

**БЕГСТВО ОТ МОРЯ**

Вода прибывает — люди уходят

**ЛИЧНОСТЬ В НАУКЕ**

100 лет академику Борису Патону

**И СНОВА ДАРВИН**

Учение об эволюции в школах

# В мире науки

**SCIENTIFIC  
AMERICAN**

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал

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

10 2018



**12+**



## СЕДЬМОЕ ЧУВСТВО

Иммунная система может  
работать как сенсорный  
орган, помогающий мозгу  
следить за микробами  
по всему телу



ISSN 0208-0621



9 770208 062001

18010



>



4

## Темы номера

### НЕЙРОБИОЛОГИЯ

#### Седьмое чувство

*Джонатан Китнис*

Оказывается, иммунная система, которую долгое время считали отделенной от мозга, принимает активное участие в его жизнедеятельности

### ЮБИЛЕЙ

#### «Наука — это труд и счастье!»

*Владимир Губарев*

К столетию президента Национальной академии наук Украины академика **Бориса Патона**: интервью длиною в 60 лет

### АСТРОФИЗИКА

#### А есть ли темная материя?

*Стейси Макго и Сабина Хоссенфельдер*

Астрофизики накопили данные множества наблюдений, которые трудно объяснить, прибегая к понятию темной материи. Пришло время задуматься: быть может, гравитация устроена сложнее, чем учил нас Эйнштейн?



42

# СОДЕРЖАНИЕ

Октябрь 2018

### МЕДИЦИНА

#### 4 Движение — все. Цель — жизнь 34

*Наталья Лескова*

Каким образом мы можем сохранить свое здоровье? Как врач может нам в этом помочь? Какие методы сегодня наиболее эффективны? И какие ошибки может допустить человек, сталкиваясь с хронической болью?



### 14 ГЕНЕТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ

#### От генетики микроба к устройству мира 42

*Наталья Лескова*

Исследователи из ГосНИИгенетики НИЦ «Курчатовский институт» знают, как подружиться с микроорганизмами, не нанеся вреда себе и окружающему миру



### 24 БИОТЕХНОЛОГИИ

#### Вечнозеленый Томск 50

*Наталья Лескова*

Ученые из Томского политехнического университета мыслят в масштабах от тайги до космоса



50



82



72

**КЛИМАТ**

**Под водой**

*Джен Шварц*

Прибрежные поселения, приспособившиеся к жизни в условиях поднимающегося уровня моря, стали делать то, что раньше казалось невозможным: отступать

**СПЕЦРЕПОРТАЖ:**

**ОБРАЗОВАНИЕ-2018**

**Вернуть Дарвина в дело**

*Адам Пиор*

Исследования показывают, что 60% американских учителей избегают преподавать теорию эволюции или урезают эту часть программы. Сейчас принимаются меры, чтобы изменить ситуацию

**ОКЕАНОЛОГИЯ**

**Гигантские волны**

*Крис Диксон*

Прогнозирование природных явлений и опыт серферов позволяют организовать рекордные заезды на самых больших прибойных волнах планеты

56



56

**МАТЕМАТИКА**

**Искусство, порожденное числом**

*Стивен Орис*

Изображения и скульптуры, вдохновленные математическими принципами, иллюстрируют величественную красоту науки

88

**Разделы**

**От редакции**

3

**Технофайлы**

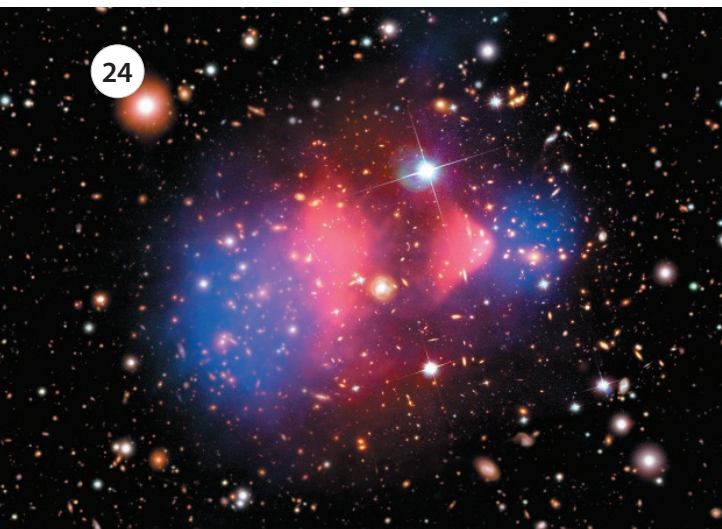
94

**50, 100, 150 лет тому назад**

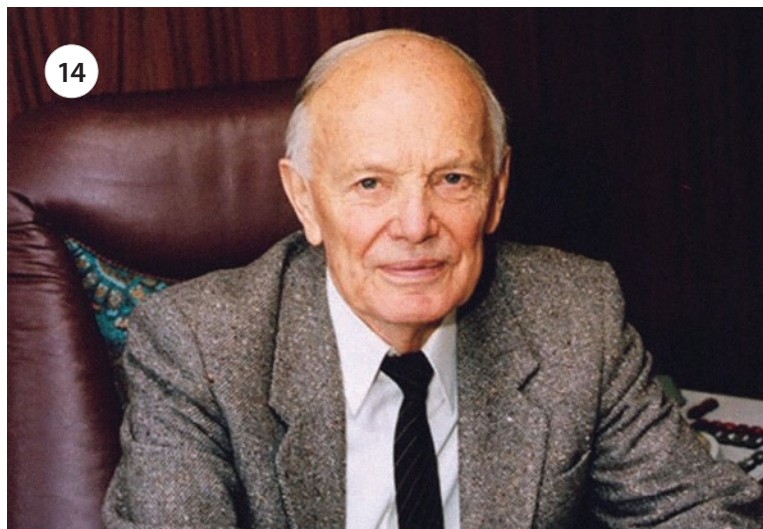
96



88



24



14

# В мире науки

SCIENTIFIC  
AMERICAN

## Наши партнеры:



PETER



SERVICE



Сибирское отделение РАН



РОСАТОМ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



очевидное  
невероятное



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

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



## Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство  
распространения научных знаний»

## Главный редактор:

В.Е. Фортов

## Главный научный консультант:

президент РАН акад. А.М. Сергеев

## Ответственный секретарь:

О.Л. Беленицкая

## Зав. отделом иностранных материалов:

А.Ю. Мостинская

## Шеф-редактор иностранных материалов:

В.Д. Ардаматская

## Зав. отделом российских материалов:

О.Л. Беленицкая

## Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

## Обозреватели:

В.С. Губарев, В.Ю. Чумаков

## Администратор редакции:

О.М. Горлова

## Научные консультанты:

к.ф.-м.н. В.Г. Сурдин; к.ф.-м.н. А.Н. Яковлев; д.б.н. А.С. Яненко

## Над номером работали:

М.С. Багоцкая, А.П. Кузнецов, С.П. Кузнецов, С.М. Левензон, Н.Л. Лескова, А.И. Прокопенко,  
В.И. Сидорова, Н.Н. Шафрановская, С.Э. Шафрановский

## Дизайнер:

Д.А. Гранков

## Верстка:

А.Р. Гукасян

## Корректора:

Я.Т. Лебедева

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

В.Е. Фортов

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

В.К. Рыбникова

## Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

## Главный бухгалтер:

Ю.В. Калинкина

## Адрес редакции:

Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138;

тел./факс: 8 (495) 939-42-66; e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.

## Отпечатано:

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

Заказ №10 18-10-00033

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

№ ФС77-43636 от 18 января 2011 г.

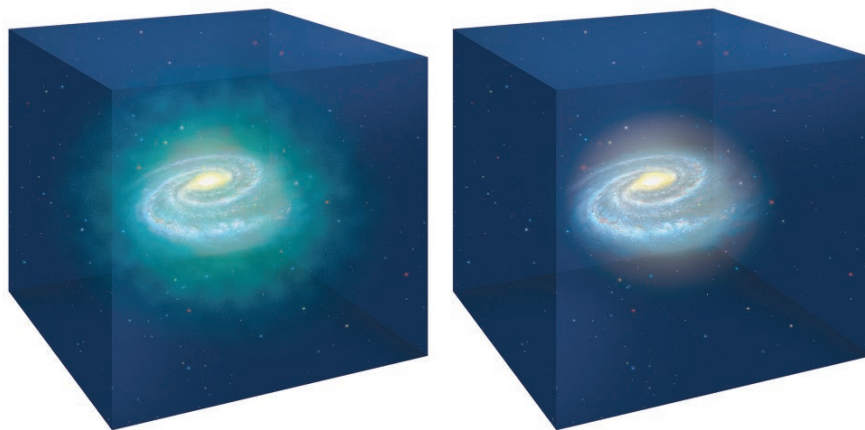
Тираж: 12 500 экземпляров

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.



# Ощущение ОТКРЫТИЯ

Зрение, слух, осязание, вкус, обоняние, чувство равновесия и положения в пространстве — шесть всеми признанных чувств нашего организма, которые помогают нам получать информацию об окружающем мире. Но помимо этого у нас есть и другие чувства. Знакомьтесь с последним нашим индикатором: иммунной системой. В статье «Седьмое чувство» описана связь между нервной и иммунной системами. Все больше данных свидетельствуют о том, что мозг и иммунная система находятся в постоянном взаимодействии. Ее можно назвать надзирающим органом, который обнаруживает в организме микробов и информирует о них мозг.

Наука дает нам многое, но иногда она и отнимает. Считается, что во Вселенной есть темная материя, которая сопутствует обычной и позволяет объяснить орбиты звезд в галактиках и то, как галактики перемещаются в скоплениях. Однако астрофизики провели множество наблюдений, которые трудно объяснить с помощью темной материи. Возможно, гравитация устроена сложнее, чем то, чему учил нас

Эйнштейн. Рассказ об этом — в статье «А есть ли темная материя?».

Свежего взгляда заслуживает не только астрофизика, но и генетика микроорганизмов. Это первые живые обитатели нашей планеты. Они на миллионы лет древнее человека и в миллиарды раз многочисленнее. Они умеют приспосабливаться к таким экстремальным условиям, которые для человека губительны. Они могут быть и нашими злейшими врагами, и помощниками. Как подружиться с микроорганизмами, использовать их свойства себе во благо — читайте в статье «От генетики микроба к устройству мира».

Насколько велика роль личности в науке? Будут ли научные центры и институты столь же эффективно работать без талантливых руководителей и выдающихся ученых? Исполняется 100 лет бессменному президенту академии наук Украины, академику АН СССР, РАН и НАНУ Борису Евгеньевичу Патону. Материал, посвященный ученому, — в этом номере. ■

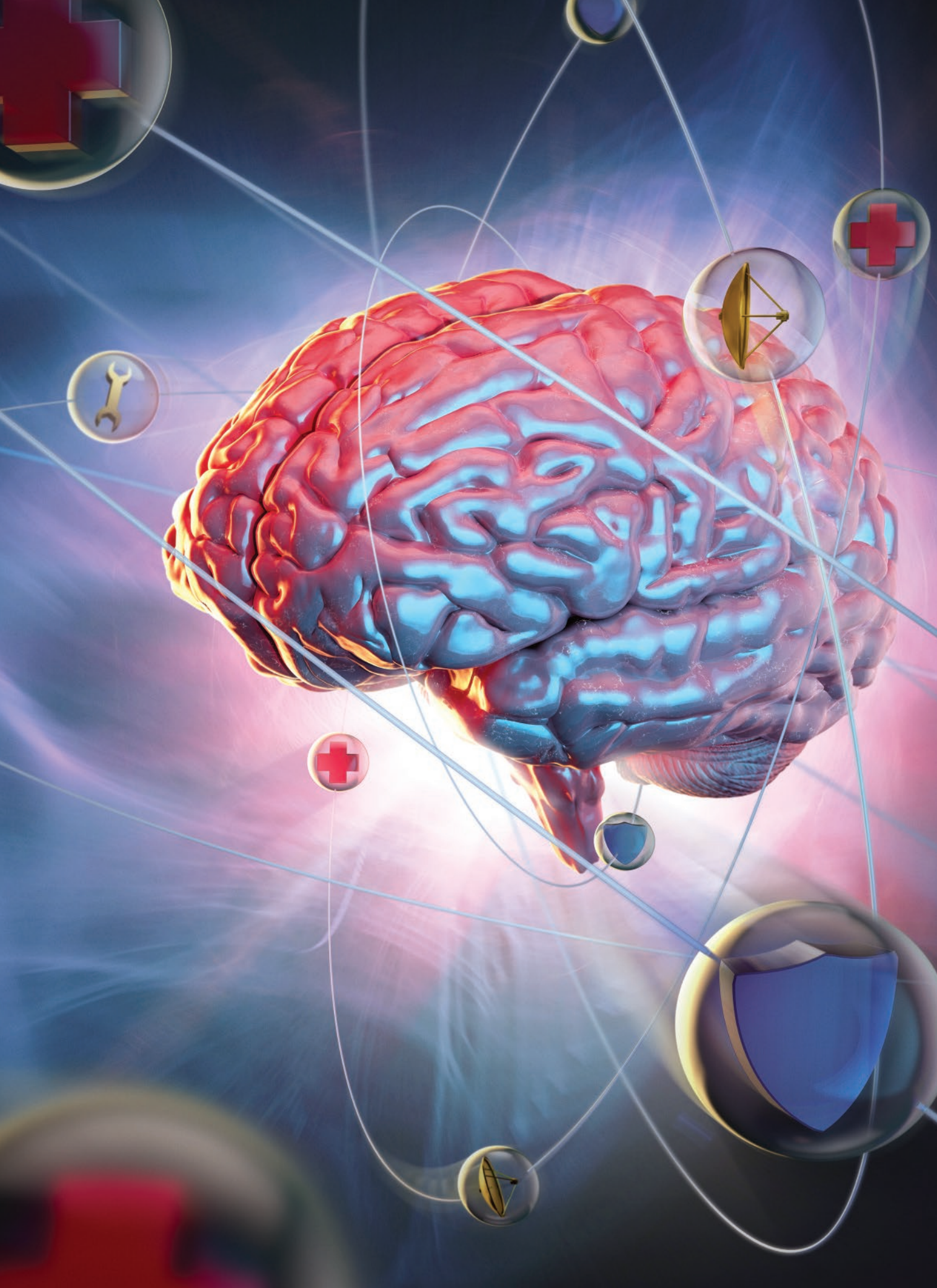
*Редакция журнала «В мире науки / Scientific American»*

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

# СЕДЬМОЕ ЧУВСТВО

Оказывается, иммунная система, которую долгое время считали отделенной от мозга, принимает активное участие в его жизнедеятельности

*Джонатан Кипнис*



## ОБ АВТОРЕ

**Джонатан Кипнис** (Jonathan Kipnis) — профессор, заведующий кафедрой нейробиологии и директор Центра иммунологии мозга и глии в Медицинской школе Виргинского университета. Исследует взаимодействие нервной и иммунной систем.



**Д**есятки лет учебники анатомии утверждали, что две самые сложные системы организма — нервная и иммунная — существуют почти в полной изоляции друг от друга. Считалось, что мозг управляет телом, а иммунная система защищает тело. У здоровых людей эти две системы никогда не встречаются друг с другом. Только при некоторых болезнях или травмах клетки иммунной системы попадают в мозг и там атакуют его. Однако за последние годы масса новых открытий кардинально изменили представления ученых об этих двух системах.

Находится все больше доказательств, что мозг и иммунная система постоянно взаимодействуют и у больных, и у здоровых людей. Например, иммунная система может помочь при повреждении мозга. Кроме того, она защищает его от действия стресса и участвует в таких важнейших функциях нервной системы, как обучение и социальное поведение. Более того, иммунная система — это своеобразный наблюдательный орган, который обнаруживает микроорганизмы в теле и вокруг него и сообщает об этом мозгу, так же как наши глаза передают зрительную информацию, а наши уши — звуковые сигналы. Иначе говоря, мозг и иммунная система не просто пересекаются чаще, чем считалось ранее, они переплетены очень тесно.

Пока изучение новой, недавно зародившейся области — нейроиммунологии — находится на ранних стадиях. Но уже ясно, что реакция мозга на иммунологическую информацию и влияние этой информации на контроль нейронных связей и управление ими может объяснить механизмы многих неврологических заболеваний, от аутизма до болезни Альцгеймера, и поспособствует разработке для

них новых методов лечения. Усилия, направленные на коррекцию таких расстройств сейчас, как правило, не приносят утешительных результатов, поскольку большинство лекарств просто не проникают в мозг. Открытия в области нейроиммунологии дают надежду на то, что воздействие на иммунную систему может оказаться более эффективным подходом.

### Традиционные взгляды

Для того чтобы понять значение этих открытий, нужно немного разобраться в том, как устроены и работают нервная и иммунная системы. Головной мозг — наш суперкомпьютер и главный регулятор. Вместе со спинным мозгом он образует центральную нервную систему (ЦНС), которая контролирует все функции организма. С учетом огромного объема выполняемых головным мозгом обязанностей не вызывает удивления то, что это очень сложно устроенный орган. Его основные функциональные единицы — нейроны, они занимают примерно половину мозга. Человеческий мозг содержит около 100 млрд нейронов, связанных друг с другом примерно 100 трлн

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Долгое время считалось, что у здоровых людей мозг и иммунная система не взаимодействуют друг с другом.
- Однако за последние годы у исследователей накопилось достаточно доказательств того, что эти две системы тесно взаимосвязаны.
- Ученым еще предстоит многое выяснить об этой новой области — нейроиммунологии. С ее помощью можно будет иначе взглянуть на причины множества неврологических заболеваний и найти новые способы их лечения.



соединений — синапсов. Нейроны и различные типы вспомогательных клеток, которые называются глией, образуют ткань мозга, занимающуюся обработкой информации. Другие важные участники — стромальные клетки, которые физически поддерживают нервную ткань, и эндотелиальные клетки, из которых состоят кровеносные сосуды, питающие мозг и формирующие гематоэнцефалический барьер, ограничивающий прохождение веществ из других частей тела в мозг.

В свою очередь иммунная система состоит из двух основных частей: врожденного и адаптивного иммунитета. Врожденный иммунитет — более древняя часть, он возник примерно 1 млрд лет назад, когда клеткам понадобилось уметь обнаруживать и убивать врага. Он действует быстро, но без особой точности. Это первая линия обороны организма, состоящая из физических и химических барьеров и клеток, убивающих патогены. Врожденный иммунитет запускает воспалительную реакцию, при которой белые клетки крови собираются в месте заражения и вырабатывают белки, повышающие температуру и вызывающие отек, чтобы локализовать и уничтожить патогены. Адаптивный иммунитет появился после врожденного. Он обеспечивается в основном клетками, которые называются *T*-лимфоциты и *B*-лимфоциты, они умеют распознавать конкретные патогены и избирательно атаковать именно их. В идеальном случае все лимфоциты адаптивного иммунитета будут нацелены только на внешние патогены и не будут связываться с собственными клетками или белками. Но примерно у 1% людей адаптивный иммунитет выходит из-под контроля и атакует собственные ткани организма, вызывая аутоиммунные заболевания, такие как рассеянный склероз, артрит, некоторые формы диабета и многое другое. Тем не менее у 99% людей эта система чрезвычайно эффективна и атакует исключительно чужеродные организмы.

Исследователи долгое время считали, что иммунная система просто отличает собственные части организма от чужих. Но со временем стали появляться более сложные теории. В 1990-х гг. Полли Метцингер (Polly Matzinger) из Национального института аллергии и инфекционных заболеваний предположила, что иммунная система распознает не только чужеродных захватчиков, но и повреждение тканей. Предположение было подтверждено в дальнейшем при идентификации молекул, которые выделяются при травме, заражении или повреждении тканей. Эти вещества привлекают внимание иммунных клеток, запуская каскад событий, которые приводят к активации иммунной системы, скоплению защищающих клеток в месте повреждения и устранении (или хотя бы попытке устранения) патогена или повреждения, вызвавшего сигнал тревоги. Кроме того, были проведены

эксперименты, в которых показано, что подавление адаптивного иммунитета ускоряет рост и развитие опухолей и замедляет процесс заживления поврежденных тканей. Данные открытия означают, что иммунная система, первоначально считавшаяся предназначенной исключительно для защиты организма от чужеродных агентов, на самом деле выполняет еще и другие задачи: она регулирует ткани организма, помогая им поддерживать постоянство, несмотря на множество факторов, воздействующих как снаружи, так и изнутри.

До недавнего времени ученые были совершенно уверены, что такая деятельность иммунной системы не распространяется на мозг. Еще в 1920-х гг. исследователи заметили, что хотя в здоровом мозге есть собственные иммунные клетки ЦНС, которые называются микроглией, там обычно не встречаются иммунные клетки из других частей тела (так называемые периферические иммунные клетки) — их не пускает гематоэнцефалический барьер. В 1940-х гг. биолог Питер Медавар (Peter Medawar), получивший за свои исследования

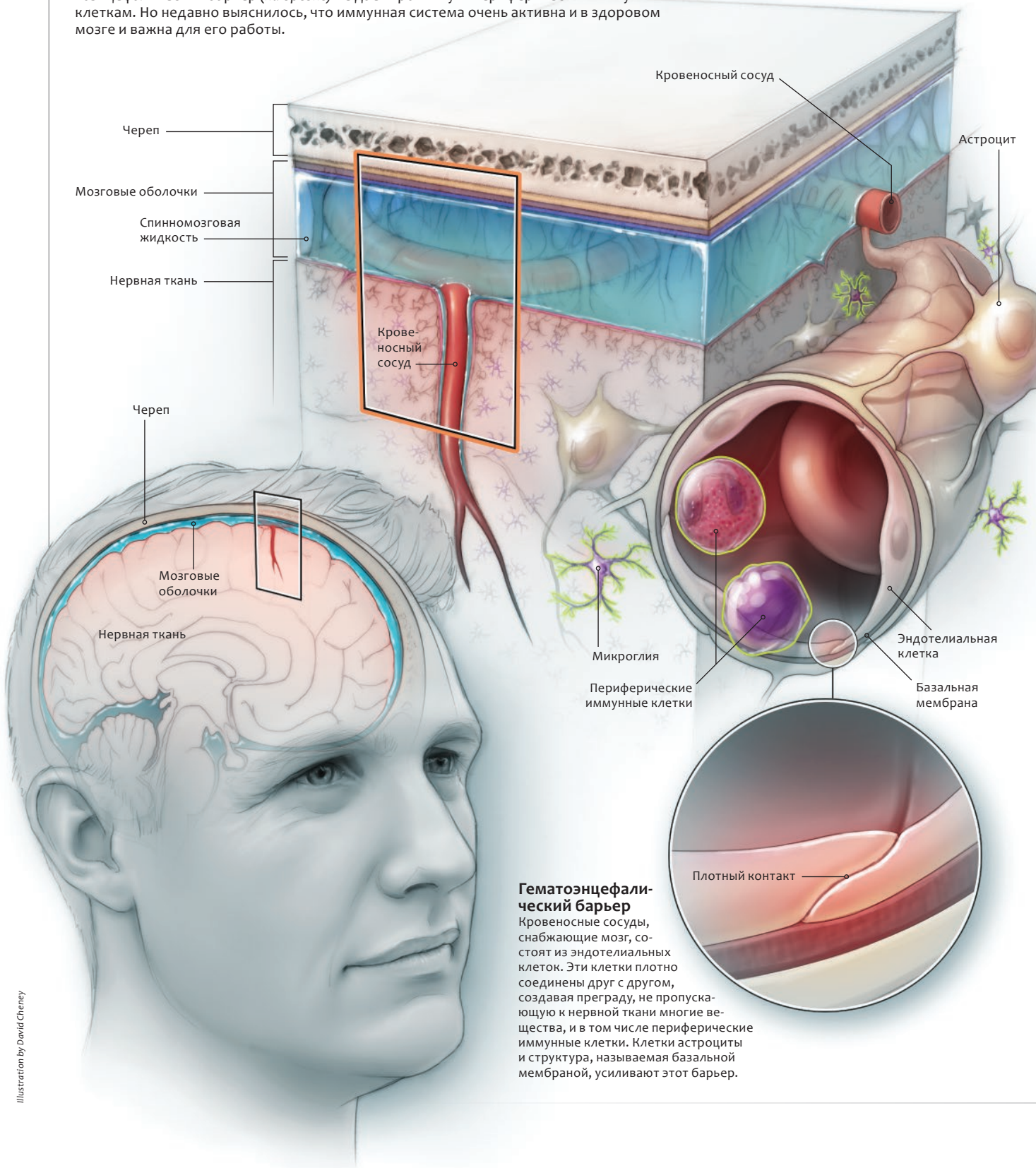
## У мышей с испорченным адаптивным иммунитетом нарушено не только пространственное обучение, но и социальное поведение

Нобелевскую премию, показал, что организм медленнее отторгает чужеродные ткани, пересаженные в мозг, чем пересаженные куда-либо еще. Медавар пришел к выводу, что мозг — «иммунопривилегированный» орган, недоступный для иммунной системы. Однако при травме или инфекции мозга в нервную ткань проникают периферические иммунные клетки. Исследования на мышах показывают, что в случае заболевания эти клетки вызывают тяжелый паралич. Ученые предположили, что мозг и иммунная система не имеют между собой ничего общего — за исключением тех патологических случаев, когда иммунные клетки проникают в ЦНС и атакуют нейроны.

Как именно иммунные клетки преодолевают гематоэнцефалический барьер в таких случаях, неизвестно. Возможно, при заболеваниях мозга барьер меняется, так что иммунные клетки получают возможность пройти сквозь него. В важнейшем исследовании, опубликованном в 1992 г., Лоуренс Штейнман (Lawrence Steinman) из Стэнфордского университета с коллегами обнаружил, что у мышей с заболеванием, подобным рассеянному склерозу, периферические иммунные клетки образуют

## Связь мозга с иммунной системой

Долгое время считалось, что здоровый мозг недоступен для иммунной системы. Хотя у мозга есть собственные иммунные клетки, которые называются «микроглия», иммунные клетки из других частей тела в мозг обычно не встречаются. Так называемый гематоэнцефалический барьер (на врезке) не дает проникнуть периферическим иммунным клеткам. Но недавно выяснилось, что иммунная система очень активна и в здоровом мозге и важна для его работы.

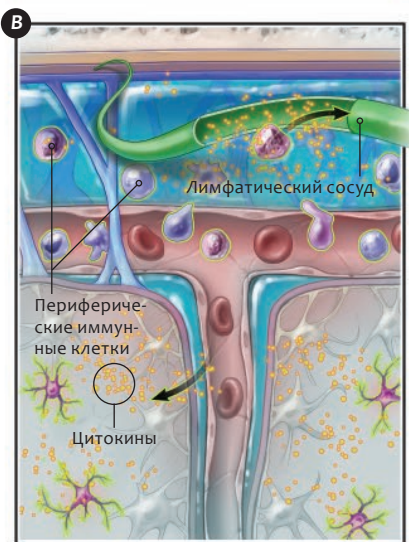


### Гематоэнцефалический барьер

Кровеносные сосуды, снабжающие мозг, состоят из эндотелиальных клеток. Эти клетки плотно соединены друг с другом, создавая преграду, не пропускающую к нервной ткани многие вещества, и в том числе периферические иммунные клетки. Клетки астроциты и структура, называемая базальной мембраной, усиливают этот барьер.

### В обход барьера

До недавнего времени исследователи считали, что мозговые оболочки, представляющие собой пленки, окружающие нервную ткань, занимаются в основном переносом спинномозговой жидкости, которая омывает мозг **А**. Недавно выяснилось, что это еще не все **В**. В мозговых оболочках имеются лимфатические сосуды, они удаляют токсины и другие отходы из нервной ткани и могут передавать иммунной системе информацию об инфекции в мозге. Кроме того, в мозговых оболочках содержится множество периферических иммунных клеток, которые могут взаимодействовать с мозгом, вырабатывая белки цитокины. Спинномозговая жидкость из мозговых оболочек проникает в нервную ткань через пространство вокруг кровеносных сосудов, снабжающих мозг, и может переносить цитокины от периферических иммунных клеток глубоко в мозг, чтобы повлиять на поведение нейронов.



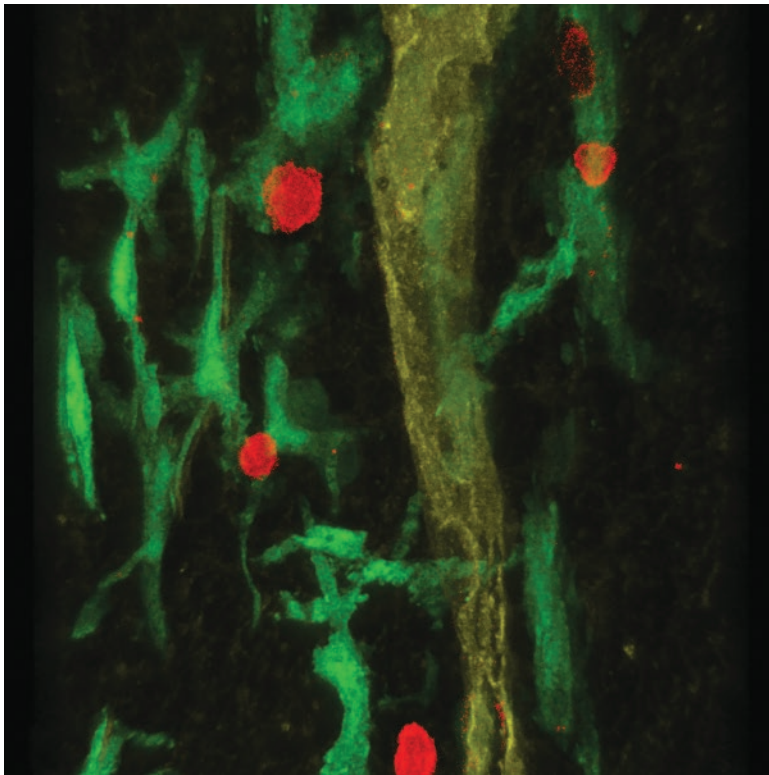
белок интегрин  $\alpha 4\beta 1$ , который помогает им проникать через барьер. Препарат тисабри, блокирующий взаимодействие между интегрином и эндотелиальными клетками, — одно из самых сильных средств для лечения рассеянного склероза.

Представление, что мозг и иммунная система существуют независимо друг от друга, господствовало десятилетиями, хотя и здесь не обошлось без скептиков. Некоторые удивлялись, почему, если иммунная система — основной борец с патогенами, мозг так легко откасался от этой защиты. Сторонники независимости двух систем утверждали, что гематоэнцефалический барьер препятствует проникновению в мозг большинства патогенов, поэтому мозгу не нужно привлекать иммунную систему, особенно если ее присутствие может вызвать проблемы, например атаку на собственные нейроны. Критики напоминали, что некоторые вирусы, бактерии и паразиты могут проникать в мозг, при этом иммунная система не игнорирует их, а устремляется в мозг, чтобы подавить вторжение. Может быть, патогены редко попадают в мозг не потому, что гематоэнцефалический барьер так эффективно их не пускает, а потому, что иммунная система так хорошо с ними борется. И действительно, как показали исследования, пациенты с подавленным иммунитетом часто страдают от осложнений, затрагивающих и ЦНС.

### Переписывание учебников

В конце концов, по мере накопления фактов и прояснения вклада иммунной системы в поддержку поврежденных тканей, исследователи пересмотрели роль иммунной системы в ЦНС. Когда они подробнее изучили крыс и мышей с повреждениями спинного мозга, они обнаружили, что там полно инфильтрирующих иммунных клеток. В экспериментах, осуществленных в конце 1990-х гг., Михал Шварц (Michal Schwartz) из Научно-исследовательского института им. Хаима Вейцмана в Реховоте показал, что устранение иммунных клеток после повреждения ЦНС увеличивает гибель нейронов и ухудшает работу мозга, тогда как усиление иммунного ответа повышает выживаемость нейронов. В недавних исследованиях, которые провели Стэнли Эппел (Stanley Appel) из Хьюстонской методистской больницы и Мэтью Блуртон-Джонс (Mathew Blurton-Jones) из Калифорнийского университета в Ирвайне, обнаружилось, что у мышей, которым ослабили адаптивный иммунитет, боковой амиотрофический склероз и болезнь Альцгеймера развиваются сильнее и быстрее, чем у нормальных животных. Восстановление адаптивного иммунитета замедляет развитие таких заболеваний. Это значит, что иммунные клетки помогают нейронам, а не только вредят им, как считалось ранее.

На первый взгляд, вмешательство иммунной системы для защиты поврежденной ЦНС не имеет смысла. Когда ЦНС получает травму, иммунная система организует воспалительную реакцию, высвобождает ядовитые вещества для уничтожения патогенов, а иногда и поврежденных клеток, и таким образом восстанавливает равновесие. Однако воспалительная реакция — неточный инструмент,



**Окрашенная ткань:** видны Т-лимфоциты (красные), макрофаги (зеленые) и лимфатический сосуд (желтый) в оболочках мозга

она ликвидирует хороших вместе с плохими. В других тканях такое дополнительное повреждение допустимо, потому что ткани легко восстанавливаются. Однако способности к восстановлению у нервной ткани ограничены, значит, повреждение, нанесенное иммунной системой, обычно сохраняется навсегда. Вред от ее вмешательства зачастую перевешивает пользу. Но, возможно, иммунная реакция, наблюдаемая при повреждениях ЦНС, — это просто продолжение той деятельности иммунной системы, которая поддерживает работу мозга в обычных условиях?

Недавние исследования подтверждают это предположение. В сотрудничестве с Хагитом Коэном (Hagit Cohen) из Университета им. Давида Бен-Гуриона в Негеве и Шварцем мы показали, что у мышей, на которых воздействовали стрессовыми стимулами, например запахом хищников, развивается немедленная реакция на стресс — в нашем случае грызуны замирали в лабиринте, а не исследовали его. В 90% случаев реакция на стресс исчезала в течение нескольких часов или дней. Но у 10% стресс сохранялся днями и неделями. Мыши из второй группы могут использоваться в качестве модели посттравматического стрессового расстройства (ПТСР). Интересно, что у мышей со сниженным адаптивным иммунитетом ПТСР встречается в несколько раз чаще, чем у нормальных. В этой работе впервые показали, что иммунная

система помогает мозгу не только при травмах и инфекциях, но и при психологическом стрессе. Более того, существуют доказательства связи иммунной системы с ПТСР у людей.

Задачи, где требуется обучение, также вызывают стресс, хотя и не такой сильный, как появление хищника. Размышления при подготовке к экзамену или даже приготовление еды по незнакомому рецепту — это тоже стресс. Может ли неспособность справиться со стрессом помешать процессу обучения? Чтобы это проверить, мы с коллегами сравнили поведение мышей со сниженным адаптивным иммунитетом и нормальных животных в различных поведенческих тестах. Мы обнаружили, что мыши с нарушенным иммунитетом в отличие от контрольных плохо выполняли задания на пространственное обучение и память, такие как нахождение платформы, скрытой в большом бассейне с водой. Мы показали, что у грызунов с испорченным адаптивным иммунитетом нарушено не только пространственное обучение, но и социальное поведение, они предпочитают находиться рядом с не-

душевленным объектом, а не с другой мышью.

По мере того как накапливались доказательства важности иммунной системы для различных функций мозга, появлялись новые вопросы. Один из них — как иммунная система осуществляет свое влияние на ЦНС. Ведь помимо микроглии у здоровых людей в нервной ткани нет иммунных клеток. Оказалось, что все дело в белках цитокинов, которые производятся иммунными клетками и влияют на другие клетки. Цитокины, выделяемые периферическими иммунными клетками, могут оказывать влияние на мозг. Предположительно, они проникают через те участки, где нарушен гематоэнцефалический барьер, и напрямую влияют на мозг через блуждающий нерв, соединяющий мозг и брюшную полость. Есть также данные, что иммунные клетки в мозговых оболочках — пленках, окружающих мозг, — тоже служат источником цитокинов, которые могут влиять на работу ЦНС. В настоящее время идут интенсивные исследования, чтобы выяснить, как эти иммунные клетки проникают в мозговые оболочки и как они там перемещаются и вырабатывают цитокины.

Недавно мы с коллегами сделали потрясающее открытие. Оно касается того, как организм избавляется от токсинов и отходов. Через ткани организма проходят два типа сосудов. Подобно тому как в доме есть два типа труб, для воды и для канализации, в наших тканях есть кровеносные

сосуды, которые приносят кислород и питательные вещества, и лимфатические сосуды, которые забирают токсины и отходы, выделяемые тканями. Кроме того, по лимфатическим сосудам отправляются антигены — вещества, способные вызвать иммунный ответ, — из тканей попадающие в лимфатические узлы, где их предъявляют иммунным клеткам для проверки состояния ткани. Обнаружив что-то неладное, вроде травмы или инфекции, иммунные клетки активизируются и мигрируют в поврежденную ткань, чтобы попытаться решить проблему.

Из-за твердой уверенности в том, что здоровый мозг не взаимодействует с иммунной системой, а в нервной ткани нет лимфатических сосудов, ученые долгое время считали, что ни головной мозг, ни остальная часть ЦНС не обслуживаются лимфатической системой. Однако было непонятно, почему мозг не сообщает иммунной системе о возможных проблемах, которые могут ему повредить и с которыми иммунная система могла бы справиться? И как иммунная система тем не менее узнает об инфекциях в мозге? Кроме того, проводились исследования, показавшие, что при травмах мозга запускается сильная иммунная реакция в лимфатических узлах, расположенных за пределами мозга. Как такое возможно?

Увлечшись иммунной активностью в мозговых оболочках и ее влиянием на работу мозга, мы с коллегами решили внимательнее рассмотреть эти пленки. И тогда мы сделали неожиданное открытие: там обнаружили лимфатические сосуды. С тех пор несколько других исследовательских групп нашли то же самое у рыб, мышей, крыс, обезьян и людей. Данные открытия подтверждают связь между мозгом и лимфатической системой, наличие которой подозревали 200 лет назад, но потом опровергли. Найденные сосуды представляют собой настоящую лимфатическую сеть, выводящую отходы из ЦНС, недостающее звено, которое может передавать иммунной системе информацию о травмах и инфекциях в мозге.

Присутствие в мозговых оболочках и лимфатических сосудов, и иммунных клеток означает, что исследователям следует переосмыслить функцию этих пленок. Согласно традиционному объяснению, там просто протекает спинномозговая жидкость, омывающая мозг. Но учитывая, насколько плотно упакованы клетки в мозге, насколько чувствительны его нейроны при передаче электрических сигналов, можно предположить, что перемещение всей иммунной активности в мозге к мозговым оболочкам в процессе эволюции просто позволило иммунной системе обслуживать ЦНС, не мешая работе нейронов.

Открытие лимфатических сосудов в головном мозге объяснило, как иммунные клетки получают информацию о повреждении ткани в ЦНС.

Но чтобы выяснить, как иммунные клетки мозговых оболочек взаимодействуют с нервной тканью и издалека воздействуют на нее, нужно рассмотреть другую часть системы выведения отходов из мозга. Помимо лимфатической сети, которую мы описали, в ЦНС еще имеется сеть каналов в нервной ткани, по которым спинномозговая жидкость поступает к мозгу. Майкен Недергард (Maiken Nedergaard) из Рочестерского университета назвал эту сеть глимфатической системой. Жидкость попадает в нервную ткань через пространство, окружающее артерии, которые идут в мозг от мозговых оболочек, и промывает ткани, затем она собирается в пространстве, окружающем вены, и возвращается к мозговым оболочкам в спинномозговую жидкость. Предположительно, этот поток жидкости приносит иммунные молекулы, например цитокины, от мозговых оболочек в нервную ткань, где они могут себя проявить.

## Если окажется, что иммунный ответ прямо связан с реакцией мозга, это будет седьмым чувством

При изучении цитокинов выяснилось, как они влияют на поведение. Например, Роберт Данцер (Robert Dantzer), работающий сейчас в Онкологическом центре им. Монро Андерсона Техасского университета, и Кит Келли (Keith Kelley) из Иллинойского университета в Эрбане и Шампейне определили, что интерлейкин-1-бета вызывает болезненное поведение — комплекс особенностей поведения, характерных для больных людей, включающий чрезмерную сонливость, потерю аппетита и избегание социальных взаимодействий. А мои сотрудники недавно показали, что интерферон-гамма, который вырабатывают Т-клетки в мозговых оболочках, взаимодействует с нейронами префронтальной коры, которые, помимо прочих функций, регулируют социальное поведение. Неожиданно оказалось, что этот цитокин оказывает влияние не через собственные иммунные клетки мозга (микроглию), а через нейроны, которые контролируют нейронные сети, связанные с социальным поведением. На самом деле цитокины необходимы для правильной работы этих сетей: при отсутствии Т-клеток или интерферона-гамма нейроны не справляются с регуляцией, нервные сети оказываются слишком активны, что приводит к социальным нарушениям. Таким образом, цитокин, вырабатываемый иммунными клетками в мозговых оболочках, может изменять активность нейронов, регулируя работу нейронной сети и соответствующее поведение.

Интерферон-гамма — не единственная иммунная молекула, влияющая на работу мозга. Марио де Боно (Mario de Bono) из Лаборатории молекулярной биологии Совета по медицинским исследованиям в Англии с коллегами показал, что другой цитокин, *IL-17*, активирует сенсорные нейроны у круглого червя *Caenorhabditis elegans* и изменяет поведение животного, связанное с чувствительностью к кислороду. А недавно Глория Чой (Gloria Choi) из Массачусетского технологического института с коллегами показала, что *IL-17* взаимодействует с нейронами коры головного мозга и влияет на поведение, связанное с расстройством аутистического спектра.

### Дополнительный орган чувств?

Возникает вопрос: зачем такому мощному органу, как мозг, для нормальной работы нужны контроль или поддержка со стороны иммунной системы? У меня есть гипотеза, почему эти две системы так взаимосвязаны. Принято считать, что у нас есть пять чувств: обоняние, осязание, вкус, зрение и слух. Ощущение позы или движения, которое называется «проприорецепция», часто считают шестым чувством. Эти чувства сообщают мозгу информацию о внутренней и внешней среде, на основе которой он вычисляет, что нужно сделать для самосохранения. В этих средах полно микроорганизмов, и способность ощущать их и при необходимости защищаться от них важна для выживания. Наша иммунная система с этим превосходно справляется. Врожденный иммунитет позволяет распознавать вторжение и определять, к какой группе относится инородный агент, а адаптивный иммунитет обладает способностью узнавать конкретных врагов. Я предполагаю, что иммунная система выполняет функцию отслеживания, обнаруживая микроорганизмы и сообщая о них мозгу. Если я прав и окажется, что иммунный ответ прямо связан с реакцией мозга, значит это будет седьмым чувством.

Существуют способы проверить эту гипотезу. Поскольку все нейронные сети в мозге взаимосвязаны, помеха в одной, как правило, влияет и на другие. Например, если нарушено наше обоняние, вкус пищи будет не таким, как обычно. Если найти доказательства того, что помеха в иммунном сигнале нарушает другие, это подтвердило бы идею, что для нашего мозга иммунный ответ — это седьмое чувство. Один такой пример — это болезненное поведение. Возможно, интенсивные сигналы от седьмого чувства, сообщаемые мозгу об инфекции, растекаются и нарушают нервные сети, которые регулируют сон, голод и другое поведение, и таким образом получается характерный набор поведенческих изменений, развивающийся у больных людей. Либо информация о микроорганизмах, поступающая в мозг от иммунной

системы, побуждает мозг запустить болезненное поведение, чтобы защитить больного, сведя к минимуму воздействие других патогенов и сохранив энергию.

Наши знания о взаимоотношениях мозга и иммунной системы все еще в зачаточном состоянии. Не стоит удивляться, если в ближайшие 10–20 лет будут сделаны новые открытия, благодаря которым эти две системы предстанут перед нами в совершенно ином свете. Однако я надеюсь, что результаты исследований обогатят наши сегодняшние представления, а не отметут их вовсе. Одной из важных задач в дальнейших исследованиях будет картирование пересечений и взаимодействий компонентов иммунной системы и нервных сетей у здоровых и больных. Выяснив эти отношения, исследователи смогут использовать иммунные механизмы для лечения неврологических и психических заболеваний. На иммунную систему легче воздействовать фармакологически, чем на ЦНС, и вполне может быть, что в один прекрасный день восстановление иммунной системы с помощью генной терапии и даже замена испорченной иммунной системы с помощью пересадки костного мозга станут эффективным средством лечения заболеваний мозга. Если учитывать, какое множество изменений в иммунной системе происходит при заболеваниях мозга, можно предсказать, что изучение нейроиммунных взаимодействий, вероятно, будет продолжаться еще десятки лет и постепенно раскроет нам еще более глубокие тайны мозга. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Goldman C., Nedergard M. Промывка мозгов // ВМН, № 5–6, 2016.
- Structural and Functional Features of Central Nervous System Lymphatic Vessels. Antoine Louveau et al. in Nature, Vol. 523, pages 337–341; July 16, 2015.
- Multifaceted Interactions between Adaptive Immunity and the Central Nervous System. Jonathan Kipnis in Science, Vol. 353, pages 766–771; August 19, 2016.
- Immune System: The “Seventh Sense.” Jonathan Kipnis in Journal of Experimental Medicine, Vol. 215, No. 2, pages 397–398; February 2018.







ЮБИЛЕЙ

К СТОЛЕТИЮ АКАДЕМИКА БОРИСА ЕВГЕНЬЕВИЧА ПАТОНА



# «Наука — это труд и счастье!»

Интервью с великим ученым,  
которое продолжается почти 60 лет

Задача выпала мне сложная. Как рассказывать о великом ученом, бессменном президенте академии наук Украины, академике Академии наук СССР, Российской академии наук и Национальной академии наук Украины, дважды Герое Социалистического труда, лауреате Ленинской, государственных и международных премий, человеку, который известен во всем мире? И все это — **Борис Евгеньевич Патон**, с которым мне посчастливилось быть знакомым много десятков лет. Мы встречались в разные годы, беседовали обо всем, что волновало людей, и каждый раз, расставаясь, договаривались о новых встречах. Я преклоняюсь перед этим Человеком и Ученым, а потому так берегу воспоминания о прошлых беседах и надеюсь на новые... Мне кажется, что фрагменты наших бесед в какой-то мере отражают ту великую роль, что играет в нашей цивилизации Б.Е. Патон, которого я именую Эверестом в науке.

## НА РАБОТУ МИМО... ПАМЯТНИКА

— У меня очень трудная задача.

— Почему?

— **Для большинства людей, с которыми я общался, вы уже превратились в памятник. Бронзовый, величественный.**

— Мне и самому не нравится, что его установили. Я сильно возражал, мол, не устанавливайте, пока я живой! Не послушались, сказали, что дважды герою положено ставить. Хожу на работу мимо памятника, не обращаю внимания, наверное, уже привык. А поначалу неприятно было. Да и не похож.

— **Все-таки как убрать «бронзоватость» с Патона? Что для этого нужно сделать?**

— Думаю, что этим заниматься не следует, так как в моей жизни ее нет. А на то, что происходит вокруг, не всегда стоит обращать внимание.

— **Я давно не был на Украине. У меня создается впечатление, что теперь о прошлом вспоминают чаще.**

— Главное, чтобы правильно и объективно оценивали прошлое. Воздастся, например, должно академику С.А. Лебедеву, который создал первую в континентальной Европе вычислительную машину. Он это сделал на Украине, и хорошо, что об этом помнят. Потом он уехал в Москву. Здесь широко отмечалось столетие со дня его рождения, но о другой — московской — части его жизни не упоминали. Так нельзя!

— **Помнят и чтят В.И. Вернадского.**

— А как же?! Он же бог в науке, а не только великий ученый. Но иногда его слишком много, если можно так выразиться. Владимир Иванович всюду! Проспект, библиотека, премии, значок академии и многое другое — все носит его имя.

— **Тут заподозрить национализм трудно, ведь В.И. Вернадский был русским человеком, не так ли?**

— Октябрьская революция многое изменила в укладе людей. Многие интеллигенты бежали из Москвы, Петрограда, из Центральной России на окраины, где было спокойней. А некоторые направились на Запад. Проще это было сделать через Крым, где можно было сесть на пароход. В.И. Вернадский осел в Симферополе. Таврический университет тоже носит его имя. Он многое сделал для Крыма. Потом он попал в Киев. Около года был президентом академии, которую и создал. Человеком он был гениальным и энергичным, а потому везде оставлял яркий след. И, конечно же, в нашей науке.

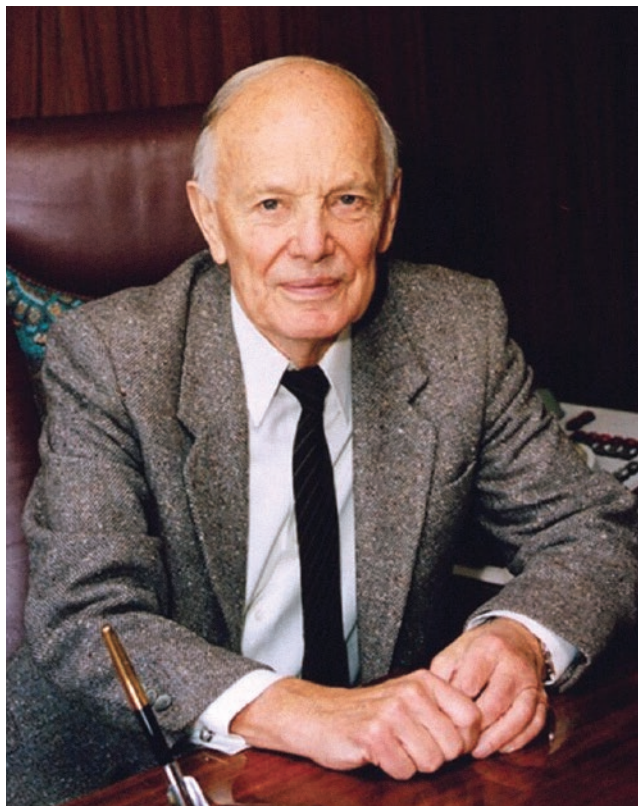
— **Ваш день рождения совпадает с днем рождения академии наук Украины. Символично, не правда ли?**

— Все не так просто. Нигде раньше не писалось об истинной истории появления академии. А было так. Гетман Скоропадский своим декретом учредил Украинскую академию наук. И это произошло 27 ноября 1918 г. Но при советской власти нашли постановление наркомата, в котором значилось, что академия создается в феврале 1919 г. Что и стало официальной датой. Так было до того, как рухнула советская власть. И все вернулось на круги своя.

— **Значит, сделали это в честь Патона!**

— Меня все спрашивают, как могло случиться, что два дня рождения — 27 ноября 1918 г. — совпали. И тогда я решил добавить еще и свою внучку, которая родилась в ночь на 27 ноября. Произошло это в 1984 г. Так что теперь в нашей семье 27 ноября — большой день рождения!

— **Патон все-таки странная фамилия. Точнее, очень редкая. Как она появилась?**



Академик РАН и НАНУ Б.Е. Патон

— Я и сам не знаю точно. Думаю, повинен в этом Петр Великий. Он пригласил в Россию мастеровой люд из Европы. Мои предки строили корабли. А фамилия идет из Шотландии. По крайней мере, там много Патонов. Но они есть и в Америке. Разница только в том, что в одном случае пишется одна «т», а в другом — две. В 1960 г. был я в Англии. Нас повезли в Глазго на завод. Мы встретились с главным инженером, и его фамилия была Патон. Забавно было. Где-то я читал, что более глубокие корни у нас в Голландии.

— **На Украине других Патонов нет?**

— Не встречал.

— **А в России?**

— Раньше случалось встречать — родные сестры отца сохраняли фамилию. Сейчас не встречаю. Однако госархив в Петербурге и церковь хранят документы, а значит, и историю. Мой отец родился в Ницце в семье русского консула. Крестили его там. Мои коллеги из института однажды поехали во Францию, попали в Ниццу и там нашли церковь, в которой сохранилась запись за 1870 г. о рождении отца.

— **Отец, насколько я знаю, критично относился к власти?**

— До войны... Кстати, идея моста, который носит его имя в Киеве, появилась еще до войны. Уже тогда он думал сделать его сварным. Однако помешала война. Уехали на Урал, где занимались танками.

А после войны вновь вернулись к идее моста. Батя — мы его называем так до сих пор — настаивал, чтобы был сварной мост. В Москве и Ленинграде многие специалисты были против. Они ссылались на опыт Европы, где сварные мосты рушились. И тогда отец обратился к Н.С. Хрущеву, который был первым секретарем ЦК Компартии Украины.

— **У них были прекрасные отношения, не так ли?**

— Н.С. Хрущев очень гордился Батей, у них была взаимная симпатия. Никита Сергеевич собрал у себя совещание, выслушал все точки зрения, а затем стукнул кулаком по столу и распорядился: «Строить сварной мост!» Балки пришли из Днепропетровска, хорошую сталь дали, что в те времена было трудно сделать. Батя всего год не дожил до открытия моста, которое состоялось 5 ноября 1953 г. Хрущев был тогда первым секретарем в Москве, и он дал указание, чтобы этому мосту было присвоено имя Евгения Оскарвича.

— **А чем этот мост такой особенный?**

— Этот мост был не единственным. В Ленинграде есть сварной мост имени лейтенанта Шмидта. Но он был сварен вручную штучными электродами, к тому же фактически повторял конструкцию клепаных мостов. А мост в Киеве был запроектирован как сварная конструкция, и свыше 90% в нем было автоматической и так называемой полуавтоматической сварки. Для того времени мост стал символом достижений сварки. Прошло полвека. По нормативам срок службы такого сооружения — 70–80 лет. Однако изначально мост был рассчитан на пропуск 10 тыс. автомобилей в сутки. Теперь же — до 80 тыс. машин в сутки. А потому мост подлежит реконструкции.

## ПРОФЕССИЯ — ТРУДОГОЛИК

— **Вы хороший начальник?**

— По-моему, неплохой.

— **А почему так считаете?**

— Потому что к людям отношусь по-людски, а не по-хамски. Нельзя унижать достоинство человека. Скажу крамольную мысль: лучше работать с умным человеком, если известно, что он достаточно большая сволочь, чем с очень хорошим, добрым человеком, но дураком.

— **Талантливые люди, как известно, весьма вредные...**

— И особенно изобретатели!

— **А какая черта собственного характера особенно не нравится?**

— Есть такая, я ее унаследовал. Всю свою жизнь я трудоголик. И ничего другого у меня нет. Кроме, конечно, спорта. Но опять-таки он мне нужен для работы. Если бы не было спорта, нагрузку, которая падает на меня, я просто не выдержал бы...

— **А какой вид спорта?**

— Ни в одной области я не был профессионалом. Занимался водными видами спорта, несколько десятилетий катался на водных лыжах. Мне было 76 лет, когда я сломал тазобедренный сустав. Не случись этого, катался бы до сих пор. Кроме этого играл в теннис. Но теперь из-за запрета врачей у меня осталось только плавание. 40 раз переплывал бассейн туда и обратно. Получалось — километр. А потом перешел на 500 м.

— **Итак, главный недостаток — трудоголик?**

— Это одновременно и недостаток, и жизнь.

— **Подчас трудно разделить в династии Патонов, где отец, где сын. Тем не менее у института началась совсем иная судьба, когда вы пришли. Как это случилось?**

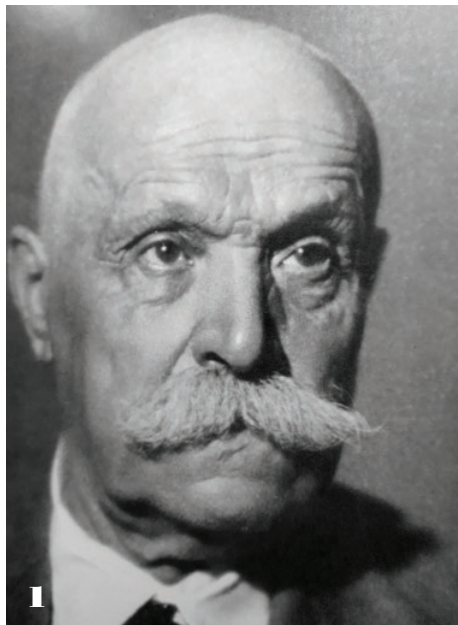
— Во время войны Батя крепко заболел — сердце, отек легких. Думали, что он погибнет. В.А. Малышев, которого Сталин называл «главным инженером Советского Союза», отправил отца в Кремлевскую больницу в Москве. Там его подлечили. Это был конец 1943 — начало 1944 г. Батя приехал в Киев, но восстановить до конца свое здоровье не мог. У меня же было здоровье отменное, так как я активно занимался спортом. Отвлекусь немного. Тут можно и переусердствовать. Выдающийся кардиолог Н.М. Амосов считал, что организм надо грузить максимально. В этом мы с ним расходились. В конце концов он перегрузился, и его «эксперимент», как он сам называл свои упражнения, на мой взгляд, закончился неудачно. Я же считаю, что нагрузки должны быть умеренными, и надо заниматься игровыми видами спорта, чтобы было интересно. То есть физические упражнения без эмоциональной поддержки не дают нужного эффекта.

— **Когда вы пришли к руководству института, многое изменилось, война была в прошлом. Надо было начинать что-то принципиально новое?**

— Конечно. Мы занялись в первую очередь судостроением. А потом начали расширяться. Нам активно помогал М.В. Келдыш. Так получилось, что он стал президентом АН СССР, а я — президентом АН УССР. Мы были очень дружны. Он любил и ценил юмор, живо реагировал на острое слово, к месту рассказанный анекдот. При всем этом он действительно умел вжимать в 24 часа своих суток такое количество дел, которых другим хватило бы на несколько рабочих дней. Тем не менее для него это отнюдь не было фанатизмом и жертвованием жизнью. Это была сама жизнь. И довольно счастливая, если говорить объективно. Но неужели он обходился без жертв? Нет. Так не бывает, когда речь идет об организаторе науки. Тут неизбежна цепь отказов от своих личных интересов: с чем-то приходилось в своей собственной научной работе помедлить, какие-то исследования (над которыми хотелось бы самому поломать голову) отдать другим, где-то пренебречь личным престижем и, конечно же, личной славой ученого.

## КОСМОС ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ НАС

— Именно благодаря М.В. Келдышу, его инициативе и энергии я был привлечен к космическим исследованиям. К сожалению, чаще всего мы ограничиваемся опытными экземплярами. Был у нас прибор «Аргумент» для сканирования сердца и сосудов с помощью ультразвука. Он



1. «Батя» — Е.О. Патон  
2. Открытие моста им. Е.О. Патона в Киеве, 1953 г.

использовался на борту космических аппаратов, но в земные клиники, по-моему, так и не попал. А жаль! Побочных выходов от космонавтики очень много. Эта проблема обсуждалась даже на конференции Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях. И, честно говоря, глаза разбегались от количества всевозможных предложений. На конференции было немало представителей бизнеса, конечно же западного. Надо понимать, что технократическая деятельность приобрела в конце XX в. такой размах, что влияет уже и на жизнь каждого человека, и на регионы, и на всю Землю как среду обитания человечества. По мнению большинства экспертов, глобальные изменения климата, связанные с парниковым эффектом, таянием льдов Арктики и Антарктики, образованием озоновых дыр и т.д., требуют активного международного сотрудничества и энергичных действий. В общем, необходимо осуществить «миссию к планете Земля», то есть тщательно изучить динамику и причины глобальных климатических изменений. Если человечество намерено сохранить себя в XXI и XXII вв., то оно должно уже сегодня принимать энергичные меры для этого.

#### — Печальная картина.

— Наука оперирует фактами, а не эмоциями, а потому ученые предупреждают о мрачных перспективах и призывают к разуму политиков.

#### — У вас есть легендарный Днепропетровск...

— В Днепропетровске (современное название города — Днепр. — Примеч. ред.) находится один из крупнейших в мире ракетно-конструкторских центров — КБ «Южное». Здесь родилась ракета-носитель «Космос», а раньше серия носителей для обороны страны. Академик М.К. Янгель — один из пионеров ракетостроения, под его руководством и возникло современное производство в Днепропетровске. Ракеты Янгеля выводили на орбиты спутники по программам «Космос» и «Интеркосмос» — всего около 500 аппаратов. В 1983 г. появился экспериментальный океанографический спутник «Космос-1500». Весь комплекс оптической, радиофизической и радиолокационной аппаратуры спутника был разработан в Днепропетровске и научно-исследовательских институтах академии наук Украины в Харькове и Севастополе. Затем появился и космический аппарат «Океан». Сотрудникам институтов и КБ Днепропетровска, Харькова и Севастополя принадлежит приоритет в создании теоретических основ, методик и уникальной аппаратуры для дистанционного зондирования земной поверхности, морей и океанов из космоса. С помощью этой системы составлялись диагностические карты прогнозов ледовой обстановки в Арктике, проводились суда в проливе Лонга и в море Росса, когда там была тяжелая ледовая обстановка.

#### — Работали все вместе...

— Да, трудные, но прекрасные были времена — каждый старался внести свой вклад в развитие космонавтики. И не думали, что когда-нибудь ее придется делить.

— **Вы ведь увлекались космонавтикой не только как президент академии. Помните космодром Байконур, первый запуск вашего «Вулкана»?**

— Это было в октябре 1969 г. на корабле «Союз-6». В Институте электросварки АН УССР была создана уникальная аппаратура для электронно-лучевой сварки, резки и пайки металлоконструкций в условиях открытого космоса — это случилось вскоре после первой автоматической сварки в космосе на «Вулкане». А потом с новой аппаратурой поработали на орбитах В.Н. Кубасов, В.А. Джанибеков, С.Е. Савицкая и другие прославленные космонавты. У нас в институте была отработана технология сборки в открытом космосе мощных ферменных конструкций, и первые сварочные аппараты доказали, что такие работы там возможны. Это был своеобразный пролог к настоящему времени, когда конструкторы уже реально размышляют о крупногабаритных конструкциях на орбитах.

— **Я помню встречу под Киевом, ее вел академик М.В. Келдыш. Речь шла о полетах к Марсу и о создании больших станций в ближнем и дальнем космосе. То было время мечтателей...**

— ...но не фантазеров, потому что многие проекты осуществлялись. Под руководством того же М.В. Келдыша, который уделял особое внимание развитию космических исследований в системе Академии наук СССР. И именно поэтому к проблемам космонавтики были подключены лучшие исследовательские институты Украины. Космической биологией у нас начали заниматься с 1975 г. по программе «Союз — Аполлон». Около 50 экспериментов было проведено по ряду международных программ. Несколько мощных институтов участвовало в программе «Космическая физика металлов» — это создание новых конструктивных материалов. Исследовались и многослойные элементы тепловой защиты «Бурана». Целый комплекс приборов для диагностики космической плазмы работал на «Прогнозах» и межпланетных станциях «Венера», постоянно велись наблюдения за Солнцем. В общем, наука Украины вносила весьма весомый вклад в развитие советской космонавтики.

#### — И теперь все изменилось?

— Очень многое, к сожалению. Американцы много говорят о полетах в космос, в частности о строительстве поселения на Луне.

#### — Это кажется сейчас фантастикой!

— Время летит быстро, а потому такие проекты довольно скоро становятся реальностью. Кстати,

в фантастику я попал, когда впервые побывал на предприятии у С.П. Королева. Это было в 1959 г. Он показал мне сборочный цех, корабль Юрия Гагарина. Потом я был у него еще несколько раз. Однажды и «Союз» показал. Я запомнил именно это посещение, потому что С.П. Королев тогда начал фантазировать. «Мы сделаем с вами, — говорил он, — оранжереи в космосе, о чем мечтал Циолковский. Это будут огромные конструкции, и мы их будем сваривать в космосе!» Именно при нем начались наши совместные работы, в том числе и сварка в космосе. Он понимал, что она нужна для орбитальных полетов. При нем мы сделали первый аппарат, который запустили в 1969 г.

**— Тогда в Центре управления полетами все беспокоились, что вы сделаете дырку в обшивке корабля?**

— У нас был аппарат, у которого вращался столик с образцами для сварки. Однако что-то отказало, столик перестал вращаться. Луч прожег материал и начал сверлить обшивку корабля. Эксперимент, естественно, сразу же прекратили. Шуму было много, хотя реальной опасности не было, просто космонавты не заходили бы в этот отсек.

**— К космосу вас привлек С.П. Королев. Это была его инициатива?**

— Я сам очень хотел заниматься этим делом. Тогда космос был экзотикой, все стремились к нему. Мы были связаны с производством ракет, кораблей, спутников. Но то были совсем «земные» дела, а хотелось работать вне Земли. И С.П. Королев помог осуществить эту мечту.

**— А ракетные дела начались у М.К. Янгеля?**

— Мы начали работать в Днепропетровске, когда там был еще автомобильный завод. Потом приехал Михаил Кузьмич. Мы с ним эффективно работали. Он был избран в нашу академию. Но потом случилась трагедия — много народу погибло на Байконуре. Он так и не смог пережить случившееся. Его заменил В.Ф. Уткин. Прекрасный человек, и с ним мы сотрудничали активно.

**— Еще был генеральный конструктор В.Н. Челомей.**

— «Протон» был создан именно В.Н. Челомеем, а эта ракета спасает всю нашу космонавтику. Конечно, Челомей — выдающийся человек. А вы знаете, что он учился в Киеве? Он здесь и в аспирантуре был, но потом уехал в Москву, так же как и Сергей Павлович.

**— Все крупные конструкторы прошли через Украину.**

— И В.П. Глушко из Одессы. Там ему стоит бюст, а С.П. Королеву — памятник в Житомире. Домик, где он родился, превращен в мемориальный музей. А есть еще в Житомире второй музей — космоса.

Итак, М.К. Янгель нацелился на военный космос, на стратегические ракеты и добился выдающихся результатов. В.Ф. Уткин продолжил его дело.

## И НЕСКОЛЬКО СЛОВ ОБ АКАДЕМИЯХ

**— Почему вы считаете, что система академий наук в том виде, в каком они существуют в России и на Украине, рациональна?**

— В начале 1990-х гг. на академию наук была предпринята мощная атака: мол, академия — символ тоталитаризма, наследие советской власти. Я доказывал и доказываю сейчас, что не нужно с порога отвергать то хорошее, что было в прошлом. В наших конкретных условиях не было никаких национальных лабораторий, крупных университетов, подобных тем, в которых развивается наука в Европе и Америке. У нас же еще в период Сталина появились исследовательские институты в рамках академии наук, и они стремительно развивались. Угробить нашу академию только ради того, чтобы копировать Запад, — это было бы преступлением. Уничтожить легко, здания институтов (а в Москве их много на Ленинском проспекте) приватизировать, и на этом можно было поставить на науку жирный крест.

**— Но на Украине атака на академию и ее президента шла иначе?**

— Нашлись доброхоты, которые пытались вернуть в нашу действительность те течения, которые наблюдались при создании академии в начале прошлого века. Тогда В.И. Вернадский был за развитие естественно-научных направлений в академии. Конечно, речь шла и о гуманитарных исследованиях, но все-таки они были на втором плане. Другие настаивали, чтобы академия целиком была гуманитарной. Была принята позиция В.И. Вернадского, и он стал президентом. После распада СССР наши местные деятели вспомнили об этой дискуссии. Тем более что на пьедестал был поднят М.С. Грушевский, а именно он вел споры с Вернадским. И уже в наше время попытались доказать, что М.С. Грушевский был прав и академия должна быть гуманитарной. Но всем было понятно: если бы такая точка зрения победила в начале XX в., то никакой академии на Украине не было бы. Впрочем, все это продвигали националисты: мол, и академия должна быть символом независимости Украины.

**— Я не очень принимаю это слово. Я наполовину белорус, наполовину русский. За «независимость» Белоруссии или России я должен выступать?**

— Я тоже этого не понимаю.

**— А в паспорте что у вас значится?**

— «Русский». А у брата — «украинец». Паспортистка так ему записала, ну а он и не возражал — в то время это не имело никакого значения. С этой записью он и умер. Мне же записали «русский», вот и получилось, что при одном отце и одной матери один брат — русский, а второй — украинец.

**— И за это вас в начале 1990-х гг. критиковали?**



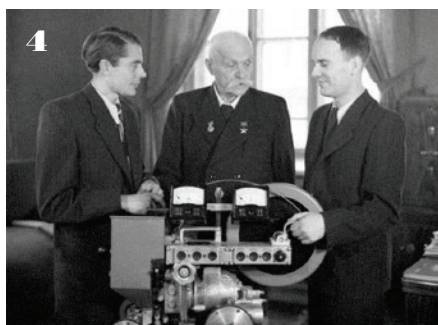
1



2



3



4



5

1. М.В. Келдыш в институте Б.Е. Патона
2. В.В. Щербицкий вручает академику Б.Е. Патону орден Ленина
3. На теннисном корте с академиком А.С. Давыдовым и П.Г. Костюком (начало 1970-х гг.)
4. Е.О. Патон с сыновьями в Институте электросварки АН УССР, 1951 г.
5. Идя в академию, Б.Е. Патон видит самого себя...
6. В день 90-летия
7. Вместе с академиком Г.И. Марчуком



6



7

— Особенно упрекали за то, что мы используем русский язык. Пришлось выступать на сессии Верховного Совета. Я сказал, что наука интернациональна. И как же на меня обрушились! Как я могу так говорить — ведь наука национальна! Да, я им отвечаю: есть языкознание, литературоведение, и это национальная наука. А потом спрашиваю их о естественных науках и прошу показать мне русскую и украинскую таблицы умножения. В общем, в то время атаковали меня отчаянно...

**— Но вы ведь очень крепкий человек, вас же согнуть невозможно.**

— Они об этом не знали. Я с 1953 г. работаю директором Института электросварки, а с 1962 г. — президентом академии. Так вот, спрашивают: как же это вышло, что при всех советских вождах я оставался на своих должностях? А ответ простой: я работал. Вместе, конечно, со своим коллективом. И вожди понимали, что я вреда им не приношу, а польза большая. Если же меня куда-то выгнать, то дело развалится.

**— Наука — это все-таки мощь государства?**

— Нет науки — нет государства. Об этом руководители любят говорить, но очень мало делают для укрепления и развития науки.

## НУЖНА СВОЯ ТОЧКА ЗРЕНИЯ!

**— В Москве президентом Академии наук СССР стал М.В. Келдыш, а вас избрали президентом здесь. Требовалось реформировать науку в стране?**

— Этого хотел Н.С. Хрущев. Но избрание Келдыша — это знамение времени. Он был выдающимся математиком, его вклад в космос, авиацию, атомную проблему огромен. И именно такого масштаба ученый должен был возглавить академию, которой по праву принадлежали эти выдающиеся достижения. Власти нужен был такой президент академии. Я тоже принадлежал к технарям.

**— У власти к вам и к Келдышу было полное доверие?**

— Конечно.

**— Помогало вам это?**

— Безусловно. Во многом это определяло отношение власти к науке. И к нам прислушивались. Сильные мира сего иногда вынуждены были отступать. Например, был со мной такой случай. Речь идет о назначении президентом Академии наук СССР М.В. Келдыш начал плохо себя чувствовать, работать как прежде не мог, а потому твердо решил уйти с поста президента АН СССР. Перед 1 мая меня вызывает к себе В.В. Щербицкий. Ему звонил М.А. Суслов, который сказал, что есть мнение о назначении меня президентом Академии наук СССР. Мол, это просьба генерального секретаря. Естественно, я согласиться не мог. В Киеве у меня институт, всю жизнь я здесь живу, тут академия наук,

где я уже 13 лет президент. В общем, я твердо решил отказаться и поехал на прием к М.А. Сулову. Он мне говорит, что ЦК партии, Л.И. Брежнев и он считают, что мне нужно переезжать в Москву и заменить М.В. Келдыша, который очень болен. Я ему говорю об институте, о своей работе. Он перебивает: «Для вас мы здесь институт организуем!» Я ему объясняю, что Институт электросварки работает с 1934 г. и заменить его невозможно. Он настаивает на своем. И тут я вскипел: «Михаил Андреевич, на такой пост палкой не загоняют!» Он удивился дерзости, мне показалось, что такого сопротивления не ожидал. В общем, отпустил он меня.

**— Так назначение и не состоялось?**

— Больше меня не вызывали. А А.П. Александров свое согласие дал. Он был хорошим, достойным президентом академии. Очень прогрессивный человек, многое сделал для страны. М.В. Келдыш и А.П. Александров — два выдающихся президента Академии наук СССР, с которыми я работал и дружил.

## ЧТО ГЛАВНОЕ СЕГОДНЯ?

— Сейчас мы обязаны заниматься «остаточным ресурсом» конструкций и сооружений. Это проблема не только наша, но и западных стран. Так получилось, что очень многие объекты возводились в первой половине XX в. — был своеобразный бум в экономике. У нас это называлось индустриализацией. И вот теперь настало время, когда надо трезво и разумно оценить, насколько способны эти уникальные конструкции и сооружения работать. Возьмем, например, те же мосты. Они рассчитаны на 80 лет, но уже сейчас выходят из строя. Особенно это относится к автодорожным мостам. Все помнят, с какой помпой открывался метромост в Лужниках. Прослужил он намного меньше проектного срока. Стальная арматура вся проржавела, и мост пришлось практически полностью разобрать. Иначе он сам бы вскоре рухнул.

**— Если бы только мосты...**

— Возьмем те же тепловые электростанции. На 80–90% изношено оборудование. Его нужно убирать, заменять, ремонтировать. В подобном же состоянии железные дороги, многие промышленные предприятия. Естественно, государство, а наше в особенности, неспособно сразу заменить все объекты, которые становятся очень опасными. Поэтому нужно научно обоснованно подходить к каждой конструкции и определять ее судьбу. Это и состояние металла, и качество сварных соединений, и множество других факторов. Причем нам намного труднее, чем тем же американцам.

**— Почему?**

— Например, они построили атомную станцию в Пенсильвании. В корпус реактора они сразу же заложили «образцы-свидетели». Что это





Б.Е. Патон с космонавтом А.А. Леоновым в Институте электросварки

такое? Дело в том, что корпус реактора рассчитан на 30 лет, а затем его эксплуатировать нельзя. Вернее, требуются длительные и тщательные испытания. Американцы предвидели будущую ситуацию, и им давать рекомендации было легко: в их распоряжении были конкретные данные. Мы же, к сожалению, задумываемся только о сегодняшнем, а потому и приходится тратить денег намного больше, когда приходит будущее. В общем, создана у нас специальная комиссия по оценке состояния конструкций и сооружений. Средств на такую работу требуется много, ответственность величайшая. Но кто кроме ученых способен выполнять такую работу?

— **Насколько я знаю, оценкой состояния конструкций вы занимались очень давно. И, в частности, в атомной энергетике.**

— Конечно. Ведь 45% электроэнергии у нас вырабатываются на АЭС. После закрытия Чернобыльской станции осталось 13 реакторов. Но у нас нет инфраструктуры, которая обеспечивала бы их нормальную работу.

— **Вы имеете в виду топливо?**

— И его тоже. Нет системы захоронения, нет производств, связанных с переработкой топливных элементов, — все это находится в России. Есть уран, но его явно недостаточно для работы энергоблоков. Мы стоим сейчас перед необходимостью создавать атомную промышленность, включая и хранилища ядерных отходов. Начинать, естественно, надо с науки. Принято решение, что Харьковский физико-технический институт передается обратно в академию наук, и теперь он должен стать Национальным центром атомной науки и техники. Иного выхода нет, поскольку нам суждено продолжать развивать атомную энергетику.

Реакторы будут выходить из эксплуатации, и их нужно замещать.

— **Вы стали сторонником атомной энергетики?**

— Для Украины нет иного выхода, и я вынужден считаться с реальностью и искать выходы из нее.

— **Как вы думаете, уже в полной мере оценены последствия Чернобыля?**

— Нет, конечно. Даже мы с вами, прошедшие эту трагедию с самого начала и до нынешнего дня, в полной мере не можем оценить все ее масштабы, хотя знаем о ней больше других.

— **Теперь Украина и Белоруссия остались один на один с последствиями катастрофы?**

— Да, только мы с белорусами... В 1990 г. при распаде СССР

не оценили масштабы случившегося. Может быть, при разделе страны следовало больше думать о таких трагедиях, как чернобыльская, а не о борьбе за власть. Но прошлого уже не вернуть.

— **И что теперь будет с Чернобылем?**

— Скажу честно: фактически ничего не сделано. Затрачено огромное количество денег, а воз и ныне там. Какие только «научные обоснования», «экспертизы», «проекты» ни делались! На них затрачены колоссальные средства, а толку никакого. Это очень большое зло, и его надо преодолеть в кратчайшее время. Мы настолько понимаем проблему саркофага, что есть возможность ее решить. И иного нам не дано.

— **Меня удивляет позиция властей Украины. Мне жаловались специалисты в Москве и Санкт-Петербурге, что от их услуг отказываются в Киеве, предпочитая западных специалистов. Это большая ошибка!**

— У нас с Курчатовским институтом отношения хорошие, но, безусловно, они должны быть теснее. Лично я не понимаю, почему так по-дурацки (извините за непарламентское выражение!) складываются отношения между Россией и Украиной. Они должны быть совсем иными, братскими.

*На этом наши беседы с Борисом Евгеньевичем Патонем не закончились. Мы договорились встретиться, поговорить о новых методах сварки, о работах под водой, о сварных конструкциях в космосе и Антарктиде и, конечно же, о судьбе академий наук России и Украины. Надеюсь, что наша новая встреча состоится уже скоро. С юбилеем, дорогой Борис Евгеньевич!* ■

**Беседовал Владимир Губарев**



АСТРОФИЗИКА

# А ЕСТЬ ЛИ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ?



Астрофизики накопили данные множества наблюдений, которые трудно объяснить, прибегая к понятию темной материи. Пришло время задуматься: быть может, гравитация устроена сложнее, чем учил нас Эйнштейн?

*Стейси Макго и Сабина Хоссенфельдер*

## ОБ АВТОРАХ

**Стейси Макго** (Stacy S. McGaugh) — астрофизик из Кейсовского университета Западного резервного района. Его исследования сосредоточены на изучении галактик низкой поверхностной яркости, которые служат хорошим испытательным полигоном для проверки альтернативных теорий гравитации и темной материи.



**Сабина Хоссенфельдер** (Sabine Hossenfelder) — физик-теоретик из Франкфуртского института перспективных исследований, исследует физику за рамками Стандартной модели. Автор физического блога *Backreaction* и книги «Затерявшийся в математике: как красота сбивает физику с истинного пути» (*Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray*, 2018).



**З**везды раскрыли нам не все свои секреты. Мы знаем, почему они светятся и почему мерцают, но до сих пор в неведении, почему они движутся именно таким, а не иным образом. Эта проблема стоит перед нами уже более чем столетия. В 1930-х гг. швейцарский астроном Фриц Цвикки (Fritz Zwicky) заметил, что некоторые галактики в кластере из примерно 1 тыс. галактик летят на удивление быстро вокруг своего общего центра масс. Даже если воспользоваться весьма щедрыми оценками масс отдельных галактик, они все равно не дотягивают до величины, позволяющей объяснить такое движение. Цвикки устранил это несоответствие, предположив, что существует новый вид материи: так называемая темная материя.

В 1970-е гг. американский астроном Вера Рубин (Vera Rubin), скончавшаяся в 2016 г., заметила, что то же самое имеет место и в отдельных галактиках. Скорости звезд, находящихся далеко от центра галактики, остаются примерно такими же, как и у тех, что ближе к нему, в то время как астрономы ожидали, что они должны замедлиться из-за ослабления гравитации в отдаленных уголках галактики. Опять же, одной видимой массы недостаточно, чтобы объяснить результаты наблюдения. Рубин сделала вывод, что в галактиках, должно быть, тоже присутствует темная материя.

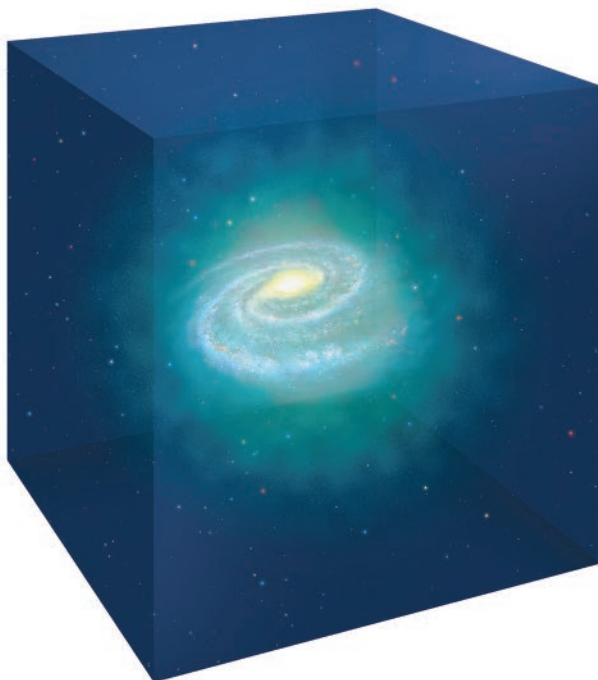
С тех пор было накоплено еще больше свидетельств того, что мы, по всей видимости, упускаем что-то из виду. Едва заметные флуктуации температуры космического фонового излучения, которое, как заметили астрономы, пронизывает всю Вселенную, а также огибание светом галактик и галактических кластеров и формирование космической паутины крупномасштабных структур в ней под действием гравитации, подтверждают, что одна лишь обычная материя не в состоянии объяснить картину, которую мы наблюдаем.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Чтобы объяснить, как звезды обращаются в галактиках, а галактики — в галактических скоплениях, ученые долгое время предполагали, что некие невидимые частицы темной материи, возможно, сопутствуют обычной материи во Вселенной. Альтернативная идея, что никакой дополнительной материи не существует и что наши уравнения гравитации нуждаются в уточнении, привлекла к себе намного меньшее внимание.
- Однако многочисленные эксперименты не смогли обнаружить частицы темной материи, и возможность того, что теория гравитации нуждается в обновлении, сохраняется.
- К тому же в последнее время некоторые астрофизические данные, такие как недавние наблюдения гравитации в галактиках, говорят в пользу модифицированных теорий гравитации, а не темной материи. Пришло время физикам забыть о своих предрассудках и заново проверить эту теорию-аутсайдера.

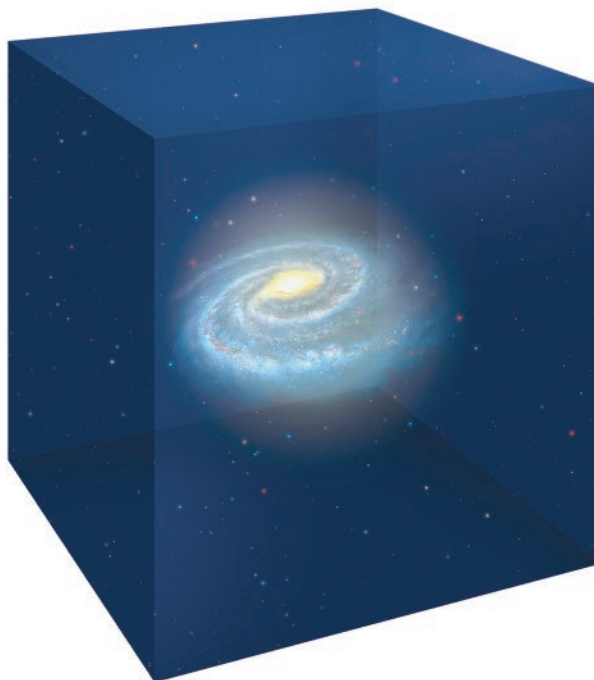
## Темная материя или модифицированная гравитация

Астрономы давно заметили, что Вселенной не хватает массы. Чтобы объяснить, как звезды движутся в галактиках, а галактики — в скоплениях, теоретики предположили, что Вселенную, по всей видимости, населяют некие невидимые частицы, получившие имя «темная материя». Но эксперименты по поиску темной материи потерпели неудачу. Альтернативная идея — что наши уравнения теории гравитации требуют корректировки — заслуживает более глубокого изучения.



### С участием невидимых частиц

Теория темной материи предполагает, что невидимые частицы роятся около галактик и их скоплений. Например, в каждой галактике сферическое «гало» частиц темной материи охватывает видимые звезды и газ, внося дополнительный гигантский вклад в массу, что, по-видимому, объясняет, почему звезды на периферии галактик движутся столь же быстро, как и те, что расположены близко к их центрам.



### Без участия невидимых частиц

Если темной материи не существует, то, чтобы объяснить скорости звезд на периферии галактик, ученые могли бы подкорректировать законы гравитации. Модифицированные теории гравитации видоизменяют уравнения общей теории относительности Эйнштейна, чтобы объяснить то, что мы наблюдаем. И никакие не гало невидимой темной материи, окружающие галактики, а лишь видимые объекты — это все, что там есть.

В течение многих десятилетий самой популярной гипотезой было, что темная материя состоит из новых, до сих пор не обнаруженных частиц, которые не взаимодействуют с фотонами. Другое возможное объяснение — у нас правильные частицы, но неправильные законы гравитации — почти не привлекало внимания.

30 лет назад такая точка зрения была подтверждена. Идея о частице темной материи получила поддержку, поскольку в то время физики имели и другие причины верить в существование новых частиц. Где-то на рубеже 1950–1960 гг. физики поняли, что протоны, нейтроны и электроны, из которых состоят атомы, — не единственные в природе частицы. В течение последовавших десятилетий ускорители стали выдавать все новые частицы, словно фокусник из шляпы; все это привело к созданию Стандартной модели физики элементарных частиц и раскрепостило теоретикам

разум для построения еще более экзотических теорий. Например, попытки объединить фундаментальные силы природы в единую силу потребовали введения множества новых частиц, а концепция суперсимметрии, разработанная в 1970-е гг., предсказала существование зеркальной частицы для каждой из известных частиц во Вселенной. Некоторые из этих придуманных теоретиками частиц вполне могли бы стать кандидатами на темную материю. Другим подходящим претендентом на эту роль стала частица, получившая название «аксион», придуманная, чтобы объяснить небольшую величину одного из параметров в Стандартной модели. Но после трех десятилетий бесплодных попыток обнаружить хотя бы одну из этих частиц не осталось серьезных оснований для дальнейшего игнорирования альтернативных гипотез.

Тем временем идея, что темная материя состоит из частиц, стала испытывать давление

с полностью противоположных направлений. Новые астрофизические данные, собранные и проанализированные одним из нас (Стейси Макго), а также и другими учеными, противоречат предсказаниям теории о существовании темной материи. Становится все очевиднее, что некоторые из застарелых проблем, если продолжать мыслить в парадигме темной материи, остаются неразрешенными, даже несмотря на многочисленные попытки с ними разобраться.

Корректировка уравнений теории гравитации — по-прежнему заслуживающий внимания путь для продвижения вперед. Вместо того чтобы добавлять новые частицы для объяснения дополнительных сил гравитации, которые, как представляется, проявляются в галактиках и галактических кластерах, мы можем остановиться на существующих, но увеличить силу, с которой они действуют

## Становится все очевиднее, что некоторые из застарелых проблем, если продолжать мыслить в парадигме темной материи, остаются неразрешенными

друг на друга. Зачастую игнорируемая и упускаемая из виду, модифицированная теория гравитации (по сути, это несколько различных теорий) никогда полностью не отвергалась. Сегодня представилась хорошая возможность вернуться к рассмотрению варианта, что мы искали не то, что следовало, и не там, где надо. Пришло время более пристально взглянуть на модифицированную теорию гравитации.

### Как внести поправки в теорию гравитации?

Впервые предложенная израильским физиком Мордехаем Милгромом (Mordehai Milgrom) в 1983 г., модифицированная теория гравитации изменяет математические правила, которые управляют тем, каким образом сила гравитации возникает из массы тела. В большинстве случаев (то есть в неэкстремальных ситуациях, когда ньютоновская теория гравитации служит хорошим приближением) мы описываем эту силу законом обратных квадратов: сила притяжения между двумя телами зависит от их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Закон обратных квадратов стал классическим и появляется во всех разделах физики начиная с уравнений, описывающих, как интенсивность света падает с расстоянием, до формул для расчета звукового давления. Но что если гравитация не всегда следует закону обратных квадратов? Что если эти уравнения при некоторых обстоятельствах требуют поправки?

Первое предложение Милгрона — модифицированная ньютоновская динамика (*MOND*) — относится только к закону притяжения Ньютона. Но общая теория относительности Эйнштейна учит нас, что гравитация — это не сила и что вызвана она кривизной пространства и времени. Эти ограничения исходной теории *MOND*, вероятно, и стали ключевой причиной, по которой физики не восприняли эту идею всерьез. Но сейчас мы знаем несколько путей, как сделать *MOND* совместимой с общей теорией относительности, в каждом из которых используются различные виды полей, ведущие себя немного по-разному, описывая, каким образом гравитационное притяжение возникает из массы тела. И именно эти десять (или около того) более полных теорий мы и объединяем под названием «модифицированная теория гравитации». Отвергать их на основе чисто теоретических соображений уже стало неоправданным. Еще одно возражение против модифицированной теории гравитации состоит в том, что ее выражение на языке математики выглядит не столь элегантно с точки зрения физики элементарных частиц. Оно не только кажется незнакомым, с ним, помимо прочего, намного труднее совладать, чем с частицей темной материи, для описания которой используется техника, входящая в стандартный набор математических инструментов. Хотя эти факторы и помогают объяснить невысокую популярность этой идеи, они не могут служить научным основанием для ее игнорирования.

Однако, несмотря на потенциал модифицированной теории гравитации, почти всю свою энергию на этом направлении ученые обратили на поиски темной материи. С середины 1980-х гг. в рамках десятков научных программ ведется поиск редких предсказанных теорией взаимодействий между частицами темной и обычной материи. Для таких экспериментов огромные резервуары сжиженных благородных газов или специально сконструированные твердотельные устройства при экстремально низких температурах располагают в хорошо экранированной среде, например в подземных шахтах, чтобы защитить их от воздействия космического излучения. Чувствительные датчики терпеливо ждут малейших признаков частицы темной материи, отразившейся от атомного ядра в жидкой или твердой мишени.

Только что завершился последний на сегодня раунд поисков темной материи. Очень чувствительные эксперименты *LUX* (*Large Underground Xenon* — «большой подземный [резервуар] с ксеноном») в Южной Дакоте и *PandaX-II* (*Particle and Astrophysical Xenon Detector* — «ксеноновый

астрофизический детектор элементарных частиц») в провинции Сычуань в Китае, как и все предыдущие эксперименты по обнаружению темной материи, не выявили, как недавно было объявлено, никаких свидетельств частиц, из которых могла бы состоять темная материя. Первые результаты установки XENONIT Национальной лаборатории Гран-Сассо в Италии (усовершенствованная установка XENON100, которая сама в свою очередь выросла из XENON10) также оказались отрицательными. На детекторе нейтрино Super-Kamiokande не заметили никаких признаков распада протонов, которые могли бы стать свидетельством объединения фундаментальных сил и дали бы убедительные аргументы в пользу идеи, что невидимые частицы существуют. С другой стороны, ученые на Большом адронном коллайдере в CERN искали новые частицы, обладающие свойствами темной материи, и не увидели ни малейших их признаков. Помимо ожидаемого бозона Хиггса БАК не обнаружил ни одной новой частицы.

Безусловно, эти отрицательные результаты не исключают существования темной материи. Теории частиц темной материи стали все более изолированными, если не сказать надуманными. Чтобы избежать конфликта с нулевыми результатами экспериментов, теоретики сегодня предполагают, что эти частицы взаимодействуют с обычной материей даже реже, чем считалось первоначально. Некоторые ученые начали строить предположения о существовании новых сил и дополнительных видов частиц, чтобы соответствовать исходным новым частицам. Этот быстрый рост количества невидимых частиц стал столь распространенным явлением в научных статьях, что они даже получили собирательное название «невидимый сектор».

### Сравнение теорий

В отсутствие каких-либо признаков новых частиц мы должны задать вопросом: насколько адекватно и эффективно теории темной материи и модифицированные теории гравитации объясняют то, что мы все-таки наблюдаем в природе?

В большинстве случаев гипотеза, что Вселенная таит в себе примерно в пять раз больше темной материи, чем обычной, хорошо объясняет то, что окружает нас в космосе. Хотя, возможно, свойства темной материи на микроскопическом уровне и трудны для понимания, в космических масштабах



## Ключи дает столкновение

Скопление Пуля — пара скоплений галактик, которые давным-давно столкнулись друг с другом. Это редкий случай космического столкновения лоб в лоб на высокой скорости. Фотографии, полученные в видимом и рентгеновском (красный) излучении, вместе с измерениями того, как гравитация изменяет направление светового луча (гравитационное линзирование, синий), показывают, что в каждом скоплении центр суммарной массы и гравитации смещен относительно центра видимой массы.

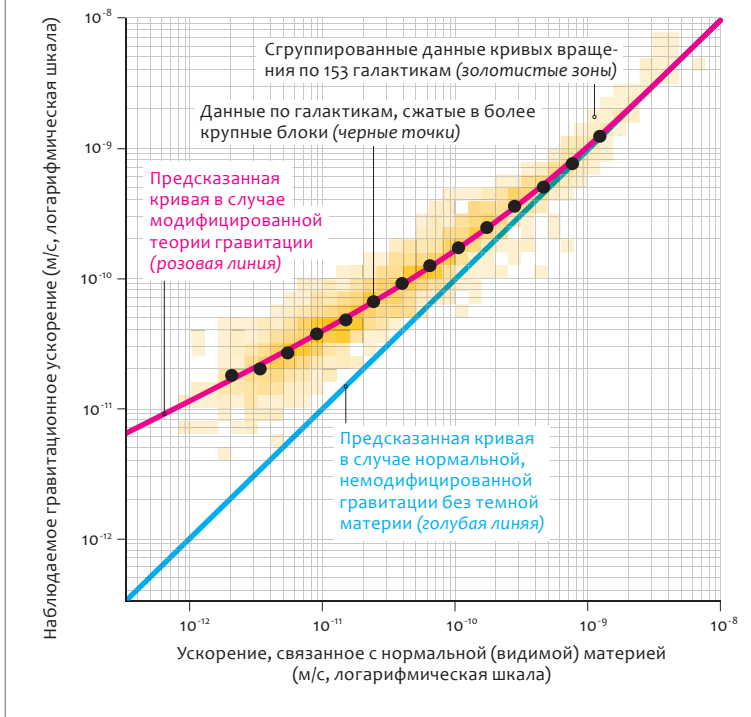
Ученые часто приводят скопление галактик Пуля в качестве доказательства существования частиц темной материи. Поскольку такие частицы должны взаимодействовать слабее, чем обычная материя, при подобном столкновении облака темной материи галактических скоплений должны были достаточно легко пройти друг сквозь друга, в то время как видимая масса взаимодействовала между собой и отстала. Такое развитие событий совпадает с тем, что мы наблюдаем, но картина очень сильно упрощена.

В модифицированной теории гравитации точка, в которой сосредоточено гравитационное притяжение, тоже может быть смещена от центра видимой массы. Такое может иметь место, поскольку, как предполагается, все силы, включая и силы гравитации, переносятся особым видом частиц. Эти частицы подчиняются своим собственным законам динамики. Когда теория модифицированной гравитации учитывает потенциальное влияние этих частиц — переносчиков сил, она тоже может предсказать то, что мы видим в скоплении Пуля.

Что еще важнее, это скопление — событие экстремальное, и оно статистически обособлено. Само его существование трудно объяснить как с точки зрения темной материи частиц, так и с помощью модифицированной теории гравитации. Использование его как доказательства в пользу или против любого из указанных подходов — упражнение для подтверждения наших собственных пристрастий.

## Проблема с темной материей

В результате проведенной в 2016 г. работы по изучению движения звезд в галактиках было обнаружено, что суммарная гравитация (по оси Y) прямо пропорциональна гравитации, связанной с видимой материей (по оси X). Эта экстремальная пропорциональность была бы совершенно неожиданной, если бы темная материя существовала, поскольку число невидимых частиц не должно зависеть исключительно от количества видимой материи: различная форма, размеры и содержание газа в галактиках должны вызывать некоторые отличия. Модифицированные теории гравитации, однако, предсказывают такое соотношение.



она описывается простыми уравнениями. Мы можем описать темную материю как жидкость, не испытывающую внутреннего давления, а единственная ее переменная — средняя плотность частиц в пространстве.

Приближение, при котором темная материя рассматривается как жидкость, где отсутствует давление, подходит, чтобы воспроизвести картину, которую мы наблюдаем в распределении микроволнового космического фонового излучения. Оно также хорошо работает для объяснения формирования крупномасштабных структур космоса. По мере того как ранняя Вселенная расширялась и материя охлаждалась, частицы темной материи, поскольку они не создавали внутреннего давления, вероятно, начали собираться вместе под действием гравитации быстрее, чем обычная материя. Только спустя некоторое время обычная материя, по-видимому, начала сгущаться в облаках темной материи, образуя галактики. Этот сценарий хорошо согласуется с некоторыми аспектами наших наблюдений.

Темная материя объясняет движение звезд внутри галактик, когда мы распределяем ее достаточное количество там, где это нам требуется; для скопления галактик задача решается примерно таким же способом. Поскольку теоретики могут разбрасывать темную материю без особых церемоний, они могут подогнать все имеющиеся на сегодня наблюдения под предсказания общей теории относительности.

Но подобная свобода действий в отношении частиц темной материи — одновременно и ее самый существенный недостаток. Галактики — это не частицы, и не существует двух похожих друг на друга. У каждой галактики есть своя история; каждая из них закрутила свой собственный изящный хордов из миллиардов звезд в результате действия сил гравитационного притяжения. Некоторые молодые галактики сталкиваются и образуют более крупные, некоторые нет. Некоторые галактики вырастают во вращающиеся диски, другие — во вспучившиеся эллипсоиды. Иногда темная материя захватывает большое количество обычной материи своим гравитационным притяжением, иногда нет. Из-за такого множества вариантов следовало бы ожидать, что отношение количества темной материи к обычной разнится от одной галактики к другой. Следует ожидать разнообразия, а не строгих правил. Но данные наблюдений имеют смелость с этим не согласиться.

В 2016 г. Макго и его коллеги провели тысячи измерений в более чем 150 галактиках и сравнили гравитационное притяжение, ожидаемое от обычной материи в них, с наблюдаемым гравитационным притяжением, которое предположительно становится результатом суммарного воздействия темной и обычной материи. То, что они обнаружили, было удивительным: очень сильная корреляция между двумя результатами. Фактически простое уравнение связывает измеряемое при наблюдениях количество темной материи с количеством обычной материи в каждой галактике; отклонения от кривой невелики и редки.

Отмеченную корреляцию трудно воспроизвести с помощью компьютерного моделирования, при котором эти два вида материи рассматриваются как независимые компоненты. Ученые могут провести моделирование, которое совпадает с данными, но они должны ввести для этого множество параметров, которые необходимо тщательно подбирать. Модифицированная теория гравитации,



в полную противоположность этому, предсказывает эту корреляцию естественным путем. Поскольку в таком сценарии учитывается только один тип материи — обычная материя, — ясно, что суммарная гравитация почти строго соответствует гравитации, вызванной видимой материей. Милгром предвидел подобного рода наблюдения уже в начале 1980-х гг.

### Необычные галактики

У гипотезы о темной материи имеются и другие проблемы — например, «галактики низкой поверхностной яркости». В этих тусклых галактиках видимая материя распределена менее плотно, чем в галактиках, аналогичных Млечному Пути.

Гипотеза о темной материи первоначально привела к предположению, что галактики низкой поверхностной яркости — то есть с небольшим количеством видимой материи — должны, как правило, иметь и такое же небольшое количество темной материи. Ученые предположили, что звезды, обращающиеся по орбитам, расположенным на больших расстояниях от центра галактики в таких галактиках, движутся медленнее, чем обычных галактиках такого же размера, поскольку суммарная гравитация, удерживающая звезды на своих орбитах, там меньше. Но когда появились данные наблюдений, оказалось, что эти ожидания неверны. Внешние звезды в этих необычных галактиках двигались так же быстро, как и в обычных, давая основания полагать, что в галактиках низкой поверхностной яркости на самом деле достаточно много материи, несмотря на разреженность звезд. Оказалось, что в этих объектах соотношение количества темной материи к обычной, по всей видимости, намного выше, чем первоначально предполагалось. Но почему это так?

Исходная гипотеза о темной материи не давала этому никаких объяснений. Но, как мы уже отмечали, это очень универсальная теория, поэтому когда теоретики стали искать пути для объяснения сложившейся странной ситуации, они их нашли.

Чтобы согласовать наблюдаемые явления с теорией, ученые должны были подогнать количество темной материи в каждой галактике в соответствии с поверхностной яркостью звезд: чем тусклее система, тем больше в ней темной материи. Чтобы проделать это, необходим некий механизм, позволяющий устранить из этих галактик светящуюся материю еще на стадии их формирования таким образом, чтобы соотношение двух видов материи сместилось в сторону темной. В настоящее время самый популярный метод — добавить в компьютерное моделирование «звездную обратную связь». Звездная обратная связь вызвана давлением, возникающим, когда массивные

звезды бомбардируют окружающий их газ высокоэнергичными фотонами, вызывая сильные звездные ветры, и в конце концов сами превращаются в сверхновые. Эти гигантские взрывы, по видимому, выдувают вещество из галактик. А поскольку темная материя взаимодействует достаточно слабо, этот выброс, вероятно, воздействует на нормальную материю сильнее, чем на темную. Таким образом, в галактиках, в которых образовалось много сверхновых, в итоге содержание темной материи, возможно, оказалось повышенным.

Но, хотя мы знаем, что звездная обратная связь играет важную роль в формировании звезд и звездных скоплений, ее роль в процессе формирования галактик менее понятна. Чтобы решить эту проблему в отношении галактик малой поверхностной яркости, энергия сверхновой почти полностью должна уйти на выбрасывание вещества из галактики. Однако такая высокая эффективность для естественно протекающего процес-

## Возможно, истина лежит где-то посередине: один из видов темной материи под маской модифицированной теории гравитации

са в высшей степени неправдоподобна. С другой стороны, модифицированная теория гравитации предсказывает наблюдаемый результат без какого-либо участия обратной связи, так же как и объясняет наблюдаемые скорости обращения звезд в обычных галактиках.

### Дополнительные проблемы

Проблема с галактиками низкой поверхностной яркости — далеко не единственный изъян теории частицы темной материи. Эта теория предсказывает, например, пикообразную кривую роста плотности материи в ядрах галактик в противоположность тому, что мы измеряем. Она прогнозирует гораздо меньше карликовых галактик, чем мы наблюдаем, и не в состоянии предсказать, каким образом галактики и их галактики-спутники выстраиваются в одной плоскости. Это лишь самые известные несоответствия. Модифицированная теория гравитации со всеми этими вопросами справляется лучше.

Отсутствие пиков плотности в ядрах галактик, например, настолько плохо согласуется с историей о темной материи, что, когда данные этих расчетов только появились, многие астрофизики выразили сомнение в их корректности. Сначала теоретики

предположили, что разрешающая способность измерений была недостаточной. Когда новые данные устранили все вопросы с разрешающей способностью, исследователи стали винить во всем систематические ошибки измерений. Но после проведения нескольких новых поколений измерений, предпринятых многочисленными научными группами, вывод остался прежним: темная материя плохо справляется с объяснением того, что мы наблюдаем в центрах галактик.

Безусловно, включив в компьютерное моделирование звездную обратную связь и другие астрофизические эффекты, можно частично решить эти проблемы. Поскольку включение этих дополнительных процессов добавляет новые параметры в математические модели, ученые могут подогнать программы таким образом, чтобы полученные в результате вычислений галактики достаточно хорошо совпадали с тем, что мы наблюдаем. Эти компьютерные симуляции галактик могут также воспроизводить наблюдаемую корреляцию между количеством темной материи и обычной материей. Однако чего компьютерное моделирование не дает — так это какого-либо объяснения происхождения этой корреляции.

Модифицированная теория гравитации имеет и еще одно преимущество. В противоположность моделям с темной материей она объясняет, как ведут себя небольшие галактики, попав в объятия гравитационного поля более крупных. Например, вычисления на ее основе продемонстрировали огромный успех в предсказании того, как группа недавно обнаруженных карликовых галактик кружатся вокруг большой, соседней с нами галактики, Андромеды. Крошечные карлики испытывают гравитационное притяжение со стороны своего хозяина-гиганта, которое сильнее, чем их собственная гравитация. В такой ситуации модифицированная теория гравитации дает предсказания, отличающиеся от случая, если

бы карликовые галактики были изолированы, и именно это уникальное предсказание, которое мы получили, совпадает с тем, что мы наблюдали. А вот чтобы получить такое же согласие с данными, рассчитанными с помощью модели темной материи, в компьютерную модель необходимо внести поправки, добавив дополнительные допущения.

Но давайте будем честны: несмотря на множество успешных предсказаний, модифицированная

теория гравитации не лишена серьезных проблем. Хотя она адекватно работает для большого диапазона галактик различных типов, она не в состоянии достаточно хорошо объяснить движение галактических скоплений. И на поведение космоса как целого модифицированная теория гравитации отвечать отказывается. В этих случаях теории темной материи работают лучше. Они объясняют свойства микроволнового космического фонового излучения и распределение галактик во Вселенной, тогда как модифицированная теория гравитации ответа на эти вопросы не дает. Однако списывать со счетов модифицированную теорию гравитации потому, что она не решает проблемы, связанные с этой ситуацией, значит не увидеть главного. Эта теория сделала успеш-

ные предсказания. И даже если мы не понимаем почему, ее игнорирование делу не поможет.

### Продвижение вперед

На данный момент и теория темной материи частиц, и модифицированная теория гравитации имеют как свои преимущества, так и свои недостатки. Часть недавних теоретических выкладок дают основания полагать, что истина, возможно, где-то посередине: один из видов темной материи под маской модифицированной теории гравитации.

В 2015 г. Джастин Хури (Justin Khoury) из Пенсильванского университета и его коллеги обнаружили, что некоторые виды частиц темной материи

**Идея, что темная материя — это один из видов сверхтекучей жидкости, воздействие которой имитирует силы модифицированной теории гравитации, проясняет также причину, по которой модифицированная теория гравитации плохо работает в случае скоплений галактик. Повсюду в большинстве таких скоплений гравитация недостаточно сильна, чтобы заставить частицы вести себя как сверхтекучая жидкость**

могут превращаться в сверхтекучие жидкости — жидкости, которые текут, не испытывая сопротивления, и в которых доминируют квантовые эффекты. Когда сверхтекучая темная материя собирается в галактики, благодаря ее квантовым свойствам могут появляться дальнедействующие силы, аналогичные силам модифицированной теории гравитации. Эта сверхтекучая жидкость сама по себе обладает гравитационным притяжением, но, согласно гипотезе Хури, основной эффект, который мы сегодня связываем с темной материей, возникает не в результате гравитационного притяжения, а вследствие непосредственного взаимодействия сверхтекучей жидкости с обычной материей. Это явление, возможно, объясняет, почему силу, которая, согласно нашим наблюдениям, действует на обычную материю в галактиках, трудно объяснить гравитацией: она вызвана не гравитацией.

Идея, что темная материя — это один из видов сверхтекучей жидкости, воздействие которой имитирует силы модифицированной теории гравитации, проясняет также причину, по которой модифицированная теория гравитации плохо работает в случае скоплений галактик. Повсюду в большинстве таких скоплений гравитация недостаточно сильна, чтобы заставить частицы вести себя как сверхтекучая жидкость. В такой ситуации они ведут себя как обычная жидкость — то есть как частицы темной материи.

Сабина Хоссенфельдер случайно заметила, что концепция сверхтекучей жидкости хорошо согласуется с другой линией исследований, пионер которой — Эрик Верлинде (Erik Verlinde) из Амстердамского университета. Верлинде, чтобы доказать, что впечатление, будто во Вселенной больше материи, чем мы видим, — это иллюзия, вызванная реакцией пространства на присутствие массы, использует идею из теории струн. Хотя такая точка зрения выглядит в корне отличной от гипотезы Хури о сверхтекучей жидкости, ключевые уравнения и в том и в другом случаях почти одинаковы.

Эта линия исследований родилась совсем недавно и может оказаться тупиковой. Но она служит примером того, как более пристальный взгляд на модифицированную теорию гравитации может помочь преодолеть нынешнюю фазу застоя в поисках темной материи.

Уже скоро должны появиться новые данные, которые помогут установить истину. Традиционная теория темной материи, модифицированная теория гравитации и теория сверхтекучей темной материи — все они дают разные предсказания для галактик с низкой поверхностной яркостью, которые, возможно, удастся проверить в недалеком будущем. В рамках программы *Dark Energy Survey* («Обзор темной энергии») в настоящее время

ведется идентификация таких галактик, и телескоп *LSST* (*Large Synoptic Survey Telescope*, Большой обзорный телескоп) должен обнаружить сотни их, когда в следующем году его ведут в строй. Эти теории дают различные результаты и относительно ранней Вселенной, когда формировались первые галактики. Эти галактики должны быть видны с помощью Космического телескопа им. Джеймса Уэбба, который планируется запустить в 2020 г., и будущие радионаблюдения на длинных волнах помогут исследовать темные века еще более ранних эпох.

Кроме того, дополнительные ключи нам в руки дает изобретение астрономии гравитационных волн. Лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория (*LIGO*) недавно зарегистрировала такие волны, вызванные столкновением двух нейтронных звезд. Одновременно различные телескопы наблюдали в различных диапазонах волн излучение, возникшее в ходе этого же события. Эти наблюдения с отменной точностью показывают, что гравитационные волны распространяются с такой же скоростью, что и свет. Новые данные, полученные в результате анализа этого события, позволили отбросить некоторые, но, безусловно, не все варианты модифицированной теории гравитации.

Прямо сейчас несколько десятков ученых изучают модифицированные теории гравитации, в то время как несколько тысяч ищут частицы темной материи. Возможно, модифицированная теория гравитации неверна, но не исключено, что научное сообщество не приложило достаточно усилий, чтобы выяснить это наверняка. Вселенная имеет привычку нас удивлять, и мы должны быть готовы непредвзято принять то, что откроют нам данные будущих наблюдений. Возможно, у звезд все еще остались секреты, но они находятся под очень пристальным наблюдением. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Добреску Б., Линкольн Д. Нераскрытые тайны скрытого космоса // *ВМН*, № 12, 2015.
- Radial Acceleration Relation in Rotationally Supported Galaxies. Stacy S. McGaugh, Federico Lelli and James M. Schombert in *Physical Review Letters*, Vol. 117, No. 20, Article No. 201101; November 11, 2016. Препринт доступен по адресу: <https://arxiv.org/abs/1609.05917>
- Covariant Version of Verlinde's Emergent Gravity. Sabine Hossenfelder in *Physical Review D*, Vol. 95, No. 12, Article No. 124018; June 15, 2017. Препринт доступен по адресу: <https://arxiv.org/abs/1703.01415>

МЕДИЦИНА



**ДВИЖЕНИЕ**

**— ВСЕ.**



# ЦЕЛЬ — ЖИЗНЬ

*«Человек ответственен за свою жизнь и свое здоровье. Врач может ему помочь, но не надо думать, что он обязан биться с вашей болезнью в одиночку, и ждать от него чудесной таблетки, которая решит все проблемы разом. Нет таких таблеток. И чудес нет. Точнее — все чудеса мы творим сами, своими, а не чужими руками»*

*Владимир Анатольевич Парфенов*



Каким образом мы можем сохранить свое здоровье? Как врач может нам в этом помочь? Какие методы сегодня наиболее эффективны? И какие ошибки может допустить человек, сталкиваясь с хронической болью? Об этом бы беседовали с **Владимиром Анатольевичем Парфеновым**, доктором медицинских наук, профессором, заведующим кафедрой нервных болезней и нейрохирургии Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, директором Клиники нервных болезней им. А.Я. Кожевникова.

— **Владимир Анатольевич, вы руководите клиникой нервных болезней. А что это такое — нервная болезнь? Ведь это очень общее понятие.**

— Если говорить о нервных болезнях, то наиболее частые из них — это, конечно, сосудистые заболевания головного мозга, а именно инсульт. В пожилом возрасте довольно часто встречаются заболевания, приводящие к снижению памяти и сообразительности, — это болезнь Альцгеймера и ряд других заболеваний. Кроме этого, значительную часть обращений к неврологу составляют различные болевые синдромы: головные боли, боли в спине, конечностях — это очень распространенные состояния. Наконец, есть нарушения сна. Существует множество болезней периферических нервов и мышц, болезнь Паркинсона, рассеянный склероз и ряд других заболеваний центральной нервной системы. Неслучайно говорят: кардиология — сто болезней, неврология — тысяча.

— **Значит, верно утверждение, что все болезни от нервов?**

— Действительно, роль нервной системы в развитии многих заболеваний очень существенна. Но это расхожее выражение скорее говорит о роли эмоционального состояния, психологического, психосоматического фактора в развитии многих болезней. Но если обобщать, я бы сказал, что здоровый образ жизни определяет ее продолжительность и снижает риск самых разнообразных заболеваний. Это абсолютно доказано.

— **А что такое здоровый образ жизни? Ведь и здесь понимание у каждого свое.**

— Здесь все ясно. Это отказ от вредных привычек. В первую очередь от курения, от злоупотребления алкоголем. Это рациональное питание. Не какие-либо диеты, а просто правильное, разнообразное, богатое фруктами и овощами питание. Это достаточная физическая активность. А со стороны нервной системы — это контакт с собой. Лев Толстой,

например, считал, что надо уметь любить себя. Многие люди не умеют это делать. Не умеют радоваться жизни и принимать себя в ней такими, какие они есть. Одна из последних психотерапевтических концепций называется красиво — терапия осознанности (англ. *mindfulness*). Она направлена на то, что человек, когда ему плохо, у него что-то болит, он в кругу всех своих проблем, начинает переключаться на ощущение радости жизни. И он находит много положительного в той жизни, что у него есть.

**— Как говорится, проснулся утром, все болит — значит, живой. Какими методиками вы пользуетесь? Знаю, вы не приверженец злоупотребления лекарственными методами лечения, а предпочитаете другие.**

— Да, это так. Я сторонник так называемого междисциплинарного подхода к пациенту. Ведь у одного пациента может быть очень много болезней. И поэтому, чтобы эффективно помочь, порой необходимо объединение различных специалистов. А методы самые разные. Конечно, иногда хирургическое лечение нужно даже в неврологической практике. Лекарственные средства жизненно важны для нормализации давления, для разжижения крови, снижения уровня холестерина, но все это должно сочетаться с изменением образа жизни. В этом объединении громадная сила. Вот, например, человек перенес ишемический инсульт. И если он курит, то самое эффективное в том, чтобы больше инсульта или инфаркта миокарда не повторилось, — это отказ от курения. При этом человек будет получать, естественно, лекарственные средства и многое другое. Но тут встает еще такая проблема. Иногда мы назначаем значительное количество лекарственных средств. Но большинство людей от них отказываются. Это вопрос приверженности лекарственной терапии. Или, например, мы даем рекомендации людям: вам надо что-то в жизни поменять. Не все это слушают. Поэтому вслед за всей европейской медициной мы приходим к выводу: чтобы человека убедить в изменении чего-либо, надо сказать не один раз, а несколько. Тем более сегодня у всех, даже у людей зрелого и пожилого возраста, есть современные средства связи. И если периодически человека информировать — это действует.

**— А каким образом информировать?**

— Хотя бы в форме СМС-сообщения. Например: уважаемый пациент, вы стали больше ходить? Вы не забываете придерживаться рекомендаций? Недавно в Финляндии закончилось очень крупное исследование, которое показало, что такие регулярные напоминания приводят к тому, что большинство людей следуют рекомендациям.

**— А у нас есть результаты таких наблюдений?**

— Есть. Здесь основное — это наблюдение пациентов с хроническими заболеваниями, которые требуют как изменения образа жизни, так

и постоянного приема лекарственных средств. Получается, что примерно половина пациентов нас более-менее слушают. Например, мы наблюдали людей после инсульта. 60% стали придерживаться лечения, 40% — нет.

**— И что же у этих 40%?**

— Увы, через пять лет у подавляющего большинства из тех 40%, которые не послушались, что-то произошло. Инфаркты, инсульты... А вот у тех, которые последовали нашим рекомендациям, все эти события происходили значительно реже. Мы отдаем себе отчет, что люди с трудом воспринимают здоровый образ жизни. Но если что-то произошло, они готовы к нам прислушиваться. И здесь задача врачей — убедить их в том, что это эффективно.

**— Вы занимаетесь когнитивно-поведенческой терапией. Что это такое?**

— Всем хорошо известен классический психоанализ, который был предложен Зигмундом Фрейдом. Аарон Бек, который в свое время был психоаналитиком, предложил новый метод, который получил название когнитивно-поведенческой терапии. В настоящее время этот психологический метод используется при огромном числе заболеваний. В частности, в клинике нервных болезней — например, при хронической боли. Я один из неврологов, которые широко пропагандируют этот метод в клинической практике. У меня большое количество пациентов, которым мы помогли, используя этот метод.

**— Наверное, вы сочетаете его с какими-то другими методиками? Какие из них наиболее эффективны?**

— Здесь, конечно, все зависит от заболевания. Если, например, мы возьмем такое распространенное страдание, как боль в спине, то это так называемое лечение движением. Здесь два направления. Первое — это увеличение физической активности: лечебная гимнастика, занятия в тренажерном зале, фитнес, различные методы физической активности, пешие прогулки, но под контролем специалистов, чтобы избежать неадекватных движений, чрезмерных нагрузок. А второе — это избегание неудобных, длительных статических поз, перегрузки. Некоторые люди готовы сидеть за компьютером в неудобных положениях целыми днями, а это же сумасшедшая нагрузка на поясничный и другие отделы позвоночника.

**— А как же надо сидеть за компьютером?**

— Первое — это эргономичное кресло. Можно его подобрать. В том числе и кресло, которым пользуетесь за рулем автомобиля. Второе — это перерывы. В некоторых странах офисные работники через каждые два-три часа в обязательном порядке делают перерыв. Не только кофе-брейки, но и гимнастика. То же самое — водитель. Это невероятно важная профилактика. Предупреждение практически всех болезней основано на такой активности.

**— Как вы обычно помогаете людям с болью в спине без операции?**

— Вот у человека заболела спина. Он пошел, сделал снимок. Если ему 40 лет и больше, то обязательно найдут грыжу диска. В представлении человека, который не знает биомеханику позвоночника, грыжа диска — это образование, которое с течением времени может сопровождаться увеличением размеров и привести к сдавлению, например, спинного мозга. Это распространенное заблуждение. Оно связано с тем, что грыжи образуются на том месте, где спинной мозг уже закончен, и могут быть сдавлены спинномозговые корешки, а это, как правило, не так уж драматично. Хотя тоже, конечно, очень неприятно.

Во-вторых, эти грыжи имеют способность к самостоятельному изменению и рассасыванию. Они могут полностью пройти сами. Часть из этих грыж подвергаются обратному воздействию. Это не паховые, не пупочные грыжи, которые необходимо оперировать. Но никто этого пациенту не объясняет. Наоборот, нередко говорят, что это будет болеть, что со временем, возможно, потребуются операция. Все это может привести к так называемой катастрофизации. Это основной психологический феномен, который при хронической боли значимее, чем реальный субстрат боли. Что дальше? Возникает болевое поведение. Человек думает: что мне сделать, чтобы эта грыжа не прогрессировала? Он начинает меньше двигаться, ограничивать свою активность...

**— И пить таблетки.**

— Именно. Таблетки-то немножко облегчают боль, но без нелекарственных методов обойтись нельзя. Эксперты разных стран рекомендуют во всех случаях боли в спине в первую очередь исключить опасную причину. Это нечасто, но случается. Боли в спине могут вызывать серьезные заболевания — опухоль спинного мозга, воспаление, перелом. Задача врача — исключить это. Если он это исключил, то следующая задача врача, будь то грыжа диска, патология суставов, связок или мышц, — успокоить пациента. Объяснить ему, что эта ситуация разрешима. В течение двух недель большинство таких людей поправляются, если их не напугать.

**— А если напугать?**

— Тут процесс становится значительно более неприятным. Люди годами живут с этой болью, многие не только снижают свою активность, теряют работу, но и сужают круг общения. В таких случаях когнитивно-поведенческая терапия должна быть добавлена к обезболиванию и другим методам. Когнитивная часть — это разъяснить человеку причину его заболевания, рассеять необоснованные страхи. Показать, что высока вероятность выздоровления. А физическая активность под контролем специалиста — это

путь к здоровью, а не увеличению размеров грыжи. Есть некоторые методики расслабления, которые мы используем, когда на человека накатывает тревога. Это великолепно работает. Это самые различные методики, близкие к аутогенной тренировке.

**— Все это относится и к головным болям, головокружениям?**

— Остановлюсь на головокружениях. Одна из самых частых причин — доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение. Оно связано с тем, что в лабиринте внутреннего уха образуются вещества, которые носят название отолитов. Это похоже на остеопороз, хотя несколько другое. Образуются они чаще ночью. И вот человек проснулся, повернулся с боку на бок, и у него все поплыло. Дальше все зависит от того, что этот человек продолжает делать. Например, один из вариантов: он немножко потрясет головой — и эти частички могут выйти. Другой вариант — он может попробовать встать, пойти умываться, наклониться — у него снова все плывет. Он может упасть. Тогда он может позвать своих близких, они измерят артериальное давление, оно высокое, поэтому возникнут мысли об инсульте. А на самом деле это доброкачественное по прогнозу вестибулярное головокружение. Диагностируется очень просто. Мы проводим определенную пробу, которая провоцирует новый приступ головокружения. Во время этой пробы мы внимательно оцениваем движения глаз пациента и если подтверждаем заболевание, то применяем специальные методы, которые позволяют вывести эти частички из уха, и таким образом пациенты полностью излечиваются. Это называется отоневрология. В мире существуют центры, где это делают. Есть они у нас, но в недостаточном количестве. Поэтому многие люди страдают этим очень долго и понятия не имеют, что это можно довольно легко вылечить.

Вот пример. У нас была пациентка в возрасте 70 с небольшим лет. До приступа головокружения была активна, работала по дому, на своей даче, все делала и радовалась жизни. Возник такой эпизод, ей стало плохо. Сделали снимок мозга. Там оказалась небольшая опухоль. Сразу скажу: доброкачественная — менингиома. Ее не надо трогать. Нашлись также изменения, свойственные возрасту, в виде поражения сосудов головного мозга. Врачи по месту жительства ей сказали, что у нее сосудистое повреждение мозга и «старость». Кроме того, опухоль мозга. Словом, радуйтесь, что вообще ходите по квартире. Какое настроение у пациентки?

**— Катастрофическое.**

— Именно. Мы провели свое обследование. Оказалось, что у нее как раз та болезнь, которая великолепно лечится гимнастикой. Мы ей помогли и выписали ее в хорошем состоянии. Эта пожилая женщина полностью вернулась к своей прежней



жизни. А во многом ей мешало ощущение страха, непонимания, хотя до этого она была абсолютно нормальна.

**— А головные боли вы тоже можете вылечить?**

— Головная боль — еще одно весьма распространенное явление, которое умеют дифференцировать, правильно диагностировать и тем более лечить далеко не все врачи. Мало кто знает, что одна из самых частых проблем при постоянной головной боли — это лекарственно индуцированная головная боль, то есть злоупотребление обезболивающими. На экранах телевизоров мы часто видим: «Не дай боли застать себя врасплох, нанеси ей ответный удар». С одной стороны, мы знаем, что боль при многих болезнях, например инфаркте миокарда, необходимо экстренно снять. Мы должны облегчить состояние человека. Он может умереть от болевого шока. С другой стороны, злоупотребление обезболивающими приводит не только к осложнениям со стороны почек и печени, но и к развитию определенной формы головной боли, которая в настоящее время доминирует, — это боль, связанная с приемом лекарственных средств. Человек принимает таблетку, она подействовала. Завтра опять. Этот длительный прием приводит к тому, что боль становится чаще и требуется все большее количество таблеток. У нас есть люди, которые принимают до ста обезболивающих таблеток в месяц. И наша задача — снять их с этой зависимости. Есть определенные методы, и они индивидуальны. В том числе это определенные лекарственные средства, которые помогают. Второе — это разъяснение. Женщина ведь терпеливая от природы? Терпите. Терпите эту боль, она пройдет.

**— Ну спасибо! Утешили.**

— Это один из вариантов. С другой стороны, для снятия боли, если она становится изнурительной, нестерпимой, есть препараты, которые поднимают настроение. Некоторые из антидепрессантов обладают способностью снимать хроническую боль. Мы их тоже назначаем. Если все это выдержать, а главное — использовать методы когнитивно-поведенческой психологии, нормализовать образ жизни и сон, то мы помогаем большинству пациентов.

**— Вы много говорите о движении. Какие еще заболевания нервной системы можно лечить с его помощью?**

— Это относится практически ко всем «нашим» заболеваниям. Скажем, нарушения сна, которыми занимается целое научно-прикладное направление — сомнология. Приведу один лишь пример, когда подвижность совершенно незаменима. Недавно у меня был один известный академик. Он сказал, что у него есть хорошая знакомая, которой 94 года, и она говорит, что уже длительное время не спит ночами. Просит помочь. Стали разбираться. Оказалось, что ее постель никогда не заправлена. И если ей плохо или она устала, она периодически приляжет. На пять-десять минут. При этом она принимает не лучшие лекарственные средства.

Что я ей посоветовал? Первое — гигиена сна. В 94 года шесть-семь часов в кровати — это более чем достаточно. А потом постель убрали — и не ложимся. Стараемся быть более активной. Она уже несколько лет не выходит на улицу, хотя выйти может. Необходимо гулять. Есть также лекарственные средства, которые могут помочь. А вообще в последние годы было абсолютно достоверно доказано, что в лечении бессонницы помогает когнитивно-поведенческая терапия. Она основывается на том, что мы рассказываем человеку, почему он не спит. Рекомендуются ограничить время пребывания в постели. Отказаться от дневного сна. Перед сном желательно полчаса почитать. Но не в кровати. А вот постель разобрать, лечь — и с высокой степенью вероятности это будет работать. Если вы все-таки не заснули, снова встаньте, вернитесь к книге. Присоединить к этому дневную активность — и все будет замечательно. Психотерапия, как показывает опыт, зачастую более эффективна, чем самые разнообразные лекарственные средства. Она их не заменяет — просто она должна сочетаться с ними.

Или взять, например, болезнь Альцгеймера. Какая у нее может быть связь с двигательной активностью? На первый взгляд, никакой. Патогенез ее в настоящее время более-менее ясен: патологический белок бета-амилоид накапливается в головном мозге и оказывает негативное влияние на нейроны. И есть другие изменения — накопление таупротейна и т.д. Но что мы можем сделать, чтобы не поглупеть, что, к сожалению, имеет достаточно оснований в старческом возрасте? Это, опять же, постоянная физическая активность в молодом, среднем и даже пожилом возрасте. Она напрягает

*Психотерапия, как показывает опыт, зачастую более эффективна, чем самые разнообразные лекарственные средства. Она их не заменяет — просто она должна сочетаться с ними*

ассоциируется со снижением риска развития когнитивных нарушений. Поверьте, это не просто мнение. Это показано во всех журналах и рекомендациях. Каким образом? Здесь можно обсуждать самые разнообразные механизмы. Есть экспериментальные исследования на крысах, которым можно поставить памятник в медицине. Показано, что если они больше двигаются, у них меньше атрофических изменений в коре, они лучше решают определенные задачи, связанные с поиском выхода из лабиринта.

**— Может быть, одна из причин роста количества таких заболеваний — малоподвижный образ жизни наших современников?**

— Это один из факторов. Есть и другие причины — прежде всего то, что человечество стало дольше жить. А риск развития болезни Альцгеймера появляется в 50–60 лет, а в 70 галопирует. Но говорят, что если человек достиг 90 лет, то риск снижается.

**— Будем стремиться дожить до этого возраста!**

— Искренне вам этого желаю. Но дело еще и в том, что у нас не очень умеют эту болезнь диагностировать. В нашей стране зарегистрировано всего 10 тыс. случаев пациентов с болезнью Альцгеймера. А должно быть ориентировочно 2,5 млн. Наши терапевты плохо информированы об этом заболевании.

**— А как его нужно диагностировать?**

— Скажем, если это пожилой человек, у него плохая память, снижена сообразительность, нет почечной, печеночной недостаточности, других серьезных заболеваний и интоксикаций, то это скорее всего болезнь Альцгеймера. Далее мы проводим нейропсихологическое обследование, делаем визуализацию головного мозга (томографию), проводим ряд тестов и подтверждаем или снимаем этот диагноз.

**— Слышала, что вы участвуете в исследованиях по оценке эффективности вакцины против болезни Альцгеймера...**

— Это так. В течение последних 20 лет идет поиск патогенетического лечения болезни Альцгеймера. Развитие этого заболевания связывается с отложением патологического белка в головной мозг. Придуманы очень сложные лекарственные средства, которые направлены на то, чтобы уменьшить накопление этих веществ в головном мозге

и усилить их выведение. Это весьма сложный синтез лекарственных средств. Несколько исследований показало, что если они применяются и не сопровождаются осложнениями, то результаты очень впечатляющие. К сожалению, от них много осложнений. Иногда возникает инсульт, другие заболевания мозга. Но идет поиск золотой середины, и есть пациенты, которым эта прививка помогла. И это обнадеживает. Однако требуются дальнейшие исследования, чтобы использовать это лечение в обычной практике.

**— Знаю, вы читаете популярные лекции по профилактике ишемического инсульта.**

— Профилактика ишемического инсульта имеет громадное значение. Здесь есть как нелекарственные методы, так и лекарственные средства. Одно из самых эффективных лекарственных средств — это поддержание нормального артериального давления.

У меня была пациентка, преподаватель одного из вузов. Произошел ишемический инсульт. Она наблюдалась сначала в поликлинике по месту жительства. Ей было назначено большое число лекарственных средств, от которых ей стало плохо. К сожалению, не все из них были назначены с достаточными основаниями. Я ей прописал все лекарства, которые необходимы, а это препараты для снижения давления, уровня холестерина и разжижающие кровь. Она их принимала. Далее она меня спросила: на работе меня ждут, можно ли выйти? Я сказал: необходимо выйти. Далее: она курила. Это зависимость. Она сказала: ну,

одну сигарету вы мне после работы разрешаете? Я сказал: разрешаю. Но при этом, пожалуйста, всегда регулярные прогулки. Плюс длительный период наблюдения. Она выполняет все мои рекомендации, и это позволяет ей жить качественно.

Сейчас в клинике находится преподаватель одного из московских вузов, у него кровоизлияние в мозг. Ему 60 с небольшим лет. Согласитесь, это не тот возраст, когда должны происходить такие события. Но оно произошло. Я беседовал с его женой. И что же? К сожалению, артериальное давление не контролирует. Курит. Иногда употребляет алкоголь в больших дозах. Вот три кита. И в 60 лет он находится в реанимационном отделении нашей больницы.

***Здоровый человек может заниматься гимнастикой, спортом, пешими прогулками абсолютно самостоятельно. Тогда велик шанс, что специалист ему никогда не потребуется. И сейчас заметно, что здесь есть позитивные сдвиги***

Далее речь идет о снижении уровня холестерина. Есть много ситуаций, при которых, если диета не помогает, нужны лекарственные средства, статины, которые позволяют достичь нужного уровня холестерина в крови. Бывают также определенные состояния, которые приводят к образованию тромбов, сгустков крови, — тогда нужны антитромботические средства. Всем известен аспирин. Есть и другие. Сразу скажем, раньше господствовало мнение, что если человек, например, достиг возраста 50–60 лет, необходимо принимать ацетилсалициловую кислоту, чтобы избежать инфаркта и инсульта. Это не совсем так. Если есть риск этих заболеваний — например, человек перенес сердечную атаку или ишемический инсульт, — то врач их вам назначит. Если показаний нет, принимать не стоит. Да, риск инсульта и инфаркта снижается, но возрастает риск кровотечений, в частности в желудочно-кишечном тракте и в головном мозге.

— **Что еще важно для профилактики инсульта?**

— Банальные вещи — движение, правильное питание, хорошее настроение. Еще мы шутим, что от всех болезней надо выбрать себе хороших родителей.

— **Вам удалось выбрать хороших родителей?**

— Мои родители долго прожили.

— **Как вы сами справляетесь с этими проблемами?**

— В первую очередь — физическая и умственная активность.

— **С умственной понятно. А как вы поддерживаете физическую активность?**

— Я профессионально занимался спортом и стараюсь сохранять привычку много двигаться.

— **Какие виды спорта вы рекомендуете? Ведь это не тяжелая атлетика?**

— Нет, конечно. Если говорить в целом, то это банальные пешие прогулки. Желательно в парках, где красиво. Это скандинавская ходьба или просто ходьба. Любые виды спорта, которые доставляют человеку удовольствие. Я люблю большой теннис. Это могут быть любые подвижные игры, лыжи зимой. Что угодно, если вам это в радость. Человек должен получать удовольствие от жизни. Чем больше он получает удовольствия, тем дольше он живет.

— **Владимир Анатольевич, вы сказали, что двигательная активность нужна под контролем специалиста. Наверное, это касается только состояния болезни?**

— Вы абсолютно правы. Здоровый человек может заниматься гимнастикой, спортом, пешими прогулками абсолютно самостоятельно. Тогда велик шанс, что специалист ему никогда и не потребуется. И сейчас я вижу, что здесь есть позитивные сдвиги. Появляется больше молодых людей, совершающих пробежки. За последние несколько лет в нашей стране снизилось число курильщиков. Это замечательно. Сразу уменьшится число инсультов и инфарктов. Я вижу молодое поколение врачей, которые проходят у нас обучение по нервным болезням, — курят заметно меньше.

— **Это они вас, наверное, боятся.**

— Нет, поверьте мне, не в этом дело. Хотя, с другой стороны, многое зависит от руководителя коллектива. Я знаю А.В. Покровского, известного сосудистого хирурга, — он не курит. И большинство сосудистых хирургов в его отделении тоже лишены этой вредной привычки.

— **Вы сотрудничаете с другими медицинскими центрами и клиниками?**

— Обязательно. Мы активно работаем с ведущими специалистами мира. В настоящее время накоплен огромный объем информации по всем вопросам медицины. Я и студентам говорю: хотите получить информацию — пожалуйста, обратитесь к соответствующему источнику. И сегодня это очень эффективное направление. К сожалению, оно не всегда

используется широко. А когда используется, мы помогаем огромному количеству пациентов с хронической болью.

Но вот что крайне важно понять. Человек ответственен за свою жизнь и свое здоровье. Врач может ему помочь, но не надо думать, что он обязан биться с вашей болезнью в одиночку, и ждать от него чудесной таблетки. Нет таких таблеток. И чудес нет. Точнее — все чудеса мы творим сами, своими, а не чужими руками. Те, кто рядом с нами, только способствуют этому. Не впадайте в панику, не рисуйте себе картины конца света, не выпадайте из жизни — наоборот, живите активно, общайтесь, трудитесь, радуйтесь. А если вас что-то беспокоит — найдите врача, которому доверяете, и вы вместе решите эту проблему. Уверен: жизнь дана нам для радости, а не для страданий. ■

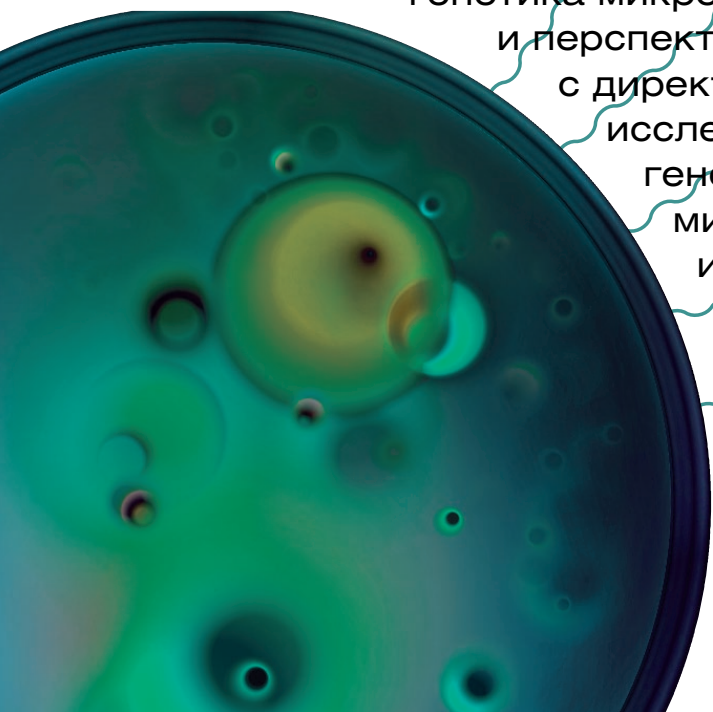
**Беседовала Наталия Лескова**

## **Постоянная физическая активность в молодом, среднем и даже пожилом возрасте напрямую ассоциируется со снижением риска развития когнитивных нарушений**

ГЕНЕТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ

# От генетики МИКРОРОВА к устройству мира

Микроорганизмы — это первые живые обитатели нашей планеты. Они на миллионы лет древнее человека и в миллиарды раз многочисленнее. Полный же подсчет их количества и видового разнообразия до сих пор не завершен. Они умеют приспосабливаться к таким экстремальным условиям, которые для человека губительны. Они могут быть и нашими злейшими врагами, и помощниками. Как «подружиться» с микроорганизмами, использовать их свойства себе во благо — этим вопросом занята наука генетика микроорганизмов. О ее успехах и перспективах — наш разговор с директором Государственного научно-исследовательского института генетики и селекции промышленных микроорганизмов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» — ГосНИИгенетика) доктором биологических наук, профессором **Александром Степановичем Яненко**.





**— Вашему институту ГосНИИгенетика исполняется 50 лет. Немалый срок.**

— Да, в этом году мы отмечаем 50 лет с того момента, как постановлением Совета Министров СССР был образован наш институт. Это довольно интересная история, так как в постановлении было написано: создать «в порядке исключения» такой институт в Москве, учитывая высокую значимость микробного синтеза. То есть уже полвека тому назад наше правительство понимало значение изучения микроорганизмов для использования в разных областях: фармакологии, медицине, сельском хозяйстве, пищевой промышленности. Поэтому такая структура была создана на базе отдела Института атомной энергии им. И.В. Курчатова (ИАЭ).

**— А почему в порядке исключения?**

— Дело в том, что в конце 1940-х гг. были серьезные гонения на генетику, которая в те годы была признана...

**— «Продажной девкой империализма»?**

— Говорили про нее и такое. Ее считали лженаукой. Это привело к тому, что во многих советских институтах были закрыты генетические исследования. Однако руководители Института атомной энергии (как тогда назывался Курчатковский институт) И.В. Курчатова и его соратник и последователь А.П. Александров хорошо понимали значение генетических исследований. В ИАЭ исследования по воздействию радиации на живые организмы шли еще с конца 1940-х гг. Поэтому в те годы, когда само слово «генетика» находилось под запретом, И.В. Курчатова и А.П. Александрова создали в институте радиобиологический отдел и группу по генетике и селекции микроорганизмов и поручили ее развивать С.И. Алиханяну — выдающемуся генетику. Он также пострадал в то время — был уволен из Московского университета. В стенах Курчатовского института ему удалось собрать вокруг себя группу энтузиастов. Эти люди впоследствии стали очень известными генетиками — в том числе В.В. Суходолец, Н.И. Жданова, В.Н. Крылов, Р.Р. Азизбекян и др. Из нашего института вышли также выдающиеся современные генетики, работающие во многих научных центрах страны и возглавляющие их. Примерно через десять лет, в 1968 г., С.И. Алиханян и «подращенные» им к тому времени специалисты составили костяк нового института, который продолжил генетические исследования, развивал молекулярную биологию микроорганизмов

**— Иначе говоря, созданный в порядке исключения институт оказался нужным надолго и всерьез.**



Доктор биологических наук А.С. Яненко

— Да. Здесь было подготовлено около 680 кандидатов наук, почти 30 докторов наук. Все они работают в различных институтах страны. Главной задачей изначально был определен микробный синтез аминокислот. Это задача двойного назначения. С одной стороны, аминокислоты необходимы как кормовые, пищевые добавки, а с другой — это компоненты кровезаменителей. Конечно, военные были очень заинтересованы в этой тематике. Поэтому задача решалась энергичными темпами: с одной стороны, разрабатывались аминокислоты для парентерального питания больных, с другой — как биодобавки для кормов. Это определило на многие годы основное направление деятельности института. Фактически С.И. Алиханян и его ученики создали основы производства аминокислот в стране. И уже в 1970-х гг. появилась мощная отечественная индустрия — микробиологическая промышленность, которая выпускала не только незаменимые аминокислоты, но и витамины, ферменты, антибиотики.

**— Насколько я знаю, в годы перестройки все это погубило.**

— Да. Потом, к сожалению, этой индустрии не стало. Практически вся микробиологическая промышленность канула в Лету, и мы столкнулись с необходимостью завозить эти продукты из-за границы. Лишь несколько лет назад началось возрождение со строительства в Белгородской области комплекса по глубокой переработке зерна и производству аминокислот, в первую очередь лизина.

**— Как же удалось вашему институту выжить в самые трудные годы, когда все разваливалось и закрывалось?**

— В значительной степени благодаря правильно выбранным приоритетам развития института.

С.И. Алиханян, наш первый директор, сформировал коллектив и дал толчок развитию отрасли. А после него директором стал В.Г. Дебабов. Он сейчас научный руководитель института. На годы его руководства пришлась самая плодотворная, но и самая непростая пора. Благодаря деятельности Владимира Георгиевича институт оказался одним из мировых лидеров в разработке новых генетических технологий. В 1970-е гг. начала активно развиваться генная инженерия, и буквально на следующий год в институте появились работы по этому научному направлению. А еще через два года в институте под руководством В.Г. Дебабова с помощью генной инженерии был создан первый в мире продуцент треонина — незаменимой аминокислоты. Это было событие мирового масштаба, открывшее эру генной инженерии в производстве аминокислот. Кроме того, были инициированы новые работы. В частности, мы активно двинулись в сторону химии и создали уникальные биокатализаторы. Оказалось, что в некоторых случаях вместо традиционных катализаторов (соединений металлов) можно использовать клетки микроорганизмов, которые способны осуществить те же самые реакции, что и катализаторы, только иногда более эффективно и специфично.

— **Да и дешевле.**

— Да, и дешевле. Такого рода проект был реализован впервые в мире в России. Была создана биотехнология получения акрилового мономера — акриламида, которая оказалась настолько эффективной, что в России был построен первый такой серийный завод, а затем по нашей лицензии был возведен большой завод в Германии. Кроме того, именно в эти непростые годы был также создан завод, который, без преувеличения, оказался лучшим в мире по производству акриловых полимеров для очистки питьевой воды.

— **А как он назывался?**

— Вначале он назывался МСП («Москва — Штокхаузен — Пермь»). Дело в том, что он был построен в Перми. Инвесторами были московские власти, а технологию полимеризации давала немецкая компания *Stockhausen*. А катализатор, биокатализатор и технология получения акриламида были наши.

— **Сейчас этот завод уже не существует?**

— Почему? Он не просто продолжает работать, мы еще и распространили эти технологии в Южную Корею и Италию. На сегодня с помощью этого катализатора в мире производится около 100 тыс. т акриламида.

— **Когда-то ваш институт входил в состав Главного управления микробиологической промышленности при Совете Министров СССР.**

— Да, в 1968 г. институт появился в составе Главмикробиопрома. Там было создано около десяти институтов по разным направлениям биотехнологии. Кто-то занимался белком одноклеточных, кто-то антибиотиками, витаминами... Но в постсоветские времена эти институты переживали трудные времена, часть из них были реформатированы.

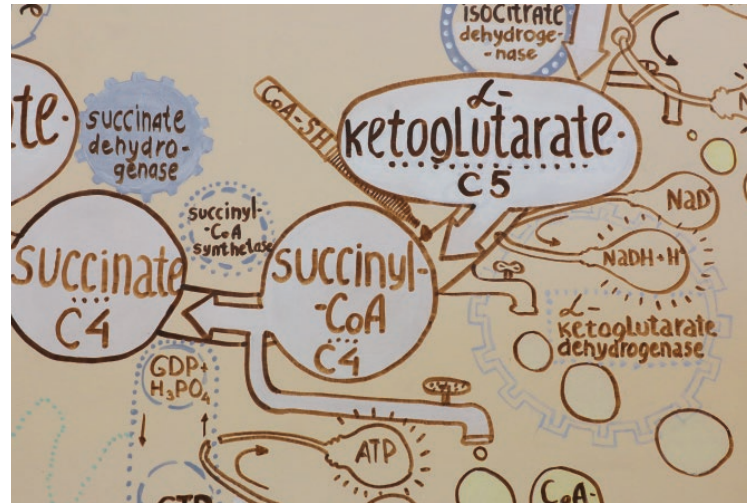
— **А институт ГосНИИгенетика продолжил развитие?**

— Да, потому что наша технология создания штаммов оказалась востребованной в мире. С нами сотрудничали крупнейшие биотехнологические компании мира: японская *Ajinomoto*, немецкая *Degussa Evonik*, американская *ADM*. В 2000-е гг. когда вектор развития науки в стране, к счастью, изменился, наше правительство вновь обратило внимание на биотехнологию, потому что в мире в этой области начался настоящий бум. Постепенно возобновились работы по созданию штаммов и новых технологий для российских предприятий.

Сейчас Россия превратилась в крупнейшего экспортера зерна, продав почти 40 млн т за границу. Но, увы, мы вывозим свое зерно, а покупаем продукты из него, однако уже значительно дороже

— **Какие направления стали для вас приоритетными?**

— Прежде всего, биотехнологии для сельского хозяйства. Это связано с начавшимся в стране возрождением этой отрасли. Сложилась уникальная ситуация, когда в стране возник избыток зерна. Долгие годы мы его импортировали, а сейчас Россия превратилась в крупнейшего экспортера, продав почти 40 млн т за границу. Но, увы, мы вывозим свое зерно, а покупаем продукты из него, однако уже значительно дороже. Это, например, кормовые добавки, в первую очередь аминокислоты, которые обеспечивают высокую эффективность животноводства. То есть мы вывозим сырье, которое могли бы перерабатывать сами, получая широкий круг продуктов, востребованный и в медицине, и в сельском хозяйстве. Конечно, для этого нужны новые технологии и штаммы-продуценты, для создания которых необходимо использовать самые современные методы конструирования.



В таком реакторе штаммы-продуценты превращают глюкозу в ценный продукт — незаменимую аминокислоту лизин (слева); чувство юмора помогает создавать штаммы-продуценты (вверху)

**— А что такое штамм-продуцент?**

— Они лежат в основе любой промышленной биотехнологии. Штаммы — это потомки одной клетки с измененной генетической программой. В отличие от природной микробной клетки, основная цель которой — обеспечить быстрый рост и размножение, клетки продуцента должны производить нужный нам продукт в большом количестве. Как правило, клеточные метаболиты в природной клетке присутствуют в небольшом количестве, например лизин — 0,5–1 г/л. А штамм-продуцент, полученный в нашем институте, способен продуцировать 200 г лизина в 1 л.

**— Что представляет собой создание штамма?**

— Создание штамма — это сложнейшая генетическая задача, для решения которой используются все достижения генетики. Прогресс в области конструирования штаммов колоссальный. Продуктивность штаммов определяет в конечном счете эффективность производства. Здесь нам приходится конкурировать с крупнейшими компаниями мира. Выиграть конкуренцию можно только в том случае, если мы будем создавать лучшие штаммы с использованием самых современных методов конструирования. Наше возвращение в состав Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» совпало с новым этапом в развитии методов конструирования — геномного редактирования, или направленной модификации. Ранее используемые методы позволяли либо вводить ненаправленные изменения (так называемый мутагенез), либо приводили

к получению штаммов, содержащих плазмиды, гены устойчивости к антибиотикам — то есть к штаммам со статусом ГМО. Существуют опасения, что такие штаммы опасны для человека. Однако в последние годы появились новые методы конструирования — методы направленной модификации, которые позволяют избежать появления у штаммов статуса ГМО. Эти методы конструирования базируются на естественных процессах, протекающих в клетке, и опираются на генетический потенциал клетки без привлечения генетического материала из других организмов. Вхождение института в состав НИЦ «Курчатовский институт» — первой национальной лаборатории

Вхождение института в состав Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» открывает для нас новые возможности для создания экологически безопасных и эффективных природоподобных биотехнологий на основе возобновляемого сырья



Российской Федерации, обладающей уникальной междисциплинарной экспериментальной базой мирового уровня, комплексом новейшего оборудования, в том числе для генетических исследований, — открывает для нас новые возможности создания экологически безопасных и эффективных природоподобных биотехнологий на основе возобновляемого сырья.

**— Какие конкретно микроорганизмы вы используете в работе?**

— Речь идет о микроорганизмах, широко используемых в промышленности, — это, например, коринебактерии, всем известные кишечные палочки. При этом мы используем абсолютно не опасную для человека форму. Но самое главное — новая технология редактирования с использованием полногеномного секвенирования, впервые в нашей стране осуществленного в Курчатовском институте в 2008 г., позволяет очень аккуратно, без привлечения чужеродных генов изменить клетку таким образом, чтобы она производила то, что нам нужно.

**— При этом не появляется генетически модифицированных организмов?**

— Нет. Технологии, о которой мы говорим, не будут приводить к появлению ГМО-статуса.

**— А ведь многие биотехнологи говорят, что ГМО — это хорошо.**

— Они говорят, что не нужно бояться ГМО. Это правильно. Однако речь идет и о том, чтобы в ближайшие 10–15 лет реализовать новую программу генетических исследований, которая сейчас по инициативе президента страны разработана и, надеемся, скоро будет принята. Эта программа нацелена на широкое использование технологий генетического редактирования и создание сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов, которые должны обеспечить сельское хозяйство и общество полноценными продуктами питания.

**— А что с редактированием человеческого генома при определенных заболеваниях?**

— В этой области нужно быть очень внимательным и осторожным. Нынешним летом появилась большая публикация, в которой было показано, что в местах, где осуществлялись исправления — как мы говорим, рекомбинационные события, — как правило, происходят неожиданные перестройки генома.

**— Природа не разрешает запросто вмешиваться в святая святых — структуру ДНК?**

— Да. Там появляются неожиданные перестройки, вставки или делеции — удаление фрагментов. Или, например, вдруг откуда-то из другой области генома возникает неожиданный фрагмент. Все это может приводить к нарушениям функционирования генома. Поэтому необходимы полногеномное секвенирование и многочисленные проверки.

Но, думаю, будет прогресс и в этой области. В ближайшее время до исправления генома человека дело вряд ли дойдет, но лет через 15–20 ситуация изменится. А вот в случае микроорганизмов это очень эффективные технологии, вполне применимые уже сегодня. Мы здесь добиваемся нового качества. Подчеркну, что сегодня мы получили доступ к мощнейшей экспериментальной базе НИЦ «Курчатовский институт» — полногеномному секвенированию и исследованию структуры белков и ферментов. Наши исследования поднимаются на новый уровень, становятся междисциплинарными, конвергентными. Таким образом, наше путешествие длиной в полвека от Института атомной энергии до НИЦ «Курчатовский институт» успешно завершилось. За это время мы создали институт мирового уровня, получили большой опыт взаимодействия с международными компаниями и с российским бизнесом. Сегодня ГосНИИ-генетика — один из ведущих биотехнологических центров, он обладает крупнейшей коллекцией промышленных микроорганизмов, что крайне важно для восстановления и развития у нас собственной фармацевтической, пищевой, медицинской промышленности, а глобально — обретения технологической независимости и национальной безопасности страны.

Вхождение в состав НИЦ «Курчатовский институт» открыло для нас новые возможности в создании экологически безопасных и эффективных природоподобных биотехнологий. Успехи института за 50 лет и высокая востребованность научных разработок позволяют нам с оптимизмом смотреть в будущее.



Микробный «газон» в чашках Петри: буйство красок



Доктор биологических наук, академик В.Г. Дебабов

**Владимир Георгиевич Дебабов**, научный руководитель НИЦ «Курчатовский институт» — ГосНИИГенетика, академик:

— Со времени своего основания НИЦ «Курчатовский институт» — ГосНИИГенетика занимался фундаментальными исследованиями и созданием на этой основе промышленных биотехнологий. Сейчас наш институт связывает свои перспективы развития именно с возрождением отечественной легкой и пищевой промышленности, сельского хозяйства, фармакологии. Для нормального функционирования всех этих сфер необходимо развивать микробиологическую промышленность: организовать выпуск аминокислот, ферментов, витаминов, в основном для животноводства, растениеводства, птицеводства.

**— Как конкретно вы можете помочь развитию этих отраслей?**

— Например, российский птицепром, который сейчас бурно развивается, не может существовать без лизина. Это незаменимая аминокислота, которую организм животного не способен синтезировать, а получает лишь вместе с пищей. В природе его синтезируют только растения и микроорганизмы. Сейчас птицефабрики закупают лизин за границей. Но есть возможность получать лизин в нашей стране, поскольку это продукт переработки пшеницы, рекордные урожаи которой страна собирает в последние годы. Вообще, переработка пшеницы — важное направление промышленности. Например, крахмал, который получают из зерна, — это главное сырье для микробиологической промышленности.

С вхождением ГосНИИГенетики в НИЦ «Курчатовский институт» мы рассчитываем сделать рывок в развитии. В нашем институте хранится самая

большая в России коллекция промышленных микроорганизмов. Это лиофильно высушенные культуры эталонных штаммов. Они необходимы для патентных процедур, востребованы в промышленности, если утерян или потерял свои свойства необходимый штамм, и, конечно, нужны для научных работ.

**— Каких именно?**

— Например, в НИЦ «Курчатовский институт» находится мощный секвенатор, с помощью которого по инициативе М.В. Ковальчука мы планируем в ближайшие годы «прочитать» геномы всех штаммов нашей коллекции. Другими словами — оцифровать их, создать базу данных. В этом деле незаменим мощный Курчатовский суперкомпьютер. Имея в своем распоряжении базу данных штаммов, можно намного быстрее и эффективнее создавать новые микроорганизмы.

Современные технологии достигли высокого уровня: например, не так давно появилось оборудование, позволяющее работать с единичной бактерией, а не с популяцией, как это делают пока в большинстве генетических лабораторий мира. Методики позволяют делать полное секвенирование ДНК из одной бактерии, смотреть регуляцию на этом уровне. Оснащение необходимым оборудованием наших лабораторий позволит и нам работать с единичной бактерией, а значит, быстрее создавать уникальные штаммы мирового уровня.

**— Знаю, ваш институт имеет не только научные, но и учебные планы.**

— Да, мы планируем развивать и расширять аспирантуру. Здесь существенным подспорьем станет общежитие для аспирантов, которое есть в НИЦ «Курчатовский институт».

Кроме того, мы намерены не только работать для нужд сельского хозяйства, но и разрабатывать белки для медицинского применения на основе культур клеток животных и микроорганизмов. У нас накоплен большой опыт в этом направлении. Например, один из наших продуктов — интерферон, белок с противовирусным действием. Причем мы делаем разные виды интерферона — для человека и для животных, поскольку это видоспецифичный белок.

Сейчас в правительстве обсуждается программа, связанная с поддержкой и развитием генетических технологий в России. Мы надеемся, что НИЦ «Курчатовский институт» — ГосНИИГенетика будет играть одну из главных ролей в этой программе, поскольку имеет огромный, уникальный опыт в конструировании штаммов и создании на их основе биопроцессов мирового уровня, которые используются крупнейшими биотехнологическими компаниями мира и заводами России. ■

**Беседовала Наталья Лескова**

# Всё, всем, всегда ДОСТУПНО



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

## ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

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

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



Google play



**В мире  
науки**

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал

# Вечно-зеленый ТОМСК

У входа в Инженерную школу новых производственных технологий Томского политехнического университета возведена необычная теплица. Стенки у нее надувные, внутри — какие-то хитрые конструкции. «Приезжайте, скоро будут огурцы, а потом и клубника», — улыбается **Алексей Николаевич Яковлев**, директор инженерной школы, кандидат физико-математических наук, доцент ТПУ. Такая чудесная теплица — почти сказочная скатерть-самобранка, да и сам А.Н. Яковлев пользуется здесь репутацией фантазера — но умеющего претворять замыслы в жизнь. А замыслов громадье: от целебных микроводорослей и биотоплива из куриного навоза до масштабных космических проектов. О самых актуальных разработках этого научно-производственного комплекса и пошел наш разговор.

— **Алексей Николаевич, слышала, что это называется «смарт-теплица». Что это значит?**

— Это значит «умная теплица». А начинали мы со света. Пять или шесть лет назад мы озадачились проблемой того, что для человека и растений нужны разные компоненты света. Если мы представим солнечный свет в виде энергии, то получим непрерывный спектр, который напоминает некую песчаную горку, и в ней есть разные по энергии кванты света. Они интегральные, то есть каждый из них несет определенную энергию и информацию для растений, и растения соответствующим образом реагируют на этот свет. На самом деле, когда проектируют освещение, то рассчитывают в большей степени на человека, а потом уже рассматривают растения. Осветительные установки всегда создавали таким образом, чтобы приблизиться к Солнцу. Но при этом мы сегодня понимаем, что избыточное тепло рассеивается в атмосферу, и это приводит к тому, что климат меняется. Потребление энергии тоже связано с тем, что мы вначале





Растения, выращенные  
в фитотронах

получаем электричество, сжигаем какое-то количество углеводорода и этим тоже разогреваем Землю и атмосферу, что способствует изменению климата. Это, с одной стороны, проблемы экологии, а с другой — ресурсоэффективности. Мы начали думать о том, каким образом сэкономить электроэнергию, чтобы было и экономично, и эффективно.

С этой целью стали изучать построение облучательных установок, которые используются для теплиц. Оказалось, что в нашей стране преобладающие технологии — голландские, которые предлагают все решать в комплексе: не просто свет, а полностью теплицу со всеми комплектующими.

**— Но ведь и у вас теплица.**

— Сначала мы разработали облучатель, эффективный для теплиц. Но столкнулись с тем, что фермеры не готовы его использовать. Они сомневаются, требуют доказательств, что с таким облучателем урожайность не упадет, а вырастет. В голландской теплице, опять же, использовать наш облучатель проблематично. И так мы пришли к «умной» теплице. Но как заинтересовать фермера? Ведь это человек, который не обладает большими ресурсами. Ему это должно быть прежде всего выгодно и не слишком трудоемко. Если голландские конструкции капитальные, то мы решили сделать свои легковозводимыми. Это раз. Второе — недорогоми, чтобы они окупались за два-три года и чтобы это было законченное решение под ключ. Они быстрые в реализации: максимум год от нулевой стадии до получения урожая. К тому же это должна быть теплица, предусматривающая возможность трансформации и плановой поэтапной модернизации, чтобы фермер мог реализовывать дополнительные ресурсы. Далее, эта теплица должна потреблять как можно меньше световой и тепловой энергии.

**— Как же вам удалось добиться того, что все это быстро окупается?**

— Мы связали это с различными возможностями сельского хозяйства. Скажем, использование органических отходов, которые есть у фермера. Они связаны, например, с животноводством, птицеводством либо просто с сельским хозяйством, где возникает много отходов растительного происхождения. Куда их девают? В компосты превращают, скотине скармливают или просто отваливают на могильники, которые используются у данного предприятия.

**— А ведь это тоже экологически небезопасно.**

— Да, это так. Поэтому мы начали думать и предложили модульную конструкцию, которая исполняется в виде полиэтиленовой теплицы. Пока это экспериментальный вариант, который мы будем дорабатывать, чтобы он выдерживал наши климатические условия. Сибирь — это восемь месяцев зимы. Как здесь говорят, лето у нас короткое, но малоснежное.



Кандидат физико-математических наук А.Н. Яковлев

Решения в такой теплице будут зонированные, поделенные на части, в зависимости от того, какие там будут выращивать овощи либо другие культуры. Для того чтобы теплица стала ресурсосберегающей, мы используем солнечную энергию, геотермальные источники энергии, то есть те, которые находятся, например, под землей.

**— А как вы это делаете?**

— У нас созданы гелиосистемы, преобразующие солнечную энергию в определенные накопители. Геотермальные — это радиаторы, которые закапываются в землю, и потом с помощью теплового насоса используется разница температур. Ну и стандартные солнечные батареи — полученные электроэнергию, которую мы используем для освещения, отопления теплицы. Рассматривались также и биогазовые установки. Это накопители, куда собираются отходы, например, животноводческих либо птицеводческих производств. Для этого используются емкости, куда собираются отходы, внутрь запускаются метаногены или микроорганизмы, которые в своей деятельности выделяют биометан. Сейчас мы запускаем экспериментальный полигон.

**— А где же вы возьмете отходы животноводства?**

— Мы заведем автоматизированный курятник голов на 200. Одна курица дает 200 г помета в день. В пересчете на электроэнергию мы сможем получать от одной курицы 3,5 кВт электроэнергии в месяц.

**— Это вы сами придумали — получать электроэнергию из куриного помета?**

— Нет, это известная вещь. Но у нас здесь есть свое ноу-хау, или объект интеллектуальной деятельности. Это патент, который позволяет нам увеличить эффективность работы биогазовых установок в пять-восемь раз за счет электростимуляции микроорганизмов. С помощью специального устройства мы воздействуем на микроорганизмы, они впадают в стресс и, как некоторые люди, начинают больше есть и, соответственно, быстрее размножаться. В результате мы получаем больше биометана. Раньше, пока мы не придумали такое решение, в сибирских условиях биогазовые установки фактически не использовались, потому что их нужно очень хорошо утеплять, а это было невозможно. За счет патента мы получили ту необходимую прибавку, которую как раз можно использовать для преобразования биометана в тепло или в электричество. Для этого используются когенераторы, которые делят часть в тепло и часть в электричество, и это используется в теплицах. Мы посчитали, что для теплицы на полтора гектара срок окупаемости — три года. Мы ориентируемся на сумму 3–5 млн руб., чтобы наш тепличный комплекс был рентабельным для среднего фермера. В Томской области фермерам, участвующим в конкурсе, выделяют именно такие гранты. Таким образом, мы рассчитываем на то, что в скором будущем наши тепличные комплексы будут работать для всех.

**— Это технология только для Томской области?**

— Нет, мы собираемся ее расширять и предлагать для всей северной территории России. Например, можно объединить курятник и биогазовую установку, поместить их в сорокафутовый контейнер и отправить ледоколом в Арктику. Пока этот ледокол плывет, а это месяца два, там уже будут свежие яйца, куры выросли, а в теплице созрел первый урожай огурцов и других овощей. А можно в тайге поставить эту ферму, и она там заработает. Отходы от биогазовой установки можно запускать на гидропонику. Ничего не нужно специальным образом готовить: запустил — и занимаешься своими делами.

**— Получается замкнутый цикл.**

— Да, замкнутый, экологически чистый и достаточно рентабельный проект. А еще можно от биогаза заправлять трактора и автомобили. Или использовать для космонавтов на обитаемых станциях. Я сказал об этом в РКК «Энергия». Мне ответили, что проект интересный. Будем сотрудничать.

**— Ну и размах — от тайги до космоса! А что за облучатели установлены в ваших теплицах?**

— У нас в Томске есть стратегический партнер — НИИ полупроводниковых приборов (НИИПП). Это один из ведущих производителей отечественной промышленности в области светодиодной светотехники. Они будут обеспечивать наш проект необходимым количеством облучателей, чтобы мы могли эти теплицы поставлять фермерам. В чем смысл? В том, что, как я уже сказал, растениям не нужен весь спектр света. Вот почему листья у растений зеленые? Да потому, что они не нуждаются в этом зеленом свете. Точнее, если и нуждаются, то совсем немного. Мы исходили как раз из этих свойств. Смоделировали трехцветный облучатель, потом посмотрели, насколько у нас качественное облучение за счет использования стандартных светодиодов — например, белых. Они

Наша интеллектуальная система позволяет в зависимости от изменения спектрального состава автоматически выстраивать освещение в теплице, регулировать его на большее или меньшее. При этом мы можем включать и добавлять только ту энергию, которая необходима

тоже бывают разные — теплого и холодного цвета. Холодный белый — это означает, что там много синего, теплый — больше красного. Известно, что для работы нам лучше холодный белый, для отдыха — теплый.

**— А растениям что нужно?**

— Для растений нужно подавать такой спектр, в котором есть много красного, синего и немного зеленого. Есть количественные характеристики, которые могут все это связать. Мы провели соответствующие эксперименты, затем подобрали оптимальное количество светодиодов и спроектировали светильник. При этом он еще и выполняет функцию, которую производители облучателей чаще всего не рассматривают как необходимую. Например, основное отличие часто используемых в голландской технологии облучателей на основе натриевых ламп заключается в том, что такая лампа не может управлять ни спектром, ни потоком: разряд зажегся — и все, лампа горит в одном



режиме. К тому же энергия там такая большая, что вы не можете эту лампу повесить ниже определенного уровня, иначе растение сгорит. А вот наши светодиодные светильники эту задачу решают проще: мы можем динамически управлять спектром, менять, варьировать спектральный состав, добавлять красного, синего.

— **А зачем это нужно?**

— Это необходимо для разных растений. Кроме того, возможность вариаций удобна для фермера, который таким образом может экономить электроэнергию. И еще мы используем так называемую автоматизацию работы облучательной установки в зависимости от состояния окружающей среды. Вот сегодня, например, светит солнце. Это означает, что у вас большая облученность и большой световой поток. Только тучка набежала — поток квантов света на порядок уменьшился. Наша интеллектуальная система позволяет в зависимости от изменения этого спектрального состава автоматически выстраивать освещение в теплице, регулировать его на большее или меньшее. При этом мы можем включать и добавлять только ту энергию, которая необходима. Соответственно, мы берегаем необходимое количество энергии, не тратим ее зря.

— **Не бойтесь, что ваше ноу-хау продублируют другие производители?**

— Об этом мы тоже подумали. Для того чтобы обладать уникальными правами на это изобретение, мы придумали некий колпак, который покроет светодиодный чип и преобразует синий спектр излучения в спектр, нужный растению, с необходимым количеством квантов. Подобный колпак воспроизвести сложнее — для этого надо знать

технология, а это не так просто. Наиболее подходящий материал для этого — люминесцентная керамика с определенными свойствами, которые знаем только мы.

— **Получается, никаких специалистов к такой теплице приставлять не надо? Она сама все знает и умеет?**

— Именно к этому мы стремимся. Но это еще не все проблемы, с которыми мы столкнулись. Вот представьте — светильник, а под ним расположен ряд огурцов. Но если повесить такой прибор над растением, то облучается лишь его макушка, а боковины — нет. Соответственно, листья недополучают света, они тянутся вверх, и в результате мы можем иметь не совсем «правильное» растение. Поэтому мы рассчитали все характеристики и повесили светильники таким образом, чтобы растение облучалось косыми лучами, то есть целиком. Мы получили равномерное облучение. Эту систему мы сейчас реализуем в нашей «умной» теплице.

Следующий этап — беспилотные технологии. Это использование роботов для того, чтобы обслуживать теплицы — например, посадить, опылить, собрать урожай, полностью уходя от ручного труда. У нас уже есть капельная система полива — людям приходиться с лейками, шлангами и поливать уже не надо. Ну а тут можно решить сразу все проблемы. Робот не проспит, не перепутает.

— **Не украдет... Какими же будут эти роботы?**

— Кто-то предлагал сделать руки, которые бы втягивались и вытягивались на нужную длину. Но это ж сколько нужно таких рук! Это дорого и сложно. Я решил, что это будут беспилотники, которых мы уже сконструировали и запускаем опытный полигон для их испытаний. Они будут





летать по теплице и выполнять поставленные перед ними задачи: сажать растения, опылять их, собирать урожай.

— **Знаю, с такой же целью некоторые фермеры покупают шмелей. Те же биороботы, только урожай не собирают.**

— Да, клубничники покупают семью шмелей. Это стоит около 30 тыс. рублей. Включают инфракрасное излучение, чтобы они начинали летать. Они летают, опыляют, а потом, когда по весне пригревает настоящее солнышко, находят щелочку — и все, ваши 30 тыс. улетают. Вот я и подумал — почему бы нам не сделать таких же беспилотников, но чтобы они никуда не улетели? Думаю, эта идея не так уж сложна в реализации. Приезжайте зимой — покажем.

— **Что вы надеетесь увидеть в результате?**

— Мы надеемся значительно повысить урожайность, при этом сократив расходы электроэнергии. Сейчас мы постепенно идем к тому, чтобы такие мини-теплицы пришли в каждый дом.

— **Это как же? Сделать домашние фермы?**

— Да, мы уже несколько лет проводим эксперименты с фитотронами — это такие шкафычки, в которых реализованы те же тепличные условия для производства растений. Городская ферма — это фитотрон у вас на кухне, где вы можете выращивать экологически чистые овощи и фрукты для своего стола. Вы сами управляете этим процессом. Более того, сейчас мы пошли дальше и начали задумываться о том, чтобы сделать такое питание максимально полезным и сбалансированным. Ведь каждый из нас индивидуален, и потребность в различных минералах, микроэлементах и витаминах у всех разная, причем она может

*Важнейший элемент электроснабжения «умной» теплицы — солнечные батареи и гелиокомплексы (слева); в «умной» теплице скоро появятся овощи и фрукты (справа)*

меняться каждый день. Как определить, что вам нужно именно сейчас? Очень просто — по волосу из вашей головы. Волос — это уникальный элемент нашего организма, в котором накапливаются потребляемые нами микроэлементы в том или ином количестве. Он выдергивается, анализируется по элементному составу, а затем выращивается такое растение, которое нужно вам в данный момент.

— **Это потрясающе! Но ведь вы не биологи, а инженеры.**

— Как раз сейчас мы подходим к тому, чтобы совместно с биологами, биофизиками в рамках РФФИ начать реализовывать эту идею.

— **Мы обсуждаем множество важных прикладных применений ваших разработок. Есть ли здесь фундаментальная научная ценность?**

— Безусловно. Она, конечно, в большей степени связана с биологией, с агротехнологиями. Хотя и для нас, для физиков, она тоже есть. Мы провели исследования, которые показали, что при формировании растений очень важно изучение их морфологии. Это внутренняя структура растений, которая зависит как раз от спектрального состава светового потока. А это означает, что если мы едим клубнику, которая выросла в теплице, то, скорее всего, она другой морфологии, нежели та, которая выросла у вас на грядке, под солнцем. Это фундаментальная задача — понять разницу. А затем, владея этими знаниями, с точки зрения фундаментальных исследований определить, как облучать, каким составом, какой спектр необходим для какого растения.

— **Найти идеальные параметры для каждого растения?**

— Да, условно говоря: нажал кнопку — получил оптимальный результат при минимуме затрат. Мы сейчас работаем командой, где есть и приглашенные специалисты, в том числе иностранные. Методами так называемой рамановской спектроскопии они анализируют внутреннюю структуру растений, которые мы наполняем с помощью света и питательной среды. Наши коллеги из Томского государственного университета помогают решать вопросы с биологической и почвоведческой сторон, а из Кемеровского сельскохозяйственного института — агротехнические. Энергетики занимаются газом, электричеством, солнечной электроэнергией, биогазовыми установками. У нас будут даже животноводы и растениеводы. Это мощная научно-практическая площадка, и наша кооперация должна дать важные результаты. ■

**Беседовала Наталья Лескова**

КЛИМАТ

Прибрежные  
поселения,  
адаптирующиеся  
к жизни в условиях  
растущего уровня моря,  
стали делать то,  
что раньше казалось  
немыслимым: **отступать**

*Джен Шварц*

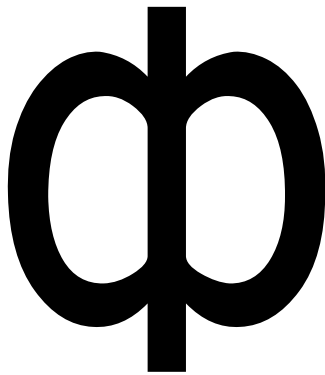
# ОДЛОИ



В заливе Делавэр, штат Нью-Джерси, оставшийся дом ждет сноса. Здесь будет открытое пространство.

## ОБ АВТОРЕ

**Джен Шварц** (Jen Schwartz) — старший редактор *Scientific American*, пишет о взаимодействии науки и общества.



Фундамент дома Моники Колман (Monique Coleman) был все еще сырым и пропитанным солью, когда начался восстановительный период. Всего несколько дней спустя после того, как суперураган «Сэнди» обрушился на среднеатлантические штаты, подняв рекордную разрушительную волну, прошедшую по самому густонаселенному району США, губернатор Нью-Джерси пообещал вернуть песок на морские пляжи.

«Построить крепче заново» — такой подход никогда не находил отклика в душе Колман, которая жила не на традиционном островке барьерной цепи, а на затопляемой приливами окраинной равнине, рассеченной 12 автомагистралями, проложенными между штатами. «Сэнди» был признан экстраординарной катастрофической бурей, которая случается один раз в 500 лет за всю историю ураганов, тогда к тому же выпал и слой снега. Однако в случае Колман, как и других жителей Уотсон-Крамптона в тауншипе Вудбридж, стихийное бедствие уже в третий раз за три года затопило их дома. Под очередным натиском гидродинамического давления основания некоторых домов рухнули.

Когда эвакуированные жители вернулись домой для проведения еще одного раунда откачки воды и грязи, Колман рассмотрела варианты своих возможностей. Вудбридж лежит на сужении территории штата Нью-Джерси, откуда сеть рек и речушек несет свои воды в бухту Раритан и далее в Атлантический океан. Колман прослышала, что Инженерные войска США не собираются строить насыпь или приливный затвор: недавно данная местность прошла оценку, и такие дорогостоящие защитные сооружения сочли малообещающими. Получив опыт прошлых ураганов, Колман кое-что узнала об экологической истории ее поселения, насчитывающего около 350 лет. Она обнаружила, что отдельные части ее микрорайона, как и другие места во всей округе, выросли на низменных заболоченных землях, которые были подняты путем насыпи плохо пропускающего воду грунта в начале XX в. Углубившись в исследования, Колман увидела более широкую панораму. «Я начала осознавать, что мы — в некотором отношении заложники системы, так как проживали в поселении, которое никогда не должно было быть построено», — поясняет она.

Хотя у нее была страховка от наводнения, согласно закладной, но Колман знала, что ее страховые взносы скоро повысятся, и ее беспокоило, что стоимость ее недвижимости упадет. Она и ее

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Поскольку уровень моря поднимается, некоторые населенные пункты стоят перед лицом будущих наводнений, как затяжных, так и мгновенных. Отступление, или отселение, людей от воды вместе с их недвижимостью на постоянной основе — радикальная мера, но в некоторых местах оно неизбежно.
- Даже хорошо организованное отступление — тяжелый и болезненный шаг. Подобное вообще предпринималось редко. В одном из городов Нью-Джерси проходит эксперимент с отселением жителей из опасных районов и превращением освободившихся земель в буферные зоны, защищающие остальное население от наводнений.
- Планирование того, как и когда надо будет переселять людей, включает много переменных факторов. К 2100 г. в Нью-Джерси ожидается подъем уровня океана на 3,7 м. Социальные, политические и экономические факторы усложняют обстановку.



На земле, где стоял дом Моники Колман, растут саженцы. Дому слева предстоит пройти тот же самый процесс.

муж любили свой дом довоенного колониального стиля. Больше всего их устраивало то, что он сравнительно недорогой, учитывая близость к Нью-Йорку. Колман узнала, что будет проживать в «особо опасном районе, подверженном затоплению», только в 2006 г. Она разнервничалась, отказалась от адвоката, который, отмахиваясь от проблемы, утверждал, что при нынешних темпах развития скоро все в Нью-Джерси будут жить в зоне затопления. Это могло быть правдой в качестве мысленного эксперимента, моделирующего будущее, но в данных обстоятельствах это просто вводило в заблуждение. В отчаянии вывезла свою семью из квартала Ньюарка, где усиливалась наркопреступность, Колман поменяла один риск на другой.

В течение четырех безоблачных лет прибрежное болото в конце ее улицы было привлекательной достопримечательностью, где три ее сына могли свободно играть. Однако осушительная система, дугой огибающая ее микрорайон, была разрушена ураганом, пронесшимся в северо-восточной части США в 2010 г. А затем в 2011 г. пришел ураган «Айрин». И еще «Сэнди» в 2012 г.

Когда федеральные деньги потекли в Нью-Джерси на восстановление после разрушений,

нанесенных «Сэнди», Колман выяснила, что может обратиться за субсидией на поднятие. Но поднять дом на сваи казалось неразумным, если ее машина и дорога оставались на прежнем уровне. Так она описывала, что происходило во время нагонной волны «Айрин»: «Обрушивается высокая волна, и вода охватывает все пространство в одну секунду. Улица становится рекой в реке». Колман не хочет вернуть все в прежнее положение, если это означает реконструкцию на месте. Каждый раз, когда ее заливают во время высокого прилива, она испытывает стресс. Она не чувствует себя в безопасности как в физическом, так и в финансовом смысле.

Выражая сочувствие соседу, Колман услышала о программе под названием *Blue Acres*. Посыл программы порадовал своим здравым смыслом: государство вместо очередных выплат на ремонт выкупает ее постоянно затопляемую недвижимость по стоимости, определенной до разрушений ураганом. Ликвидационная бригада сносит дом и другие постройки, относящиеся к жилищу. Затем акт передается в администрацию штата, и повторное строительство на этом месте более невозможно. Никогда.



Фон Макги, директор закупочной программы Blue Acres, выкупила сотни домов в Нью-Джерси, в том числе и этот. Скоро он будет снесен.

По сравнению с продажей дома такой проект одерживает верх. Даже если бы Колман нашла покупателя, как бы она могла считать себя порядочной и передать такое уязвимое место кому-то еще? «Все, кто живет в зоне повышенного риска подтопления, когда-то стали объектами манипуляций, — говорит Колман. — Не пора ли разомкнуть порочный круг?»

**ОТСТУПЛЕНИЕ ОТ БЕРЕГА** как мера непопулярно ни теоретически, ни на практике. Вопрос в том, почему люди должны покидать насиженные места, если не найдено лучших альтернативных вариантов? Ответ для сотрудников аварийно-спасательных служб: отступление — это форма смягчения последствий наводнений. Аргумент для поборников охраны окружающей среды: это восстановление экосистем. Для планирующих органов, занимающихся устойчивостью к внешним воздействиям: это адаптация к изменению климата. Тем не менее все согласятся, что отступление звучит как поражение. Это означает признание, что человечество проиграло, а водная стихия победила. «Американские политические установки, даже наша национальная мифология плохо приспособлены к неопределенности и гибкости в природе, — писала журналист Корнелия Дин (Cornelia Dean) около двух десятилетий назад в своей книге «Против

течения» (*Against the Tide*). — Это против американских представлений — что мы должны приспособиться к океану, а не наоборот».

В США в небольших масштабах проводился эксперимент: семьям, проживающим на переувлажненных землях, предлагали добровольный выкуп. Результат был на редкость многообещающим. «Закупки эти крайне дороги, экологически чрезвычайно разрушительны, и многие из попыток прошли безуспешно», — говорит Крейг Фугейт (Craig Fugate), бывший директор Федерального агентства по чрезвычайным ситуациям (*FEMA*). Они нагнали много страха среди граждан всех политических воззрений, вызывая в памяти захват территорий, расистские переселенческие проекты, классовую вражду и, в зависимости от идеологической приверженности, либо обман правительства, либо его отставку. Поскольку требовались координационные действия между политическими деятелями, домовладельцами, юристами, техническими работниками, служащими банков, страховых компаний и государственных учреждений на всех уровнях, то возникли большие сложности в исполнении, даже плохом. В худшем случае выкупы сломали бы систему поддержки поселений, закрепив неравенство и оставив множество разрушенных участков. В лучшем варианте они избежали бы негативных последствий и просто переместили людей с их мест жительства.

Тем не менее тот, кто смотрит на карту прогнозов подъема уровня океана, видит, что в некоторых низко лежащих районах, заливаемых приливами, отступление неизбежно. Независимо от того, насколько и как быстро в мире сократятся выбросы парниковых газов, климатические изменения уже выдают последствия, которые нельзя обратить вспять. С тех пор как в течение нескольких десятилетий соленые воды начали регулярно перекрывать дороги, уничтожать водно-болотные угодья, разрушать источники энергоснабжения, популярные пляжи, жилые дома и превращать обычные ливни в гибельные потоки, большинство самых уязвимых прибрежных городов становятся необитаемыми. Как предупредило Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA), «высокая вода сегодня станет завтра высоким приливом».

Надо отметить, что выкупы не призваны улучшить адаптацию к климатическим изменениям. В прошлом помощь получали почти все сельские жители речных долин внутренних районов США, как, например, те, что жили в непосредственной близости к разливам рек Миссисипи и Ред-Ривер, а затем были переселены неподалеку. Государственные органы даже не помышляли о выкупах как форме восстановления после стихийных бедствий вплоть до 1990-х гг., а затем провели одноразовую акцию выплат в ответ на разрушение ураганами. Ни одно из многочисленных привлеченных федеральных учреждений не берет на себя ответственность в этом деле. Алекс Грир (Alex Greer), эксперт в области стихийных бедствий из Университета штата Оклахома, говорит: «Удивительно, сколько мы все еще делаем в этом направлении». До недавнего времени об уходе с побережья практически никто не слышал.

Чудовищный «Сэнди» изменил картину. Этот ураган осуществил поднятие уровня моря, которое представлялось в виде абстрактной проблемы будущего на обширных далеких землях, и продемонстрировал его в утонувших линиях метро и американских горках взбушевавшихся волн. Он воссоединил практику и доказательство будущих наводнений таким образом, как этого не могли бы сделать никакие предположения. Обложка делового журнала *Bloomberg Businessweek* гласила: «Это глобальное потепление, глупец». Политические деятели в штатах Нью-Йорк и Нью-Джерси, уловив смену тона, понимали, что они теперь не могут говорить о восстановлении, не принимая в расчет способности к его осуществлению, ключевого понятия в подготовленности к стихийным напастям.

Защитники окружающей среды также утверждали, что они больше не могут заниматься исключительно проблемой углеродной эмиссии. Роб Мур (Rob Moore), в 2012 г. занимавший пост исполнительного директора *Environmental Advocates*

в Нью-Йорке, говорит: «Мы не хотели толковать об адаптации, поскольку мы рассматривали ее как отход от смягчения климатических изменений. Но "Сэнди" сделал это неизбежным». Несколько месяцев спустя Мур занял должность в Совете по охране природных ресурсов (NRDC) и принялся решать вопросы, как стране справиться с поднимающимся уровнем моря. Климатологи, изучающие ускорение поднятия уровня моря, понимая серьезность проблемы, присоединились к улучшению планирования проектов. «Сегодня геофизики обращаются к метеорологам, экономистам и социологам», — говорит Роберт Копп (Robert E. Kopp), директор Института наук о Земле, океане и атмосфере Рутгерского университета и ведущий автор работ, освещающих главные климатические вопросы. Такой междисциплинарный подход привел к конкретной привязке прогнозов. Вместо одного, только глобального значения сегодня мы знаем, что подъем уровня моря будет значительно отличаться в разных районах.

Так как подтопления усугубляются, несколько волноотбойных стен планируется соорудить для защиты густонаселенных экономических центров, таких как, например, Нижний Манхэттен. Но это только трата времени и больших денег на бетонные ограждения. Жители таких мест, как остров Танджир в Виргинии и Иль-де-Жан-Шарль в Луизиане, а в мировых масштабах это Бангладеш, Мальдивские острова, Сенегал, реально сталкиваются с такими же проблемами, как Колман и ее соседи в Вудбридже, — стена не спасет их, они уже затоплены.

### НАЧАЛЬНИК ПО ЗАКУПКАМ ЗЕМЕЛЬ В НЬЮ-ДЖЕРСИ

только разводит руками, направляясь по дороге в Бей-Пойнт (Bay Point), полуостров, исчезающий в заливе Делавэр. Это место первых выкупленных участков на морском берегу — мероприятие штата, с трудом осуществленное Фон Макги (Fawn McGee). Она приобрела здесь 31 владение, большинство были недавно снесены. Некоторые из домов давно остались в прошлом, о них напоминают лишь сваи, выбранные скопами для гнездовья. «Странная картина, — сообщает Макги с высоты временной каменной насыпи, последней отчаянной попытки жителей остановить размыв. — Даже если вы сумеете обрадоваться, что выкупили все эти дома, и собираетесь восстановить земельные ресурсы, каждый чувствует себя несчастным из-за того, что ему пришлось уехать».

Когда дело касается неустойчивости развития американского побережья, Нью-Джерси имеет честь быть первым и худшим. Именно здесь буйная среда морского берега долго пугала и ее избегали вплоть до времен промышленного развития, когда она стала использоваться для летнего отдыха. Атлантик-Сити и мыс Кейп-Мэй стали

## Наводнение близко

Когда люди думают о подъеме уровня моря, то первое, что приходит на ум, — узкие песчаные берега, на которые надвигаются масса воды и большие волны. Хотя штат Нью-Джерси известен своим побережьем, выходящим в Атлантический океан, большая его часть состоит из ограждающих островков, инженерных защитных сооружений. Линия берега, подверженная действию приливов, проходит по территории 20 из 21 его округов. Так как подъем уровня моря все время ускоряется в течение данного столетия, то затопление приливной волной становится обычным, а ураганом — все более

катастрофичным, вызывая экономические, природоохранные и социальные перевороты среди всех слоев прибрежного населения, проживающего как на болотах у залива, так и на барьерных островках предместий. И это не проблемы следующего поколения, это уже реальность. Согласно отчету Союза обеспокоенных ученых, сделанному в июне 2018 г., 250 тыс. домов в Нью-Джерси общей стоимостью \$108 млрд находятся в зоне, которой грозит постоянное затопление в течение следующих 30 лет.

### В далекой перспективе

На этих картах показано, какие территории, вероятно, будут затоплены во время высоких приливов в 2050 и 2100 гг. Сократим мы серьезно вредные выбросы или оставим на прежнем уровне, не имеет большого значения в перспективе на 2050 г.; существующие последствия необратимы. (От нашего выбора сегодня будет значительно зависеть подъем уровня моря после 2050 г.) Еще одним важным фактором влияния для Нью-Джерси представляется оседание земной поверхности: к 2050 г. на 12 см. По отношению к среднему уровню моря 2000 г. (средняя величина высокого прилива за 1991–2009 гг.) на берегу Нью-Джерси будет наблюдаться подъем от 0,3 м до 0,5 м к 2050 г., согласно расчетам климатолога из Рутгерского университета Роберта Коппа и его коллег. С 50-процентной уверенностью можно сказать, что высокая вода достигнет среднего значения подъема в 0,4 м от уровня 2000 г. или превысит его в течение трех десятилетий.

### Прогнозы уровня моря в Нью-Джерси

2050 г.

Подъем уровня моря на 0,4 м (высокий уровень обычных промышленных выбросов)

2100 г.

- Низкая эмиссия, более стабильное состояние Антарктиды
- Низкая эмиссия, менее стабильное состояние Антарктиды
- Высокая эмиссия, более стабильное состояние Антарктиды
- Высокая эмиссия, менее стабильное состояние Антарктиды

Нью-Джерси

### Крупным планом

Увеличение масштаба дает более детальную картину грядущей угрозы. Дома будут затопляться своим чередом. Высокие приливы отрежут доступ к прибрежным дорогам. Излюбленные туристами берега и охраняемые водноболотные угодья исчезнут. Уровень высоких приливов будет все возрастать с каждым полнолунием, с каждым штормом, северо-восточным ураганом и тропическим циклоном. «Все в большей степени в научных исследованиях рассматривается сложносоставная опасность затопления, а не единичный фактор — подъем уровня моря», — говорит Брайан Джонс, географ, строящий климатические модели.

### Заболоченные земли залива

В Гандис-Бич единственный ряд домов возвышается на сваях, а некоторые из них навсегда зависли над водой. В мае 2018 г. часть дороги на острове была разрушена волнами, а главная дорога на материк всегда мокрая во время высоких приливов. Многие из прибрежных болот среднеатлантического региона, скорее всего, не выживут при скорости поднятия уровня моря в 10 мм/г., которая может здесь быть между 2030 и 2040 гг. Без таких природных буферных зон население потеряет одно из самых эффективных средств защиты против ураганных волн и приливов.

Единственная дорога на Гандис-Бич в тауншипе Даун

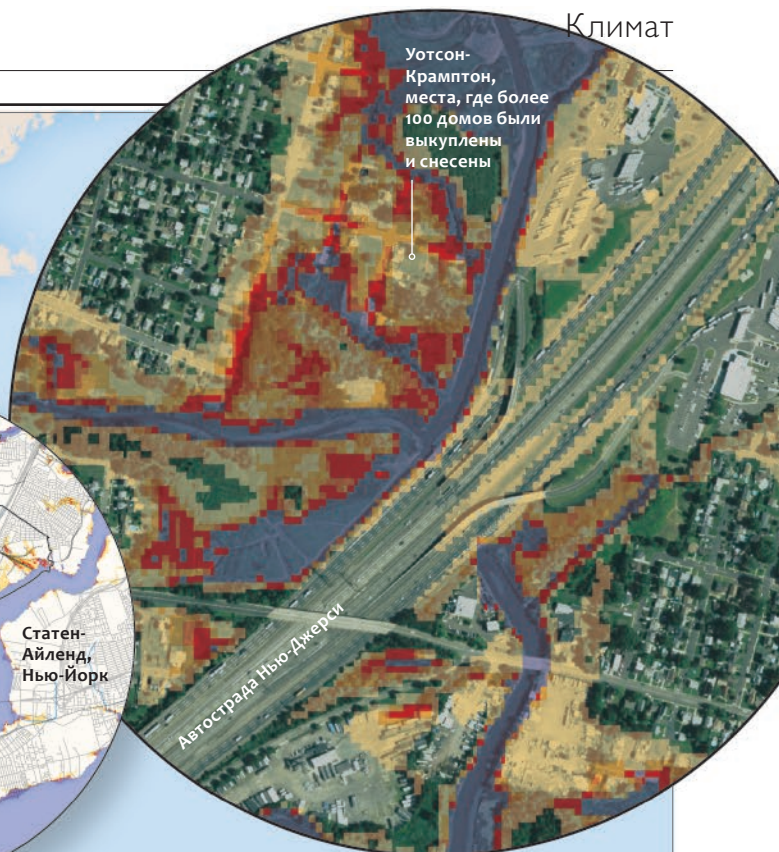
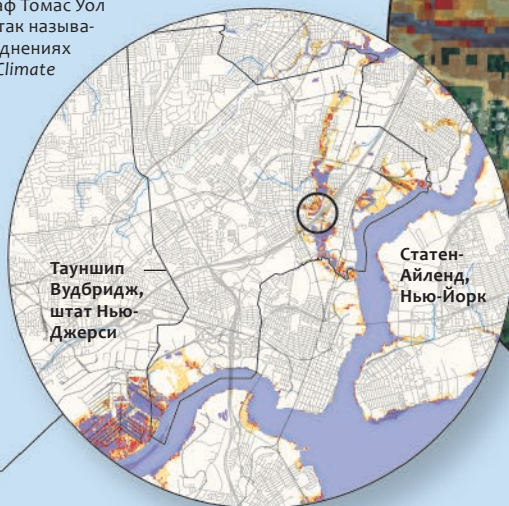
Залив Делавэр



### Городские зоны затопления

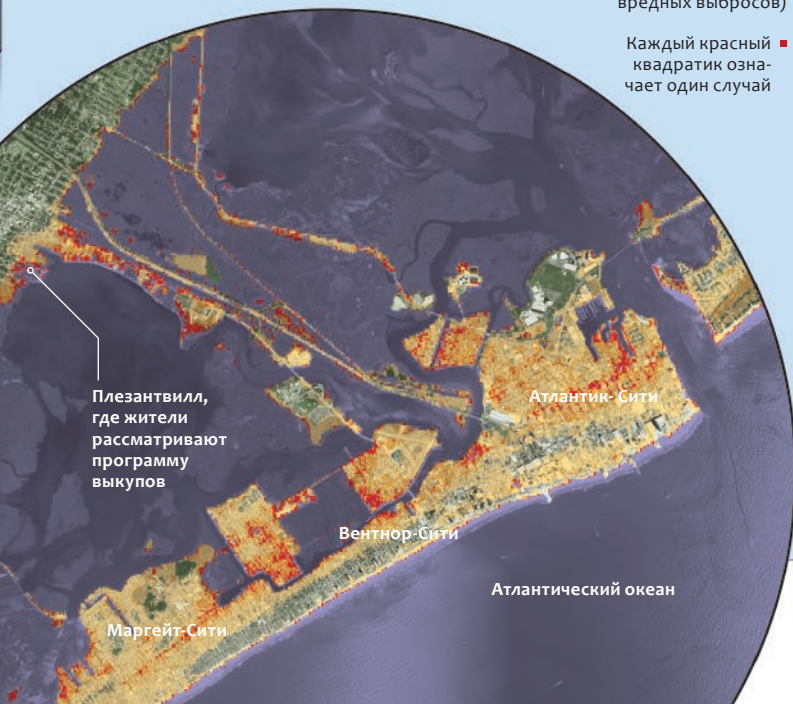
Густонаселенные районы, такие как тауншип Вудбридж, особенно уязвимы, когда усиливаются приливы. «При одновременном увеличении расхода воды в реке, выпадении осадков и нагонах волн прибрежные районы часто испытывают такое наводнение, что оно гораздо хуже, чем при воздействии штормовых волн или речных паводков в отдельности», — говорит океанограф Томас Уол (Thomas Wahl), чья работа о так называемых сложносоставных наводнениях была опубликована в *Nature Climate Change* в 2015 г.

На картах могут быть завышены риски затопления, где постройки подняты над землей



### Барьерные островки

Задолго до того, как такие широко известные прибрежные города, как Атлантик-Сити, Вентнор-Сити и Маргейт-Сити (показаны внизу), оказались постоянно тонущими, влияние изменения климата на них трактовалось по-иному. «Большинство людей оценивают пляж по его песку», — говорит Крейг Фугейт, бывший глава FEMA. Когда между застроенной территорией и кромкой воды не хватит места для солнечных ванн, снизятся ли цены на дома? Без песчаных пляжей есть ли еще у самого города экономическая причина существовать? Фугейт задает вопрос касательно берега Джерси: «Думаете ли вы отказаться от первого ряда домов, деловых центров и улиц в пользу возвращения пляжа? Или вы вскарабкаетесь на дамбу и пойдете прямо в воду?»

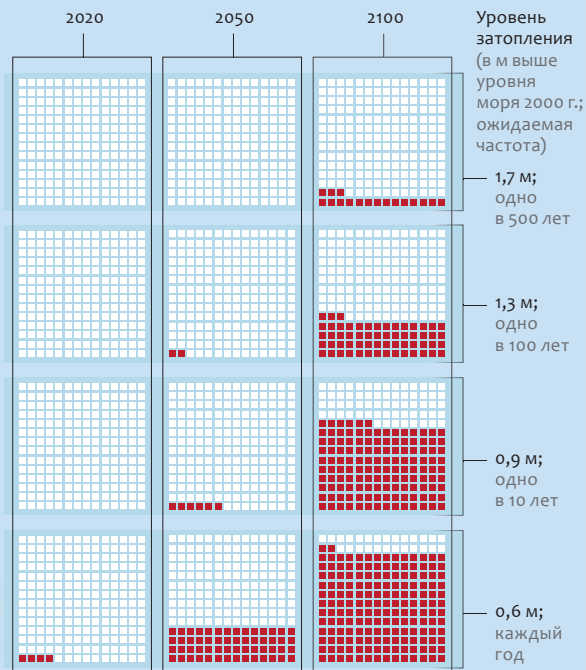


### Будущее периодических наводнений

На картах показано, как изменится основной уровень моря в будущем в тех местах, где в настоящее время затопляется суша во время высоких приливов. То, что отдельные кварталы или частные постройки не каждый день заливаются, совсем не означает, что будет желательным или возможным жить и работать здесь впоследствии. Приливное затопление будет случаться постоянно, потому что изначальный уровень моря становится все выше. И в штормовую погоду высокие и обычные волны будут приносить больше разрушений и разливаться на более значительные расстояния. На схеме видно, как будет расти прогнозируемая частота наводнений по мере поднятия уровня моря от имеющего значения в Атлантик-Сити.

Ожидаемое (или среднее) число прогнозируемых наводнений в год в Атлантик-Сити (при высоком уровне вредных выбросов)

Каждый красный квадратик означает один случай



туристическими центрами притяжения к середине 1800-х гг., убежищем от мучительной жары и инфекционных болезней Филадельфии. Индейцы делавары издавна делали то же самое, известны их сезонные миграции на побережье, но они приходили, чтобы ловить рыбу, а не завоевывать пески устройством гостиниц и дощатых мостков. Если расставить все по местам, то именно Нью-Джерси был первым штатом, который добился контроля над распределением донных отложений, воздвигнув морские дамбы, волноломы, ограждения, и сегодня здесь нет ни одного участка на берегу, не тронутого человеком. И неудивительно, что первым, кто увидел призрак доллара на песчаной косе, где впоследствии вырос Майами-Бич, был уроженец Нью-Джерси.

Для местного населения, с которым работает Макги, отступление переходило из статуса крайней меры в единственный оставшийся выход на протяжении десяти лет. Изменение климата проложило дорогу этому переходу. Но первопричина, почему люди пребывают в опасном положении, кроется в пристрастии к прибрежным защитным сооружениям в сочетании с общечеловеческой склонностью любить воду и не думать о будущем. Правительство сильно продвинуло развитие прибрежных территорий в 1968 г. благодаря запуску Национальной программы страхования от наводнений (*National Flood Insurance Program*), которая стала образцом риска недобросовестности, позволившим домовладельцам переустраиваться раз за разом в опасных районах, когда искусственно сохранялись низкие платежи. Мур из NRDC поясняет, что за 50 лет по этой программе было накоплено \$36,5 млрд долгов, в то время как с успехом попавшие в ловушку люди могли бы перебраться на более высокие места жительства.

Прибрежные системы по своей природе обладают свойством постоянной динамичности и порой недолговечности. Чем больше мы стараемся их закрепить, тем менее устойчивыми они становятся. В 1960-х гг., когда ученые открыли, что берега, укрепленные тяжелыми конструкциями, на самом деле разрушаются быстрее, а восстанавливаются медленнее, чем нетронутые, Инженерные войска США начали извлекать песок с материковой отмели и насыпать его на берег. Вскоре песок стал вымываться штормами в океан, и выемки повторялись снова. Сегодня Восточное побережье находится в сизифовой зависимости от подпитывающего кругооборота. Так как подъем уровня моря идет ускоряющимися темпами, прибрежные города все острее нуждаются в свежих вливаниях песка, за которым военным инженерам приходится отправляться все дальше от берега. Геологи опасаются, что подходящие отложения иссякнут раньше, чем их может восполнить наша планета.

Богатые домовладельцы Флориды воруют сегодня песок на общественных пляжах, перенося его на свои собственные.

Так как Нью-Джерси первый выступил с донкихотским проектом развития берегов, ему первым и отчитываться о том, что сделано. 23 года назад Департамент охраны окружающей среды Нью-Джерси (*NJDEP*) запустил *Blue Acres Buyout Program* — программу, использующую деньги штата на покупку небольшого количества постоянно затопляемых домов в разных местах. Макги, руководящая программой в настоящее время, была застрельщицей в деле использования федеральных денег *FEMA* и других организаций и преобразования этой программы в один из немногих департаментов страны, занимающихся постоянными закупками, связанными с усилением приливной деятельности. Во Флориде и Луизиане нет ничего подобного. По словам Макги, эта программа направлена на выполнение трех главных задач: регулярно выводить людей и собственность с опасного пути; открыть общественный доступ к данным землям; восстановить природную среду таким образом, чтобы эти участки помогли смягчать опасность наводнений для других граждан.

После урагана «Сэнди» Макги перенесла первоочередное внимание в праве выкупа на группы домов, а не отдельные жилые постройки. В этом случае открытые пространства могут получить достаточно большими, чтобы суметь повлиять на подъем воды. Она искала города, где довольно много домовладельцев проявили интерес к этому делу, а органы местного самоуправления были готовы расстаться с частью собираемых налогов. В итоге, когда дома исчезают, следует налоговое отчисление. Необходимо отметить, что участие добровольное, выход возможен на любом этапе до подписания договора. Это означает, что семьям в «отступной зоне» следует принять взвешенное решение, переселиться или нет, в контексте как выбора своих соседей, так и представлений их города о будущем.

За год до «Сэнди» Макги пыталась добиться успеха в первом крупном раунде выкупов вслед за ураганом «Айрин». Тогда не все было удачно. «На бумаге все выглядело совершенно логично, а в действительности оказалось совсем не так», — говорит исследователь катастроф Грир. Макги критически изучила, как процесс вывернулся наизнанку и забуксовал, сделав почти невозможным для каждого принятие решений. Больше года понадобилось, чтобы упорядочить финансирование, когда отчаявшиеся собственники оставались в подвешенном состоянии. У некоторых людей все перевернулось вверх дном с их закладными, лишившими их права участвовать в программе. У других не было возможности проживать во временном жилье в ожидании ответа. Как только стали забываться ужасы



По мере того как дома приходят в упадок, Томас Флинн, Брук Масло и Джеремайя Бергстром восстанавливают заболоченные низменности в тауншипе Вудбридж, штат Нью-Джерси.

стихийного бедствия, многие прибегли к испытанным методам перестройки или поднятия грунтов. Макги поясняет: «Я осознала, что все пойдет своим путем в обход приобретения земельной собственности». Она дала наставления своей маленькой команде из *Blue Acres*, чтобы она предвидела сопутствующие осложнения. «Когда ударил "Сэнди" и пришли большие федеральные деньги, мы были готовы», — вспоминает она.

Но выступая за крупные выкупы групп жилых построек, Макги добивалась нововведений в то время, когда в Нью-Джерси устанавливалась очередность оказания помощи. Администрация штата хотела провести восстановление как можно быстрее. «Я думаю, они смотрели на меня как возмутителя спокойствия, заставляющего выглянуть за рамки черно-белого деления мира», — рассказывает Макги. Она убеждала прекратить круговорот опрометчивых перестроек в местах, где, как она знала, вода поднимется снова. После ряда собраний (как она говорит, ее подход было «доверие, а не конфронтация») и многочисленных заверений, что она сможет преодолеть бюрократические препоны, Макги убедила власти штата дать ей добро на осуществление плана.

Незамедлительно Макги пригласила 33 штатных сотрудника из других подразделений *NJDEP*.

Она поясняет: «В дополнение к моей географической информационной системе — ГИС — я привлекла к работе четырех специалистов в области права, шестерых управляющих проектом для написания заявок и связи с федеральными властями, восемь кураторов для сопровождения семей по всей процедуре. Затем должностные лица. Эксперты-оценщики. Землемеры. Бухгалтеры. У нас работали счетоводы, чтобы выдержать натиск домовладельцев со строительными рекомендациями и вычеркнуть разные ненужные мелочи». С каждым неожиданным препятствием, угрозавшим закупкам, Макги обнаруживала, что играет какую-то новую роль. Она была терапевтом для жертв ураганов, получивших травмы и болезни. Она видела, как многие собственники, обремененные закладными, были выбиты из колеи; она облегчила проведение коротких продаж, за счет которых было списано более \$5,4 млн задолженности, и на них было куплено дополнительно 67 домов. Когда дела выходили за рамки ее полномочий, она привлекала сторонние организации. Она восклицает: «Баракольщички! Они не могут извлечь пользу из своих домов. Мы вынуждены были приводить специалистов, чтобы помочь им избавиться от вещей».

Самое важное, поняла Макги, что выкупы были глубоко осознанным совместным решением. Она



**Водно-болотные угодья** вокруг Уотсон-Крамптона в штате Нью-Джерси находятся в зоне влияния морских приливов. К 2050 г. они, скорее всего, окажутся под водой.

представила, как соседи будут изучать свой выбор вместе за бутылкой вина, поэтому она назначала кураторов, учитывая социальную принадлежность. Конкретные исследования закупок показывают, что индивидуальные соображения, остающиеся семье или уехать, играют далеко не главную роль. «Скрытый смысл здесь заключается в том, что представления жителей об их расширенной общности имеют большее влияние в принятии решений по поводу продаж, чем в испытаниях, посланных "Сэнди" или чем их личные или семейные особенности», — писала Шерри Броккоп Биндер (Sherri Brokopp Binder), специалист по переселению вследствие стихийных бедствий, а также ее коллеги в исследовании 2015 г., опубликованном в *American Journal of Community Psychology*. Макги поняла, что поддержка на местах нескольких жителей может иметь решающее значение в выборе между преобразующим выкупом и очковтирательством.

**У МОНИКИ КОЛМАН НЕ ЗАНЯЛО МНОГО ВРЕМЕНИ** после «Сэнди», чтобы принять решение, что она готова к продаже. Сегодня она хотела бы убедить своих соседей и городские власти прийти к тому же выводу. Макги помнит встречу с Колман в 2013 г., когда

в комнате в Вудбридже, полной народом, она рассказывала жителям о проекте *Blue Acres*. Макги вспоминает: «Люди прислушивались ко мне, но поглядывали на Монику, ища знак одобрения. Обычно мы зовем на такие собрания полицию, так как обстановка накаляется, однако Моника действовала на своих соседей охлаждающе. Это было поразительно».

Оказалось, что Колман с детских лет сталкивалась с местными общественными организациями. Бабушка брала ее на собрания черного освободительного движения, а отец — на обходы домов во время своей службы в городском совете. В наши дни Колман учит слепых детей и помогает другим приспособляться к непривычным трудным условиям. Когда Колман и ее немногочисленные последователи начали проводить опрос на своих улицах в конце 2012 г., она ожидала встретить сопротивление. Она описывает это так: «Ты не можешь ознакомить с этой идеей за один раз и когда слышишь "нет", то тут же отвечаешь: "Хорошо, я все понимаю"». Она завела блог, расширила список контактов в социальной сети *Facebook*, организовала ежемесячные встречи. Предстояло многое выслушать в условиях, когда люди были травмированы «Сэнди» и перегружены ежедневным выбором

пути восстановления. Проект *Blue Acres* был представлен как модель того, как могло бы развиваться отступление. Рой Райт (Roy Wright), бывший руководитель по противостоянию чрезвычайным ситуациям в FEMA, назвал подход к выкупам, разработанный в Нью-Джерси, виртуозным. Однако на всех собраниях, на всех картах и во всех разговорах с жителями и мэрами Макги не могла прибегать к языку или данным изменений климата. По ее словам, при правлении губернатора Криса Кристи она не должна была использовать эти термины вплоть до января 2018 г.

Поэтому Колман взяла на себя задачу выяснить научную сторону дела. Когда она начала поиски данных о влиянии климатических изменений в интернете в 2012 г., она не могла отыскать много информации, касающейся конкретно ее района, ее просто еще не существовало. Но из того, что она нашла, стало ясно, что следующие друг за другом затопления, которые она пережила в Вудбридже, были не случайными катастрофами, а веянием новой действительности. Колман написала и распространила листовку, где указаны 12 причин, почему жизнь в зоне подтопления не может быть устойчивой в перспективе изменения климата.

В конце концов соседи перестали захлопывать двери, когда она приезжала, чтобы поговорить насчет выкупов, и вместо этого задавали вопросы. Колман была терпелива, но настойчива. «Людам трудно поверить, что это действительно произойдет», — объясняет она. Она говорит, что неважно, как она это проделала, но другого выхода не было. «Кто знает, когда наводнение настигнет нас снова, — обычно заявляла она соседям. — Но оно придет».

**МОДЕЛИ, КОТОРЫЕ БЫЛИ СОЗДАНЫ УЧЕНЫМИ,** чтобы определить влияние повышения уровня моря на будущие наводнения, стали очень изощренными, в них учитываются глобальные явления, такие как термическое расширение океанов, в сочетании с локальными переменными, такими как оседание поверхности и изменение силы тяжести вокруг океана. Но остается еще много неясного. Мы не знаем, как быстро и сильно сократятся выбросы парниковых газов. В следующие несколько десятилетий определенные последствия проявятся независимо от того, насколько мы умерим климатические изменения. Копп, ведущий климатолог из Рутгерского университета, говорит, что в Нью-Джерси подъем уровня моря, вероятно, составит 0,3–0,5 м к 2050 г. Даже при низких значениях жизнь на побережье изменится. После 2050 г. подъем ускорится, общая картина выглядит мрачной: в NOAA подсчитали, что к 2100 г. подъем уровня моря в Нью-Джерси достигнет от 0,9 м до 3,7 м. Такой интервал кажется ошеломляющим, если перед тобой как мэром стоит задача выработать

адаптационную стратегию. «Изучение изменения климата имеет вероятностный характер, но общественность хочет услышать однозначные "да" или "нет", — говорит Грэм Ворти (Graham Worthy), директор Национального центра комплексных прибрежных исследований.

Помимо человеческого фактора непредсказуемость явлений в значительной степени отражается как на судьбе прибрежных поселений Нью-Джерси, так и за их пределами, и это стабильность ледяного щита Западной Антарктиды. Скорость потерь льда на всем протяжении Антарктики выросла в три раза за последние десятилетия, причем Западная Антарктида была наиболее подвержена всем силам изменения климата и представляет собой одну из самых быстро меняющихся областей нашей планеты. Ледяной щит Западной Антарктиды такой массивный, что может один добавить более 3 м к уровню моря при катастрофическом сценарии. Согласно докладу, опубликованному в *Nature* в июне 2018 г., такого поворота можно избежать лишь при весьма значительном сокращении вредных выбросов в следующем десятилетии.

Более 40 лет спутники NASA собирают данные по ледяным щитам. Их данные считаются непревзойденными в отношении длительных наблюдений на больших территориях, но не хватает детальных сведений, чтобы предсказать судьбу этого ледяного покрова с большой степенью вероятности. Кеннет Йезек (Kenneth Jezek), гляциолог и полярный исследователь, считает, что тут важно знать некоторые подробности про толщину льда, линию раздела основания ледника и морской воды и ледниковый склон, откуда поступает лед из глубин континента в океан. Ввиду малодоступности, огромных размеров и удаленности Западной Антарктиды изучение вблизи представляется опасным.

В одном изыскательском проекте в NASA эта задача проходила под названием *Operation IceBridge* (операция «Ледяной мост»). Тогда стало возможным выяснить некоторые детали при облете региона на модернизированном реактивном самолете. С высоты более 4,5 км ученые могли видеть из крылатой лаборатории, что на вершине ледяного щита запечатлены следы движения: геометрический рисунок из расщелин, молочного-голубой древний лед, открытый солнечным лучам, растрескавшиеся ледниковые равнины, напоминающие дно озера в засуху. Эти черты, как им было известно, были сформированы нисходящими ветрами и невидимыми потоками снизу. Оттеняли эту драматическую топографию проступающие снизу, из-под толщи льда, черные гребни погребенного рельефа — скрытый мир, который подробно переносился на карту в последнее десятилетие в рамках этого проекта.

Чтобы понять, что происходит под промерзшей поверхностью, пилоты держат точный курс над снежной равниной, а в это время радиолокатор направляет данные на экран компьютера на борту, открывая полную картину горных цепей и долин, которые составляют ландшафты погребенного континента. С помощью гравиметра определяются толщина и размер ледниковых пустот, заполненных морской водой, по ним устанавливается, как плавающие шельфовые ледники могли бы таять при взаимодействии с океаном. Вдоль наружной кромки ледников плавают айсберги на черном фоне моря Амундсена — картинка фотографируется каждую секунду двумя камерами, прикрепленными к брюху самолета. В рамках операции *IceBridge* полеты совершались по некоторым из этих курсов ряд лет, во время которых были отмечены детальные изменения, не виданные ранее. В то время, когда сама необходимость науки о Земле подвергается нападкам со стороны политических лидеров, Джон Зоннтаг (John Sonntag), ведущий научные исследования в этом проекте, говорит: «Я не могу не подчеркнуть, что мы собираем эти данные не потому, что считаем их интересными в научном смысле. Мы делаем это, чтобы попытаться предупредить беду и защитить наше общество от изменений уровня океана, которые неизбежно наступят».

Пока свежие данные, поступающие со спутников и других средств, используемых в разных проектах, обрабатываются и доносятся до общественности в научных статьях и докладах, таких как, например, доклад по оценке климата США за 2017 г. (*2017 National Climate Assessment*), появляются все новые инструментальные средства. Так, Цифровые центры NOAA по изучению берегов и климата в зоне риска ударов больших волн помогают градостроителям предусмотреть, как подъем уровня моря будет влиять на подтопление в вверенном им районе.

Данные, собранные в рамках выполнения задачи *IceBridge*, оказались весьма ценными для заполнения пробелов в фундаментальных знаниях о полярных льдах. «Но наш курс все еще направлен в Антарктиду», — говорит Эрик Риньо (Eric Rignot), сотрудник Калифорнийского университета в Ирвайне и Лаборатории реактивного движения NASA. Риньо — главный автор знаменитой статьи, опубликованной в 2014 г. в *Geophysical Research Letters*, проведший радарную съемку на большой площади Западной Антарктиды и пришедший к заключению, что ледяной покров моря там нестабилен и серьезно повлияет на подъем уровня моря в будущие десятилетия. На той же неделе в *Science* вышла статья, в которой на основании результатов моделирования предполагалось, что разрушение западно-антарктического ледникового покрова уже началось, а чрезвычайный подъем уровня

моря неизбежен, вероятно, в течение двух столетий. Однако Риньо считает, что временные рамки могут быть слишком занижены. Он поясняет, что наблюдения за температурным режимом океана и за тем, как ледники реагируют на потепление воды, до сих пор не ведутся в Антарктике, а это означает, что «фактически наши прогнозы могут недооценивать изменения уровня моря».

Ни Риньо, ни Йезек не думают, что запуск спутников NASA с целью ледникового мониторинга, запланированный на следующий месяц, будет достаточной мерой, чтобы восполнить недостающие знания об Антарктиде. Риньо полагает, что необходимо проводить больше изысканий с использованием летательных аппаратов, как в случае *IceBridge*, а также морскую съемку с помощью беспилотных подводных аппаратов, многолучевых гидролокаторов и новых видов умной техники, то есть целой армии робототехнических устройств, направленных на самые удаленные окраины этого континента.

В октябре команда ученых под флагами США и Великобритании отправится по воздуху и на ледоколе в Западную Антарктиду как раз с этим заданием на выдающийся объект — огромный, печально известный своей нестабильностью ледник Туэйтса. Более 100 ученых со всего света будут изучать взаимодействие теплеющих вод океана и шельфового ледника, обследовать, как ледник Туэйтса становится тоньше. Он, как охлаждающий затвор, сохраняет большую часть Западной Антарктиды в равновесии. Если он обречен, то и весь ледниковый покров шельфа пойдет следом. Чем больше эти исследования и другие выявят динамики подвижек льда, вод океана и атмосферы, тем больше факторов можно будет подключить к прогнозам уровня моря в конкретных регионах. Собранные материалы помогут выяснить, остались ли у населения прибрежных районов столетия или же только десятилетия, чтобы подготовиться к началу потопа.

**К ЛЕТУ 2014 Г.**, когда Колман подписала договор продажи старого дома и переехала в новый, Вудбридж готовился к проведению самого большого проекта *Blue Acres*. Сегодня всего 142 домовладельца приняли предложение о выкупе. Только в Уотсон-Крамптоне было снесено приблизительно 115 домов, большинство из них были расположены рядом друг с другом в сети улиц, покрывающей площадь около 12 га. По всему свету миллионы людей должны уехать от берега, чтобы избежать наводнений, поэтому это число не представляется значительным. Но то, что случилось в Вудбридже, в корне меняет бытующее отношение к выкупам: никто из жителей не хочет уезжать, политики не желают участвовать в этом, здоровая среда пригорода никогда не возьмет верх над ростом земельной

собственности, никто не принимает в расчет будущие изменения климата, если надо сделать болезненный выбор в настоящем. «То, что мы сейчас делаем здесь, — это прокладывание пути переговорам о том, как организовать отступление», — говорит Томас Флинн (Thomas C. Flynn), управляющий делами в зоне затопления города.

Формально процесс выкупов закончится, когда только исчезнут все земельные участки. Надо отметить, что Вудбридж оказался при изыскании участков земли и честолюбивых замыслов, не ограниченных космической травой. Город обратился к экологу из Рутгерского университета Брук Масло (Brooke Maslo), работающей через программы общественного распространения знаний и сотрудничества, для оказания помощи жителям Нью-Джерси в осуществлении научно обоснованных проектов. Понятие «способность к восстановлению функций» применяется во многих случаях, но к чему оно действительно относится? Таким вопросом озадачена Масло. Она приехала в Уотсон-Крамpton для внедрения проекта выкупов, в котором видит уникальную возможность восстановления в зоне затопления, что может уберечь оставшуюся часть населения от наступления океана. Она привезла с собой Джеремайю Бергстрема (Jeremiah Bergstrom), ландшафтного архитектора, имеющего опыт работы с ливневыми водами в городской среде. Бергстром поясняет: «Насколько я знаю, это первый случай восстановления прибрежных земель в условиях отселения жителей».

Использование природы в качестве инфраструктуры общеизвестно, мангровые заросли и устричные банки могут гасить нагонную волну, но такой подход обычно не применяется на таких густо застроенных территориях, как район большого Нью-Йорка. Лиз Кослов (Liz Koslov), доцент Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, которая проводила этнографические исследования на Статен-Айленде, касающиеся выкупов после «Сэнди», отмечает, что она не слышала никаких обсуждений того, что произойдет с самими участками после сноса домов. Она говорит: «Жители сказали, что просто хотят вернуться к природе, но когда ты берешься за дело, "природа" может означать самые разные вещи». Карен О'Нил (Karen O'Neill), социолог из Рутгерского университета, составляющая каталог мировых примеров отступления от берегов, замечает, что «вряд ли можно ожидать полного экологического восстановления, так как его просто не существует».

Район Уотсон-Крамpton не может просто вернуться к природе, поскольку был построен на насыпном грунте. Бергстром поясняет: «Мы должны создать заново среду обитания, новую природу. За последний год реставрационная команда снесла дороги, провела оценку почв, посадила более 950 саженцев, чтобы увеличить резервный

объем для излишков воды и поддержать биоразнообразие соленых водно-болотных угодий». Флинн объясняет, что без вмешательства человека земля заполнится монокультурой агрессивного тростника, который в итоге будет ломаться и образовывать плотные покрытия, усугубляющие в дальнейшем условия подтопления. Масло и ее команда выравнивают крутые прогибы болотистой низины, чтобы приливная волна, поступающая от реки ниже платной скоростной автомагистрали, не врывалась с большой скоростью. Они проложат канал для слива излишков воды в надежде на то, что при понижении уровня будет постоянно оставаться вода для поддержания дикой природы. Масло хочет доказать, что город сможет возместить налоговые издержки с помощью новых приманок, таких как прогулки по дорожкам в парках и по воде на каяках. Она верит, что «это не заброшенная земля».

Концепция развития, представленная Масло, помогла убедить мэра Вудбриджа и членов городского совета перевести район выкупленных участков, а это в сумме более 48 га, из статуса жилой зоны в новый, названный «зона охраны и восстановления открытого пространства». Никакой частной застройки там не может быть разрешено. 19 собственников владений в Уотсон-Крамптоне, где проводился выкуп, заупрямились и не хотели продавать свои участки. Город предупредил этих «уклонистов», что если они когда-нибудь захотят их продать, то их дома будут первыми подвергнуты действию новых стандартов развития территории, то есть, скорее всего, новому поднятию. Изменения в правилах использования земель, подобные этим, противоречивы, поскольку они значительно умаляют то, что должно быть добровольным процессом. Но без них могут прийти заинтересованные застройщики и строить все более масштабные объекты. Затем новые люди, которые могут предложить более высокие страховые взносы и понести расходы на строительство жилья в зоне подтопления, вероятно, поселятся здесь, сменив тех, у кого больше не будет средств оставаться.

**СПУСТЯ ЧЕТЫРЕ ГОДА ПОСЛЕ ТОГО**, как Колман бросила свой дом на волю природы, она не испытывает никакого сожаления. На переезд в пределах того же округа она получила поощрительную субсидию в \$10 тыс., благодаря чему смогла приобрести другой дом на более высоком месте. Процесс трудный в финансовом и эмоциональном отношении, но Колман описывает свое участие как сознательный акт переосмысления ответной реакции на невзгоды. В эру климатических беженцев, которые вынуждены бросать свои дома либо при избытке, либо при нехватке воды, Колман ощущает себя пионером в деле отступления, когда она ухватилась за то предложение содействия, которое

могла выполнить перед лицом неясного будущего. Она говорит: «Нет ничего хуже, чем сунуть голову в песок и сопротивляться всем изменениям, происходящим вокруг. В итоге вы чувствуете, что вынуждены принять решение, к которому не готовы».

Между тем Макги ставила долгосрочные цели. Весной 2018 г., через пять с половиной лет после «Сэнди», от *Blue Acres* поступали все новые заявки на выкуп в федеральное правительство. Выкупы в Вудбридже пошли по третьему кругу, и семь из 19 ранее воздержавшихся к ним присоединились. «Я не закрываю субсидии, пока мы не снесли достаточно домов, чтобы колеблющиеся могли удостовериться, как меняется характер поселения вокруг», — говорит Макги. Эта тактика дает плоды. Она потратила \$172 млн из общего фонда финансирования, который вырос в то время, когда другие программы восстановления провалились, а FEMA направило неиспользованные деньги своим путем. За время, прошедшее после «Сэнди», с помощью *Blue Acres* удалось провести около 1 тыс. сделок по предложениям выкупа, из них 713 приняты домовладельцами. Макги сетует: «Вы думаете, что мы обслужили всего 10 тыс. семей за весь период, но все обстоит гораздо серьезнее, потому что это чертовски трудная работа».

Зона восстановления в Вудбридже пока не совсем готова, чтобы продемонстрировать проект во всей красе. За те годы, когда дома стали ветшать, местность приобрела вид жутковато заброшенный, а не предназначенный прогрессивную адаптацию. Однако сейчас, когда почти все постройки исчезли и контуры бывших дорог заросли травой, эта местность «меньше похожа на призрачный город, а больше просто на землю», по описанию Колман, которая приезжает сюда каждые несколько месяцев, чтобы увидеть преобразование в действии. «Теперь это дома, которые выглядят так, как будто никому не принадлежат».

Никто не согласен с тем, что неосвоенность некоторых участков побережья будет выглядеть неяршиливо и стоить дорого. Но поскольку научное исследование устойчивости берегов все более призывает людей к сотрудничеству, путь к отступлению ошеломляет меньше. Географ Брайан Джонс (Bryan Jones), создающий модели миграций населения, вызванных изменением климата, дает пояснения, что отступление все-таки не означает перемещения линии на некоторое расстояние вглубь страны от Мэна к Флориде и всего находящегося здесь на восток. Моделирование и искусственный интеллект позволяют планирующим органам до конца развить сценарии в своих городах. Если, скажем, вы выкупили 40 домов в одном месте, восстановили запасы подземных вод и контролируете подтопление в будущем на 100 лет вперед, может ли это значительно снизить ущерб соседним домам? Какие существуют социальные

и экономические плюсы и минусы отсутствия развития одного района для сохранения другого? Может ли участок земли быть предназначен для спасительного переселения? Вот над такими вопросами работают сейчас Фугейт, руководивший FEMA в период борьбы с последствиями «Сэнди», а также другие деятели. «В то время как количественные показатели рисков катастроф привели к колоссальному расширению объема страхования от несчастного случая, пришло время вводить индустрию сокращения рисков стихийных бедствий», — написал Роберт Мюир-Вуд (Robert Muir-Wood) в 2016 г. в своей книге «Средство от катастроф» (*The Cure for Catastrophe*).

Отступление — столь новый шаг, что мало кто из планировщиков думает о следующем этапе: переселении. «Мировой опыт доказывает, что люди снова оказываются в опасной ситуации», — говорит Джонс. В обзоре материалов о семьях из Статен-Айленда, которые продавали свои дома после суперурагана «Сэнди», социолог Биндер установил, что 20% людей переехали в дома, которые также уязвимы в отношении наводнения. По мере того как все больше людей начинают спасаться, убегая недалеко от берега, навстречу им несется поток переселяющихся ближе к берегу. Как и при откате, ударяющем в прибой, результат может оказаться тревожным.

Как писала в *Public Culture* в 2016 г. Кослов из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, «сложность и амбивалентность отступления служат напоминанием, что нет легких решений, что невозможно что-то перестроить навсегда и оградить себя от проблем, с которыми мы сталкиваемся». Отступление указывает не на физическое движение перенастройки в отношении приливов, но на принятие в расчет присущего человеку образа жизни вблизи воды. Само слово «отступление» заимствовано из языка, описывающего геологические процессы, и люди взяли его на вооружение с готовностью. Ледники и берега отступают, и мы сделаем то же. ■

Перевод: В.И. Сидорова

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Фишетти М. Ураган века каждые два года // ВМН, № 5, 2014.
- *Against the Tide: The Battle for America's Beaches*. Cornelia Dean. Columbia University Press, 1999.
- *Taking Chances: The Coast after Hurricane Sandy*. Edited by Karen M. O'Neill and Daniel J. Van Abs. Rutgers University Press, 2016.
- *The Water Will Come: Rising Seas, Sinking Cities, and the Remaking of the Civilized World*. Jeff Goodell. Little, Brown, 2017.
- *Rising: Dispatches from the New American Shore*. Elizabeth Rush. Milkweed Editions, 2018.





НАУКА  
ТЕЛЕКАНАЛ

# телеканал Наука

Взрывать мозг -  
это наша профессия



[vk.com/tv\\_nauka](https://vk.com/tv_nauka)



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



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



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

СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



ПОЗНАНИЕ

12+



ON  
THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION

OR THE  
PRESERVATION OF FAVOURER RACES IN THE STRUGGLE  
FOR LIFE

BY CHARLES DARWIN, M.A.

LONDON: LONGMANS, GREEN, AND CO., 1881.

СПЕЦРЕПОРТАЖ:  
ОБРАЗОВАНИЕ-2018

# ВЕРНУТЬ ДАРВИНА В ШКОЛУ

Исследования показывают, что 60% американских учителей избегают преподавать теорию эволюции или урезают эту часть программы. Сейчас принимаются меры, чтобы изменить ситуацию

*Адам Пиор*

## ОБ АВТОРЕ

**Адам Пиор** (Adam Piore) — независимый журналист и автор книги о биоинженерии «Строительство человеческого тела: наука о проектировании человека» (*The Body Builders: Inside the Science of the Engineered Human*, 2017).



атти Хауэлл (Patti Howell) долго и серьезно думала о том, как провести этот урок биологии в десятом классе. Несколько месяцев она аккуратно вела подготовительную работу среди своих учеников, сомневалась и терзалась и даже ходила на специальное занятие, чтобы подготовиться самой.

И вот теперь, солнечным апрельским утром, Хауэлл, учительница чуть старше сорока лет, в очках с роговой оправой и в свободной рубашке с цветочным узором, предстала перед пятнадцатилетними подростками в Бэконтонской чартерной школе на юго-западе штата Джорджия.

«Как вы считаете, биологи "верят" в эволюцию?» — спросила Хауэлл. Руки взметнулись вверх. «Да», — дружно ответили подростки. «Большинство считает, что это так», — прокомментировала учительница. Она глубокомысленно кивнула — упражнение, которому ее научили на семинаре, получилось отлично. Теперь пришло время объяснять. «Наука — это не система верований», — сказала Хауэлл. — Наука — это сбор данных, их обработка и публикация. Эволюция — это не предмет веры, и наука — не предмет веры».

Хауэлл обвела взглядом лица учеников.

«Религия — это система верований, — продолжала она. — Я верю в Бога, у меня есть эта религия и мне не нужно, чтобы Бог поджигал передо мной куст. Однако для научных утверждений мне требуются доказательства».

Это был первый день изучения эволюции в классе Хауэлл. Трудно придумать более сложную задачу для преподавателя естественных наук. Бэконтон — религиозное фермерское поселение с населением 850 человек, занимающихся выращиванием ореха пекана с легко вскрывающейся скорлупой. Почти все ученики Хауэлл принадлежат к местной общине баптистов, которая придерживается буквального толкования Библии. Священники учат их, что Бог создал мир, Адама и Еву за шесть дней, в каждом из которых 24 часа, и что у человека

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Только 28% учителей строят свой план уроков так, чтобы эволюция объединяла остальные темы.
- Многие боятся негативной реакции со стороны верующих учеников или их родителей либо чувствуют себя недостаточно компетентными.
- Такие организации, как Инициатива распространения информации о происхождении человека и Институт повышения квалификации учителей в вопросах эволюции (TIES), работают над тем, чтобы улучшить знания учителей и придать им уверенности.

нет общих предков с другими живыми существами. Большинство коллег Хауэлл тоже твердо в это верят. Когда учитель испанского из кабинета напротив узнал, что сегодня будет изучаться эволюция, он выяснил у Хауэлл имена полусотни ее учеников, чтобы помолиться за их души.

По мнению Хауэлл, то, что она делает сейчас, в самом начале изучения темы про эволюцию, имеет ключевое значение для всей дальнейшей работы. Каким-то образом она должна убедить своих учеников, что они могут непредвзято обдумывать ее слова про эволюцию и при этом сохранить религиозные убеждения, которые лежат в основе их культурной идентичности, и что, вопреки говоримому им большинством священников каждое воскресенье, она не пытается заставить их выбирать между Богом и наукой.

Это очень трудная задача. Именно поэтому Хауэлл месяцами избегала обсуждать данную тему с учениками. С первого школьного дня многие спрашивали ее: «Вы верите в эволюцию? Вы считаете, что мы произошли от обезьян?»

Теперь Хауэлл смотрит на лица своих учеников и наконец отвечает.

«Я знаю, вы все считаете меня безбожницей. Я понимаю это, но все же я христианка. Верю ли я в эволюцию? Нет, потому что это не вопрос веры. Но я принимаю теорию эволюции».

### Избегание темы

Прямое обсуждение эволюции в школе встречается реже, чем может показаться. Согласно наиболее полному опросу учителей биологии в средних школах, всего 28% преподавателей следуют основным рекомендациям и заключениям Национального научно-исследовательского совета, который призывает «прямо предъявлять все существующие доказательства эволюции и составлять план уроков так, чтобы эволюция объединяла разные разделы биологии», как утверждается в статье политологов из Университета штата Пенсильвания Майкла Беркмана (Michael Berkman) и Эрика Плутцера (Eric Plutzer), вышедшей в 2011 г. в журнале *Science*. В то же время 13% учителей (такие преподаватели есть практически во всех штатах) ответили,

что прямо поддерживают креационизм или идею разумного замысла и потратили на уроках как минимум час, чтобы представить это в лучшем свете. Другие 5% сообщили, что одобрительно отзывались о креационизме, отвечая на вопросы школьников.

«Большинство — 60% преподавателей — либо пытались вообще не обсуждать эволюцию, быстро ее проскочив, либо позволили школьникам обсуждать это не как научные факты, а как личное мнение и лишили

## Помимо обсуждения расхожих заблуждений и демонстрации

### примеров эволюции в повседневной жизни, может быть не менее полезно

### вспомнить о том, о чем все стараются молчать, — о религии

уроки четкого содержания», — утверждает Плутцер. Многие учителя сказали, что боятся реакции учеников, родителей и религиозных членов общества. И хотя только 2% учителей сообщили, что полностью избегают упоминать эволюцию, 17% предпочитали не рассказывать об антропогенезе. Некоторые просто бегло проскакивали эти темы.

В целях противостояния таким сложностям некоторые организации запустили новые обучающие занятия, предназначенные, чтобы лучше подготовить преподавателей к тому, с чем они столкнутся в классе. Помимо этого, все чаще изучаются причины таких проблем в преподавании и новые способы их преодоления.

Многие педагоги начинают думать, что пора поменять способы, которые преподаватели эволюции используют для борьбы с религией (или вообще перестать с ней бороться). «Была война между креационизмом и категорическим, как мне кажется, преподаванием эволюции. По сути это было так: "Оставь свои религиозные убеждения в стороне, здесь мы это не обсуждаем, здесь наука. Вы, узколобые фанатики христианства, должны заткнуться и слушать, что вам говорят"», — рассказывает Ли Медоуз (Lee Meadows), доцент педагогики



в Алабамском университете в Бирмингеме. Кроме того, Медоуз состоит в рабочей группе по общественному влиянию Инициативы распространения информации о происхождении человека Смитсоновского института. Эта организация ищет способы, как можно добиться принятия эволюции школьниками. «Нас становится все больше — тех, кто считает, что должен быть способ преподавать естественные науки, не ввергая в смутнение детей из религиозных семей», — говорит Медоуз.

#### Ядовитое наследство

На протяжении десятилетий самые важные и известные битвы вокруг преподавания эволюции происходили в судах и законодательных собраниях. Среди прочего споры велись о том, можно ли запретить преподавание этой темы или могут ли законодатели потребовать равное количество

времени на преподавание библейской версии возникновения жизни или идеи «разумного замысла». Сейчас эти вопросы в значительной степени решены: в большинстве случаев суды поддерживают тех, кто считает, что эволюция должна быть в классе, а креационизм — за его пределами. Линия боевых действий теперь переместилась в школы.

Сегодня основные усилия сосредоточены на законах, защищающих «академическую свободу», которые позволяют учителям высказывать свое мнение на спорные научные темы и в том числе про эволюцию, говорит Гленн Бранч (Glenn Branch), заместитель директора Национального центра естественно-научного образования, отслеживающий антинаучные законы.

После того как первый «законопроект об академических свободах» появился в Алабаме в 2004 г., по всей стране законодательным

собраним штатов было предложено 70 слишком таких законопроектов, а три из них были утверждены: в Миссисипи в 2006 г., в Луизиане в 2008 г. и в Теннесси в 2012 г.

«Если не получается запретить преподавание эволюции или каким-то образом уравновесить это креационизмом, то как же быть? — спрашивает Бранч. — Остается только приуменьшить влияние, сказав, что эволюция — всего лишь теория и что это спорная тема. Креационисты всегда так говорили. Разница в том, что теперь это единственное, что им остается».

На текущий момент многие понимают, что основное препятствие для большинства рядовых преподавателей естественных наук создается ядовитым наследством, оставшимся от тех десятилетий, когда велись законодательные битвы. Во многих населенных пунктах преподавание эволюции по-прежнему вызывает такие споры, что учителя либо выстраивают план уроков так, чтобы изучать эту тему как можно меньше, либо пытаются вообще ее избегать.

В то же время преподаватели в очень религиозных поселках, таких как Бэконтон, сталкиваются с дополнительными трудностями. Зачастую им не хватает приемов и методов, с помощью которых можно было бы преподавать эволюцию, не заставляя учеников занять чью-то сторону, сделать выбор, который скорее всего окажется не в пользу ученых, против которых настроено общество.

Без таких приемов даже тем учителям, которые уверенно владеют материалом, часто не удается побудить учеников непредвзято слушать на уроке — или вообще хоть как-нибудь слушать.

### Из зала суда в класс

По словам Бранча, прежде чем сформировалась современная ситуация, вокруг преподавания эволюции прошло три этапа войны.

Первая волна антиэволюционного давления в государственных школах началась в 1920-х гг., когда в нескольких штатах попытались запретить преподавание эволюции. В штате Теннесси молодой учитель Джон Скоупс, заменявший постоянно преподавателя, сговорившись с местным бизнесменом, целенаправленно переступил запрет и рассказывал про эволюцию. Его арестовали и обвинили в нарушении закона. Замысел заключался в том, чтобы оспорить в суде законность его ареста.

Судебный процесс начался в июле 1925 г. и привел к захватывающей полемике между адвокатом Кларенсом Дарроу и прокурором Уильямом Дженнингсом Брайаном, которая транслировалась по радио и потрясла всю страну. Скоупс был осужден, но позже приговор отменили по формальной причине, и таким образом сторонники запрета избежали рассмотрения его конституционности, в каком случае они скорее всего проиграли бы.

Запрет не был признан противоречащим конституции до 1968 г., когда аналогичный закон в Арканзасе был отменен Верховным судом США в решении по делу «Эпперсон против Арканзаса». Затем антиэволюционная борьба перешла ко второму этапу: пропаганде преподавания креационизма на равных правах с эволюцией.

В 1975 г. при рассмотрении дела «Дэниел против Уотерса» апелляционный суд отменил закон штата Теннесси «о равном времени», по которому учитель должен был преподавать библейское сотворение тогда же, когда рассказывал об эволюции. Бранч поясняет, что на протяжении 1970–1980-х гг. около 30 законодательных собраний рассматривали законопроекты в поддержку преподавания «науки о сотворении», где утверждалось, что библейские Сотворение мира и Всемирный потоп имеют научное подтверждение.

В Арканзасе такой закон был фактически принят, что привело к его отмене в 1982 г. при рассмотрении дела «Маклин против Арканзаса», в котором участвовали эволюционный биолог Стивен Джей Гулд (Stephen Jay Gould) и целый ряд известных ученых. Вскоре Луизиана приняла более широкий закон, который был отменен Верховным судом в 1987 г.

После таких поражений многие переключились на защиту учения о «разумном замысле», согласно которому «что-то каким-то образом поучаствовало в создании жизни», — как выразился Бранч. Этот подход был запрещен в 2005 г. окружным судьей, после того как родители из Довера, штат Пенсильвания, оспорили политику, проводимую местным школьным советом, в котором засели креационисты (следующие выборы в совет креационисты проиграли).

Многие считают, что это положило конец любым серьезным законодательным попыткам проникновения креационизма обратно в класс. Однако проблема не исчезла. Никто не знает этого лучше, чем такие учителя на передовой, как Патти Хауэлл.

В первый день, когда началась эволюционная тема, Хауэлл приступила к тонкой работе, чтобы ослабить сопротивление учеников эволюционной теории. Этим утром, когда мимо проходили ее подростки с рюкзаками, она давала каждому короткую статью об эволюционной уязвимости бесполо размножающихся грибков на ногтях. Затем она попросила их разбиться на пары и посетить несколько станций, организованных в классе.

Здесь она сделала то же, что и для двух других классов, у которых вела биологию: на каждой станции она положила листок бумаги с определенным утверждением. На одном было написано: «Люди произошли от обезьян», второй гласил: «Только атеисты могут принять теорию эволюции». Прочитав утверждение, школьники нанизывали бусинки на один из двух стержней,

в поддержку разума и науки. За прошедшие три года *TIES* провел 92 семинара более чем в 30 штатах и подготовил 1,5 тыс. учителей. Многие другие педагоги смогли принять дистанционное участие в вебинарах.

Васкес говорит, что они хотят сконцентрироваться на, возможно, главной проблеме в преподавании эволюции: оказалось, что многие учителя чувствуют себя не готовыми к этой теме. «Если я допущу ошибку, когда буду рассказывать своим ученикам, например, о погоде, или если я не знаю разницы между фронтом окклюзии и стационарным, никто не будет звонить в департамент и меня допрашивать, — объясняет Васкес. — Если вы перепутаете понятия естественного отбора и дрейфа генов или теории и факты, тогда родители возмутятся, что вы вводите детей в заблуждение. Если вы не чувствуете себя достаточно

уверенными в этой области, вы просто не станете это преподавать».

В 2013 г. Васкес участвовала в обсуждении именно этой темы с Ричардом Докинзом и примерно десятком профессоров в области естественных наук в Университете Майами. Они пришли к выводу, что учителя чувствуют себя неуверенно с имеющимся материалом. Поэтому после мероприятия она организовала курсы повышения квалификации в области теории эволюции для некоторых своих друзей, работающих в средней школе. Когда через год на другом мероприятии Васкес встретила Докинза и рассказала ему о том, что она сделала, Докинз предложил выступить перед ее учителями. А спустя несколько месяцев Докинз спросил Васкес, не хочет ли она вывести свой проект на национальный уровень. (Ричард Докинз — член консультативного совета *Scientific American*.)

В 2016 г. в рамках программы начали проводиться вебинары, доступные для учителей, которые не могут прийти на занятия лично. Кроме этих ресурсов в сети появляется все больше материалов для учителей. Например, в 2004 г. Национальный центр естественно-научного образования в сотрудничестве с Музеем палеонтологии Калифорнийского университета создал сайт «Понимание эволюции» (*Understanding Evolution*), где собраны научные данные и методики преподавания. «Мы стараемся

## У нас есть наука, которая физически объясняет события, происходящие в физическом мире, и у нас есть религиозные и философские способы познания, которые не привязаны к физическим доказательствам

закрепленных на маленьких деревянных квадратиках с надписями «Факт» или «Вымысел». Хауэлл обсуждала заблуждения одно за другим. Затем она показала короткий видеоролик про собачьих блох, у которых развилась устойчивость к магазинным противоблошиным средствам, и про бактерий, сформировавших невосприимчивость к антибиотикам.

В первый день у нее было две цели: показать примеры эволюции, которые школьники могут наблюдать в повседневной жизни, и развеять распространенные заблуждения.

Хауэлл обучилась этим двум приемам на недавнем занятии для преподавателей, организованном Институтом повышения квалификации учителей в вопросах эволюции (*TIES*), который был создан в 2015 г. школьной учительницей Бертой Васкес (Bertha Vazquez) из Майами-Дейд и финансируется Фондом Ричарда Докинза



сделать так, чтобы учитель был уверен в себе и мог правильно объяснить материал, — говорит Васкес. — Это такой прекрасный взгляд на мир, что дух захватывает, это актуально и достоверно».

Хотя Васкес, преподающая в школе в Майами-Дейд, не сталкивается с таким сопротивлением, как Хауэлл, она говорит, что у нее каждый год бывают ученики, для которых затруднено изучение эволюции; это могут быть христиане, мусульмане или свидетели Иеговы. И при разработке своих учебных материалов она использует подходы, эффективность и понятность которых она проверила на своих учениках.

«Если вы начинаете с заблуждений и современной практической роли эволюции, ее важности в сельском хозяйстве и медицине, их сопротивление немного ослабляется, — говорит Васкес. — Я думаю, если привести им простой жизненный пример, они придут домой и расскажут, что проходили блох. У учителя не возникнет проблем, а дети получают представление о естественном отборе».

«Когда учителя на семинарах спрашивают нас, как отвечать ученикам на религиозные вопросы, мы рекомендуем говорить, что, поскольку это уроки биологии, мы не занимаемся здесь религией, религиозные вопросы лучше задавать родителям или представителям церкви», — добавляет Васкес. Хауэлл решила упомянуть, что сама верит в Бога, чтобы донести мысль о сосуществовании науки и религии.

Подходы, которые Васкес и Хауэлл нашли благодаря своим интуиции и опыту, другие люди подтверждают и улучшают с помощью научного метода. И действительно, все больше исследователей считают, что помимо обсуждения распространенных заблуждений и демонстрации примеров эволюции в повседневной жизни, может быть не менее полезно вспомнить о том, о чем все стараются молчать, — о религии.

В одной важной работе, опубликованной в 2011 г. в *Journal of Research in Science Teaching*, исследователи из Южного христианского университета, Университета Пердью и Университета штата Флорида собрали впечатления 15 студентов-биологов в Среднезападном христианском университете, которые воспитывались с верой в креационизм, но были вынуждены столкнуться с эволюцией. В итоге все они согласились с эволюцией. Исследователей интересовало, почему так произошло. Оказалось, преподаватели, вместо того

чтобы замалчивать тему религии, признали их религиозные убеждения, открыто говорили о возникающих вопросах и послужили образцом для подражания, помогая студентам примирить науку с верой.

В другой работе, проведенной в 2012 г., исследователи из Таусонского университета искали различия между верующими студентами, которые не хотели изучать эволюцию, и теми, кто был готов изучать и понимать эволюцию, несмотря на то что не верил в нее. В этой работе исследователи среди прочего предположили, что когда учителя не упоминают о религии, у верующих учеников усиливается чувство отчуждения и они становятся менее открытыми для обучения.

Вдохновившись этой работой, исследователи из Университета штата Аризона Сара Браунелл (Sara Brownell) и Элизабет Барнс (Elizabeth Barnes) решили выяснить, насколько часто преподаватели упоминают тему религии на занятиях в колледже. Они не только обнаружили, что учителя редко затрагивают эту тему, но и нашли вероятную причину. Подавляющее большинство преподавателей, рассказывающих про эволюцию, было атеистами, тогда как среди студентов доля тех, кто считает себя верующими, иногда достигает 80%. Барнс говорит: «Когда мы спросили у преподавателей, почему они не говорят на эту тему, при объяснении они ссылались на свои религиозные и культурные представления. У большинства из них не было опыта обсуждения таких тем, и поэтому их это немного пугало. Они не знали о религиозных убеждениях своих учеников и о степени их готовности принять эволюцию. У них были также некоторые негативные стереотипы».

Тем не менее для тех, кто вырос в глубоко религиозной среде и прошел через изучение эволюции, очевидно, что игнорирование религиозной темы неэффективно. Аманда Глейз (Amanda Glaze), профессор в области среднего образования из Южного университета Джорджии, решила изучить преподавание эволюции отчасти благодаря своему личному опыту. Она выросла в креационистской семье на ферме в Алабаме, влюбилась в науку и в итоге приняла дарвиновскую теорию эволюции. Но этот путь не был простым.

Она вспоминает: «Я плакала, я была подавлена, я боялась, что попаду в ад. Это были годы настоящих мучений, метаний назад и вперед. А учителя приходят

в классы на протяжении семестра или года и говорят: "Знаете, то, во что вы верите, — это неправда" или "Это все неважно, а правда вот". А потом люди удивляются, почему в этой стране так плохо принимают эволюционную теорию». По мнению Глейз, большинство сторонников преподавания эволюции не понимают, что для многих религиозные убеждения и мировоззрение — это важная составляющая их личности.

По словам Глейз, чтобы примирить свои новые знания со своей идентичностью, ей понадобилось сознательно отделить религиозные убеждения от научных знаний и позволить им существовать независимо. Такой подход некоторые называют «когнитивным апартейдом». Глейз объясняет: «У нас есть наука, которая физически объясняет события, происходящие в физическом мире, и у нас есть религиозные и философские способы познания, которые не привязаны к физическим доказательствам. Принципы и содержание этих способов познания очень-очень разные, но мы часто пытаемся их соединить».

Дэвид Уилкокк (David Wilcox), почетный профессор биологии в Восточном университете, баптистском учебном заведении в Пенсильвании, более 35 лет преподавал эволюцию студентам, которые приходили к нему креационистами. И для него разделение религиозных и научных идей имело большое значение. Он говорит: «Оказалось, что многие церкви подают эволюцию не как научную тему, а как часть мировоззрения, которая неразрывно связана с другими идеями — отсутствием веры в Бога, отсутствием морали и крахом цивилизации. Многих моих студентов научили, что эволюционные убеждения обязательно должны сочетаться с теми другими идеями. Но ведь это не так».

Уилкокк неизменно достигал успеха, потому что первое, что он делал, — старался распутать этот клубок идей и убедить студентов, что можно иметь дело с наукой и при этом сохранить веру. Кроме того, он акцентировал внимание на том, что есть богословы, которые интерпретируют Библию не так, как строгие фундаменталисты (вроде святого Августина), и что не все богословы буквально понимают идею о создании мира за шесть дней. По крайней мере, так он показывает, что есть и другой путь, к которому они могут вернуться позже и который позволяет принять эволюцию, не становясь при этом атеистом.

## Поиск религии

Вероятно, самые перспективные и потенциально эффективные средства для обсуждения в школе вопросов религии и эволюции разрабатывает Бриана Побинер (Briana Pobiner), специалист по первобытной археологии и музейный педагог из Национального музея естественной истории Смитсоновского института, в тесном взаимодействии со своими коллегами-исследователями, изучающими образование, а также религиозными лидерами. Они встречаются несколько раз в год в рабочей группе по общественному влиянию Инициативы распространения информации о происхождении человека. Недавно они выпустили «Стратегии преподавания с учетом культурных и религиозных особенностей» (*Cultural and Religious Sensitivity (CRS) Teaching Strategies Resource*) — руководство для учителей объемом 75 страниц, которое можно использовать для обсуждения эволюции человека и для проверки эффективности методики в классе.

Побинер рассказывает: «Игнорирование религиозности не работает. Можно учить веру учеников и помочь им не закрыться окончательно. Все чаще мы обнаруживаем, что если не отвергать религиозность школьников, то вы сможете гораздо лучше помочь им понять эволюцию».

Среди прочего руководство содержит несколько упражнений, которые учитель может использовать в классе либо в начале курса эволюции, либо «при первых признаках неожиданного неприятия» — «не для того чтобы изменить личные или культурные религиозные убеждения или разрешить противоречия между наукой и религией, которые может испытывать ваш ученик, а чтобы помочь ему понять сущность науки и то, что теория эволюции — это инструмент, полезный при работе с биологическими проблемами».

В первом упражнении студенты получают на дом задание кратко сформулировать суть теории эволюции и альтернативных объяснений многообразия жизни, которые значимы для их знакомых, и перечислить причины, почему некоторые люди могут тревожиться из-за изучения эволюции. В классе ученики делятся на группы и обсуждают свои ответы.

В течение 2012–2013 учебного года Побинер с коллегами протестировали свои материалы на школьниках, углубленно изучающих биологию, в десяти школах из восьми штатов. Чтобы проверить эффективность

методики, они оценивали понимание учениками эволюции до и после обучения. Результаты были опубликованы в этом году в журнале *Evolution: Education and Outreach*. Побинер с коллегами выяснили, что ученики, которые выполняли соответствующие упражнения, лучше поняли и приняли теорию эволюции.

Сейчас исследователи проверяют этот подход в более сложных условиях: на уроках биологии в девятых классах по всему штату Алабама. Это единственный штат в стране, где на учебниках по биологии наклеено сообщение, предупреждающее, что эволюция — это «всего лишь теория» и не должна восприниматься как факт. (Законодатели Алабамы в прошлом году приняли решение, подтверждающее право учителя включать креационизм в план урока.)

Медоуз говорит, что результаты будут представлены ассоциации учителей штата в конце года. «Учителям Алабамы нужно, чтобы им позволили преподавать эволюцию, и они хотят понять, как это можно делать, не создавая проблем себе и ученикам, и это именно то, что мы собираемся им показать, — поясняет Медоуз. — Это будет грандиозно». Ранее никаких исследований эффективности подхода, предлагаемого *TIES*, не проводилось.

### Ослабить сопротивление

Каждое воскресенье Патти Хауэлл, сидя на церковной скамье в городе Америкус, слушает, как ее проповедник говорит: «Одни ученые попытаются сказать вам это, другие попытаются сказать вам то».

Она никогда не разговаривает про эволюцию со своими друзьями, и несколько раз, когда они обсуждали эту тему с мужем, у них возникал спор.

«В церкви я молчу. Я никогда не открываю рта. Я не обсуждаю это с моей семьей и друзьями, — рассказывает Хауэлл. — Я просто сижу и слушаю».

У Хауэлл нет возможности вести себя так же на уроке — она должна выполнять свою работу. И она знает, что самое сложное еще впереди.

Принять способность бактерий вырабатывать резистентность — это одно. Учительница ожидает, что многих ее подопечных вполне заинтересуют описанное Дарвином разнообразие формы клюва у вьюрков, отделенных друг от друга за счет географической изоляции. Она полагает, что проблемы начнутся, когда она доберется до параметров сходства человека

с другими видами и речь пойдет о схожести ДНК, о рудиментарных структурах вроде копчика и других доказательствах того, что у человека и других животных был общий предок. Она знает, что эту часть эволюции нелегко примирить с библейскими рассказами о сотворении мира, Адамом, Евой и райским садом. «С этим им будет трудно справиться», — говорит Хауэлл.

За 17 лет преподавания эволюции в других школах Хауэлл приобрела достаточно опыта, чтобы распознавать признаки напряжения. Дети будут скрещивать руки на груди и смотреть в пол. Самые непокорные из них могут выйти из кабинета, пнув стул. И хотя она считает, что приемы, которые она освоила благодаря занятиям в *TIES*, повысят шансы увлечь некоторых учеников, она понимает, что до каждого ей достучаться не удастся.

Хауэлл не знает, какой класс ей дадут на следующий год. Она жаждет узнать больше приемов, полезных на культурном минном поле, которое представляет собой класс. Она сражается в одиночку, но готова продолжать борьбу. Она говорит: «Мне доверили этих детей, а дети — это самое важное в жизни любого человека. Я не хочу сказать им что-то плохое или как-то им навредить. Это огромная ответственность».

Перевод: М.С. Багоцкая

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Defeating Creationism in the Courtroom, but Not in the Classroom. Michael B. Berkman and Eric Plutzer in *Science*, Vol. 331, pages 404–405; January 28, 2011.
- Evolution Education in the American South: Culture, Politics, and Resources in and around Alabama. Edited by Christopher D. Lynn, Amanda L. Glaze, William A. Evans and Laura K. Reed. Palgrave Macmillan, 2017.
- Using Human Case Studies to Teach Evolution in High School A.P. Biology Classrooms. Briana Pobiner, Paul M. Beardsley, Constance M. Bertka and William A. Watson in *Evolution: Education and Outreach*, Vol. 11, No. 1, Article No. 3; December 2018.
- Views of Evolution Shaped by Knowledge. Amanda Montañez, *SA Advances*, May 2018.



**Серфер** стремительно скользит по колоссальной волне вблизи местечка Назаре, Португалия

# ГИГАНТСКИЕ ВОЛНЫ

ОКЕАНОЛОГИЯ

Прогнозирование природных явлений и опыт серферов позволяют организовать рекордные заезды на самых больших прибойных волнах планеты

Крис Диксон

**Ночь на 7 ноября 2017 г.** была для Родригу Коши (Rodrigo Koха) сплошным мучением. Опытный 38-летний серфер с крошечного острова неподалеку от Сан-Паулу (Бразилия), покоритель гигантских волн пытался заснуть в бунгало, которое он арендовал на осень и зиму в Назаре, рыбацкой деревушке, расположенной на западном побережье Португалии. В крошечной тьме исполинские волны обрушивались на берег, сотрясая землю. «Я говорил себе: ты должен мчаться по волне строго вниз», — рассказывает он о том, как терзали его дурные воспоминания.

В период с октября по март в районе Назаре во время прибоев образуются большие волны. Коша уткнулся в свой ноутбук, внимательно рассматривая желтые, синие и темно-фиолетовые пятна на диаграмме прогноза волнения океана, подготовленного европейскими метеорологическими службами, Национальным управлением океанических и атмосферных исследований (NOAA), а также известным серфинг-порталом *Surfline*. Было ясно, что следующее утро — самое подходящее время идти на волну.

На протяжении тысячи лет жители деревушки наблюдали, как на берег обрушиваются одни из самых огромных волн на нашей планете, но интерес к ним серферов мирового уровня возник лишь 1 ноября 2011 г. Именно в этот день пилот на гидроцикле *Yamaha* отбуксировал чемпиона по серфингу Гарретта Макнамару (Garrett McNamara) вместе с его доской на колоссальную волну высотой 23,5 м, попавшую в Книгу рекордов Гиннеса.

Первую попытку Коша совершил в 2014 г. — и при этом чуть не погиб. Сразу после начала скольжения вниз по гребню

FRANCISCO SECO AP PHOTO

## ОБ АВТОРЕ

**Крис Диксон** (Chris Dixon) — писатель-фрилансер, автор книги «Волна-призрак: открытие банки Кортес и самая большая волна в мире» (*Ghost Wave: The Discovery of Cortes Bank and the Biggest Wave on Earth*, 2011).



волны он едва не разбился о скалы. Изучая прогноз на 7 ноября 2017 г., он знал, что ему предстоит сражение с такой же гигантской волной.

### Что там в глубине?

Все волны, бьющие о берег любого океана, образуются примерно одинаково. Под действием легкого ветерка (бриза), дующего над водой, небольшая рябь на ее поверхности превращается в волны. Если сильный ветер дует на протяжении многих километров, волны увеличиваются и обретают вид горизонтальных водяных валов. Это напоминает череду полузатопленных катящихся к берегу бревен. В то время как волна вздымается над поверхностью воды на высоту около 3 м, подводная ее часть может уходить в глубину на несколько сотен метров.

Гигантские волны порождает сильный штормовой ветер. Волны, несущиеся к Назаре со скоростью 35 узлов, образовались в результате шторма, который начался четвергья днями ранее в 4,8 тыс. км к северо-западу, между островами Ньюфаундленд и Гренландия. Служба прогнозирования прибойных волн достигла существенного прогресса за последнее десятилетие, поэтому Коша имел возможность подготовиться к их прибытию. Более ранние версии моделирования волн учитывали огромное количество текущих данных и предыдущую информацию о ветрах и волнах, поступающую со спутников, кораблей и радиобуев. Прогнозы о том, обрушатся ли гигантские волны на данное побережье, основывались на моделировании взаимодействия всех этих параметров с учетом особенностей морского дна.

За последние несколько лет глобальные модели ветров и волн стали гораздо точнее благодаря применению более мощных суперкомпьютеров, которые использовали при расчетах всю мыслимую

информацию, начиная с замеченных со спутника крошечных волн высотой всего несколько сантиметров и до приливных течений и разности сопротивления, испытываемого ветрами над торосами льда и над чистой морской гладью.

Кроме того, стало понятнее, как именно морское дно вблизи побережья влияет на накатывающие волны. Вблизи Назаре находится один из самых примечательных подводных каньонов; он уходит в глубину примерно на 5 тыс. м, тянется вдоль континентального шельфа более чем на 200 км и выступает над водой в виде прибрежных мысов. Подобные каньоны концентрируют и направляют волны подобно тому, как фокусирует свет оптическая призма. Они повышают плотность энергии волн, а морское дно выталкивает их наверх, и кинетическая энергия воды создает высокую приливную волну. «Таким образом, из зыби высотой 5 м над глубоководьем может образоваться приливная волна высотой до 25 м, — сообщает Марк Уиллис (Mark Willis), начальник службы прогнозирования *Surflife*. — Причина тому — невероятно глубокие подводные ущелья».

«Несмотря на все усовершенствования, эти модели охватывают лишь локальные участки, такие как Назаре», — говорит Хендрик Толман (Hendrik Tolman), бывший руководитель Центра экологического моделирования при NOAA. Едва заметные различия в направлении ряби на воде или даже фазы прилива могут значительно уменьшить или увеличить высоту волн. Введем все это в компьютер, пополнив тем самым полученные ранее данные. Во время проведенных в прошлом году исследований в заливе Монтерей в Калифорнии специалисты из IBM суммировали полученную NOAA почасовую информацию о погоде с данными о волнах в период с 2013 по 2017 г., получив огромную таблицу из 11 078 строк и 741 столбца. В сочетании

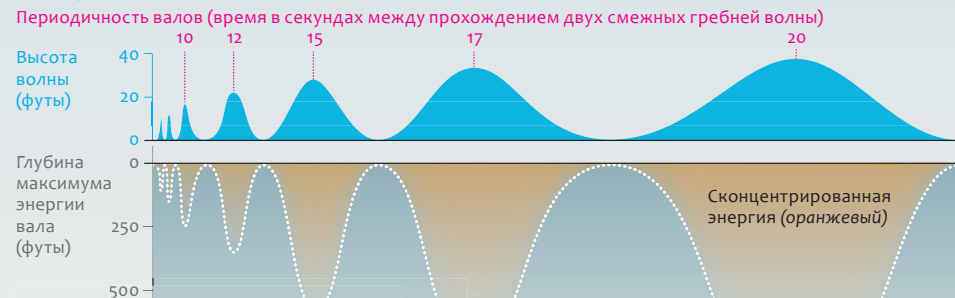
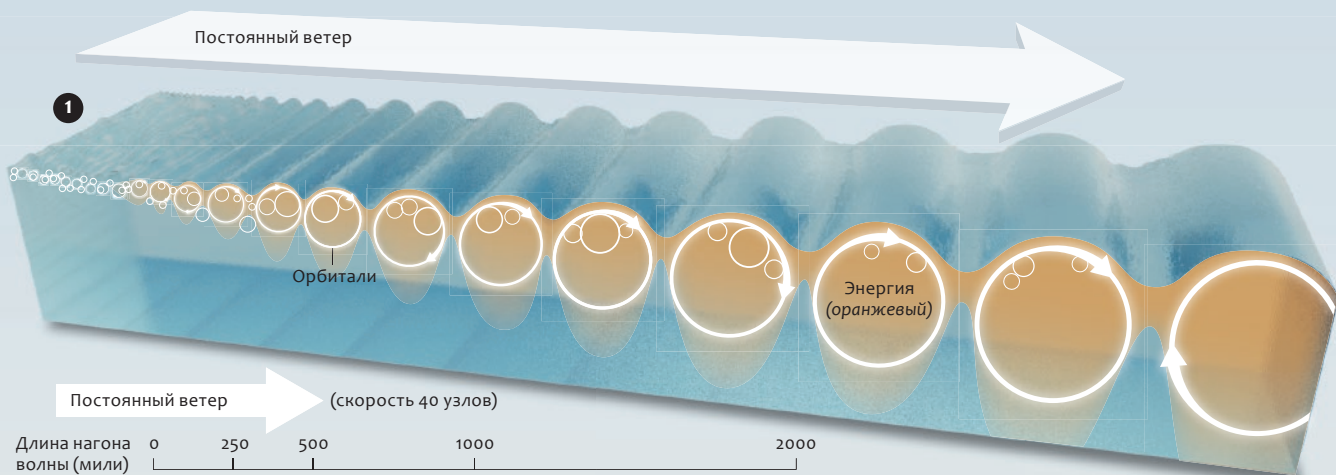
### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- На нашей планете есть лишь несколько мест, где вздымаются гигантские волны высотой более 24 м. Одно из них — побережье у городка Назаре в Португалии.
- Чтобы объяснить природу этого явления, исследователи использовали текущие данные о ветре и состоянии поверхности воды, а также информацию о структуре морского дна. Теперь они могут прогнозировать, где и когда в ближайшее время образуются огромные волны.
- Серферы мирового класса устремляются в такие места, чтобы испытать острые ощущения от скольжения по волнам рекордной величины.

# Как образуются волны

Гигантские прибойные волны высотой 21–24 м образуются лишь в нескольких местах нашей планеты (на карте). Все начинается с маленьких волн далеко в океане, которые со временем превращаются в протяженные валы. Когда над многокилометровым водным пространством долгое время дует постоянный ветер, валы постепенно увеличиваются **1**, становясь все выше и протяженнее; их скорость неуклонно

нарастает (на графике). Подводные ущелья или морское дно, круто поднимающееся к побережью, концентрируют энергию приближающихся волн, подобно тому как линза фокусирует свет. Значительные массы воды с силой выталкиваются вверх, и возникает огромная прибойная волна **2**. Извилистое подводное ущелье близ Назаре (Португалия) — яркий пример такого эффекта.



## Образование волн

Постоянный штормовой ветер заставляет вибрирующие молекулы воды двигаться по кругу с образованием малых орбиталей, которые ветер превращает в валы — их вершины мы видим как волны. Вращающиеся между волнами вихри воздуха толкают их вперед. Если ветер долгое время дует над обширным пространством, волны становятся все выше и протяженнее, а их периодичность возрастает. Большая часть энергии волны сосредоточена под поверхностью воды и может уходить на глубину до нескольких сотен метров. Волны несутся одна за другой со скоростью, порой превышающей 30 узлов.



## Концентрация энергии

Крутая стена подводного ущелья у Назаре направляет огромные массы приливной волны вверх, образуя колоссальный, похожий на гигантскую пирамиду вал, который с невероятным грохотом обрушивается на берег. Так, пятиметровая волна иногда превращается в 25-метровый вал. Подводные ущелья, приводящие к такому эффекту, находятся вблизи местечек Пихи (Джоус) на острове Мауи в Гавайском архипелаге и Маверикс в Северной Калифорнии, а также деревни Теахупоо на юго-западном побережье острова Таити во Французской Полинезии. В 161 км от Сан-Диего гигантские волны создает крутая подводная гора банка Кортес.



**2**



## Лучшие прогнозы

Для более точного прогнозирования образования больших волн специалисты загружают свои модели в программы искусственного интеллекта, которые оценивают данные, поступающие с камер, установленных на серфах, миниатюрных радиобуйков и даже из социальных сетей. В скором времени прогнозы можно будет составлять на заказ для конкретного побережья, а чтобы воспользоваться ими, понадобится только электронный планшет.

с текущими наблюдениями система искусственно-интеллекта позволила на 12 тыс. процентов повысить скорость вычислений по сравнению с моделями, основанными исключительно на физике волн и динамике погоды. В ближайшее время на айпады серферов, капитанов судов, владельцев морских ферм, машин и механизмов, работающих за счет энергии волн, будет поступать информация о волнах, полученная с помощью компьютерного моделирования с учетом точного местоположения пользователя.

Для усовершенствования качества прогнозирования по конкретным точкам Уиллис и Бен Фристон (Ben Freeston), основатели серфинг-портала *Magicseaweed* и руководители отдела по научной информации *Surflin*e, используют искусственный

## **В ближайшее время на айпады серферов, капитанов судов, владельцев морских ферм, машин и механизмов, работающих за счет энергии волн, будет поступать информация о волнах, полученная с помощью компьютерного моделирования с учетом точного местоположения пользователя**

интеллект главным образом для создания нейронной сети с привлечением дополнительных наблюдений с помощью установленных на серфах камер и журналистов *Surflin*e; учитываются также обновления от серферов в социальных сетях. В скором времени, по словам Фристана, свои данные будут передавать серферы из Назаре и других мест, где бывают особенно большие волны, например из Пихи на острове Мауи в Гавайском архипелаге и с банки Кортес неподалеку от Сан-Диего. Вокруг зоны волн установят крошечные информационные буйки, которые будут передавать данные об увеличении волн на смартфоны находящихся на побережье серферов. «Вместо буйев NOAA стоимостью \$50–60 тыс. можно будет устанавливать аналогичные устройства всего за \$99, — говорит Фристон. — Объем информации будет расти в геометрической прогрессии».

### **Серфинг мечты**

Однако для того чтобы поймать самые большие в мире волны, всех этих новшеств недостаточно — прежде всего необходим опыт. Наутро после бессонной ночи Коша узнал, что с северо-запада к побережью Назаре приближаются все увеличивающиеся волны — идеальное направление для магического воздействия подводного ущелья. Коша с коллегами с восхищением наблюдали за тем, как ущелье направляет валы один на другой, в результате чего образуются колоссальные горы воды, вздымающиеся прямо напротив мыса.

Коша с пилотом Сержиу Косме (Sérgio Cosme) за рулем гидроцикла полтора часа кружили над этими гигантскими волнами, но Коша так и не нашел ту, которую стоило бы «оседлать». Наконец Косме воскликнул: «Гляди, вон идет то что надо!». Коша знал, что сильный ветер, дующий с открытого моря, порождает очень неровную первую волну, и решил повременить. Поверхность второй волны была более гладкой. Затем пришла третья волна. «Она была ровной, прозрачной и просто восхитительной, — говорит Коша. — И громадной! Я взглянул на нее лишь раз, и с меня было довольно. Я боялся, что если посмотрю снова, то моя решимость рассыпется прахом».

Косме отбуксировал Кошу к вершине волны мощностью, вероятно, в миллиарды ватт. Когда Коша отпустил буксировочный трос, он мысленно произнес свое заклинание: «Нестись строго вниз». «Я просто должен был мчаться во имя сохранения своей жизни, собрав воедино все силы, всю энергию, — рассказывал он. — Я никогда не скользил на серфе так быстро. И вдруг меня накрыла тень волны. Я почувствовал, что позади меня непроглядная тьма. Но скорость у серфа была умопомрачительной, и я надеялся, что смогу обогнать эту тень. Так и случилось. Бог ты мой, я только что покори волну своей жизни!».

Этот заезд стал новым мировым рекордом: высота волны от подошвы (низшая точка ложбины волны, то есть части волны, расположенной ниже средней волновой линии) до гребня составляла 24 м. На церемонии награждения несколько месяцев спустя Родригу Коша сказал, что технологии прогнозирования, опыт и мужество серфера слились воедино: «Моя мечта осуществилась». ■

**Перевод: С.Э. Шафрановский**

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

- Отчеты и прогнозы серфинг-портала *Magicseaweed*: [www.magicseaweed.com](http://www.magicseaweed.com)
- Портал *Surflin*e: [www.surflin.com](http://www.surflin.com)





ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

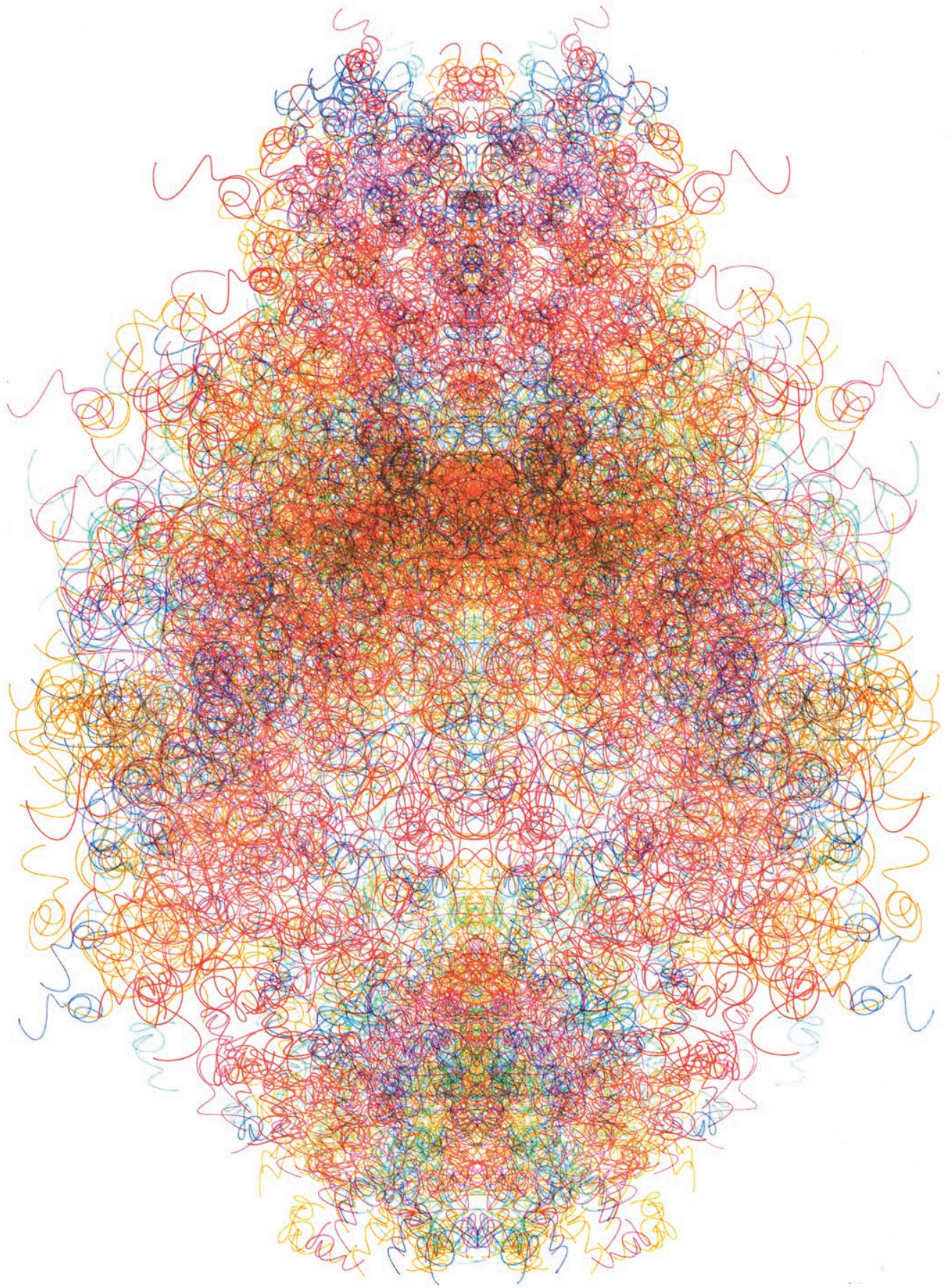
# Научная Россия

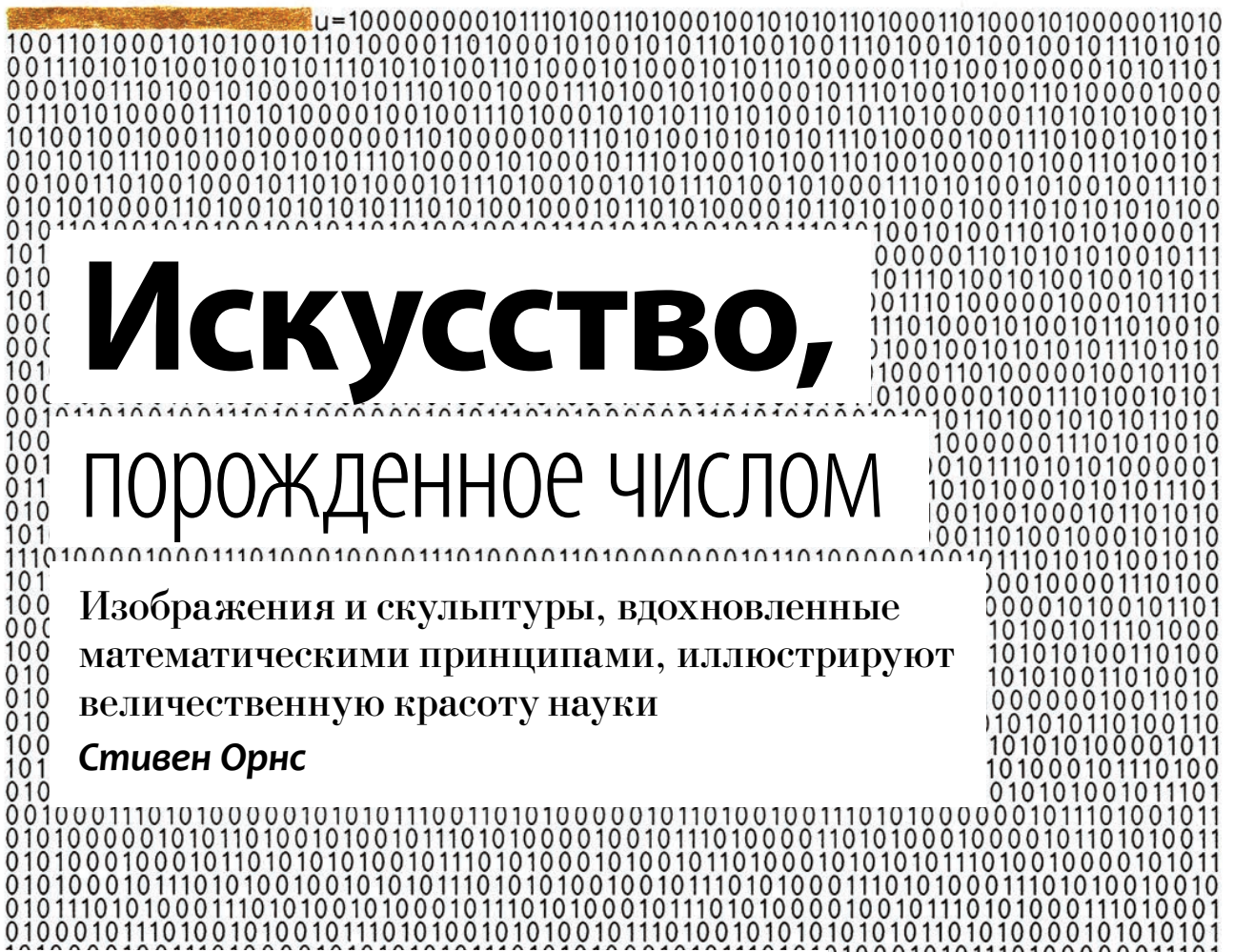


Взгляд на науку  
с пристрастием

**Актуальная информация** о науке и технике в России и в мире  
**Открытия** в разных областях фундаментальной и прикладной науки  
**Новости** из научных центров и вузов страны и мира

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





# Искусство, порожденное числом

Изображения и скульптуры, вдохновленные математическими принципами, иллюстрируют величественную красоту науки

Стивен Орнс

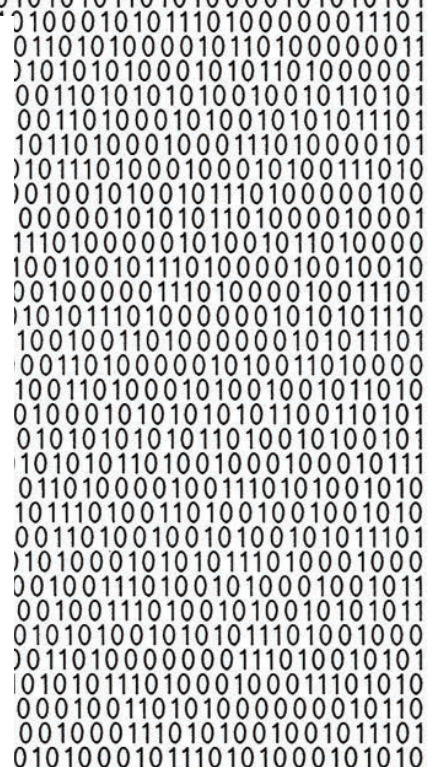
## Манчестерская украшенная орнаментами универсальная машина Тьюринга, № 23 (1998)

Роман Веростко (Roman Verostko)

Роман Веростко обучался изобразительному искусству в 1940-х гг., стал священником, оставил духовный сан, женился, разобрал компьютеры и научился программировать на языке BASIC. Он — первопроходец в мире так называемого процедурального, или алгоритмического, искусства, которое открывает новые горизонты с помощью компьютерных программ, а алгоритмы он использует, чтобы управлять пером графопостроителя.

Данное произведение он создал в 1998 г., прочтя об универсальной машине Тьюринга (УМТ) в книге Роджера Пенроуза «Новый ум короля» (*The Emperor's New Mind*, 1989). Машина эта названа в честь первопроходца в области вычислительной математики — Алана Тьюринга, а определение «универсальная» в ее названии означает, что она способна эмулировать функции любой конкретной реализации машины Тьюринга, а это, в свою очередь, подразумевает, что теоретически она может вычислить все, что в принципе поддается вычислению. Когда Веростко ознакомился с УМТ, он счел ее основополагающим трудом нашего времени, изобретением, которое навсегда изменит человеческую культуру. В силу своего религиозного образования он с давних пор был зачарован священными манускриптами — средневековыми рукописными текстами, обрамленными искусно выполненными в золоте или серебре иллюстрациями, — и решил, что УМТ — это современное произведение искусства, которое также заслуживает украшения цветными орнаментами.

Представленный здесь «текст» универсальной машины Тьюринга (*выше*) — это не что иное, как двоичный код, длинная строка из нулей и единиц, язык, на котором разговаривают компьютеры. Подобно орнаментам, которыми украшались работы средневековых писцов, Веростко отдельно создал абстрактные фигуры (*слева*), нарисованные пером плоттера.



Мы зачастую относимся к математике с прохладным почтением. Эта наука управляется вечными и непререкаемыми принципами и законами. Например, никогда не удастся пересчитать все простые числа, а десятичная запись числа  $\pi$  никогда не закончится.

Однако под подобной определенностью скрывается нечто поразительно манящее. Доказательство или уравнение могут быть элегантными, доставлять эстетическое удовольствие. Так, математики, занимающиеся теорией групп, изучают законы вращения или отражения. Визуально эти преобразования могут проявляться как потрясающие своей красотой примеры симметрии, такие как осевые фигуры симметрии снежинок.

Некоторые математики и художники ощущают ошибочность противопоставления математики и изобразительного искусства. Их выбор — ничего не выбирать. Они задают вопросы на языке чисел и теории групп, а ответы находят в металле, пластике, дереве и на мониторах компьютера. Они делают наброски, строят. Многие из них обмениваются идеями на ежегодной конференции *Bridges* («Мосты»), посвященной связям между искусством и математикой, или встречаются на проводимом раз в два года собрании *Gathering 4 Gardner* («Встреча в память о Гарднере»), названном так в честь Мартина Гарднера, который в течение 25 лет вел колонку, посвященную математическим играм, в журнале *Scientific American*.

Сегодня «математическое искусство» переживает бурный всплеск интереса, выражающийся в росте числа выставок и даже статей в академических журналах. Своими корнями нынешняя волна энтузиазма уходит в конец XX в., но теперь художники обращаются к более широкому спектру математических идей и использованию современных технологий. Предлагаем вашему вниманию некоторые из наиболее ярких работ.

## ОБ АВТОРЕ

**Стивен Орнс** (Stephen Ornes) — автор готовящейся к выходу в печать книги «Математическое искусство: истина, красота и уравнения» (*Math Art: Truth, Beauty, and Equations*, 2019). Его статья «Каталог всей Вселенной» опубликована в № 8–9 журнала «В мире науки» за 2015 г.



## Поверхность Зейферта колец Борромео (2008)

**Батшеба Гроссман (Bathsheba Grossman)**

Вот уже более десяти лет Батшеба Гроссман, проживающая в окрестностях Бостона, использует печать на 3D-принтере для создания математических скульптур из металла. Источниками вдохновения для нее служат симметрии, невероятные конфигурации и разбиения пространства. Три внешних кольца здесь не касаются друг друга, но тем не менее неразрывно сцеплены друг с другом. Если извлечь одно из колец, два оставшихся можно разъединить. Эта известная с древних времен геометрическая фигура, которую сегодня можно увидеть на логотипе Международного математического союза (IMU), носит название колец Борромео.

Кольца эти входят в состав семейства связанных форм, каждый представитель которого характеризуется наличием трех замкнутых попарно не сцепленных в замок кривых. Их изучение представляет особый интерес для математиков, занимающихся теорией узлов. Поверхность, ограниченная кольцами Борромео, называется поверхностью Зейферта.

Скульптура Гроссман — это одновременно и элемент теории узлов, и головоломка. Чтобы подчеркнуть замысловатые изгибы поверхности, она использовала перфорированную текстуру, которая одновременно позволяет любоваться игрой проходящего сквозь нее света и приковывает внимание к нетривиальному рельефу фигуры.

## Буддаброт (1993)

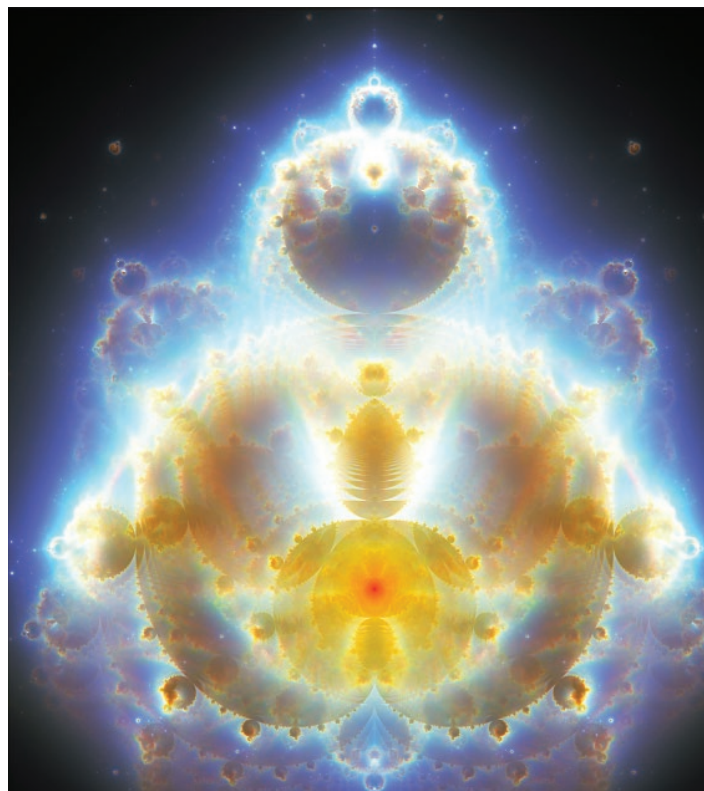
Мелинда Грин (Melinda Green)

В конце XX в. узор, называемый множеством Мандельброта, вихрем ворвался в мир математики и искусства. Это фрактал, названный так в честь Бенуа Мандельброта, покойного франко-американского математика, заложившего основы научного изучения фракталов. Его книга 1982 г. «Фрактальная геометрия природы» остается классической до сих пор.

Такое множество строится следующим образом: берется точка на комплексной плоскости, представляющей из себя обычную двумерную плоскость, и эта точка используется в качестве исходного значения для определенного (так называемого рекуррентного. — Примеч. пер.) уравнения. После выполнения соответствующих арифметических операций получаем новое значение, которое используется в качестве новой исходной точки уравнения, и т.д. Если результирующие значения не становятся «слишком» большими — то есть увеличиваются или уменьшаются незначительно, — то исходная точка на плоскости принадлежит нашему множеству.

Изображения подобных множеств представляют собой характерные фигуры, которые повторяют свою форму при увеличении или уменьшении масштаба. Но до 1990-х гг. множество Мандельброта имело стандартное представление в виде большого жука с жучками поменьше, разбросанными вокруг его границы, к которым в свою очередь прикреплены жучки еще меньшего размера.

Программиста Грин не вдохновлял вид «жукообразного» объекта. Поэтому она смастерила программу, которая более подробно описывала игру точек в «классики» — их продвижение по плоскости. То, что в результате появилось на экране ее монитора, выглядело жутковато. «Не помню, кажется, я ущипнула себя» — вспоминает она. Изображение представляло собой хорошо узнаваемые очертания Будды, и Грин подправила код программы, усилив насыщенность цветовой палитры. Многие математики сравнивают математические абстракции с духовными практиками, и «Буддаброт» Грин недвусмысленно подтверждает эту связь.



## Южная Аврора (2010)

Карло Секен (Carlo H. Séquin)

В мире математического искусства Карло Секен, специалист в области информатики из Калифорнийского университета в Беркли, известен благодаря сотням арт-объектов, в которых нашли воплощение хитроумные идеи, связанные с поверхностями, узлами и размерностями пространств. Он произвел на свет настоящий «зоопарк» скульптур из дерева, металла и пластика.

На создание этого арт-объекта Секена, по его словам, вдохновило небесное световое шоу, разыгрывающееся в небе Южного полушария, — полярное, или южное, сияние. Эта скульптура в виде скрученной ленты символизирует крутящиеся в полярном небе полосы света. Лента скульптуры меняет степень своей кривизны от плоской к сильно искривленной, снова к плоской и соединяется сама с собой. Если вы проведете пальцем вдоль извилистой линии на поверхности скульптуры, то побываете на каждой ее стороне и вернетесь назад к той же точке, с которой начинали, не отрывая пальца от поверхности. Ее внутренняя поверхность — одновременно и внешняя, то есть это не что иное, как лента Мебиуса — простейшая известная неориентированная поверхность, для которой невозможно определить понятие «передней» или «задней» стороны, так же как нельзя вывернуть ее «наизнанку».

По мнению Секена, подобные иллюстрации не просто привлекают внимание зрителей, они, помимо всего прочего, служат проводниками к постижению сложных математических идей. «Это способ побудить людей, которые терпеть не могут математику, изменить взгляд на эту науку, — убежден автор. — Это возможность увидеть в математике нечто значительно большее, чем механически заученные догмы».





## Плоскость Лобачевского / Псевдосфера (2005)

Дайна Таймина

Приключения Дайны Таймины в области воплощения геометрических объектов в произведения искусства начались в 1990-х гг., когда бывшая математик еще обучала студентов гиперболической геометрии, одному из видов неевклидовой геометрии, в Корнеллском университете. В геометрии Евклида, если у вас имеются прямая и точка, не лежащая на данной прямой, существует всего одна прямая, одновременно проходящая через эту точку и параллельная первой прямой. Но в неевклидовых геометриях могут быть множество прямых, проходящих через точку и не пересекающих первую прямую. Подобное происходит в силу того, что плоскость Лобачевского имеет отрицательное значение кривизны. (Поверхность сферы имеет постоянную положительную кривизну; отрицательная кривизна больше похожа на то, что вы можете встретить на гиперболическом параболоиде, представляющем собой поверхность, имеющую форму седла.) В итоге сумма углов любого из треугольников на плоскости Лобачевского меньше  $180^\circ$ . Это что-то вроде криволинейной поверхности странной формы, которая похожа на оборку у основания листа капусты.

Таймина хотела продемонстрировать осязаемый пример, чтобы ее студенты могли физически прочувствовать понятие кривизны. Вязание крючком, которым она занималась на протяжении почти всей жизни, казалось ей хорошим подспорьем для этой цели. С помощью крючка для вязания и пряжи она создала поверхность Лобачевского, используя простой прием, состоящий в экспоненциальном увеличении числа петель, одно из изделий, показанное на фотографии, представляет собой псевдосферу, повсюду имеющую отрицательную кривизну.

С тех пор Таймина связала массу декоративных моделей в различных цветовых гаммах (самая большая весит 7,7 кг) и может смело претендовать на изобретение «гиперболического вязания». Ее метод создания удивительных матерчатых шариков состоит всего лишь из одного основополагающего принципа. «Это очень просто, — утверждает она. — Сохраняйте постоянную кривизну!»

## Атомное дерево (2002)

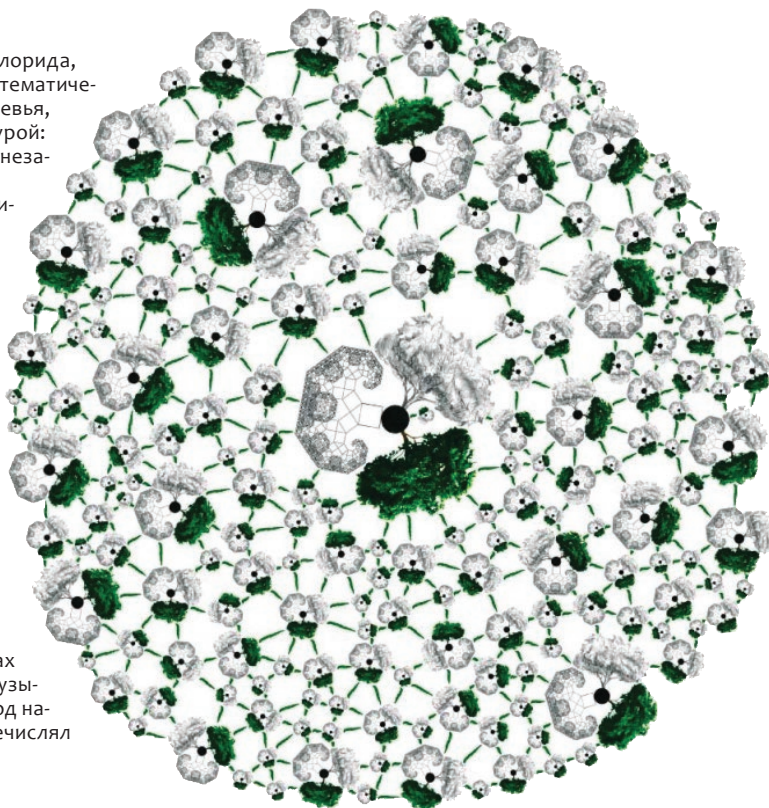
Джон Симс (John Sims)

Художник-математик Джон Симс живет в Сарасоте, штат Флорида, и черпает вдохновение из множества самых различных математических идей. Изображение в центре представляет собой деревья, растущие на фрактале — объекте с самоподобной структурой: они в точности повторяют свою форму на всех масштабах независимо от того, увеличиваете или уменьшаете вы шкалу.

Такие объекты встречаются в природе, например у ветвистой головки капусты брокколи или в форме зубчатых горных хребтов, и ученые используют их для изучения целого ряда явлений, начиная со структуры космоса и заканчивая узорами, выписываемыми птицами в полете.

На картинке изображены одновременно реальное дерево, нарисованное дерево и фрактал, по форме напоминающий дерево. «Он олицетворяет собой единство математики, искусства и природы», — говорит Симс. В «Атомном дереве» объединенные формы служат строительными блоками, повторяющимися в большом и малом масштабах и соединенными в одну большую сеть.

Впервые Симс продемонстрировал эту работу в 2002 г. на выставке *MathArt/ArtMath* («Математическое искусство / Художественная математика») в Ринглинском колледже изобразительных искусств и дизайна, одним из кураторов которой был он сам. Помимо этого, он создал множество работ, вдохновленных последовательностью цифр в десятичной записи числа  $\pi$ , в том числе изображений на одеялах и одежде. Вместе с единомышленницей, математиком и музыкантом Вай Харт (Vi Hart) в 2015 г. он создал перформанс под названием «Гимн дню  $\pi$ » (*Pi Day Anthem*), в котором дуэт перечислял цифры  $\pi$  под заразительные ритмы ударных и бас-гитары.



## Скарабей (2018)

Бьярне Йесперсен (Bjarne Jespersen)

Сам Бьярне Йесперсен называет себя волшебным резчиком по дереву. Датский художник стремится к созданию невообразимого: он хочет, чтобы люди могли посмотреть, потрогать и подвигать его деревянные творения и в то же время сомневались в их реальности. «Я скорее волшебник, нежели математик или художник», — заявляет он.

Если вы возьмете этот шар в руки, вы быстро почувствуете, что каждый из жуков покачивается независимо от остальных — и все-таки они связаны друг с другом и не могут быть удалены из общей композиции без ее повреждения. Шар сделан из одного куска бука.

К занятиям своим ремеслом Йесперсена вдохновили работы нидерландского художника Маурица Эшера, значительная часть искусства которого пропитана духом математики. Эшер популяризовал так называемый паркет, представляющий собой соединенные вместе геометрические объекты, образующие повторяющийся шаблон, которым покрывают или устилают, как плитками, плоскость. Математики уже давно исследовали свойства паркета — не только на плоской поверхности, но и на объектах с более высокими размерностями. (Сам Эшер был вдохновлен использованием паркета в культуре ислама, в частности узорами, которыми декорированы стены Альгамбры на юге Испании). В «Скарабеех» Йесперсен в качестве детали для выстраивания подобного паркета использует маленького жука.

Перевод: С.П. Кузнецов

## ОБ АВТОРЕ

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



Дэвид Поуг

# Ваша камера наблюдения следит и за вами

Как вы ведете себя, когда никто вас не видит?



Я никогда не забуду, как у меня поползли мурашки по телу от ужаса, когда я читал написанный в 1949 г. рассказ супругов Генри Каттнера (Henry Kuttner) и Кэтрин Мур (C.L. Moore) «Недреманное око» (*Private Eye*). Авторы описывали, как «криминалисты-социологи» с помощью футуристических технологий имеют возможность путем анализа стен и поверхностей воспроизводить все, что когда-либо происходило, и возвращаются на 50 лет назад. Главный герой разрабатывает в своей голове план убийства, зная, что все, что он говорит и делает, записывается. «Это очень действует

на нервы, когда ты знаешь, что постоянно находишься под пристальным взглядом вневременного Ока», — думает он про себя.

Шутки в сторону. Он в течение 18 месяцев входит в доверие к человеку, которого собирается убить, и делает все, чтобы сбить с толку будущее расследование.

Я вспомнил этот рассказ, когда пересматривал запись домашней камеры видеонаблюдения Nest Cam IQ. Как и большинство Wi-Fi-камер, она позволяет наблюдать в режиме онлайн за тем, что происходит у вас дома, где бы вы ни находились (нужен лишь смартфон), и даже отмотать немного назад. За дополнительную плату эта камера хранит постоянно записываемое видео до 30 дней.

Я установил камеру на первом этаже с обзором в 130° кухни и пространства для приема пищи. Никаких сцен кражи в ее объектив ни разу не попало. Тем не менее с ее помощью мне удалось увидеть кое-что неожиданное.

Все началось с малого. Перемотав однажды утром снятый видеоматериал, я узнал о нашем коте нечто такое, о чем никогда не догадывался. Мы с женой думали, что он всю ночь спит на полу у нашей кровати. Оказалось, что каждую ночь он проскальзывает вниз по лестнице и с равнодушным видом совершает несколько рейдов по кухне, — и эти обусловленные древним инстинктом обходы в поисках мышей он скрывал от нас на протяжении 15 лет!

В другой раз я увидел на записи еще кое-что удивительное, а именно — самого себя. В одних футболке и трусах я прокрадываюсь ночью на первый этаж, чтобы перекусить, совершенно забыв о видеокамере. Насколько я помню, это был первый случай, когда я увидел себя в кадре, не подозревая, что меня снимают. Поразмислим над этим: приходилось ли вам видеть себя на видеозаписи, сделанной без вашего ведома? Пожалуй, нет, разве что вы совершили налет на супермаркет, а затем увидели запись камер видеонаблюдения



на судебном процессе. Эта запись немного расстроила меня. Я не думал, что могу выглядеть таким уставшим и неуклюжим.

Сейчас мы с женой временно живем на противоположных побережьях страны и постоянно общаемся с помощью СМС, скайпа и чатов. Поэтому я подумал, что было бы здорово внести в наши взаимоотношения немного эффекта телеприсутствия. Я предложил жене приобрести камеру видеонаблюдения типа *Nest Cam* и установить это устройство в ее квартире в Сан-Франциско; так я буду чувствовать, что постоянно нахожусь с ней рядом. Мы могли бы даже общаться с ее помощью, поскольку камера снабжена встроенными микрофоном и динамиками. Жене идея не понравилась. Она показалась ей жутковатой. И она безусловно права.

За эти годы я не раз подтрунивал над теми, кто поднимает излишнюю шумиху по поводу неприкосновенности частной жизни. Да, несомненно, крупные технологические компании собирают информацию обо всех нас. Но в чем проблема? Если вам нечего скрывать, значит нет и предмета для беспокойства. Ваш страх беспочвен.

Опыт использования камеры *Nest Cam* научил меня кое-чему: нежелание, чтобы за вами

наблюдали без вашего ведома, иррационально и основано на эмоциях — по крайней мере вначале. Неважно, что мы не совершаем ничего дурного. Неважно, что за вами наблюдает ваш супруг или супруга. Не имеет значения даже то, что обычно вам нравится покрасоваться перед камерой, как, например, мне. (Я был хвастунишкой еще со времен начальной школы.) Мы просто хотим быть в курсе, когда именно камера работает.

Конечно, мы сами не против понаблюдать. Нам нравится, когда в объектив попадает какое-нибудь правонарушение, будь то действия коррумпированного политика в общественно-политическом телешоу, ограбление жилого дома или жестокое обращение полиции, заснятое на смартфон. Преступая закон, эти люди теряют право на запрет видеосъемки их личной жизни, не так ли?

Пока мы еще, слава богу, не живем в мире «Недреманного ока», но с каждым годом невольно оказываемся в объективе все большего числа видеокамер. Возможно, скоро настанут времена, когда нам придется постоянно думать о том, как вести себя наедине с самими собой: нужно ли скрывать что-то от посторонних глаз. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский



Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Трансокеанские цунами способны производить серьезные разрушения на противоположных берегах океанического бассейна, на расстоянии более 5000 км от очага землетрясения

Лавовые потоки «пахой-хой», что в переводе означает «можно ступить голыми пятками», говорят о гавайском характере последнего извержения камчатского вулкана Толбачика

Академик Г. И. Будкер: «Ученые делятся не на молодых и старых, а на умных и дураков!»

Одной книги «Петрология траппов Сибирской платформы» было бы достаточно, чтобы вписать имя академика Владимира Степановича Соболева в историю науки

Новый центр синхротронного излучения «СКИФ» в Академгородке под Новосибирском должен стать передовой частью мировой научной инфраструктуры

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



## ОКТАБРЬ 1968

**Радиоастрономия.** «Год назад группа сотрудников, работавших на новом радиотелескопе Кембриджского университета, с удивлением обнаружила, что слабые и хаотические радиосигналы, приходящие из одной из точек среди звезд, при более пристальном рассмотре-

нии оказались последовательностью импульсов, приходящих с такими же равными интервалами, как и радиосигналы точного времени. Со скептицизмом кембриджская группа начала систематические наблюдения, намереваясь раскрыть природу этих странных сигналов. Маститые радиоастрономы не совершают ошибки, предполагая, что каждый зарегистрированный ими необычный сигнал — действительно внеземного происхождения; в 99 случаях из 100 странные "источники переменных радиосигналов" оказываются электрическими помехами. В итоге мы пришли к выводу, что единственное правдоподобное объяснение — колебания коллапсирующей звезды, такой как белый карлик или нейтронная звезда». — Энтони Хьюиш (Antony Hewish).



## ОКТАБРЬ 1918

**Защита от отравляющих газов.**

В траншейной войне нет места для индивидуальных кислородных баллонов. Противогаз — это не дыхательный аппарат, обеспечивающий его владельцу искусственную атмосферу, а поглощающий фильтр, делающий отравленный воздух во-

круг него пригодным для дыхания. На первых порах было достаточно просто сконструировать маску, которая обеспечивала необходимую защиту. Немцы использовали только хлор, а это очень активное химическое вещество; оно соединяется практически со всем на свете. Для такого газа было нетрудно подобрать подходящий реагент и поместить его в достаточном количестве в защитные маски. Но когда химики продвинулись глубже в области отравляющих газов, появилась необходимость во всеобъемлющей защите. После проведения исчерпывающих испытаний первое место было отдано древесному углю, полученному из косточек персиков, абрикосов, оливок и вишни, а также из скорлупы бразильского и грецкого орехов. Для каждого противогаса требуется чуть более 3 кг косточек и скорлупы.



## ОКТАБРЬ 1868

**Рабы и сахарный бизнес.**

От корреспондента в Гаване Эзры Дода (Ezra K. Dod) мы получили сообщение, отражающее его тревожные впечатления от сахарных плантаций на Кубе: «Известно, что во Франции стоимость производства была снижена в боль-

шей степени, чем упала цена, и бизнес остался прибыльным, в то время как стоимость выращивания и переработки сахарного тростника сегодня выше, чем была в 1830 г., поскольку цена на негров выросла почти в три раза. Я не думаю, что на острове есть хотя бы одна плантация, на которой окупаются нынешние расходы. Амортизационные отчисления на землю, строения и т.д. недостаточны, чтобы покрыть расходы на стоимость, годичное содержание и похороны негров, кроме того ощущается острая потребность и в дополнительных руках».

**В пользу Дарвина.** Доктор Джозеф Гукер (Joseph Dalton Hooker) в своем недавнем выступлении на заседании Британской ассоциации в Норидже сказал: «Со времени публикации книги "Происхождение видов путем естественного отбора" прошло десять лет, и поэтому сегодня уже можно спросить, какого прогресса в оценке со стороны научного сообщества добилась эта смелая теория. Авторы научных публикаций, отвергающих теории непрерывной революции или естественного отбора, опираются либо на физические представления, либо на метафизические, либо на те и другие. Аргументы тех, кто опирается на метафизику, обычно проникнуты предрассудками и даже неприязнью и в силу этого лежат вне рамок научной полемики. Я сам начал свою научную карьеру полным надежд, что метафизика, если даже это и не наука в полном смысле слова, окажется полезным наставником. Однако уже скоро я обнаружил, что она для меня совершенно бесполезна, и давно согласен с Луи Агассисом (Louis Agassiz), сказавшим: "Недалеко то время, когда всем станет понятно, что битва доказательств будет вестись на поле физической науки, а не метафизической"».

1918 г.: американский военный связной в одном из первых образцов капюшона-противогаса ведет мотоцикл через деревню у линии фронта во Франции

<b>Senior Vice President and Editor in Chief:</b>	Mariette DiChristina	<b>Contributing editors:</b>	David Biello, W. Wayt Gibbs, Ferris Jabr, Anna Kuchment, Robin Lloyd, George Musser, Christie Nicholson, John Rennie
<b>Executive Editor:</b>	Fred Guterl	<b>Art Contributors:</b>	Edward Bell, Bryan Christie, Lawrence R. Gendron, Nick Higgins
<b>Design Director:</b>	Michael Mraz	<b>Art director:</b>	Jason Mischka
<b>Managing Editor:</b>	Ricki L. Rusting	<b>Senior Graphics Editor:</b>	Jen Christiansen
<b>Digital Content Manager:</b>	Curtis Brainard	<b>President:</b>	Dean Sanderson
<b>News Editor:</b>	Dean Visser	<b>Executive Vice President:</b>	Michael Florek
<b>Opinion Editor:</b>	Michael D. Lemonick	<b>Executive Vice President,</b>	
<b>Senior Editors:</b>	Eliene Augenbraun, Christine Gorman, Steve Mirsky, Clara Moskowitz, Debbie Ponchner, Claudia Wallis, Kate Wong,	<b>Global Advertising and Sponsorship:</b>	Jack Laschever
<b>Associate Editors:</b>	Sunya Bhutta, Lee Billings, Andrea Gawrylewsk, Larry Greenemeier, Dina Fine Maron, Annie Sneed, Amber Williams	<b>Publisher and Vice President:</b>	Jeremy A. Abbate
		© 2018 by Scientific American, Inc.	

## В мире науки

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

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

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

## Читайте в следующем номере

### СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК: НАУКА БЫТЬ ЧЕЛОВЕКОМ

#### Часть I. Почему мы?

##### Развита уникальность

Как мы стали непохожими на других животных.

##### Самая трудная проблема

Головоломка человеческого сознания: попытка решения.

##### У нас в головах

Два главных свойства, обеспечивающих мышление человека.

##### Говорение во времени

Что делает язык исключительно людской системой коммуникации.

#### Часть II. Мы и они

##### Последний из гомининов

Почему только один *Homo sapiens* дожил до современной эпохи?

##### Почему мы воюем

Возможно, война — не в природе человека.

##### Истоки морали

Как мы научились верить свою судьбу друг другу.

#### Часть III. Кроме нас

##### Одни посреди Млечного Пути

Почему мы — вероятно, единственная разумная жизнь в Галактике.

##### Наши цифровые двойники

Искусственный интеллект — наш помощник, а не контролер.

##### Дарвин в городе

Люди изменяют ход эволюции.





ОРГАНИЗАТОРЫ

ПРАВИТЕЛЬСТВО  
МОСКВЫ



МИНОБРНАУКИ  
РОССИИ



МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
М.В.ЛОМОНОСОВА



РОССИЙСКАЯ  
АКАДЕМИЯ  
НАУК

# ВСЕРОССИЙСКИЙ ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ

# НАУКА 0+

МОСКВА  
12-14 ОКТЯБРЯ

# MEGASCIENCE

FESTIVALNAUKI.RU

- 📍 МГУ
- 📍 ЭКСПОЦЕНТР
- 📍 РАН
- 📍 ЦДП
- 📍 НИКИТСКИЙ  
БУЛЬВАР
- 📍 ЗАРЯДЬЕ
- 📍 90 ПЛОЩАДОК

ПО ГОРОДУ НА БАЗЕ ВУЗОВ,  
МУЗЕЕВ, НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ,  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

# 0+

# ВХОД СВОБОДНЫЙ

СБЕРБАНК



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



МУРОМ



СИСТЕМА

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ



РОСНАНО



ВПК

ПАРТНЕР КОНКУРСА



OAK

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



РОСКОСМОС