал об индейском перуанском племени матсес. Представители этого народа используют в своих охотничьих ритуалах мощные галлюциногенные пептиды, содержащие одну *D*-аминокислоту

и выделяемые кожными покровами квакш-древозлазов, называемых филломедузами (*Phyllomedusa bicolor*). Охотники-матсес вначале наносят себе на грудь ожоги, а потом смазывают экстрактом из лягушачьей кожи опаленные раны. Это немедленно вызывает у них приступ диареи и сильное сердцебиение, а затем приводит к кратковременной потере сознания. Когда же они приходят в себя, то испытывают необычайное обострение всех чувств и ощущают длительный подъем сил. По словам Крайля, пептиды лягушачьего яда почти целиком состоят из *L*-аминокислот, но одна из них — правая, и без нее эти пептиды не проявляют галлюциногенных свойств.

## Вселенная антиподов

*D*-аминокислоты обнаруживаются у целого ряда организмов именно в составе ядов, однако есть виды, у которых они предназначены для вполне мирных целей. Омары, например, используют их для поддержания правильного солевого баланса, а также во время процесса размножения.

Но все-таки самые активные из известных науке потребителей правых молекул — микроорганизмы, причем и среди них ученые обнаруживают все новые и новые варианты использования этих экзотических соединений. Внутренний слой клеточной стенки большинства бактерий состоит из клейкого вещества, называемого пептидогликаном. Его постоянные компоненты — *D*-аланин и некоторые другие правые аминокислоты. В 2009 г. Мэттью Уолдор (Matthew Waldor), работающий в Гарвардском университете и Медицинском институте Хауарда Хьюза, обнаружил, что бактерии усиливают пептидогликан связующими добавками, содержащими *D*-метионин и *D*-лейцин. Самое же интересное — правые аминокислоты могут вызывать изменения в составе пептидогликана у различных бактерий, находящихся поблизости, даже если те относятся к иным видам. «Это открытие, — говорит Уолдор, — означает, что микроорганизмы вполне могут использовать *D*-аминокислоты для выполнения координированных действий, например для согласования флуоресценции или для формирования бактериальной микропленки». Выяснение того, как именно бактерии используют эти молекулы для коммуникации, живо интересует тех, кто мечтает создать препараты, разрушающие бактериальный налет на зубах у обычных людей или слизь в легких у больных муковисцидозом, или же скопления бактерий в трубопроводах и даже на медицинском оборудовании типа катетеров.

Одна из причин, почему бактерии и ядовитые животные используют именно *D*-аминокислоты, та, что усиленные ими пептиды — от коротких молекул до длинных белков — гораздо труднее разрушить ферментами их врагов или хозяев. Все организмы обладают ферментами протеиназами, основная функция которых — расщеплять белки и снова включать аминокислоты в цикл обмена веществ. Однако протеиназы эффективны только в отношении белков, собранных из *L*-аминокислот, но не из правых изомеров. Поэтому сейчас многие разработчики лекарств пытаются добавлять *D*-аминокислоты

в лекарства, сделанные на белковой основе, чтобы защитить их от протеиназ и таким образом продлить время действия лекарств в организме.

Теперь, когда исследователи с каждым годом все глубже проникают в новый и полный тайн мир «зазеркальной» биохимии, им не терпится узнать, какие еще функции могут иметь населяющие его «молекулы-антиподы». Вот как рассуждают, например, Ричард Лосик и некоторые из его коллег: триллионы бактерий живут на поверхности нашей кожи, в желудочно-кишечном тракте, да и вообще повсюду в человеческом организме — и все они секретируют *D*-аминокислоты. Не исключено, что какая-то часть этих молекул влияет на состояние нашего здоровья — а возможно, и на поведение!

Один из самых актуальных вопросов в исследовании *D*-аминокислот у человека и других млекопитающих звучит так: образуются ли эти вещества где-либо еще помимо мозга? Предварительные результаты говорят в пользу такого предположения. Исследовательская группа из Университета Нихон в Токио, возглавляемая Йоко Нагато (Yoko Nagata), недавно сообщила, что *D*-аминокислоты найдены в слюне человека. Другая японская группа, работающая под руководством Кендзи Хамасэ (Kenji Hamase) в Университете Кюсю, выявила высокие концентрации *D*-аланина в поджелудочной железе крыс — как раз в тех самых бета-клетках, которые секретируют инсулин. А уже знакомый нам Филип Кучел, проведя в своей австралийской лаборатории серию предварительных экспериментов, обнаружил, что в сердце человека и мыши имеются ферменты, превращающие *L*-аминокислоты в *D*-изомеры, при этом они сходны по структуре с аналогичными ферментами утконоса.

Какую именно роль могут играть в человеческой физиологии подобные ферменты — это, по словам Кучела, «совершеннейшая загадка». Но, по крайней мере, идея, что они могут выполнять в нашем с вами организме важные функции, сегодня уже не кажется чепухой. ■

Перевод: В.Э. Скворцов

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- The New Ambidextrous Universe: Symmetry and Asymmetry from Mirror Reflections to Superstrings. Third revised edition. Martin Gardner. Dover, 2005.
- High Dose D-Serine in the Treatment of Schizophrenia. Joshua Kantrowitz et al. in Schizophrenia Research, Vol. 121, No. 1, pages 125–130; August 2010. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3111070](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3111070)
- D-Amino Acids in Chemistry, Life Sciences, and Biotechnology. Edited by Hans Brückner and Noriko Fujii. Wiley, 2011.
- Emerging Knowledge of Regulatory Roles of D-Amino Acids in Bacteria. Felipe Cava et al. in Cellular and Molecular Life Sciences, Vol. 68, No. 5, pages 817–831; March 2011. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3037491](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3037491)
- Многочисленные примеры зеркальных форм в биологии от серьезных научных схем до смешных картинок см. по адресу: [ScientificAmerican.com/may2013/mirror-molecules](http://ScientificAmerican.com/may2013/mirror-molecules)

Первое разумное телевидение

Одни лишь  
задумываются



18+

другие  
изобретают!



Такой науку вы еще не видели!

Маркетинг: +7(495) 280-10-91  
Дистрибуция: +7(495) 620-98-36  
[www.naukatv.ru](http://www.naukatv.ru)



Данное возрастное ограничение относится ко всем каналам вещания.



Лэри Уокер и Матиас Юкер

# СЕМЕНА СЛАБОУМИЯ

*Возникновение нейродегенеративных заболеваний — болезни Альцгеймера, болезни Паркинсона и других — можно объяснить цепной реакцией токсичных белков. Может быть, эта информация наконец поможет найти необходимые методы лечения*

**П**од микроскопом в поврежденных нервных клетках мозга пациентов, умерших от болезни Альцгеймера, можно увидеть странные сгустки. Они состоят из белков, которых там явно быть не должно. Откуда они взялись и почему их так много? А главное, какое отношение они имеют к этому разрушительному и неизлечимому заболеванию? Поиск ответов на эти вопросы привел к пугающему открытию: сгустки белков при болезни Альцгеймера и других основных нейродегенеративных заболеваниях по своему поведению очень похожи на прионы, токсичные белки, вызывающие разрушение мозга при коровьем бешенстве.

Прионы — это устойчивые деформированные версии обычных белков, в норме присутствующих в нервных клетках. Прионы вызывают изгибание и слипание белков друг с другом, запуская цепную реакцию, которая в итоге уничтожает целые участки мозга. За последние десять лет ученые выяснили, что этот процесс может возникать не только при коровьем бешенстве и других экзотических болезнях, но и при распространенных нейродегенеративных заболеваниях, таких как болезни

Альцгеймера, Паркинсона, боковой амиотрофической склероз (БАС, болезнь Лу Герига) и травматическая энцефалопатия боксеров и футболистов.

Все исследования свидетельствуют о том, что эти болезни не заразны в отличие от коровьего бешенства или, например, гриппа. Однако недавно полученные новые данные открывают ученым главную причину и указывают возможные способы лечения, позволяющие создавать новые лекарства для борьбы с ужасными недугами, которые лишают человека чувства собственного «я». Это хорошая новость для десятков миллионов людей во всем мире, страдающих от нейродегенеративных заболеваний.

Ученые, сделавшие это открытие, в долгу перед исследователями, впервые описавшими прионы. Все началось в начале XVIII в. с сообщений о необычном смертельном заболевании овец, названном почесухой, поскольку больные животные интенсивно расчесывали шкуру. Позже, когда ученые стали исследовать это заболевание, они увидели под микроскопом, что нервная система животных была буквально испещрена дырами. В 1930-х гг.

## ОБ АВТОРАХ

**Лэри Уокер** (Lary C. Walker) работает адъюнкт-профессором неврологии в Университете Эмори и занимается исследованиями в Национальном центре изучения приматов им. Йеркса.

**Матиас Юкер** (Mathias Jucker) работает в Германии в Институте клинических исследований мозга Херти в Тюбингенском университете и в Немецком центре нейродегенеративных заболеваний в Тюбингене. В течение двух последних десятилетий авторы активно сотрудничают, занимаясь изучением старения мозга и болезни Альцгеймера.



Французские и британские исследователи выяснили, что чесуха может передаваться от одной овцы к другой, но возбудитель инфекции найден не был и вел себя очень странно: инкубационный период между заражением и появлением симптомов был значительно длиннее, чем при наличии обычных возбудителей заболеваний, таких как бактерии или вирусы. А иммунный ответ, который обычно возникает, чтобы уничтожить этих врагов, по-видимому, отсутствовал. Эти особенности как будто намекали, что речь идет о необычном возбудителе, но на протяжении примерно 20 лет чесуха оставалась всего лишь непонятным заболеванием животных. И только в 1950-х гг. Уильям Хэдлоу (William Hadlow), работавший тогда в Комптоне на полевой станции Британского сельскохозяйственного научно-исследовательского совета, заметил очевидное сходство в патологии мозга при чесухе и таинственной болезни человека, называемой куру. Куру — это прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, характеризующееся непрерывным ухудшением умственных способностей и координации движений и неизменно заканчивающееся смертью. Оно распространено среди народа форэ, живущего в Папуа — Новой Гвинее и практикующего ритуальный каннибализм, когда поедают членов племени, умерших от болезни куру. Это позволило предположить, что некие возбудители заболевания, попадающие в организм, каким-то образом проникали в мозг.

В 1960-х гг. Дэниел Карлтон Гайдузек (D. Carleton Gajdusek), работавший в одном из Национальных институтов здравоохранения США, вместе со своими коллегами показал, что куру может передаваться при прямом введении ткани мозга больного в мозг обезьян, доказав тем самым, что заболевание заразно. Кроме того, группа Гайдузека выявила ключевое сходство в патологии мозга

при болезни куру и другом нейродегенеративном заболевании, болезни Крейтцфельдта — Якоба (БКЯ), стремительно прогрессирующей форме слабоумия, встречающейся примерно у одного человека на миллион. Гайдузек пошел дальше, продемонстрировав, что это заболевание так же заразно для приматов, как и куру, но БКЯ чаще всего возникает у человека спонтанно. В 1980-х гг. сотрудник Калифорнийского университета в Сан-Франциско Стенли Прузинер (Stanley B. Prusiner) определил возбудителя чесухи и других схожих заболеваний, которые объединяют под названием «губчатая энцефалопатия», поскольку при этих болезнях мозг становится похожим на швейцарский сыр. В изящной серии экспериментов он с коллегами убедительно доказал, что возбудитель этих заболеваний содержит только неправильно свернутый вариант безвредного белка *PrP*. Для белковой инфекционной частицы Прузинер ввел термин «прион», чтобы отличать белок-возбудитель от вирусов, бактерий, грибов и других известных патогенов. (Сегодня значение термина расширилось и включает в себя белки, навязывающие свою форму другим таким же белкам, но не обязательно вызывающие болезни.) Идеи Прузинера о том, что такие белки могут служить переносчиками заболевания, встретили активное противодействие, но в 1997 г. его усилия были вознаграждены и он получил Нобелевскую премию за свою работу.

Тщательные исследования болезни Альцгеймера и других нейродегенеративных состояний недавно показали, что, не будучи заразными, как классические прионные заболевания, они могут возникать и распространяться по мозгу аналогичным образом за счет процесса, который запускается патогенными белками. Подобно прионам, вызывающим чесуху, белковые «семена» могут высвобождаться, захватываться

## ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

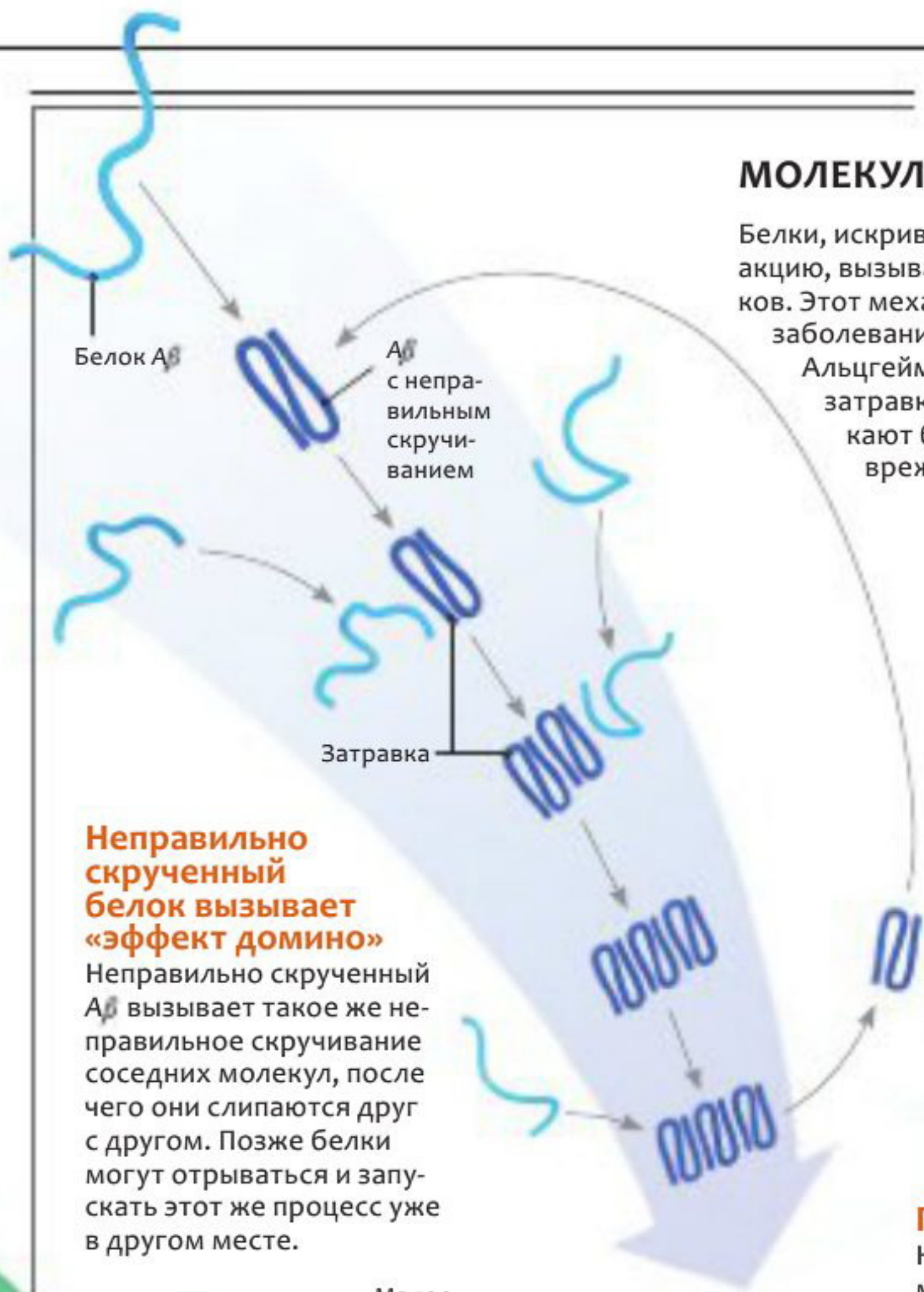
- Коровье бешенство и связанные с ним инфекционные заболевания возникают, когда неправильные белки, прионы, вызывают деформацию нормальных белков. За это открытие была присуждена Нобелевская премия.
- Прионоподобное развитие заболеваний, по-видимому, происходит и при серьезных нейродегенеративных расстройствах, таких как болезнь Альцгеймера, Паркинсона, боковой амиотрофический склероз, хотя эти заболевания и не передаются от человека к человеку.
- Информация о том, как белки деформируются, вызывая аналогичное изменение у других белков, может помочь в профилактике и лечении некоторых наиболее распространенных неврологических заболеваний.



Как работает патологический процесс

**МОЛЕКУЛЯРНЫЙ МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ МОЗГА**

Белки, искривленные неправильным образом, запускают цепную реакцию, вызывая аналогичное искривление у других таких же белков. Этот механизм лежит в основе многих нейродегенеративных заболеваний, в том числе болезни Альцгеймера. При болезни Альцгеймера неправильно скрученный белок A $\beta$  работает как затравка, запускающая процесс, в результате которого возникают большие и маленькие белковые скопления, которые повреждают и в итоге убивают нервные клетки.



**Неправильно скрученный белок вызывает «эффект домино»**

Неправильно скрученный A $\beta$  вызывает такое же неправильное скручивание соседних молекул, после чего они слипаются друг с другом. Позже белки могут отрываться и запускать этот же процесс уже в другом месте.

**Повреждение нейронов**

Небольшие скопления A $\beta$ , называемые олигомерами, или протофибриллами, застревают на синапсах — местах соединения нервных клеток и могут нарушать химическую передачу сигнала между нейронами. Сенильные бляшки (большие скопления A $\beta$ ) окружают клетку, вызывая дополнительные повреждения.

Малое скопление A $\beta$  (олигомеры и протофибриллы)  
Синапс

Нейрон

Бляшка

Поврежденная раздувшаяся нервная клетка

**Распространение по мозгу**

Рост A $\beta$ -скоплений неумолимо продолжается, они захватывают большинство областей в коре больших полушарий, верхние области мозга (слева), потом перемещаются в другие части мозга (в центре), затем достигают наиболее глубоких структур — ствола мозга и мозжечка (справа).



и переноситься клетками, что объясняет распространение заболевания с одного места на другое. Это сходство означает, что прионная теория в скором времени расширит наши представления о том, как возникают и развиваются различные заболевания.

## Неправильное скручивание белка вызывает болезнь?

Впервые идея о том, что в основе болезни Альцгеймера лежит неправильное скручивание белка, появилась в 1960-х гг., когда исследователи, пытаясь разгадать тайну прионных заболеваний, заметили, что наблюдаемые изменения в мозге очень похожи на те, которые происходят при других нейродегенеративных заболеваниях. Болезнь Альцгеймера — наиболее распространенная форма старческого слабоумия, она возникает незаметно и непрерывно прогрессирует на протяжении многих лет, вызывая ухудшение памяти, сознания, и наконец убивает человека. У людей старше 65 лет вероятность возникновения этого заболевания удваивается каждые пять лет, и к 85 годам им болеет примерно каждый третий человек. Исследователи уже в то время понимали, что слипание белков играет какую-то роль в развитии этого заболевания. В 1906 г. Алоис Альцгеймер, в честь которого оно и было названо, отметил связь слабоумия с двумя особыми микроскопическими аномалиями в мозге. Во-первых, внутри клетки располагались сенильные бляшки (сейчас известно, что это скопление ненормально свернутых белков, называемых бета-амилоидами, или  $A\beta$ ). Во-вторых, снаружи клетки располагались нейрофибриллярные клубки (из-за того, что тау-белок вызывает неупорядоченное слипание фибрилл). Если эти скопления рассмотреть в сильном увеличении при помощи электронного микроскопа, можно увидеть длинные нити  $A\beta$  или тау-белков. Кроме того, белки формируют небольшие скопления, называемые олигомерами или протофибриллами, которые тоже мешают нормальной работе нейронов. В конце 1960-х гг. Гайдузек с коллегами решили проверить предположение, что болезнь Альцгеймера может передаваться так же, как почесуха, куру и болезнь Крейтцфельда — Якоба. Они ввели в мозг обезьяны экстракт мозга человека с болезнью Альцгеймера. Позже, независимо от них, в Англии, группа ученых из Центра клинических исследований в Харроу, возглавляемая Розалинд Ридли (Rosalind Ridley) и Гарри Бэкером (Harry Baker), провела такие же эксперименты. Результаты Гайдузека были неоднозначными, и ни одной из групп не удалось полностью подтвердить гипотезу. Британские исследователи, однако, обнаружили некоторое косвенное подтверждение: после инкубационного периода, длившегося не меньше пяти лет, у обезьян, которым вводили экстракт мозга человека с болезнью Альцгеймера, было больше амилоидных бляшек по сравнению с контрольной группой.

Мы хотели начать свои исследования, чтобы посмотреть, будут ли небольшие скопления ненормально свернутых бета-амилоидов играть роль затравки для цепной реакции неправильного скручивания и слипания

белков, которое в итоге приводит к отложению белка, характерному для мозга человека с болезнью Альцгеймера. Но нас смутила пятилетняя продолжительность инкубационного периода у обезьян.

Ситуация существенно изменилась в середине 1990-х гг. с появлением трансгенных мышей, у которых вырабатывается предшественник человеческого бета-амилоида — белок APP. Совместно с нашими талантливыми коллегами и студентами мы начали серии экспериментов по изучению амилоидной гипотезы. У трансгенных животных нет всех симптомов болезни Альцгеймера (по-видимому, это заболевание уникально для человека), но использование грызунов дает нам большие преимущества: мыши мелкие, живут недолго, содержать их просто, и у каждой особи в определенное время спонтанно начинается накопление  $A\beta$  в мозге.

Мы сосредоточились именно на  $A\beta$ , а не на тау-белке. Хотя и бляшки и клубки способствуют гибели нейронов, что приводит к слабоумию при болезни Альцгеймера, большая часть исследований показывает, что ненормально свернутые  $A\beta$  выполняют роль главного активатора при развитии заболевания. Действительно, многие факторы риска болезни Альцгеймера влияют на клеточные процессы, связанные с производством, сворачиванием, накоплением или удалением  $A\beta$ . Генетические мутации, вызывающие заболевание в очень раннем возрасте, изменяют APP или ферменты, участвующие в создании  $A\beta$  из APP (см.: Вульф М. Альцгеймер не пройдет! // ВМН, № 9, 2006). Кроме того, ученым известно, что в мозге признаки болезни Альцгеймера появляются за десять лет и ранее до появления симптомов, т.е. ненормальное скопление белков возникает на очень ранних стадиях заболевания (см.: Стикс Г. Болезнь Альцгеймера: надежда умирает последней // ВМН, № 8, 2010). Зная, что накопление ненормально свернутых  $A\beta$  — ключевой фактор развития болезни Альцгеймера, мы захотели выяснить, что изначально вызывает скопление белка в мозге.

В наших первых экспериментах мы намеревались определить, будет ли экстракт мозга пациентов, умерших от болезни Альцгеймера, вызывать скопление  $A\beta$  в мозге трансгенных мышей. Другими словами, можем ли мы вызвать и распространить скопление бета-амилоидов так же, как прионы запускают скопление PrP при губчатой энцефалопатии? Мы использовали методы, разработанные для изучения прионов. Взяли маленькие образцы мозга пациентов с болезнью Альцгеймера и людей из контрольной группы, умерших по другим причинам, измельчили ткань и быстро прокрутили в центрифуге, чтобы удалить крупные куски. Потом мы ввели небольшое количество экстракта в мозг молодых трансгенных мышей.

Результаты были положительные. В мозге мышей, которым вводили экстракт мозга человека с болезнью Альцгеймера, скопления  $A\beta$  стали возникать за три-пять месяцев до того, как в норме должны были начать формироваться их собственные  $A\beta$ -бляшки. Интенсивность формирования бляшек была пропорциональна

количеству  $A\beta$  в донорском экстракте мозга. Инкубационный период зависел от того, были ли уже бляшки в экстракте. Особенно важно, что введение экстракта мозга без скоплений  $A\beta$  не вызывало формирования бляшек у мышей.

### Выявление амилоидной затравки

Эксперименты подтвердили, что накопление бета-амилоидов может быть вызвано введением экстракта мозга человека с болезнью Альцгеймера, но они не могли однозначно показать, что именно  $A\beta$  в экстракте и вызывали формирование бляшек. Эта неопределенность вынудила нас поставить дополнительные вопросы. Во-первых, могли ли скопления  $A\beta$ , которые мы наблюдали у мышей, быть исключительно теми, которые мы вводили? Здесь ответ был отрицательным: через неделю после введения скоплений  $A\beta$  в мозг не обнаруживалось. Бляшки начинали появляться не раньше чем через месяц.

**Поскольку растворимые молекулы легко выявляются в физиологических жидкостях, их можно использовать для молекулярной диагностики болезни Альцгеймера на ранней стадии, еще до начала развития слабоумия**

Во-вторых, мы предположили, что формирование бляшек могло вызываться не бета-амилоидами, а каким-то другим компонентом из экстракта человеческого мозга, возможно, вирусом. Мы исключили эту версию, убедившись, что экстракт мозга старой неинфицированной APP-трансгенной мыши был так же эффективен, как и экстракт человеческого мозга, поскольку образцы содержали достаточное количество  $A\beta$ -скоплений. Кроме того, поскольку экстракт из мозга человека, не страдавшего болезнью Альцгеймера, не вызывал скопления  $A\beta$ , мы исключили и возможность того, что бляшки были всего лишь реакцией на инъекцию.

Хотя уже одно это неопровержимо свидетельствовало, что виноваты именно  $A\beta$ , мы хотели более четких доказательств. Поэтому нашим третьим шагом было избирательное извлечение бета-амилоидов с помощью антител из экстракта мозга. Эта простая процедура лишила экстракт мозга большого способности вызывать формирование бляшек у мышей. Наконец, когда мы использовали концентрированную кислоту, чтобы развернуть неправильно свернутые белки, экстракт снова потерял способность вызывать формирование бляшек. Таким образом, мы подтвердили, что форма белка обуславливала его способность вызывать неправильное свертывание и скопление других молекул  $A\beta$ . Теперь мы могли

быть уверены, что неправильно свернутые бета-амилоиды и были активной затравкой, однако оставался невыясненным еще один ключевой момент головоломки. Если скопление  $A\beta$  само по себе выступает как затравка, значит можно вызвать формирование бляшек с помощью искусственно синтезированного в пробирке  $A\beta$  без помощи многих других веществ, содержащихся в мозге. Мы знали, что это сложно, т.к. при исследовании прионов было показано, что материал из пробирки может в небольших, но важных деталях отличаться от взятого из мозга. Поэтому мы вводили различные формы искусственных слипающихся  $A\beta$  APP-трансгенным мышам и выжидали в течение обычного инкубационного периода — три-пять месяцев. Результаты были неутешительные: за наблюдаемый период формирования бляшек не началось. Однако недавно Стенли Прузинер, Ян Стоп (Jan Stoehr), Курт Джайлз (Kurt Giles) и их коллеги из Калифорнийского университета в Сан-Франциско тоже ввели искусственные волокна  $A\beta$  в мозг APP-трансгенных мышей. После длительного инкубационного периода (более шести месяцев) у мышей обнаружили явные признаки начала накопления бета-амилоидов в мозге. Несмотря на то что искусственная затравка оказалась не такой эффективной, как натуральный экстракт мозга, ученые убедительно показали, что скопление чистых  $A\beta$  без каких-либо других веществ способно запускать формирование отложений  $A\beta$  в мозге. В следующих экспериментах мы начали изучать, какие именно черты бета-амилоидов обуславливают их способность вызывать слипание белка в мозге. Поскольку большая часть  $A\beta$  в экстракте состоит из длинных нерастворяющихся волокон, мы предположили, что именно эти волокна и есть наиболее эффективная затравка. Результаты были для нас неожиданными. Разделив при помощи центрифуг  $A\beta$ -содержащую часть экстракта на два компонента, мы получили на дне центрифуги нерастворимый осадок, в котором содержалось большинство  $A\beta$ -волокон, и жидкость над ним. В жидкости оказалось совсем немного растворимой формы бета-амилоидов. Как и предполагалось, основное количество  $A\beta$ , выпавшего в осадок, при введении в мозг трансгенных мышей вызывало формирование  $A\beta$ -скоплений с той же интенсивностью, как и обычный экстракт мозга. Неожиданно и растворимая часть тоже вызывала скопление  $A\beta$  и формирование бляшек, хотя там содержалось в тысячу раз меньше бета-амилоидов, чем в осадке. Кроме того, растворимые  $A\beta$  легко разрушались с помощью фермента протеиназы K, а нерастворимые не разрушались. То, что две формы бета-амилоидов имеют разный размер и разную устойчивость к ферментам, — хорошо и плохо одновременно. Плохо, что процесс способны запускать и небольшие растворимые молекулы, которые могут перемещаться по мозгу гораздо легче, чем крупные волокна. С другой стороны, их чувствительность к протеиназе K означает, что растворимые  $A\beta$  можно специфично убрать из мозга, т.е. этот аспект поддается лечению. Поскольку растворимые молекулы легко выявляются в физиологических жидкостях, их можно использовать для молекулярной

диагностики болезни Альцгеймера на ранней стадии, еще до начала развития слабоумия. Поскольку белковые затравки появляются на очень ранних этапах заболевания, наличие способа распознать и нейтрализовать их позволит предотвратить дальнейшее повреждение мозга и развитие слабоумия.

## За пределами болезни Альцгеймера

Природа редко упускает возможность использовать один и тот же механизм для разных целей, и затравка для белкового слипания — не исключение. Это происходит не только при патологических, но и при полезных процессах. Например, в 1990-х гг. Рид Викнер (Reed Wickner), работавший в одном из Национальных институтов здоровья, предположил, что такую стратегию используют некоторые белки грибов для обеспечения выживания клетки, и сейчас этому получено подтверждение во многих лабораториях. Более того, Сьюзан Линдквист (Susan Lindquist) из Массачусетского технологического института и Эрик Кендел (Eric R. Kandel) из Колумбийского университета продвигают необычное предположение, что прионоподобное распространение определенных белков помогает стабилизировать участки нервных сетей в мозге, обеспечивая сохранение долговременной памяти.

В настоящий момент, однако, большая часть исследований сосредоточена на выявлении роли таких белковых скоплений именно при патологиях. Белки, агрегация которых играет роль в заболеваниях мозга, — это  $\alpha$ -синуклеин (при болезни Паркинсона), супероксиддисмутаза 1 (при БАС), TDP-43 (при БАС и лобно-височной деменции), хантингтин (при болезни Хантингтона), тау-белок (при нескольких разных нейродегенеративных заболеваниях). Многие другие нейродегенеративные заболевания также сопровождаются слипанием белков, и важно будет проверить, действует ли здесь тот же самый механизм.

Недавно ученые обнаружили, что некоторые белки, участвующие в регуляции работы генов, содержат прионные домены — последовательность аминокислот, позволяющая белку менять свою структуру по образу других ему подобных молекул. По своей природе эти белки склонны к слипанию, и определенные мутации могут это свойство усиливать. Группа исследователей под руководством Пола Тейлора (Paul Taylor) из Детского исследовательского госпиталя св. Иуды и Джеймса Шортера (James Shorter) из Пенсильванского университета сообщили, что мутации в прионных доменах регуляторных белков *hnRNPA2B1* и *hnRNPA1* вызывают патологические процессы в нервной системе, мышцах и костях. Кроме того, цепная реакция слипания показана экспериментально для других белков, которые работают за пределами нервной системы, например при амилоидозе. По-видимому, спектр заболеваний, при которых отмечается прионоподобное распространение белков, будет расширяться.

Чтобы на основе этого механизма найти методы лечения, нам надо выяснить, каким образом неправильно свернутые белки повреждают клетки и ткани. Это

поможет остановить поражение, даже если накопление белков будет сложно прекратить. Исследователи показали, что слипшиеся белки могут повреждать клетки многими разными способами, начиная с того, что взаимодействия их со структурами клетки могут быть токсичны, и заканчивая тем, что эти скопления мешают работе нормальных белков. В то же время нам надо понять, как именно возникают патогенные белки, и исключить условия, при которых они обретают неправильную структуру и запускают цепную реакцию. Как только мы выясним, как клетки подхватывают, разносят и высвобождают патогенные белки, появится и дальнейшее понимание развития заболевания. И, наконец, важный открытый вопрос — почему в старости так резко возрастает риск развития нейродегенеративных заболеваний? Ответы на эти вопросы укажут новые пути обезвреживания патогенных белков.

Все больше и больше доказательств подтверждают непривычную идею, что простое изменение формы может превратить белок из друга во врага. Стенли Прузинер в своей Нобелевской лекции, посвященной открытию прионов, предсказал, что процессы навязывания своей токсичной формы нормальным белкам, которые запускают прионы при коровьем бешенстве и схожих заболеваниях, будут обнаружены и при других нейродегенеративных патологиях. За последнее десятилетие его предсказания получили экспериментальное подтверждение. Действительно, прионоподобные механизмы объясняют возникновение одного из наиболее страшных возрастных заболеваний и обозначают подход, который, может быть, в один прекрасный день приведет к созданию лекарств, останавливающих безжалостное развитие нейродегенеративных болезней. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Pathogenic Protein Seeding in Alzheimer Disease and Other Neurodegenerative Disorders. Mathias Jucker and Lary C. Walker in *Annals of Neurology*, Vol. 70, No. 4, pages 532–540; October, 2011.
- Prion-Like Spread of Protein Aggregates in Neurodegeneration. Magdalini Polymenidou and Don W. Cleveland in *Journal of Experimental Medicine*, Vol. 209, No. 5, pages 889–893; May 7, 2012.
- Слайд-шоу с цепной реакцией токсичных белков см. по адресу: [ScientificAmerican.com/may2013/prions](http://ScientificAmerican.com/may2013/prions)

# Семья, друзья и пистолет

## Кто кого и чем убивает

В спорах по поводу контроля над оружием часто забывают о статистике, свидетельствующей о том, кто и как убивает. В США, где у населения очень много огнестрельного оружия, более чем в 90% случаев убийства совершают мужчины. Лишая жизни незнакомцев, знакомых или близких людей, они чаще всего пользуются огнестрельным оружием (верхняя диаграмма). Женщины убивают из огнестрельного оружия чаще всего незнакомых людей. Как это ни странно, для близких людей и членов своей семьи представительницы слабого пола прибегают к твердым тупым предметам, ножи, яды или иные средства. (Представленные цифры взяты из данных ФБР по более чем 13 тыс. случаев убийств в США в 2010 г., включая уголовные преступления, убийства по неосторожности и случаи самообороны, но не самоубийства.)

Несмотря на то что в нашем представлении убийца — закоренелый преступник, на самом деле чаще подобные злодеяния совершают знакомые люди (нижняя диаграмма). Близких, членов своих семей, приятелей и коллег и мужчины, и женщины убивают гораздо чаще, чем незнакомцев.

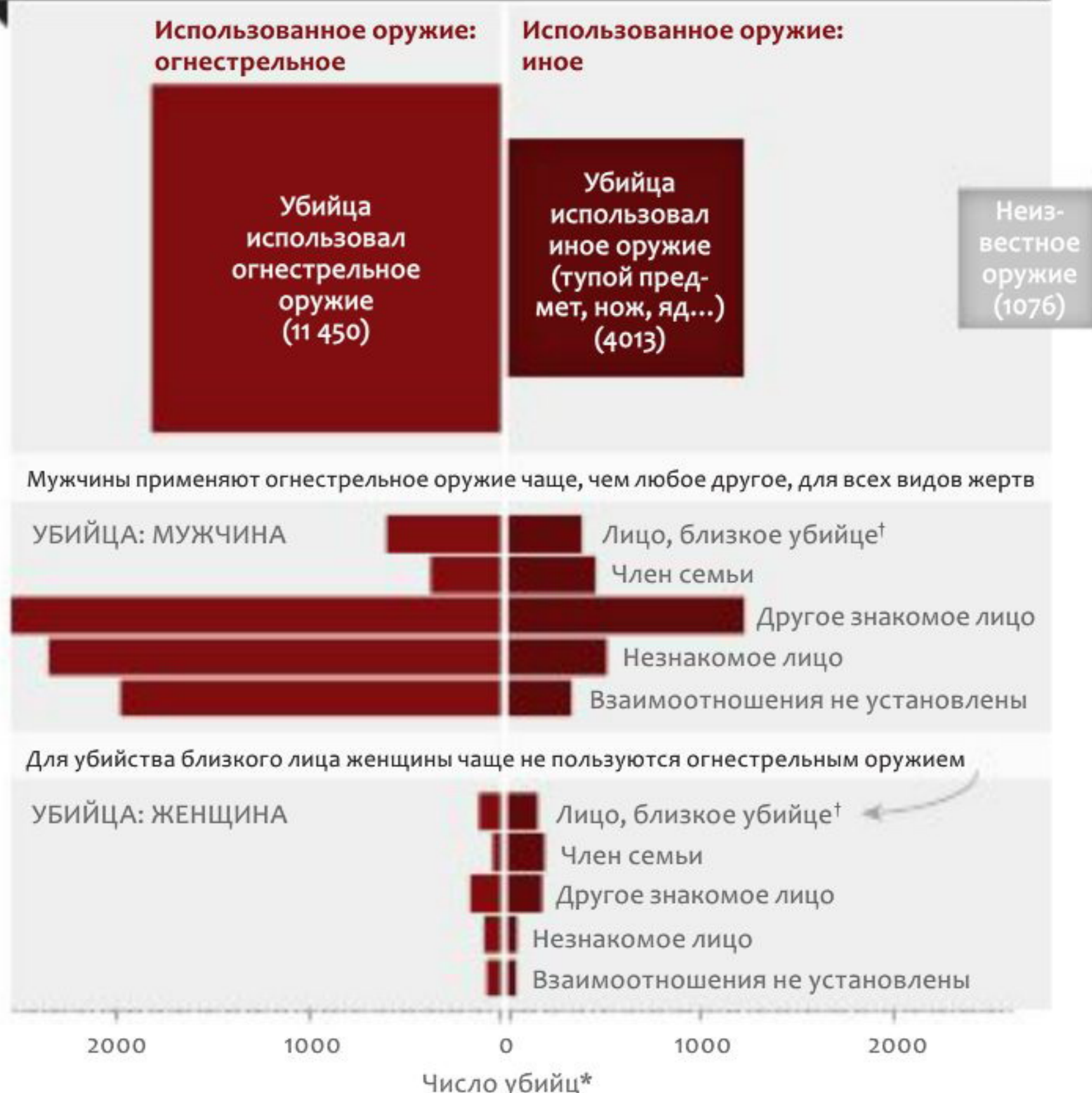
**Марк Фишетти**

■ Подробности о детях, подростках и взрослых людях, убитых из огнестрельного оружия, см. по адресу: [ScientificAmerican.com/jul2013/graphic-science](http://ScientificAmerican.com/jul2013/graphic-science)

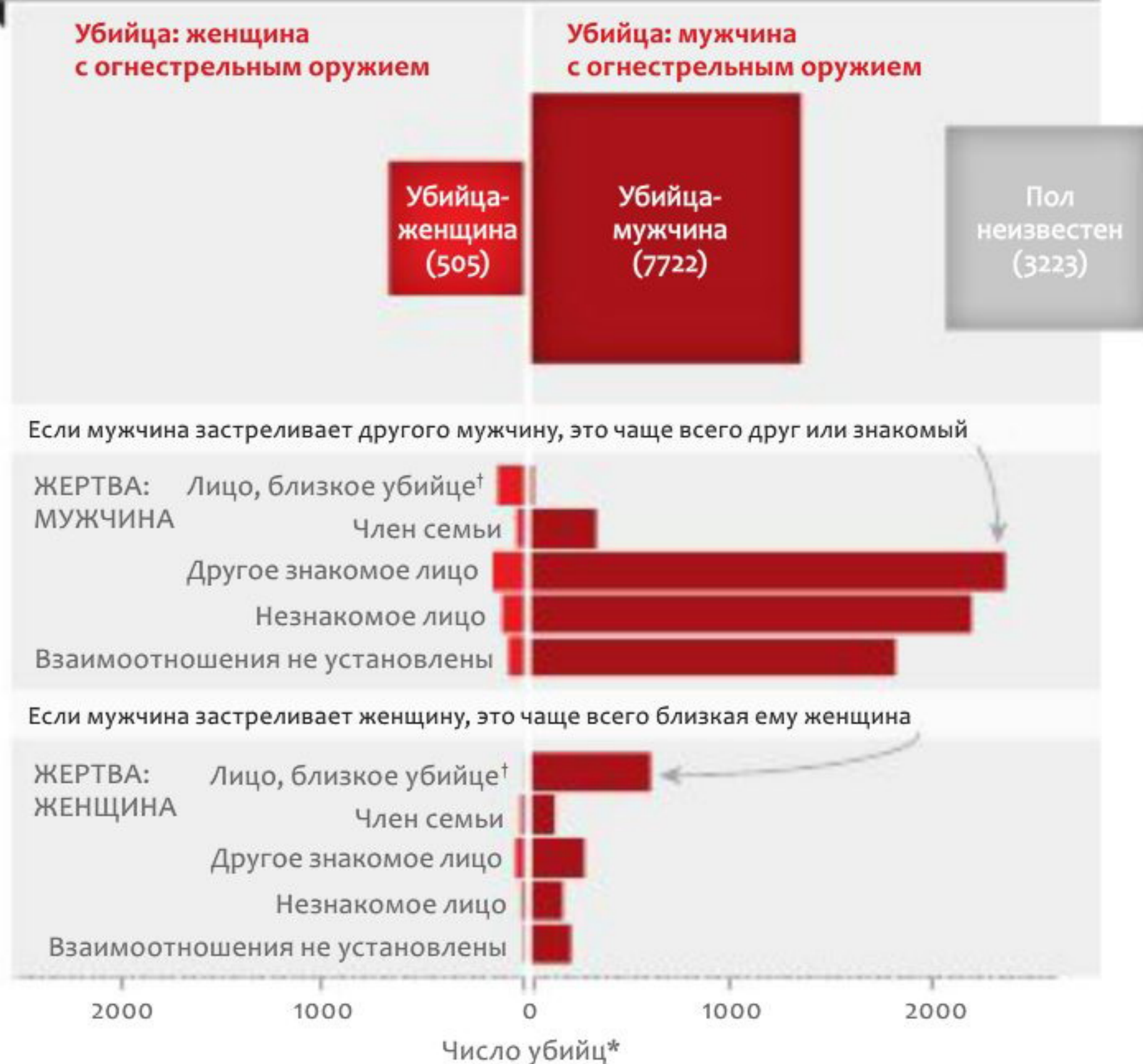
† Супруги, партнеры, возлюбленные

\* Цифры иногда коррелируют не со стопроцентной точностью, поскольку в некоторых инцидентах могут быть задействованы несколько преступников или жертв

Из огнестрельного оружия убивают чаще, чем какими-либо иными средствами



И мужчины, и женщины чаще убивают тех, кого знают



# СКВОЗЬ БАРЬЕР

*Представление  
о гематоэнцефалическом  
барьере как о живом  
изменчивом органе может  
способствовать прогрессу  
в лечении таких заболеваний,  
как рак и болезнь Альцгеймера*

**В** конце XIX в. во время проведения одного из своих знаменитых экспериментов с окрашиванием тканей, благодаря которым он открыл лекарство от сифилиса и стал обладателем Нобелевской премии, Пауль Эрлих столкнулся с загадкой, которая сохранила свою актуальность и сегодня. Когда он ввел краситель в кровоток мыши, краситель прошел во все органы кроме мозга. Почки, печень и сердце целиком и полностью окрасились в темно-пурпурный цвет, но мозг оставался бледно-желтым. Его ученик ввел тот же краситель напрямую в мозг и получил обратную картину: мозг стал синим, а другие органы цвет не поменяли. Тогда решили, что между мозгом и кровью должен существовать барьер. Потребовались около полувека и микроскоп в 5 тыс. раз мощнее того, который был у Эрлиха, чтобы определить, что этот барьер расположен в стенках кровеносных сосудов мозга. В среднем в мозге человека около 650 км

таких сосудов. Они изгибаются и извиваются в бесконечном множестве запутанных петель, оплетая в итоге все 100 млрд нейронов. Стенки всех этих сосудов устланы эндотелиальными клетками. Разумеется, такие клетки выстилают внутреннюю поверхность всех кровеносных сосудов в теле человека, но в сосудах мозга они соединены друг с другом гораздо плотнее, чем в остальных частях тела, что объясняет, почему ни красители Эрлиха, ни многие лекарства не попадают из кровеносной системы в мозг.

Но задолго до того, как этот барьер удалось увидеть, врачи знали о его существовании и избегали его трогать. «Мы длительное время считали, что он похож на кирпичную стену, — говорит биолог Лестер Дрюс (Lester Drewes) из Миннесотского университета, специалист по сосудам и гематоэнцефалическому барьеру. — И все думали, что так и нужно и что не стоит туда лезть».

Времена изменились. Ученым известно, что в этой стене идут активные процессы. Клетки с обеих сторон барьера непрерывно взаимодействуют и влияют друг на друга. Широкий спектр каналов в мембране эндотелия регулирует транспортировку, задерживает одни вещества и пропускает другие. Даже белые кровяные клетки, о которых раньше думали, что они слишком велики, чтобы пройти сквозь барьер, проскальзывают между клетками эндотелия, обеспечивая защиту от инфекций. Ученые, чтобы описать наблюдаемое явление, ввели термин «нервно-сосудистый блок»: т.е. это не просто стена из эндотелиальных клеток, а жизненно важный орган, играющий свою собственную важную роль в процессах развития, старения и возникновения различных

# К М О З Г У



## ОБ АВТОРЕ

**Дженин Интерланди (Jeneen Interlandi)** — внештатный научный корреспондент из Нью-Йорка. Получив стипендию Фонда Нимана, в течение последнего года она занималась изучением истории науки и медицины в Гарвардском университете.



заболеваний, состоящий из клеток разных типов, в том числе таких, которые окружают сосуды. Благодаря революции в микроскопии его удалось увидеть четче и подробнее, чем когда-либо ранее.

### Дыры в барьерах

В Рочестерском университете Майкен Недергард (Maiken Nedergaard) при помощи двухфотонного лазерного микроскопа наблюдает потрясающую картину, которую Эрлих даже представить себе не мог. Еще бы, ведь она смотрит на мозг живой мыши. Недергард удалила кусочек черепа, ввела краситель в кровоток и сейчас наблюдает работу гематоэнцефалического барьера в реальном времени: отдельные клетки выходят из кровотока сквозь капиллярные стенки, состоящие из однослойного эндотелия. Это ошеломляющее зрелище, особенно если учесть, каким непроницаемым считался барьер 20 лет назад, когда Недергард еще только начинала работать. До появления двухфотонного микроскопа — современного способа визуализации, позволяющего рассмотреть верхние 300 мкм коры, — исследователи не могли продвинуться принципиально дальше Эрлиха: они изучали мертвую ткань в виде обычных срезов для микроскопии. По мнению Майкен Недергард, эксперименты такого рода мало что могли сказать о реальной работе гематоэнцефалического барьера. Дело в том, что для нормального функционирования барьера и мозга необходим постоянный ток крови, причем ученые даже и не подозревали, насколько это важно.

Например, в недавних экспериментах Недергард с коллегами показали, что при стимуляции определенной группы нейронов увеличивается диаметр ближайших кровеносных сосудов, чтобы доставить больше крови и питательных веществ к нейронам в тот момент, когда они начинают испускать разряды. Если стимуляцию снизить, сосуды сжимаются и доставка питательных веществ уменьшается. Дрюс говорит, что эта система весьма динамична.

Она еще и чрезвычайно сложна. Капилляры оплетены астроцитами и перицитами — клетками, которые окружают всю сосудистую систему и облегчают взаимодействие крови, эндотелия и нейронов. Эти клетки в свою очередь окружены другими клетками. Среди них Недергард больше всего заинтересовали клетки микроглии, макрофаги центральной нервной системы, выполняющие защитную функцию. Микроглия патрулирует головной и спинной мозг в поисках поврежденных клеток или инфекционных агентов и поглощает их. Ненормальная активность микроглии играет роль в развитии многих нейродегенеративных заболеваний, начиная от болезни Альцгеймера и заканчивая болезнью Паркинсона. И Недергард считает, что это каким-то образом связано с нарушением защитных функций гематоэнцефалического барьера.

Исследовательница предполагает, что утрата клеток эндотелия (их гибель по естественным причинам и при травмах), приводит к тому, что барьер временно приоткрывается и соседние клетки не могут закрыть его

### ! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

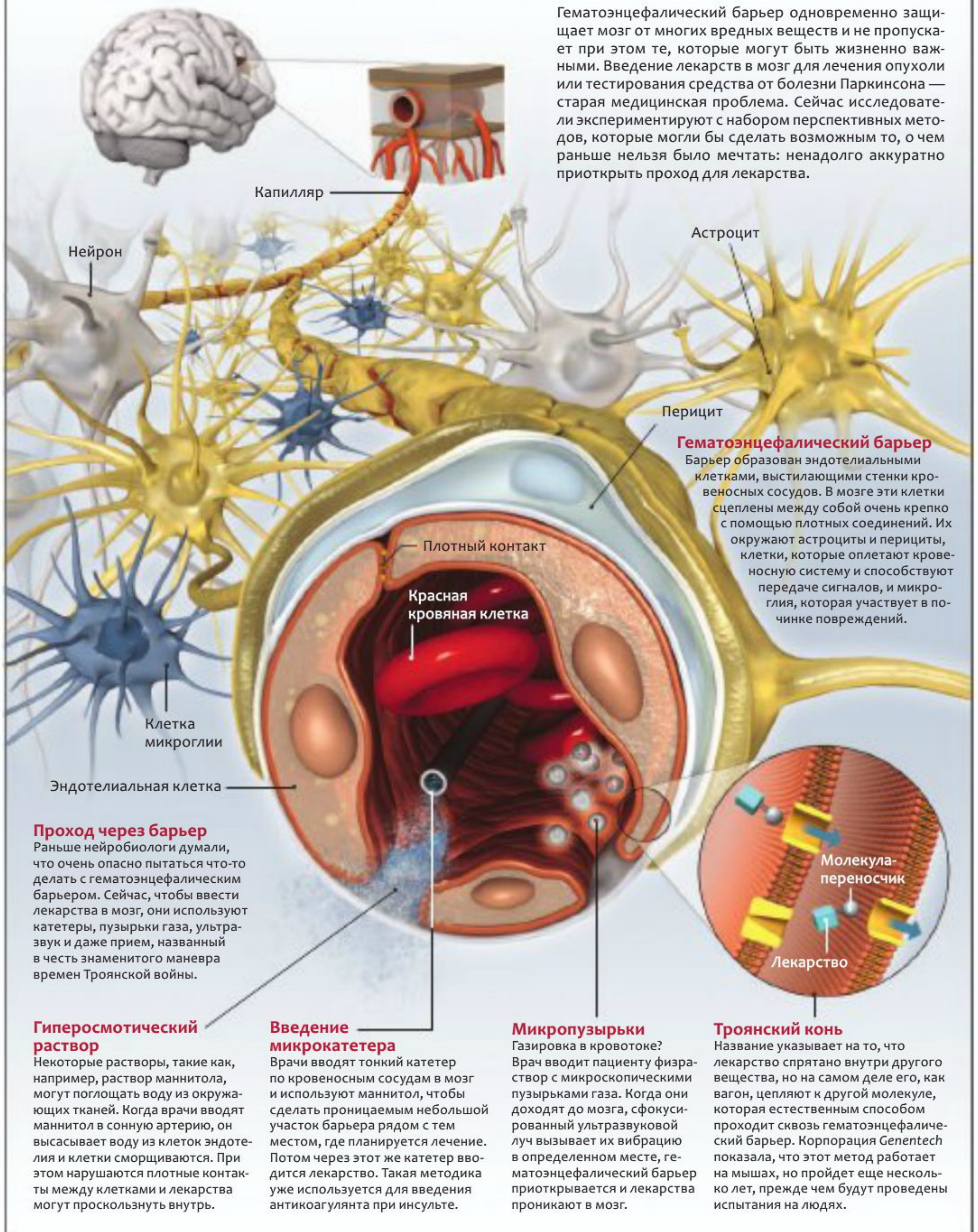
- Более века ученые верили, что гематоэнцефалический барьер — непроницаемая, нерушимая стена. На самом деле он образован обычными кровеносными сосудами с необычным свойством: клетки, выстилающие их, соединены друг с другом настолько плотно, что пропускают в мозг ограниченное количество веществ.
- Гематоэнцефалический барьер — жизненно важный орган, в котором клетки активно взаимодействуют друг с другом и решают, какие молекулы пропустить, а какие нет. Оказывается, сквозь барьер может проходить гораздо больше веществ, чем считалось ранее.
- Термин «нервно-сосудистый блок» отражает новое представление о работе гематоэнцефалического барьера.
- Многие ученые уверены, что, поняв, как открывается и закрывается этот барьер, они найдут ключ к лечению большого количества заболеваний.



Как это работает

## ПРОХОЖДЕНИЕ ЧЕРЕЗ БАРЬЕР

Гематоэнцефалический барьер одновременно защищает мозг от многих вредных веществ и не пропускает при этом те, которые могут быть жизненно важными. Введение лекарств в мозг для лечения опухоли или тестирования средства от болезни Паркинсона — старая медицинская проблема. Сейчас исследователи экспериментируют с набором перспективных методов, которые могли бы сделать возможным то, о чем раньше нельзя было мечтать: ненадолго аккуратно приоткрыть проход для лекарства.



**Гематоэнцефалический барьер**  
Барьер образован эндотелиальными клетками, выстилающими стенки кровеносных сосудов. В мозге эти клетки сцеплены между собой очень крепко с помощью плотных соединений. Их окружают астроциты и перicyты, клетки, которые оплетают кровеносную систему и способствуют передаче сигналов, и микроглия, которая участвует в починке повреждений.

**Проход через барьер**  
Раньше нейробиологи думали, что очень опасно пытаться что-то делать с гематоэнцефалическим барьером. Сейчас, чтобы ввести лекарства в мозг, они используют катетеры, пузырьки газа, ультразвук и даже прием, названный в честь знаменитого маневра времен Троянской войны.

**Гиперосмотический раствор**  
Некоторые растворы, такие как, например, раствор маннитола, могут поглощать воду из окружающих тканей. Когда врачи вводят маннитол в сонную артерию, он высасывает воду из клеток эндотелия и клетки сморщиваются. При этом нарушаются плотные контакты между клетками и лекарства могут проскользнуть внутрь.

**Введение микрокатетера**  
Врачи вводят тонкий катетер по кровеносным сосудам в мозг и используют маннитол, чтобы сделать проницаемым небольшой участок барьера рядом с тем местом, где планируется лечение. Потом через этот же катетер вводится лекарство. Такая методика уже используется для введения антикоагулянта при инсульте.

**Микропузырьки**  
Газировка в кровотоке? Врач вводит пациенту физраствор с микроскопическими пузырьками газа. Когда они доходят до мозга, сфокусированный ультразвуковой луч вызывает их вибрацию в определенном месте, гематоэнцефалический барьер приоткрывается и лекарства проникают в мозг.

**Троянский конь**  
Название указывает на то, что лекарство спрятано внутри другого вещества, но на самом деле его, как вагон, цепляют к другой молекуле, которая естественным способом проходит сквозь гематоэнцефалический барьер. Корпорация Genentech показала, что этот метод работает на мышах, но пройдет еще несколько лет, прежде чем будут проведены испытания на людях.

Illustration by Emily Cooper

достаточно быстро, т.к. соединены друг с другом очень плотными контактами. Это значит, что в здоровом мозге закрывать образовавшиеся бреши должны какие-то другие клетки. В одной серии экспериментов Недергард с помощью лазера порвала капилляр в мозге живой мыши. За 10–20 минут клетки микроглии полностью окружили поврежденную область. Исследовательница говорит: «Они зачехлили капилляр с потрясающей скоростью. Это очень красивое зрелище».

В настоящий момент ее группа пытается разобраться, действительно ли клетки микроглии составляют первую линию защиты и функционируют как аварийная бригада, которая временно закрывает барьер, пока не восстановится поврежденный эндотелиальный слой. Майкен Недергард рассказывает: «Можно предположить, что если клетки микроглии не работают должным образом, заткнуть маленькие "дырки" быстро не удастся и нейроны гибнут». Это всего лишь одна из многих гипотез,

## В Амстердамском университете исследователи эпилепсии обнаружили, что искусственное нарушение гематоэнцефалического барьера у крыс стабильно увеличивает у них число припадков, и чем сильнее нарушен барьер, тем больше шансов, что у животного разовьется височная эпилепсия

проверкой которых занимаются ученые, пытаюсь разобраться в том, какую роль играет гематоэнцефалический барьер при возникновении заболевания. Возьмем для примера рассеянный склероз, болезнь, при которой могут наблюдаться приступы изнурительной мышечной боли, онемение и проблемы со зрением. С давних пор врачам известно, что это заболевание возникает из-за разрушения миелиновых оболочек, которые покрывают и изолируют аксоны нейронов («провода», передающие сигнал), подобно резиновым оболочкам телефонных проводов. Но почему происходит разрушение миелина и чем это вызвано, оставалось не ясно. Все больше МРТ-исследований свидетельствуют о связи повреждения гематоэнцефалического барьера с разрушением миелина: большое число белых кровяных клеток проникает в мозг и атакует миелин. Ученые, основываясь на результатах нескольких новых исследований, предполагают, что активные формы кислорода могут повреждать барьер, фактически окисляя его, и что антиоксиданты,

блокирующие активные молекулы, могут быть использованы для стабилизации барьера. «Обычно рассеянный склероз считают аутоиммунным заболеванием, — отмечает Дрюс, — но мы начали рассматривать его как заболевание гематоэнцефалического барьера»

То же самое можно сказать и об эпилепсии. Уже некоторое время врачи и ученые знают, что эпилептические приступы сопровождаются временным нарушением гематоэнцефалического барьера, но до настоящего времени считалось, что это нарушение — следствие припадка, а не причина. Но сейчас на этот счет появилось другое мнение. В Амстердамском университете исследователи эпилепсии обнаружили, что искусственное нарушение гематоэнцефалического барьера у крыс стабильно увеличивает у них число припадков, и чем сильнее нарушен барьер, тем больше шансов, что у животного разовьется височная эпилепсия. Проводимые в Кливлендской клинике эксперименты на свиньях и наблюдения над людьми тоже показали, что припадок возникает после, а не до нарушения барьера. Другие исследователи обнаружили два барьерных белка, нарушение в работе которых может играть роль в развитии болезни Альцгеймера. Один из них (*RAGE*) участвует в транспорте бета-амилоида из кровотока в мозг; другой (*LRPI*) удаляет его. Если равновесие между ними нарушено, внутрь поступает слишком много бета-амилоида (или удаляется слишком мало) и тогда возникают характерные для болезни Альцгеймера сенильные бляшки. Хотя до клинического применения этого открытия еще далеко, возникает по крайней мере некоторая надежда. В экспериментах на мышах исследователям удалось предотвратить повышение содержания бета-амилоида, заблокировав действие гена, увеличивающего содержание *RAGE* в эндотелиальных клетках. Есть вероятность, что *RAGE*-подавляющие лекарственные средства (которые сейчас разрабатываются) дадут такой же эффект у людей.

Конечно, затыкание щелей в барьере — только половина дела. Другое дело — научиться аккуратно его приоткрывать, чтобы нужные лекарства могли проникнуть внутрь. Пока врачи нашли один проверенный способ сделать это, но уже ведутся работы по поиску максимально возможного количества путей.

### Сезам, откройся

Несмотря на то что сам гематоэнцефалический барьер — сложная структура, обмен между кровяным руслом и мозгом регулируется чрезвычайно простым набором правил. Чтобы пройти, молекула должна быть меньше 500 килодальтон (как большинство антидепрессантов, нейрорептиков и снотворных средств) или уметь использовать естественные ворота в барьере (как лекарство от болезни Паркинсона *L-дофа*), или быть липофильной, т.е. иметь сродство с жирами, и проскользнуть внутрь, связавшись с липидной мембраной (как алкоголь, кокаин и героин). По многочисленным оценкам, 98% лекарств не соответствуют этому критерию, т.е. не проходят через барьер либо проникают в таких мизерных количествах, что их концентрации не позволяют достичь

терапевтического эффекта. Предыдущие попытки воспользоваться естественными механизмами были неудачными. Например, повышение жирорастворимости лекарств позволяет им достаточно легко преодолевать гематоэнцефалический барьер, но, как вскоре выяснилось, эта стратегия имеет и свою обратную сторону. Некоторые препараты, проникнув внутрь, быстро выводились обратно, другие залипали в мембране и не могли начать работать. В то же время все они попадали и в другие органы тела с опасным отсутствием избирательности.

30 лет назад врач Эдвард Нойвельт (Edward A. Neuwelt) пошел другим путем. Будучи нейрохирургом и руководителем программы «Гематоэнцефалический барьер» в Орегонском университете здравоохранения и науки, он создал первую хирургическую методику нарушения барьера. Сначала он вводит раствор маннитола в артерию, идущую в мозг. Маннитол повышает осмотическое давление, т.к. в нем содержится значительно больше растворенного вещества, чем в клетках эндотелия в мозге, поэтому вода из клеток вытягивается и они сморщиваются подобно тому, как сморщивается кожа на пальцах, которые продержали в воде слишком долго. Сморщивание разрывает плотные контакты, образуя щели, достаточные для проникновения лекарства (введенного в ту же артерию). В промежутке между 40 минутами и двумя часами после процедуры эндотелиальные клетки возвращаются к своему прежнему размеру, образуют плотные контакты и барьер закрывается.

На протяжении примерно двух десятилетий Нойвельт использовал этот метод для взлома гематоэнцефалического барьера у пациентов с опухолью мозга, предполагая, что опухоль отреагирует на химиотерапию, если удастся доставить лекарство внутрь мозга. Одним из таких пациентов была Джоани Лафферти (Joanie Lafferty), мать троих детей, у которой в 2007 г. нашли лимфому центральной нервной системы (рак, который начинается в лимфатической системе и распространяется в мозг). Доктора обещали ей примерно месяц жизни. Когда она впервые приехала в Орегонский университет здравоохранения и науки, через две недели после первой биопсии мозга, правая сторона ее тела была парализована. Ее страховая компания предостерегала ее против процедуры, которая, по их словам, была еще на экспериментальной стадии и могла вызвать инсульт, непрекращающуюся эпилепсию или еще что-нибудь похуже. Но терять ей было уже нечего. Она рассказывает: «Это был единственный вариант. И я хотела жить». Всего через несколько недель после постановки диагноза Лафферти позволила Нойвельту с коллегами ввести ей катетер в левую сонную артерию. Катетер использовали для инъектирования гиперосмотического раствора маннитола, а за ним быстро вводили раствор химиотерапевтического метотрексата. На следующий день процедуру повторили, используя правую сонную артерию. Месяц спустя, а затем ежемесячно в течение года процедуру проводили вновь: сначала через левую артерию, потом через правую, с помощью маннитола приоткрывали гематоэнцефалический барьер, так что метотрексат мог пройти и атаковать

опухоль. К концу второго курса лечения пациентка смогла выйти из больницы на своих двоих, а не в инвалидном кресле. Спустя два месяца болезнь полностью затухла. И вот уже пять лет все в порядке.

Выживаемость среди пациентов Нойвельта, которым меньше 60 лет, в среднем составляет 13–14 лет, и когнитивные способности у них сохраняются значительно лучше по сравнению с больными, прошедшими через стандартную лучевую терапию. Конечно, не все лекарства от рака можно провести сквозь барьер и не все опухоли мозга можно вылечить таким способом. К настоящему времени лишь небольшое число лекарств прошли испытания, в ходе которых была доказана безопасность такого способа введения. Поскольку при этой методике маннитол из сонной артерии попадает во все сосуды мозга, барьер открывается во многих местах и возникает опасность отека, проникновения инфекции и отравления.

**Выживаемость среди пациентов Нойвельта, которым меньше 60 лет, в среднем составляет 13–14 лет, и когнитивные способности у них сохраняются значительно лучше по сравнению с больными, прошедшими через стандартную лучевую терапию**

В то время как группа Нойвельта работает над улучшением своей методики и расширением возможностей ее применения, другие врачи ищут альтернативные пути. Одно из наиболее многообещающих направлений — прямая установка микрокатетера. При этом подходе, как и при разрушающей барьер методике Нойвельта, катетер вводят в кровеносные сосуды и с помощью маннитола приоткрывают барьер. Но катетер вводят не в сонную артерию, а проводят по сосудам мозга выше и раскрывают маленький участок барьера непосредственно рядом с пораженной областью. «Это узконаправленное воздействие», — поясняет Джон Буквар (John Boockvar), нейрохирург, руководящий клиническими испытаниями в Медицинском колледже Корнелла Нью-Йоркского пресвитерианского госпиталя.

Пока не ясно, достоинство ли это или недостаток. С одной стороны, если открыть небольшой участок барьера, это снижает риск отека и возникновения припадков, не говоря уж о том, что гораздо меньший объем нервной

ткани подвергнется токсичной химиотерапии. С другой стороны, Нойвелт обращает внимание на то, что такое местное воздействие неудобно, если надо лечить заболевание, поразившее весь мозг, например рак или последнюю стадию болезни Альцгеймера. Он говорит, что с помощью микрокатетера можно воздействовать только на ту опухоль, которую уже обнаружили, но при онкологических заболеваниях могут быть незаметные пораженные участки, которые в итоге убьют пациента.

Микрокатетер уже регулярно используют для введения антикоагулянтов при инсульте; сейчас Буквар с коллегами проверяют его эффективность для инъекирования некоторых противоопухолевых лекарств. Они говорят, что в конечном счете эту методику можно будет использовать для лечения болезней Альцгеймера и Паркинсона, или, теоретически, любых заболеваний мозга, если для них существуют лекарственные препараты, которые надо провести через барьер. Другой способ открыть барьер — с помощью фокусированного ультразвука

**Существует предположение, что небольшие изменения в гематоэнцефалическом барьере — перепланировка в сосудистой системе мозга или несущественные утечки через барьер — расчищают путь для старческих нейродегенеративных заболеваний со всеми их страшными последствиями**

и микропузырьков газа. Исследователи вводят физраствор с микроскопическими пузырьками в кровяное русло. Затем с помощью сфокусированного ультразвукового луча они создают вибрацию пузырьков, и таким образом вскрывают в определенном месте плотные клеточные соединения. После этого лекарства, которые тоже были введены в кровоток, могут проникнуть в мозг. Через некоторое время плотные клеточные соединения восстанавливаются и барьер закрывается. Ученые из Гарвардского и Колумбийского университетов и других институтов развивают это направление. Показано, что данная методика безопасна для обезьян, скоро должны начаться испытания на людях.

Конечно, открыть барьер — не единственный способ ввести лекарства внутрь. Можно транспортировать их через проходы в барьере, прикрепив лекарство к веществам, которые проходят естественным образом. Ученые, разрабатывающие такие средства, называют их

«троянскими конями», что не совсем верно. Препарат не прячут внутрь, а прицепляют к концу молекулы, как вагончик. И в некоторых случаях такая методика работает. Так, «троянский конь», разработанный корпорацией *Genentech*, уменьшил на 47% число сенильных бляшек у грызунов. Это лекарство проникает через барьер в мозг с помощью тех же рецепторов, что и железо. Похожие лекарства (не только от болезни Альцгеймера, но и от других нейродегенеративных заболеваний) разрабатывают в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе и в других местах, и все они постепенно приближаются к общей цели: возможности испытания на людях.

## Начало и конец

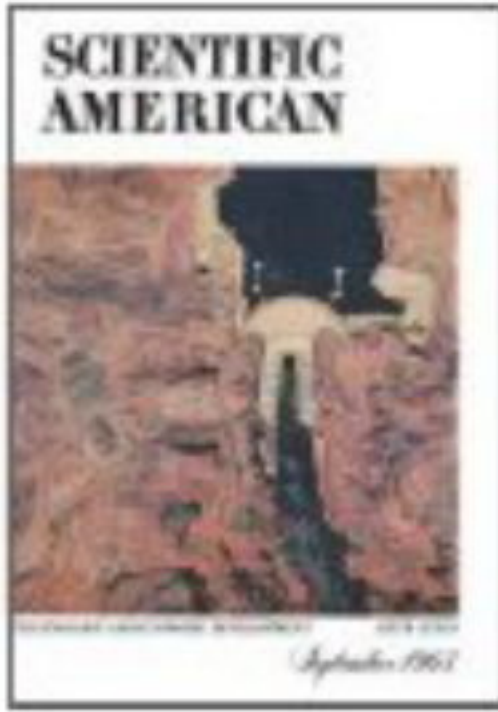
Тем временем знание о важности гематоэнцефалического барьера быстро переходит от исследования заболеваний к пониманию фундаментальных процессов развития и старения — начала и конца жизни. Эксперименты 1920-х гг. показали, что при рождении барьер недоразвит, и у специалистов по биологии развития эта точка зрения сохранялась до нынешнего дня. Но недавно было продемонстрировано, что плотные клеточные контакты формируются сразу же, как только кровеносные сосуды начинают проникать внутрь мозга эмбриона. Исследователи предполагают, что фактически барьер играет важную роль в процессах развития, обеспечивая в мозге особую внутреннюю среду, без которой нейроны не могут расти и образовывать связи.

Потом, с возрастом, эта специальная среда может начать разрушаться. Возникло предположение, что небольшие изменения в гематоэнцефалическом барьере — перепланировка в сосудистой системе мозга или несущественные утечки через барьер — расчищают путь для старческих нейродегенеративных заболеваний со всеми их страшными последствиями. «Это следующий важный вопрос, в котором надо разобраться, — говорит Дрюс, который занимается изучением барьера уже более двух десятилетий. — Пока наш главный вывод таков: как мало мы на самом деле знаем».

Перевод: М.С. Багоцкая

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Development of the Blood-Brain Barrier: A Historical Point of View. Domenico Ribatti, Beatrice Nico, Enrico Crivellato and Marco Artico in *Anatomical Record, Part B: New Anatomy*, Vol. 289, No. 1, pages 3–8; 2006.
- Engaging Neuroscience to Advance Translational Research in Brain Barrier Biology. Edward A. Neuwelt et al. in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 12, No. 3, pages 169–182; March 2011.
- Лаборатория эластографии в Колумбийском университете: <http://orion.bme.columbia.edu/ueil/research.php>
- Посмотреть на гематоэнцефалический барьер в микроскоп можно по адресу: [ScientificAmerican.com/jun2013/bbb](http://ScientificAmerican.com/jun2013/bbb)



## СЕНТЯБРЬ 1963

### Эрих Фромм о Карле Юнге.

«Вся жизнь Юнга, с самого детства, протекала под знаком поисков достоверности. Реален ли бог? Реален ли сам Юнг? Реально ли зло? Со временем он поверил, что нашел ответ в концепции, что все его представления, сны и фантазии суть проявления бессознательного и что он пер-

вым открыл эту первичную реальность, подчинился ей в полном осознании и тем приручил ее. Его автобиография красноречива и впечатляюща. Она бы вызвала глубокое сочувствие, по крайней мере у меня, если бы не тот факт, что в Юнге сочетались неспособность видеть истину и такая степень оппортунизма, что он, как трагический герой, часто бывал похож на гамельнского крысолова». — Эрих Фромм (Erich Fromm).



## СЕНТЯБРЬ 1913

### Крушение и безопасность.

В недавней тяжелой катастрофе на Нью-Хейвенской железной дороге, когда столкнулись паровоз и поезд, два деревянных спальных вагона в хвосте поезда полностью разломались, так что обломки и беспомощные пассажиры оказались разбросанными по обе стороны пути. Множество людей

погибли. Есть достаточно свидетельств того, что стальные вагоны в таких же условиях ведут себя совершенно иначе, и будь эти хвостовые вагоны стальными, многие их пассажиры, если не большинство, остались бы живы. *Фотоальбом о катастрофах за 1913 г. см. на сайте [www.ScientificAmerican.com/sep2013/disaster-safety](http://www.ScientificAmerican.com/sep2013/disaster-safety)*

**Игорь Сикорский, пионер авиации.** Петербургский корреспондент парижского спортивного журнала *Aero* телеграфировал своей редакции, что Игорь Сикорский построил, похоже, самый большой в мире самолет — биплан с размахом крыльев 27 м. Говорят, что этот самолет совершил полет с семью пассажирами, пролетев 90 км. Полет проходил на высоте 500 м и длился чуть меньше двух часов, причем в ходе полета пилоты менялись местами в своей кабине, а пассажиры разгуливали по салону, как в городской квартире. Разумеется, во Франции эти сведения о характеристиках самолета были восприняты с большим недоверием. «Русский витязь», построенный Сикорским в 1913 г., был первым в мире четырехмоторным самолетом. В сентябре того же года он был необратимо поврежден в результате нелепого случая.

**Примечание.** Уже в октябре 1913 г. был построен еще более мощный «Илья Муромец» — первый в серии из 73 машин. Эти самолеты использовались как тяжелые бомбардировщики (первые в мире).

**Искусственная почка.** С Международного медицинского конгресса, проходившего недавно в Лондоне, поступило следующее сообщение: «Наибольший интерес вызвала демонстрация профессором Джоном Джекобом Абелем (John Jacob Abel) из Балтимора нового остроумного метода удаления вредных веществ из кровотока. Этот метод почти наверняка окажется очень полезным для изучения некоторых из наиболее сложных проблем. С помощью стеклянной трубки, введенной в крупную артерию анестезированного животного, кровь отбиралась и пропускалась через ряд целлоидиновых трубок, после чего через другую стеклянную трубку возвращалась в вену животного. Все способные к диффузии вещества из крови проходили через слой целлоидина. Таким образом, Абель практически создал искусственную почку».



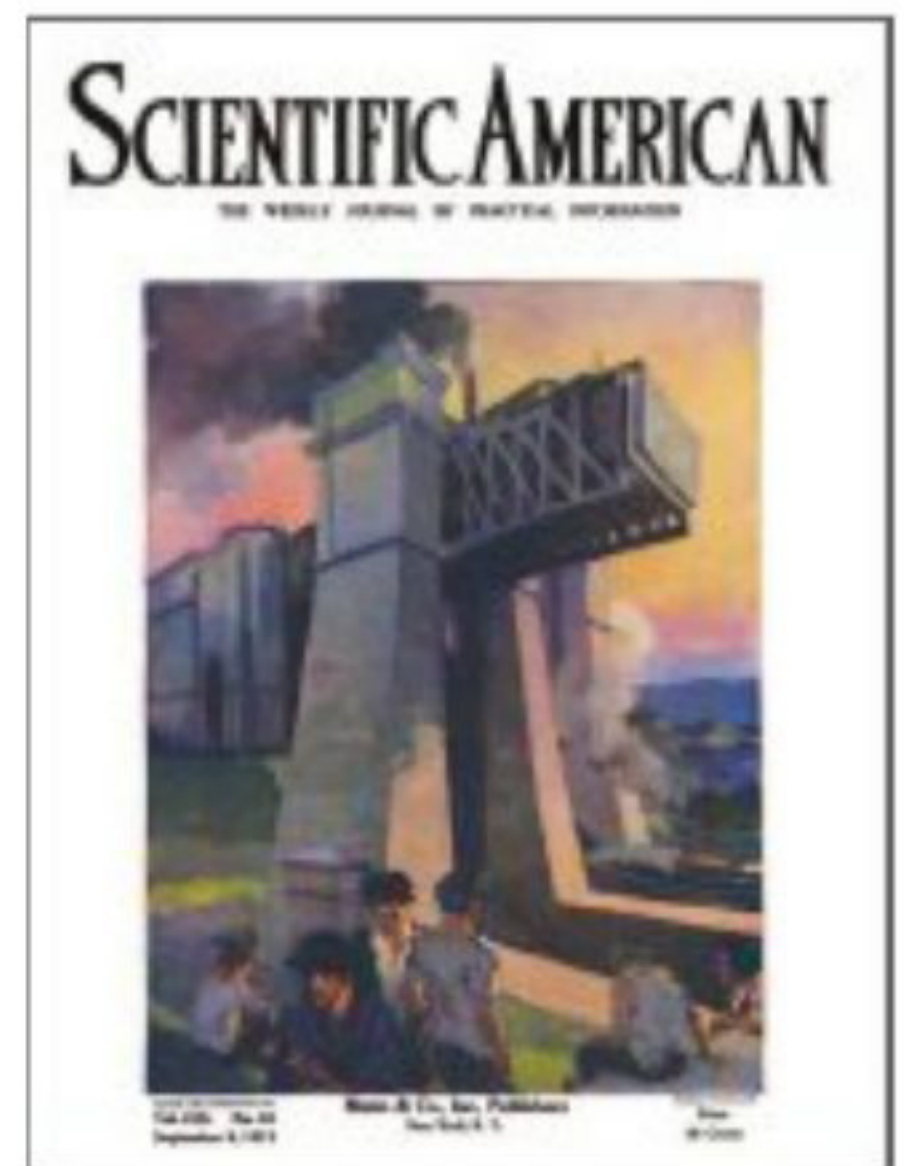
## СЕНТЯБРЬ 1863

### Разрушение машин.

Если бы дьявол в своей ненависти к людям задумал создать наилучший способ снижения зарплат, он не придумал бы ничего эффективнее побуждения людей к разрушению машин, которые экономят затраты труда. Блага всегда создавались трудом, и количество их пропор-

ционально количеству и качеству инструментов и машин, которыми приходится пользоваться работникам. Человек может создать что-то голыми руками, но с помощью топора или мотыги он может создать больше, а с помощью паровой машины или лесопилки — еще больше. Продукты распределяются между работниками и владельцем инструментов или машин. Со времен изобретения паровой, прядильной и хлопкоочистительной машин и механического ткацкого станка оплата труда в Англии и США выросла в несколько раз. ■

**Гидравлический судоподъемник.** Этот снимок украшал обложку номера журнала от 6 сентября 1913 г., главная статья которого была посвящена нескольким каналам. На нем изображен судоподъемник на водном пути Трент — Северн между озерами Онтарио и Гурон, способный поднимать и опускать суда на 20 м. Он был построен в 1904 г. и действует по сей день.





Мария Киселева

**ПОБЕДИТЬ**

**ДЕПРЕССИЮ**



### ОБ АВТОРЕ

**Мария Георгиевна Киселева** — научный сотрудник НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, кандидат психологических наук, клинический психолог.

*Тоска, меланхолия, депрессия... Хочется отодвинуться подальше от этих слов и стоящих за ними состояний души, вычеркнуть их из памяти и застраховаться от них в будущем. Наверное, каждый испытывал на себе их гнетущее присутствие, парализующее желания и волю*

**Д**ля кого-то это были периоды оправданной скорби, а на кого-то они накатывали без всяких причин. Кто-то убегал от них в бурную деятельность, кто-то опускал руки и сдавался. А кто-то не боялся погрузиться в самую пучину и использовал этот период для внутреннего роста. В любом случае, каждый может вспомнить раздирающую душевную боль, пронизывающую каждую клеточку. Это боль сильно ощущаемая, легко описываемая, но сложность избавления от нее состоит в том, что, как говорят медики, нет субстрата, невозможно определить ее локализацию, увидеть на рентгене, провести ее химический анализ, вырезать ее скальпелем. Иногда страдающий находит единственный способ избавления от нее — собственную смерть.

Начиная со времен Гиппократов, грешившего на несуществующую черную желчь, и по настоящее время, приписывая ответственность дофамину и серотонину, депрессию пытаются описать как результат «организменной» патологии. Абсурдной кажется идея, что мозг вырабатывает чувства, как желчный пузырь — желчь, и если на него повлиять медикаментозно, то выработку и характер мыслей и эмоций можно изменить. Можно их заглушить, но не изменить суть. Тем не менее

исключительно медикаментозный подход к лечению депрессии широко распространен. Но бурное развитие фармакологии не останавливает рост развития депрессивных состояний. По данным ВОЗ, в 2020 г. депрессия займет второе место после ишемической болезни сердца в списке заболеваний, приводящих к инвалидности.

Депрессия (меланхолия) отличается от нормального процесса горевания (скорби), связанного с реальной утратой чего-то важного для человека. В работе 1915 г. «Скорбь и меланхолия» Зигмунд Фрейд пишет: «Отличительными ментальными характеристиками меланхолии являются болезненное уныние, отсутствие интереса к внешнему миру, утрата способности любить, торможение всякой активности и снижение уважения к себе в такой степени, что это доходит до упреков в свой адрес и порицания себя и кульминирует в бредовом ожидании наказания. <...> За одним исключением эти черты характерны и для скорби. Снижение уважения к себе при скорби отсутствует, но остальные черты те же. Глубокая скорбь как реакция на утрату любимого человека означает такое же болезненное состояние психики, отсутствие интереса к внешнему миру, если он не напоминает о любимом, потерю способности

воспринимать новый объект любви (что означает замену старого) и отказ от любой деятельности, не связанной с мыслями о нем».

Горевание — нормальный, хотя и болезненный процесс адаптации человека к утрате, будь то потеря любимых людей или жизненных амбиций и иллюзий. Процесс горевания ограничен во времени, имеет четкую причину и не так тотален. Фрейд показывал, что при скорби «мир становится пустым», а при меланхолии — само «я».

При депрессии причина состояния не очевидна. Депрессия приходит как бы ниоткуда, постепенно завладевает человеком, топит его в отчаянии и безнадежности, мучает и терзает его необъяснимым чувством вины, высасывает из него все силы, уничтожает желания, парализует волю. Вот как описывает депрессию один мой пациент:

«Она накатывает серым пятном, накрывает с головой, заполняет и начинает расширяться. Мир становится бесформенным, безвкусным, бесцветным, мертвым. Зацепиться не за что. Только вязкая, поглощающая, распирающая мгла. Хочется схватиться за голову, растереть виски, но руки не находят головы на месте. Ее нет, ее сожрала тоска, растерла, уничтожив все мысли. Ощущение невесомости, нереальности, смерти. Отсутствие дыхания и сердечного ритма. Меня нет... Ужас и страх, пытаешься цепляться, но проваливаешься в никуда. Летишь, приготовившись к удару. Но дна нет, и в этом весь ужас. Бесконечность, серая вязкая бесконечность. Она снаружи и внутри, распирает и поглощает...»

Так чувствует себя человек в глубокой депрессии и всеми силами пытается бороться с этим опустошающим недугом, но без помощи извне чаще всего проигрывает. По наблюдениям, через полгода депрессия проходит сама, но чаще всего, чтобы вернуться с новыми силами.

Схожесть симптоматики депрессии и горевания навели Фрейда на мысль, что первоисточником депрессии становится ранняя вытесненная потеря важного для ребенка объекта, реального или воображаемого. Субъект не может оторвать свою привязанность от него и идентифицируется с утраченным объектом, направляя энергию привязанности на свое «я». Любая потеря связана с агрессией, направленной на утраченный объект за то, что тот оставил субъект без себя, тем самым не оправдав ожидания. Поскольку субъект отождествляется с утраченным объектом, эта агрессия направляется на сам субъект. Указанные процессы проходят на бессознательном уровне и не присутствуют в сознании, поэтому депрессия кажется беспричинной.

Таким образом, депрессия связана с потерей, которая вытеснена. При этом существует агрессия, обращенная на утраченный объект, которая перенаправляется на самого потерявшего и мучает его. Сразу же возникает терзающее чувство вины за бессознательные агрессивные импульсы, направленные на объект.

В работе с депрессивными пациентами видна череда потерь, которые не были адекватно пережиты и вытеснены в бессознательное. Причем это не всегда утрата людей, но также потеря статуса, иллюзий, образа себя.

Пациенты могут поверхностно и легко рассказывать о них, преуменьшая значимость потери и никак не связывая свое нынешнее подавленное состояние с утратой чего-то очень важного для них в прошлом. При этом их соматическая реакция на разговор о потере может быть ярко выраженной. Это показало исследование реакции пациентов кардиохирургического стационара на тему потери важных для них объектов. Перед началом беседы пациентов подключали к аппаратуре, измеряющей артериальное давление и сердечный пульс. Далее психолог беседовал с пациентом и отмечал изменения в измерениях в зависимости от темы разговора. Такие эмоционально насыщенные темы, как предстоящее хирургическое лечение, обычно не вызывали сильных изменений в показаниях артериального давления и пульса, чего нельзя сказать о темах, связанных с потерей важных объектов. Пациенты часто демонстрировали внешние равнодушие и спокойствие в разговоре об утрате, но их артериальное давление и пульс при этом повышались. Таким образом тело брало на себя удар переживания, не допуская в сознание непереносимую боль потери.

Можно представить, сколько энергии тратится для вытеснения травмирующей информации. Отсюда и полная обесцененность, столь свойственная депрессии и наблюдающаяся у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Более того, депрессия и сердечно-сосудистые заболевания часто идут рука об руку.

Возникает закономерный вопрос: как избежать депрессии, если вся наша жизнь состоит из череды потерь? Действительно, каждая судьба — цепь сепараций и утрат. Само наше рождение — это появление из утробы матери в бесприютный мир. Далее нас отлучают от груди, отдают в обучающие учреждения, где мы учимся приобретать и терять социальные контакты. Подростковый возраст — время утраты иллюзий: иллюзий собственного всемогущества, совершенства наших родителей. Но пока все еще кажется, что мы сможем изменить этот отнимающий мир. Молодой человек вступает в яростную борьбу с реальностью и в лучшем случае добивается каких-то успехов. К середине жизни мы понимаем, что можем многое, но не все. Приходится менять цели, а это опять расставание с иллюзиями и потеря прежних идеалов. Дальше не за горами время, когда мы начинаем терять родителей, друзей, здоровье, возможность прожить жизнь, движемся к смерти. При этом есть еще непредвиденные обстоятельства и потери, которыми богата жизнь каждого из нас. Каждая последующая утрата накладывается на предыдущую,





и в какой-то момент груз потерь становится непосильным. Но почему не все впадают в депрессию и как с ней справляться?

Одна из самых важных функций матери — научение ребенка самоуспокоению. Это не ряд специальных мер и правил, искусственно навязываемых малышу, а сама среда, в которой он растет. С самого рождения мать — зеркало эмоций ребенка. Новорожденный остро чувствует руки матери, то, что Дональд Винникотт называл «холдингом». Неуверенные руки тревожной мамы транслируют ребенку, что мир небезопасен. Отстраненные руки депрессивной матери говорят, что малыш должен рассчитывать только на себя, поскольку мать слишком поглощена своим страданием. Вырастая, малыш смотрит в материнские глаза, в которых отражается весь мир. Если взгляд мамы поддерживающий и уверенный, не пугает даже Баба-яга. Потом малыш готов к восприятию слов. Он учится реагировать на разные



стимулы, различать собственные чувства и эмоции окружающих людей. Он научается распознавать собственные гнев и бессилие, радость и печаль и управлять ими. Этой, казалось бы, естественной, но очень важной части человеческого развития, к сожалению, уделяется слишком мало внимания. Безусловно, в норме все идет своим чередом, малыш учится различать свои чувства и справляться

с ними самостоятельно и конструктивно. Но так бывает отнюдь не всегда. Если мама сама не умеет позаботиться о своем эмоциональном мире, то она вряд ли сможет обучить этому ребенка. Не способствует этому и ранняя институализация. Таким образом, в борьбе с депрессией выигрывают те, кто умеет различать нюансы собственного душевного мира, анализировать и преобразовывать их, чему способствует благоприятная психологическая обстановка раннего развития.

Но почему именно в наше время отмечается рост депрессий? Ведь жизнь никогда еще не была столь комфортной. Сняты все ограничения, полная свобода. Но современный мир — это одиночество, особенно в городах и для пожилых людей. Нивелируется ценность семьи, а ведь именно семья — основная поддерживающая и питающая сила любого человека. Телеграфные фразы в соцсетях заменяют живое человеческое общение. Нам хочется быть со всем миром, а в итоге мы сидим за компьютером и стыдимся предъявить свое несовершенство даже одному человеку.

Со всех сторон на нас давит необходимость достижений. Во всем — в личной жизни, в семье, на работе, на отдыхе — мы должны быть чемпионами. С экранов на нас

глядят счастливые влюбленные, занимающиеся сексом два раза в сутки, успевающие еще и поработать и с детьми в зоопарк сходить. По сравнению с ними сложно не почувствовать собственное ничтожество и не впасть в депрессию. При этом столь «идеальная» картинка лишена хоть какого-то смысла. Ради чего все это?

Все это поддерживается иллюзией, что потреблением товаров можно достичь полного счастья. Идентичность «нового» человека формируется через то, что он имеет. Попросите школьника описать своего друга, он вам скажет: «Вася крутой, у него пятый iPhone и новый Mac, он носит Adidas». И ничего о его личных достижениях и его душевном мире. Иногда, спрашивая пациентов 50 лет: «Расскажите, какой вы человек?», можно услышать шокирующий ответ: «Я об этом никогда не думал». И это не шутка. Человек может вообще о себе ничего не знать, и тогда он заполняет себя мусором из глянцевых картинок и потребления, густо заливая все это алкоголем. Опустошенная идентичность — болезнь нашего времени, приводящая к невозможности переживания чувств и развитию депрессии.

Так и рождается хроническая депрессия. Каждый день мы теряем свое шаткое «я», иллюзии собственного совершенства и возможности получить счастье от приобретения еще чего-то. Все это накладывается на череду естественных жизненных потерь. И главное, мы не можем это ни с кем обсудить. В Интернете мы показываем себя только с лучшей стороны, как людей без проблем. Выкладываем фотографии — глянцевые бессмысленные нарциссические оттиски себя, — как будто доказывая себе и миру, что мы существуем и у нас все отлично. Открыть же свои болезненные стороны в реальном человеческом общении становится невыносимо стыдно.

Тем не менее именно эмпатическое человеческое общение может если не исцелить душевную боль, то хотя бы смягчить ее и сделать переносимой. Многие же лишены возможности рассказать о своем страдании понимающему собеседнику. Вспоминается рассказ А.П. Чехова «Тоска», где немолодой извозчик, у которого умер сын, не находя слушателя среди людей, делится своим горем с лошастью, «рассказывает ей все». И теплое молчаливое дыхание лошади согревает душу старика. Как многим не хватает этого тепла!

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Психопанализ депрессий / под ред. М.М. Решетникова. СПб.: Восточно-Европейский институт психопанализа, 2008.
- Фрейд З. Скорбь и меланхолия // Вестник психопанализа, № 1, 2002.



BRYAN NASH GILL, AUTHOR OF 'WOODCUT', PRINCETON ARCHITECTURAL PRESS, NEW YORK CITY, 2012

# КРУГИ ПО ДЕРЕВУ

Деревья рассказывают о том,  
как менялся климат



**П**одобно многим формам, рожденным живой природой, рисунки годовичных колец на пнях и спилах древесных стволов вводят к воображению самых разных людей, в том числе и столь несхожих, как художники и ученые. Чтобы получить изображение, которое вы видите слева, художник из Коннектикута Брайан Нэш Гилл (Bryan Nash Gill) взял спил упавшего ствола ивы, отполировал его тонкой наждачной бумагой, а затем частично обуглил при высокой температуре в специальной печи, чтобы сделать кольца более рельефными.

После этого он с помощью валика нанес на поверхность древесины чернила и приложил к ней лист бумаги, получив в результате своеобразную гравюру. «Не только музыкант, но и художник может сделать так, чтобы дерево пело», — комментирует свою работу Брайан. Для дендрохронологов — ученых, исследующих связи между рисунком годовичных колец и ежегодным изменением условий, в которых растет дерево, любой образец древесины — и этот отпечаток тоже — может добавить новые страницы к истории о климате прошлого. Конни Вудхауз (Connie Woodhouse), адъюнкт-профессор из Школы географии и территориального развития при Университете штата Аризона, взялась прокомментировать работу Гилла с позиций своей науки. На спиле ивы, замечает она, кольца имеют ширину, меняющуюся от года к году, — свидетельство того, что некоторые годы были более благоприятны для ее роста, а другие менее. Волнистые кольца справа — это кап, нарост неправильной формы на стволе, появление которого вызывается некоторыми заболеваниями. Еще, добавляет Вудхауз, спил имеет две сердцевинные области, и это говорит о том, что у ивы вначале было два ствола, которые с возрастом слились в один.

На гравюре Гилла хорошо видны также сезонные особенности прироста годовичных колец. В процессе обугливания художник выжиг более легкую и мягкую древесину, сформировавшуюся в начале каждого года, и сохранил летнюю — более тяжелую и плотную. Подобными вещами занимается и Конни Вудхауз: в своей профессиональной работе она целенаправленно изучает изменения в ширине летней древесины, чтобы проследить за многолетним поведением муссонных дождей, выпадающих над Аризоной и Нью-Мексико. В ходе исследования, результаты которого опубликованы в мартовском номере онлайн-журнала *Geophysical Research Letters*, Вудхауз и ее коллеги проанализировали рисунки годовичных колец у различных деревьев, живших в течение последних 470 лет. Авторам удалось выяснить, что свойственные региону жестокие засухи были три-четыре столетия назад страшнее и продолжительнее, чем в XX в. Правда, это слабое утешение для нынешних фермеров перед лицом новой волны катастрофических засух, надвигающейся на американский Запад. ■

**Марисса Фессенден (Marissa Fessenden)** — писательница-фрилансер, живущая в Бруклине, Нью-Йорк, и пишущая о науке.

Перевод: В.Э. Скворцов

■ Видеоматериалы, рассказывающие о дендрохронологии, см. по адресу: [ScientificAmerican.com/jun2013/tree-rings](http://ScientificAmerican.com/jun2013/tree-rings)



### Что скрывается за симптомами

В самом свежем издании руководства по диагностике и статистике психических расстройств не уделяется внимания биологическим механизмам психических заболеваний. Новые исследования смогут исправить ситуацию

Американская психиатрическая ассоциация выпустила пятое издание справочника для врачей «Диагностическое и статистическое руководство по психическим заболеваниям» (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-5*) в мае этого года. Ученые всего мира с нетерпением ожидали новое руководство, которое обычно выходит примерно раз в 14 лет. Этот справочник описывает симптомы более чем 300 официально признанных психических заболеваний, таких как депрессия, биполярное расстройство, шизофрения, и помогает психиатрам, консультантам и врачам общей практики диагностировать своих пациентов. Но у руководства до сих пор есть один существенный изъян — в нем нет ни слова про биологические механизмы умственных расстройств. Раньше это соответствовало реальному положению дел в науке. На протяжении многих лет существования справочника ученые не имели четкого представления о причинах психических заболеваний.

Сейчас ситуация изменилась. Нейробиологи начали более-менее разбираться в том, как работает мозг при нарушениях памяти, эмоций и внимания, свойственных различным психическим заболеваниям. Клинический психолог Брюс Катберт (Bruce Cuthbert) со своими коллегами из Национального института психического здоровья (США) на основе последних научных исследований разрабатывает систему классификации для выявления

изменений в работе мозга при психическом заболевании. Катберт считает, что справочник *DSM* играет важную роль и его нельзя заменить новой системой. Но он с коллегами надеется, что в будущем в него добавится информация о биологических механизмах психических расстройств, что позволит более точно проводить дифференциальную диагностику.

Проект Катберта может получить дополнительное финансирование по поддержанной Барак Обамой программе изучения мозга (*BRAIN Initiative*). Катберт считает, что ученым надо исследовать ключевые когнитивные и биологические процессы, вовлеченные во множество видов психических заболеваний. Одни специалисты смогут изучать механизмы посттравматического стрессового расстройства: почему нейроны, которые реагируют на опасность и хранят страшные воспоминания, вдруг начинают вести себя необычным образом. Другие получат возможность исследовать нейробиологию галлюцинаций, нарушения суточного ритма или то, как наркотическая зависимость меняет мозг.

Конечная цель этих работ — выявить новые пути лечения. Катберт говорит, что сейчас о мозге известно гораздо больше, чем ранее, и здесь нам предстоит огромный рывок вперед.

Феррис Джабр



## «МОЗГОВОЙ ШТУРМ» с Анной Урманцевой



Программа о науке и высоких технологиях  
на канале «ТВ Центр»

Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

# НАУКА

из первых рук

2 2013

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ  
ТРИ АКАДЕМИИ  
САХАЛИ

ОТКАЗ  
«АКАДЕМИИ»  
КОСМОС

ИЗ КОСМОСА  
ВСЕ  
ОБНАРУЖЕНО

С ПЕРВЫХ  
РУК  
НАУКОВОГО

«Но чтоб сие здание [АКАДЕМИЯ]  
взвременно и полезно было, то  
имеет оно само себя править»

Счетные выписки Московской книжной лавки  
Петербургской Академии наук помогли распутать  
клубок интриги, отразившейся на важных  
вопросах политической жизни России  
середины XVIII в.

Из семи тысяч астероидов, сближающихся  
с Землей, 900 небесных тел с размерами  
более 1 км представляют  
потенциальную угрозу для нашей планеты

В отличие от привычных антибиотиков, препараты  
на основе фагов – вирусов, поражающих  
бактерии, не приводят к возникновению  
лекарственной устойчивости патогенов

На основе комплексного  
молекулярно-генетического исследования  
возбудителей описторхоза создан  
высокоспецифичный и чувствительный  
метод ДНК-диагностики паразитов

**ПОДПИСКА на 2013 г.**

«Роспечать», индекс **46495**

«Пресса России», индекс **42272**

На сайте журнала:

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

В редакции: [zakaz@info-press.ru](mailto:zakaz@info-press.ru)



## Плавучий университет исследует Арктику



Научно-исследовательское судно «Профессор Молчанов»

В конце июля на Беломорье ночи еще по-летнему светлы, но погода уже напоминает о приближении осени частыми холодными ветрами. В высокой Арктике в этом году сезон навигации непростой, много плавучих льдов, частые сильные штормы, погода как-то особенно непредсказуема. Из второго за это лето рейса возвратилось научно-исследовательское судно «Профессор Молчанов». Пройдено 4150 миль по полярным морям. У студентов Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова закончилась поистине уникальная практика — 24 дня они находились в плавании в высоких широтах.

На набережной Северной Двины в Архангельске собрались встречающие. Первое слово — капитану корабля: Виктор Лощевский отрапортовал, что программа рейса и задачи, поставленные перед экипажем, выполнены, экипаж готов к новым походам. Наталья Бызова, научный руководитель экспедиции, рассказала собравшимся об успешном выполнении научной и учебной программы. Студентов поздравляли, вручали грамоты и сертификаты участников проекта, они радовались встрече с близкими, но на всех лицах явно читалось: они еще там, в море.

Арктический плавучий университет. Так назвали этот инновационный проект — совместную работу САФУ им. М.В. Ломоносова, Росгидромета и Русского

географического общества. Он представляет собой серию научно-образовательных высокоширотных морских экспедиций, в которых участвуют как ученые, ведущие исследования Арктики, так и преподаватели САФУ, и, конечно, студенты, для которых эти рейсы — беспрецедентная возможность приобрести опыт и знания, недоступные ни в одном из курсов, прослушанных в учебных аудиториях.

Исследования Арктики традиционны для российской науки. Были и время мощного подъема и популярности, и период спада. Потребности нынешнего дня — укрепление национальных интересов страны в полярных широтах — делают эти исследования все более актуальными. В этой ситуации как нельзя более важно подготовить квалифицированных специалистов нового поколения, не только знающих, но и любящих Арктику.

Арктический плавучий университет вышел в свой первый рейс в 2012 г. В этом году прошли уже два рейса в Гренландское, Баренцево, Карское и Белое моря, к берегам Шпицбергена, Новой Земли и Земли Франца-Иосифа. Программа исследований проекта нацелена на комплексное изучение Арктики.

Арктика меняется. Сегодняшние метеорологические и ледовые условия, гидрографическая обстановка, состав флоры и фауны уже совсем не те, что 20 лет назад. Местами изменились даже контуры береговых линий, фарватеры, появились новые морские течения. Для работы в новой обстановке необходим новый этап накопления точных данных.

Результаты только что закончившегося рейса впечатляют: за три недели — 35 655 измерений температуры и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра, 6,5 тыс. измерений потока коротковолновой солнечной радиации, 430 измерений общего содержания озона в атмосфере, 17 измерений относительной прозрачности и цвета морской воды. Выполнены работы на 80 океанографических станциях на семи океанографических разрезах, где определялось вертикальное распределение температуры, солености и растворенного кислорода в воде. Общее количество полученных данных превышает



Капитан корабля Виктор Лощевский поздравляет участников экспедиции с ее окончанием



Научный руководитель экспедиции Наталья Бызова со студентами



Плавающие льды у берегов Земли Франца-Иосифа

360 тыс. значений. Для выявления содержания кремния, нитратного, нитритного, аммонийного и общего азота, минерального и общего фосфора, растворенного кислорода, органического углерода, углеводов, pH, общей щелочности, содержания катионов натрия, кальция, магния, калия в воде Баренцева, Карского и Белого морей взято 4906 проб морской воды на различных глубинах. Все полученные данные будут обработаны и сопоставлены с результатами предыдущих экспедиций. Это неоценимый новый материал в исследованиях Арктики.

Участники экспедиции совершили 11 высадок на берега полярных островов. Для определения электрофизических свойств воды и льда проведено изучение снежников, припайного и покровного льда, морской и талой воды на ключевых участках на полуостровах Канин и Югорский, островах Колгуев, Вайгач, Хейса, Чамп, Гукера, леднике Седова, побережье заливов Русская Гавань, Ледяная Гавань и мысе Желания на Северном острове Новой Земли. Биологами проведено геоботаническое описание 27 различных растительных сообществ. Заложены 12 пробных площадей для учета наземной фитомассы и 206 пробных площадок в сообществах разных типов для учета видового разнообразия на единицу площади. Собран гербарный материал в количестве 350 листов 124 видов сосудистых растений и 200 образцов мхов и лишайников. Сделаны 15 почвенных разрезов и химический анализ проб почвы по 35 горизонтам. На острове Чамп участникам экспедиции довелось разглядеть вблизи знаменитые каменные шары-конкреции — одну из неразгаданных загадок Арктики.

Студентам представилась редчайшая возможность своими глазами увидеть места, связанные с именами великих исследователей Арктики, в буквальном смысле прикоснуться к истории их экспедиций — и успешных, и трагических. В Ледовой Гавани на Новой Земле они побывали на месте последней зимовки командора Виллема Баренца — первого исследователя этих островов. В настоящее время на полярных островах неведомо кем оставлено немало деревянных строений. Экспедиция проводит уникальное исследование морского географического наследия: определение дендрохронологическим методом датировки этих построек. Будучи обработанными, пробы древесины расскажут много новых ранее неизвестных арктических историй.

Экспедиция закончилась, но работа в Арктике для ее участников только начинается. Преподаватели САФУ говорят, что их студенты за этот сравнительно недолгий срок изменились прямо у них на глазах. Они почувствовали вкус к рискованному путешествию, извели настоящий морской путь, поняли, что такое дружба и помощь друг другу. Это бесценный опыт. И главное — все они без исключения вернулись на берег страстно влюбленными в Север. Он теперь навсегда с ними — и в жизни, и в их будущей научной работе.

Подготовила Екатерина Головина

Выражаем благодарность за помощь в подготовке материала сотруднику РГО Алексею Кабанову



Студенты за работой во время высадки на один из островов



Растения полярных островов приспособлены жить прямо на камнях

# К тайне града Китежа

Новый проект **Русского географического общества**

Вечер на Светлояре

**К**огда-то в этих краях не было настоящих дорог, и от города Семенова к заветному озеру Светлояр вела хорошо натоптанная тропа. Если выйти с утра и не отдыхая идти по ней целый день, к вечеру путнику открывались холмы над берегом озера.

Это небольшое озеро, лежащее в междуречье рек Керженец и Ветлуга, получило широкую известность благодаря тайне града Китежа, по преданию опустившегося на дно Светлояра, когда хан Батый подошел к его стенам. Легенда стала известной благодаря роману-эпопее «В лесах» П.И. Мельникова-Печерского; к ней не раз обращались художники, поэты, писатели, композиторы — получился небывалый культурологический феномен, выросший из народных поверий.

Тайны озера интриговали не только людей искусства. Многочисленные научные исследования дали много интересных фактов, но, как ни странно, вопросов до сих пор больше, чем ответов.

Озеро Светлояр имеет странно правильную яйцевидную форму; при небольших размерах — 454 на 344 м — его глубина составляет более 30 м. Необыкновенно чистая вода гидрокарбонатно-кальциевого типа прозрачна

на глубину более 5 м. Озеро холодное, его питают многочисленные донные ключи. Исследования кислородного и трофического режима и состава фитопланктона свидетельствуют в пользу отнесения его к олиготрофным водоемам, самым чистым и самым уязвимым, таким как Байкал или Телецкое озеро. Процессы деструкции органики в Светлояре явно преобладают над фотосинтезом — озеро очищает себя само, причем очень эффективно, несмотря на малый размер и мощный антропогенный пресинг. Как именно? Нужны новые исследования.

До сих пор нет единого мнения по поводу происхождения Светлояра. Первым его исследователем в конце XIX в. был великий русский ученый-почвовед В.В. Докучаев. Его первая версия: озеро — метеоритный кратер. Впоследствии Докучаев сам отказался от этой сенсационной гипотезы и стал придерживаться более спокойной версии карстового происхождения: озеро представляет собой провал в мягких меловых породах. Однако в 60-х гг. прошлого века геологи, пробуравив скважину на берегу, обнаружили карстовые породы лишь на глубине 200 м. Вновь появились вопросы.

Есть и тектоническая гипотеза: Светлояр расположен на пересечении древних глубинных разломов



Вода в озере Светлояр отличается редкой чистотой



Водолазы из отряда РГО готовятся к погружению





и образовался в результате землетрясения. Автор версии геолог В.И. Никишин даже приводит несколько событий — мощных землетрясений 1474 и 1559 гг., упомянутых в летописях. Однако в эту гипотезу не вписывается слишком правильная форма озера.

Исследования, проведенные в 2007 г., вновь возвращают к теории метеоритного происхождения Светлояра. Версия связывает воедино практически все достоверные данные об озере. Об этом свидетельствуют и его правильная форма, и глубина, и геологическая структура окружающих холмов, и стратиграфия донных отложений, и, что самое важное, — новые удивительные находки. Экспедицией были обнаружены многочисленные фрагменты оплавленных пород, округлые каплевидные образования черной вспененной стеклообразной массы, аналогичные хорошо описанным в геологии импактитам — породам, образовавшимся в результате метеоритного удара о поверхность Земли. Слегка вытянутая форма озера-кратера и расположенность холмов — кратерного вала только на южной его стороне — позволяет предположить, что небесное тело, создавшее Светлояр, двигалось с севера на юг по низкой траектории под углом 30–40° к поверхности Земли.

Мало того, исследователи предполагают, что на территории области есть сходные объекты. Нужно исследовать глубокие озера Нестияр, Кузьмияр, Изъяр, Мал, Плотова, Патъяр, Глубокое и ряд других — вместе они образуют как бы слабо вытянутое эллиптическое поле, ориентированное на юго-восток по длинной оси. Если дальнейшие исследования подтвердят «небесную» версию, то можно будет говорить о ранее неизвестном кратерном метеоритном поле голоценового возраста в Верхнем Поволжье.

Русское географическое общество намерено возобновить систематические исследования Светлояра. Нижегородское и Татарстанское отделения РГО организовали совместную экспедицию на озеро. Эта экспедиция — одновременно исследовательская и учебная. Для студентов естественно-географического факультета Нижегородского педагогического университета она станет интереснейшей практикой по гидрологии, географии и по истории родного края. Специалисты РГО планируют развернуть здесь новые перспективные туристические проекты. Но «гвоздь» экспедиции на Светлояр — участие в ней подводного исследовательского отряда РГО, профессионалов сложных погружений, под руководством Дмитрия Шиллера. Ребята подготовились спуститься



Памятник князю Георгию Всеволодовичу и святителю Симону Суздальскому в Нижегородском кремле

ко дну Светлояра, исследовать его визуально, взять пробы воды, образцы грунта, донных отложений и древесных остатков для радиоуглеродного анализа. До них на дно озера опускались лишь один раз — в 1968 г. водолазы комплексной научной экспедиции, организованной «Литературной газетой», обнаружили в озере две подводные террасы.

6 и 7 июля водолазы экспедиции РГО совершили два погружения в Светлояр. Они оказались весьма сложными технически: температура воды в глубине составляет не более 2° С. Четыре пары водолазов прошли параллельными курсами, достигли дна на разных глубинах и взяли первые образцы. Дмитрий Шиллер, человек с огромным опытом погружений в самых экстремальных условиях, выйдя на берег, рассказал о первых впечатлениях. Дно озера закрывает колышущееся непрозрачное облако. Чуть двинешься, погрузишь туда руку — клубы ила становятся еще гуще. По всей вероятности, это бесчисленные родники поднимают придонные отложения. Он продемонстрировал первые пробы — два обломка дерева со дна Светлояра, материал для радиоуглеродных исследований. Пробы воды, ила, дерева, взятые группой, сейчас находятся в обработке в лабораториях Нижегородского педагогического университета. ■

*Подготовила Екатерина Головина*

**Выражаем благодарность за помощь в подготовке материала сотрудникам РГО Татьяне Нефедовой, Светлане Соткиной, Илье Мельникову**



Подводник Сергей Салеев доволен удачным погружением



В руках Дмитрия Шиллера фрагменты дерева со дна Светлояра

## КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
  - по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, кор. 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 2013 г. составит:

Для физических лиц: **1140 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью\*.

Для юридических лиц: **1200 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2004–2006 гг. — **бесплатно**, за 2007–2011 гг. — **20 руб. 00 коп.**,

за 2012 г. — 1-е полугодие — **60 руб. 00 коп.**; за 2012 г. — 2-е полугодие — **120 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **70 руб** заказной бандеролью, **50 руб.** — простым письмом.

Бланк подписки на журнал размещен на сайте [www.sciam.ru](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
2012 г.												
2011 г.												
2010 г.								объединенный выпуск	объединенный выпуск			
2009 г.												
2008 г.												
2007 г.												
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Индекс \_\_\_\_\_

Область \_\_\_\_\_

Город \_\_\_\_\_

Улица \_\_\_\_\_

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

Телефон \_\_\_\_\_

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

\* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

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

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

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

Плательщик

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

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

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

Плательщик

**ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ  
НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ»  
МОЖНО:**

**В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ**

**ПО КАТАЛОГАМ:**

**«РОСПЕЧАТЬ»,**

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС**

**81736 для частных лиц,**

**19559 для ПРЕДПРИЯТИЙ**

**И ОРГАНИЗАЦИЙ;**

**«ПОЧТА РОССИИ»**

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС**

**16575 для частных лиц,**

**11406 для ПРЕДПРИЯТИЙ**

**И ОРГАНИЗАЦИЙ;**

**АП ИНТЕР-ПОЧТА**

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 4626**

**WWW.INTERPOSTA.RU**

**КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724**

**WWW.AKC.RU**

**ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:**

**ООО «УРАЛ-ПРЕСС»,**

**WWW.URAL-PRESS.RU**

**СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ**

**ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО «МК-ПЕРИОДИКА»,**

**WWW.PERIODICALS.RU**

**РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:**

**ООО «АГЕНТСТВО «КНИГА-СЕРВИС»,**

**WWW.AKC.RU**





## Читайте в следующем номере:



### Удалить лишнее

Во время сна в мозге ослабевают связи между нервными клетками, по-видимому, для сохранения энергии и, как это ни парадоксально, для содействия процессу запоминания.

### Как создается реальность

Мир состоит из частиц и силовых полей — так говорят физики. А знаем ли мы, что такое на самом деле эти частицы и силовые поля? Нет, мы не знаем.

### Почему мы такие сложные?

Специалисты изучают вопрос, каким образом в процессе эволюции может происходить усложнение организмов не под воздействием дарвиновского естественного отбора.

### Специальный репортаж: образование

Большие данные идут в школу, онлайн-курсы для развивающихся стран, плюсы и минусы машинного обучения, высокоскоростные учебные заведения и другие аспекты образования в цифровую эпоху.

### Специальный репортаж: химия

В честь ежегодной летней встречи молодых ученых с нобелевскими лауреатами в Линдау, которая в этом году была посвящена химии, мы публикуем архивные выдержки из статей обладателей этой премии — авторов нашего журнала.

**Н** очевидное  
невероятное

В мире науки

ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

# НАУЧНАЯ РОССИЯ

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

Для всех, кто живет  
на планете  
**ЗЕМЛЯ!**

