

# В мире науки

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал

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

12 2020

12+

КОСМИЧЕСКИЕ ГОСТИ // КЛИМАТ ГЛАЗАМИ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ

## КОВИДНЫЕ ГРЕЗЫ!

Как пандемия влияет на сновидения людей во всем мире





## Темы номера

### МЫШЛЕНИЕ

#### Зараженные сны

*Тор Нильсен*

Как пандемия COVID-19 поменяла наши сновидения

### ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

#### Коллайдер NICA:

#### достать до нейтронных звезд

*Янина Хужина*

В Московской области продолжается строительство коллайдера тяжелых ионов NICA. О проекте рассказывает член-корреспондент РАН **Владимир Кекелидзе**

### ФОТОРЕПОРТАЖ

#### Сверхпроводящая катушка магнита для MPD/NICA доставлена в Дубну

*Текст: Янина Хужина, фото: Николай Малахин*

В наукограде Дубне 5 ноября состоялось долгожданное событие: по морю из Италии прибыл ключевой элемент детектора будущего коллайдера NICA

4

### ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

#### Климат становится нервным

*Анастасия Пензина*

Продолжаем публикацию интервью с ведущими российскими специалистами по поводу глобального потепления, начало — в № 11

12

### АСТРОНОМИЯ

#### Межзвездные скитальцы

*Дэвид Джуситт и Амайя Моро-Мартин*

Две недавно обнаруженные космические глыбы, прилетевшие из-за пределов Солнечной системы, поставили астрономов в тупик



20

### ВИРУСОЛОГИЯ

#### Чему нас научил СПИД

*Уильям Хэзелтайн*

Из пандемии СПИДа можно извлечь урок, полезный для борьбы с COVID-19

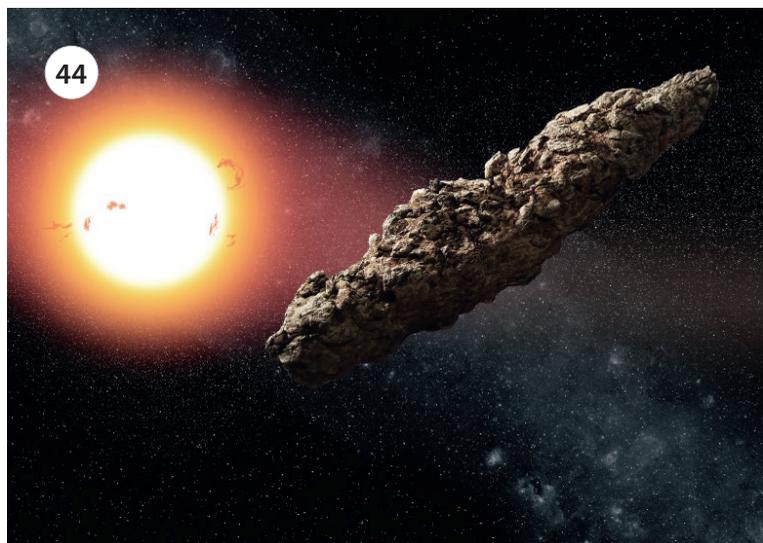
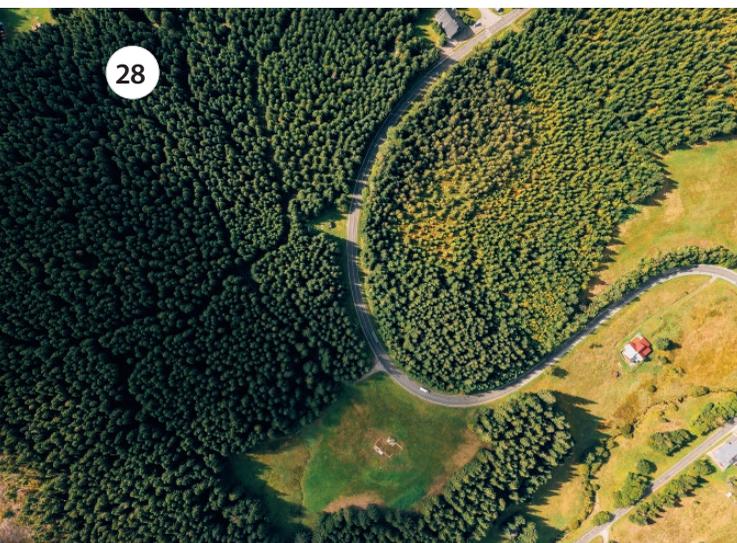


28



44

54





62



102

**ЗДРАВООХРАНЕНИЕ**

**Рожденные неравными**

*Джанет Карри*

Укрепление здоровья новорожденных: почему сегодня это важнее, чем когда бы то ни было

62

**ЭКОЛОГИЯ**

**«Природа сильнее и мудрее нас»**

*Наталья Лескова*

Для чего нужны национальные парки и заповедники? Что делать, если одни животные мешают другим? Какова роль человека в процессе формирования биоценоза? Отвечает директор Института биологии внутренних вод РАН **Александр Крылов**

72

**ГЕНЕТИКА**

**Наука виноделия**

*Наталья Лескова*

Ученые НИЦ «Курчатовский институт» впервые в России осуществили секвенирование полного генома винограда

80

**МЕДИЦИНА**

**Найти и обезвредить**

*Анастасия Пензина*

Специалисты центра «Онкотераностика» Томского политехнического института работают над новыми радиофармпрепаратами на основе каркасных белков

86

**СОЦИОЛОГИЯ**

**Как отучиться от расизма?**

*Эбигейл Либер*

Тренинги по борьбе с подсознательными и скрытыми предубеждениями часто оказываются неэффективными. Как же победить в этой борьбе?

94

**ПСИХОЛОГИЯ**

**А теперь все вместе**

*Марта Зараска*

Синхронизированная деятельность, такая как групповые танцы, обеспечивает сильные социальные связи — возможно, за счет изменений химии мозга

102

**АРХЕОЛОГИЯ**

**Судьба непокоренных майя**

*Зак Зорич*

Лакандоны, народ группы майя, скрылись от испанских конкистадоров и выжили в сельве сотни лет. Археологические находки раскрывают их прошлое

110

**Разделы**

От редакции

50, 100, 150 лет тому назад

3

120



54



20

# В мире науки

SCIENTIFIC  
AMERICAN

## Наши партнеры:

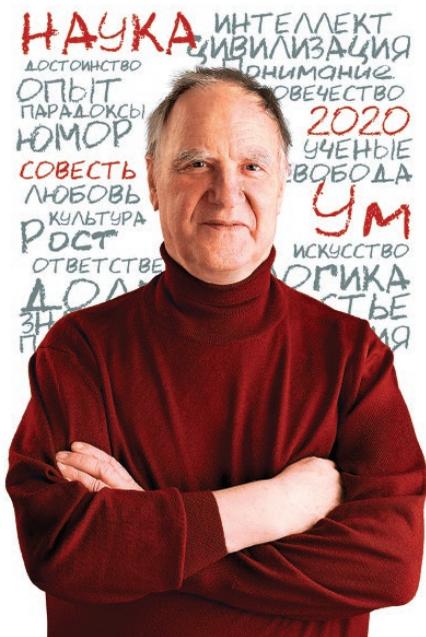


РОСАТОМ

Сибирское отделение РАН



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. Фортос

## 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.г.н. В.И. Гребенец; член-корр. РАН В.Д. Кекелидзе; к.ф.-м.н. А.О. Кокорин;  
д.б.н. А.В. Крылов; д.б.н. А.А. Онучин; д.ф.-м.н. В.Г. Сурдин; д.м.н. В.М. Толмачев;  
д.фил.н. Д.Ю. Федосов; д.х.н. М.С. Юсубов

## Над номером работали:

М.С. Багоцкая, А.П. Кузнецов, С.М. Левензон, Н.Л. Лескова, А.И. Пензина, А.И. Прокопенко,  
Д.С. Хованский, Я.Р. Хузина, Н.Н. Шафрановская

## Дизайнер:

Д.А. Гранков

## Верстка:

А.Р. Гукасян

## Корректур:

Я.Т. Лебедева

## Фотографы:

И.Ф. Бадиков, Н.Н. Малахин, Н.А. Мохначев

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

В.Е. Фортос

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

А.Ш. Геворгян

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

В.К. Малахина

## Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

## Главный бухгалтер:

Ю.В. Калинин

## 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:

ПАО «Можайский полиграфический комбинат», 143200, г. Можайск, ул. Мира, 93,  
www.oaomprk.ru, www.oaompk.pf, тел.: 8 (495) 745-84-28, 8 (4963) 82-06-85

Заказ № 0311

© 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.

## Дорогие друзья!

Подходит к концу 2020 год. Мы надолго его запомним. Борьба с коронавирусом — это абсолютно экстраординарное событие в масштабах земного шара. COVID-19 изменил ситуацию во всем мире и стал глобальным вызовом для науки, медицины, экономики, политики. Думаю, большинство людей осознали, насколько сегодня высока потребность в науке, в новых научных решениях.

Борьба с пандемией объединила практически все научные дисциплины. Вирусологи, эпидемиологи, микробиологи, медики, психологи, физики, химики, математики и т.д. — все вносят свой вклад в эту работу. И результаты уже видны. В профильных лабораториях разрабатывают и тестируют новые эффективные лекарственные средства, создают современные технологии, препятствующие распространению инфекции, математики моделируют процесс пандемии. Во всем мире идет соревнование по созданию вакцины.

В этот сложный период Российская академия наук работает с полной отдачей, став уникальной площадкой, интегрирующей всех специалистов, которые могут быть полезны при решении этой задачи. Мы находимся



в постоянном контакте с нашими зарубежными коллегами. Уверен, что совместные усилия ученых помогут победить пандемию.

В заключение хочу поздравить вас, дорогие читатели, с наступающим Новым годом и пожелать каждому из вас крепкого здоровья, благополучия и оптимизма! ■

**Президент Российской академии наук  
Александр Сергеев**

# ЗАПА



МЫШЛЕНИЕ

# ЖЕННЫЕ СНЫ

Как пандемия *COVID-19* поменяла наши сновидения

Тор Нильсен

## ОБ АВТОРЕ

Тор Нильсен (Tore Nielsen) — профессор психиатрии в Монреальском университете, где он возглавляет Лабораторию снов и ночных кошмаров.



**М**ногим из нас, живущих во времена *COVID-19*, кажется, что мы провалились в альтернативную реальность. Дни и ночи мы проводим в одних и тех же стенах. Мы боимся прикасаться к продуктам, которые доставляют на порог. Если мы отваживаемся выйти в город, то надеваем маску и испытываем тревогу, когда встречаем кого-то без нее. Нам трудно различать лица. Как будто сон стал явью. *COVID-19* изменил и наши сновидения — сколько снов мы видим, сколько из них запоминаем и что именно нам снится.

В начале 2020 г., когда повсеместно звучали указания оставаться дома, в обществе совершенно неожиданно произошло то, что я называю всплеском сновидений. Во всем мире возросло число сообщений о ярких причудливых снах, многие из которых были связаны с коронавирусом и поддержанием социальной дистанции. В социальных сетях появились такие термины, как «коронавирусные сны», «сны во время локдауна» и «ковидные кошмары». К началу апреля в соцсетях и СМИ стали появляться сообщения о том, что миру снится *COVID-19*.

Несмотря на то что массовые изменения сновидений после чрезвычайных событий уже наблюдались в США — например, после теракта 11 сентября и землетрясения в Сан-Франциско в 1989 г., — волну такого масштаба не регистрировали никогда ранее. Впервые подобный всплеск происходит в масштабах всего мира, и впервые в эпоху социальных сетей, благодаря чему сновидения оказываются доступными для непосредственного изучения. Пандемия оказывает небывалое влияние на сновидения.

Но что же это за феномен? Чтобы разобраться, доцент Гарвардского университета и главный редактор журнала *Dreaming*

Дейдре Барретт (Deirdre Barrett) в течение недели начиная с 22 марта провела онлайн-опрос о сновидениях в связи с *COVID-19*. Художницы из области залива Сан-Франциско Эрин и Грейс Гравли (Erin & Grace Gravley) запустили сайт *IDreamofCovid.com*, чтобы собрать и нарисовать сны во времена пандемии. Начал работу твиттер-аккаунт *@CovidDreams*. Специалист по психологии религии и руководитель Базы данных по сну и сновидениям (*Sleep and Dream Database*) Келли Балкли (Kelly Bulkeley) провела опрос *YouGov* среди 2477 взрослых американцев. А моя бывшая аспирантка Елизавета Соломонова, которая сейчас работает в Университете Макгилла, вместе с Ребеккой Робийяр (Rebecca Robillard) из Института исследований психического здоровья в Оттаве и другими коллегами провели опрос 968 человек от 12 лет и старше, большинство из которых были из Северной Америки. Результаты исследований пока не опубликованы в журналах, но предварительные данные доступны онлайн и свидетельствуют о резком всплеске и поразительном разнообразии сновидений, а также о наличии многих связанных с ними последствий для психического здоровья.

Проведенный Балкли трехдневный опрос показал, что в марте 29% американцев запоминали больше снов, чем обычно. Соломонова и Робийяр обнаружили, что у 37% людей были пандемические сновидения, в которых часто присутствовали темы неудовлетворительного выполнения задачи (например, потеря контроля над транспортным средством) и угрозы со стороны других людей. Это отражено во многих постах в интернете. Так, пользователь *Twitter* @tonicaluهار писала: «Снилось, что осенью вернулась в качестве замещающего учителя, неподготовленная. Ученикам с трудом удавалось соблюдать социальную дистанцию, а учителям нельзя было ходить из класса в класс и проводить индивидуальные беседы». А @therealbeecarey рассказывала: «В моем телефоне оказался вирус, и он выложил множество случайных фотографий с моего диска в *Instagram*, и все время я ощущала сильную тревогу».

Более поздние исследования выявили качественные изменения в эмоциях во время сновидений и беспокойство о здоровье. Рассказы о снах взрослых бразильцев, находящихся в социальной изоляции, содержали большое количество слов, связанных с гневом, печалью, загрязнением и чистотой. При анализе записей о 810 снах финнов выяснилось, что большинство словесных групп были наполнены тревогой; 55% были непосредственно связаны с пандемией (несоблюдение социальной дистанции, пожилые люди в беде), и эти эмоции были сильнее распространены среди тех людей, которые испытывали повышенный стресс в течение дня. При исследовании 100 медсестер, мобилизованных на лечение пациентов с *COVID-19* в Ухане, выяснилось, что 45% из них снились кошмары. Это в два раза больше, чем среди китайцев, стоящих на учете у психиатра, и намного больше, чем в среднем у населения, всего 5% которого страдает от ночных кошмаров.

Очевидно, что причинами столь необычайной лавины снов могут быть некоторые биологические и социальные механизмы. По меньшей мере три фактора могли вызвать такой всплеск сновидений и поддерживать это количество на высоком уровне: изменение режима сна, что способствует увеличению количества быстрого сна (сна с быстрыми движениями глаз, БДГ) и, следовательно, росту числа сновидений; роль сна в смягчении эмоций, связанных с опасностью заражения и необходимостью поддержания социальной

дистанции; повышение соцсетями и СМИ внимания общественности к росту числа сновидений.

### Больше быстрого сна, больше сновидений

Одно из очевидных объяснений резкого роста числа сновидений таково: режим сна резко изменился, когда начался локдаун. В ранних публикациях показан повышенный уровень бессонницы у китайцев, особенно у тех, кто был на передовой в борьбе с коронавирусом. И наоборот: после приказов оставаться дома, которые избавляли от длительных поездок на работу, сон у многих людей улучшился. По данным опроса, китайцы стали в среднем проводить в постели на 46 минут больше и спать на 34 минуты дольше. Около 54% жителей Финляндии сообщили, что после объявления локдауна они спали больше. В США с 13 по 27 марта продолжительность сна по всей стране в среднем увеличилась почти на 20%, наибольший прирост наблюдался в штатах, где люди проводят самое длительное время в пути на работу, — в Мэриленде и Нью-Джерси.

При более длительном сне бывает большее количество сновидений. В лабораториях, изучающих сон, было показано, что люди, которым разрешили спать более девяти с половиной часов, вспоминают больше сновидений, чем те, кто спал обычные восемь. При более продолжительном сне пропорционально увеличивается и количество быстрого сна, когда приходят наиболее яркие и эмоциональные сновидения.

При отсутствии жесткого графика люди могут просыпаться позже обычного, а по утрам быстрого сна больше и он интенсивнее, поэтому сновидения могут становиться более причудливыми. Это видно по описаниям сновидений в *Twitter*: «Я ухаживал за новорожденной дочкой, у которой был *COVID*... Это было очень ярко и реально». Усиление сновидений во время БДГ-сна поздним утром происходит из-за сочетания нескольких процессов. Быстрый и медленный сон чередуются, образуя цикл продолжительностью 90 минут, но доля БДГ-сна постепенно возрастает по мере того, как удовлетворяется потребность в восстанавливающем силы глубоком сне. В то же время циркадные процессы, тесно связанные с нашим ритмом колебаний температуры тела, резко увеличивают вероятность возникновения быстрого сна к концу всего периода сна и сохраняют ее повышенной на протяжении утра.

После начала пандемии многие люди действительно стали спать дольше и просыпаться позже. В Китае ежедневно стали ложиться в среднем на 26 минут позже, а просыпаться на 72 минуты позже. Среди итальянцев эти значения составили 41 и 73 минуты, а среди американских студентов — 30 и 42 минуты соответственно. Лишившись необходимости ездить на работу, многие люди стали более свободными и получили возможность понежиться в постели, вспоминая свои сны. Некоторые жаворонки, возможно, превратились в сов, а у сов обычно бывает больше БДГ-сна и больше ночных кошмаров. Поскольку люди избавились от недосыпа, который мог накапливаться в течение дней или даже недель, когда им не хватало времени на отдых, они стали чаще просыпаться ночью и вспоминать больше снов.

## **Метафорические образы могут быть связаны с процессом уничтожения страха путем создания новых «безопасных воспоминаний». Из-за этого воспоминания о страшных событиях почти никогда полностью не воспроизводятся во время сна**

### **Сновидения при перегрузке**

Во многих снах во время пандемии *COVID-19* прямо или метафорически отражаются страхи по поводу заражения и проблемы поддержания социальной дистанции. Даже в обычное время нам чаще снится нечто, связанное с новыми событиями. Например, люди, занимающиеся по программам быстрого обучения французскому языку, видят больше снов про французский. Исследователи считают, что быстрый сон выполняет несколько функций, в частности помогает нам решать проблемы, поэтому во сне происходит воспроизведение фрагментов пережитого. Кроме того, во время быстрого сна происходит консолидация памяти: воспоминания переходят в долговременную форму, произошедшие события укладываются в непрерывную историю нашей жизни и эта фаза сна участвует в регуляции эмоций.

Учеными описано множество случаев, когда сновидения способствовали творческим достижениям. Эмпирические исследования также показывают, что быстрый сон помогает, когда для решения проблем нужно использовать отдаленные ассоциации; может быть, поэтому во время пандемии 2020 г. так много снов содержали творческие или необычные попытки решить проблему *COVID-19*. Один из опрошенных рассказывал: «Я искал такой крем, который предотвратил бы или вылечил *COVID-19*. Мне удалось достать последний флакон».

Две другие широко известные функции сновидений — подавление страшных воспоминаний и моделирование социальных ситуаций. Они связаны с регуляцией эмоций, и это помогает объяснить, почему опасности пандемии и трудности поддержания социальной дистанции так часто возникают в снах во время эпидемии. Многие сны, рассказанные в социальных сетях, описывают страх в связи с инфекцией, финансовыми проблемами и поддержанием социальной дистанции. «Тест показал положительный результат на беременность и ковид... Теперь я в стрессе». Опасность может принимать символическую форму, появляться в виде цунами или инопланетян; часто встречаются зомби. Широко представлены также образы насекомых, пауков и других мелких созданий: «Моя нога была облеплена муравьями, а снизу среди них было пять-шесть пауков — черных вдов».

Один из способов понять прямые и метафорические образы — считать, что сны отражают основные проблемы человека, используя воспоминания, которые похожи эмоционально, но отличаются по содержанию. Такое изменение контекста можно явно наблюдать на примере посттравматических кошмаров, когда реакция человека на травмирующее событие, например ужас во время нападения, представляется как ужас во время стихийного бедствия, например цунами. Работавший в Бостоне покойный Эрнест Хартманн (Ernest Hartmann), первым начавший исследовать сновидения и ночные кошмары и изучавший сны после теракта 11 сентября, предполагал, что такое изменение контекста лучше помогает людям адаптироваться, сплетая воедино старый и новый опыт. Успешный процесс интеграции создает более стабильную систему памяти, устойчивую к будущим травмам.

Метафорические образы могут быть частью конструктивных усилий по осмыслению разрушительных событий. С этим

связан процесс уничтожения страха путем создания новых «безопасных воспоминаний». Из-за этого воспоминания о страшных событиях почти никогда полностью не воспроизводятся во время сна. Я (наряду с другими исследователями) занимаюсь изучением этих явлений. Обычно элементы памяти всплывают фрагментами, как если бы исходная память была разбита на некие отдельные базовые единицы. Элементы сочетаются со свежими воспоминаниями и мыслями, создавая контексты, в которых метафорические образы и другие необычные сочетания кажутся несовместимыми друг с другом, с состоянием бодрствования и, что особенно важно, с чувством страха. Так в сновидениях создаются безопасные образы, которые вытесняют и подавляют первоначальные пугающие воспоминания, помогая со временем смягчить переживания.

Однако данный механизм может нарушаться при тяжелых психических травмах. Когда это случается, возникают кошмары, в которых страшные воспоминания воспроизводятся реалистично, а творческая переконпоновка элементов памяти не происходит. Воздействие пандемии на сновидения может быть очень разным в зависимости от того, насколько серьезна травма и насколько человек устойчив.

Вторая группа теорий, тоже пока умозрительных, помогает объяснить, почему отчеты на сайте *IDreamofCovid.com* пронизаны темами поддержания социальной дистанции. В этих снах эмоции варьируют от удивления и дискомфорта до стресса и ужаса. Записи в аккаунте *Twitter @CovidDreams* показывают: сценарии сновидений несовместимы с поддержанием социальной дистанции настолько, что часто это вызывает возвращение сознания и пробуждение: «Мы что-то праздновали компанией. И я проснулся, потому что что-то было не так, потому что мы должны поддерживать социальную дистанцию и устраивать вечеринки недопустимо».

Такие теории концентрируют внимание на имитации социальных отношений во сне. В настоящее время широко распространено мнение, что сновидения — это нейронная имитация реальности, аналогичная виртуальной реальности, и похоже, что моделирование социальной жизни имеет большое биологическое значение. В 2000 г. мы вместе с Энн Жермен (Anne Germain), ныне главным руководителем компании *Noctem*, занимающейся

медициной сна, предположили, что образы персонажей, взаимодействующих с человеком во сне, могут иметь первостепенное значение для появления снов в процессе эволюции, поскольку отражают отношения привязанности, необходимые для выживания групп в доисторический период. Крепкие межличностные связи, продублированные во сне, способствуют укреплению группы, это помогает организовать защиту от хищников и сотрудничать для решения проблем. Такие сны могут иметь адаптивное значение и сегодня, потому что сплоченность семьи и группы по-прежнему необходима для здоровья и выживания. Представления человека о других людях могут быть сформированы точнее, когда он моделирует присутствие этих людей. Во сне реалистично отражаются важные социальные отношения и конфликты.

Позже другие исследователи, такие как специалист по когнитивной нейробиологии Антти Ревонсуо (Antti Revonsuo) из Университета Турку в Финляндии, предположили наличие у сновидений дополнительных социальных функций: содействия социальному восприятию (кто меня окружает?), понимания чужих мыслей (о чем они думают?), и тренировки навыков поддержания социальных связей. Затем профессор психологии Университета Суонси Марк Блэгроув (Mark Blagrove) выдвинул другую теорию, предположив, что когда человеку снятся другие люди, у него усиливается к ним эмпатия. Вероятно, мы найдем и иные функции сновидений, когда больше узнаем о нейронных сетях, обеспечивающих социальное познание, и о влиянии быстрого сна на запоминание эмоциональных стимулов, человеческих лиц и реакций на социальное отчуждение. Поддержание социальной дистанции фактически стало экспериментом по социальной изоляции в невиданных ранее масштабах, и, вероятно, это противостоит с точки зрения эволюции человека, поэтому оно противоречит глубинным механизмам сновидений и на большой выборке это должно быть очень заметно. Поскольку социальное дистанцирование так сильно нарушает нормальные отношения, заставляя большинство из нас проводить слишком много времени с одними людьми и не встречаться с другими, социальное моделирование отношений во сне может играть важную роль, помогая семьям, группам и обществу адаптироваться к этим внезапным и повсеместным социальным изменениям.

### Эхокамера соцсетей

Среди вопросов о сновидениях во время пандемии есть один, в котором нам очень хотелось бы разобраться: был ли всплеск сновидений усилен за счет социальных сетей. Вполне вероятно, что первые несколько сообщений о сновидениях широко распространялись в интернете, подпитывая идею о коронавирусных снах, в итоге она стала вирусной и повлияла на людей так, что они начали вспоминать свои сны, обращать внимание на ковидные темы и обсуждать их. Это могло даже увеличить у людей количество снов про пандемию.

Имеются данные, что сообщения СМИ, по-видимому, не были первопричиной всплеска таких снов, но усилили его масштабы, по крайней мере временно. Опросы, проведенные Балкли и Соломоновой с Робийяр, подтверждают явный всплеск сообщений о сновидениях в *Twitter* в марте, еще до того как в массмедиа появились первые рассказы о таких сновидениях, и действительно: первые публикации в СМИ ссылались на различные обсуждения в *Twitter*.

В начале апреля, как только появились такие публикации, отмечается дополнительный всплеск сообщений о сновидениях в *Twitter* @CovidDreams и на сайте *IDreamofCovid.com*. Формат большинства ранних публикаций способствовал умножению рассказов о сновидениях: там обычно описывались некоторые характерные темы сновидений, выявленные в ходе опроса, а затем давалась ссылка, чтобы читатель мог принять участие в том же опросе. Кроме того, 56% статей в течение первой недели, когда появились публикации, содержали многочисленные интервью с одним и тем же гарвардским исследователем, изучающим сны, и это могло повлиять на читателей, которым стало сниться то, о чем рассказывал ученый.

Всплеск пошел на спад к концу апреля, как и количество статей в СМИ; по-видимому, эффект эхокамеры исчерпал себя. Окончательно природу этого явления еще предстоит выяснять. До тех пор пока вакцины или лекарства от COVID-19 не получат распространение и сохранится вероятность следующих волн заболевания, будет присутствовать и угроза болезни или социальной изоляции. Может ли оказаться, что пандемия надолго усилила для людей запоминание снов? Не станут ли тревоги, вызванные пандемией, постоянной частью наших сновидений? И если да, то поможет ли это или помешает нам в долгосрочной

перспективе приспособиться к нашему постпандемическому будущему?

Некоторым людям может быть полезно вмешательство психотерапевта. Рассматривая результаты опросов в этой статье, мы не углубляемся в подробности ночных кошмаров. Но ряд медицинских работников, видевших непрекращающиеся мучения, теперь страдают от повторяющихся страшных снов. А некоторые пациенты, пребывавшие дни и недели в отделении интенсивной терапии, пережили там ужасные ночные кошмары, которые отчасти были вызваны действием лекарств и недосыпанием из-за круглосуточных медицинских процедур, нескончаемого писка мониторов и звучания тревожных сигналов. Этим выжившим нужна квалифицированная помощь, чтобы восстановить нормальный сон. К счастью, для этого существуют специальные высокоэффективные методы.

Варианты решения есть и для тех, кто был не травмирован, но немного напуган своими ковидными снами. Новые технологии, такие как целенаправленная реактивация памяти, позволяют людям лучше контролировать свои сновидения. Например, с помощью целенаправленной реактивации памяти или других методов можно обучиться практике осознанных сновидений — способности понимать, что вы сейчас спите; это поможет превратить тревожные пандемические сны в более приятные и, возможно, даже полезные. А Наталия Мота (Natália Mota) из Федерального университета Риу-Гранди-ду-Норти в Бразилии вместе со своими студентами обнаружила, что даже простое наблюдение и описание пандемических сновидений, по-видимому, положительно влияет на психическое здоровье.

Если же не заниматься лечением, то можно просто позволить себе расслабиться и как следует насладиться лишними часами сна. Сны бывают неприятными, но они пластичны, податливы и иногда действуют вдохновляюще. ■

**Перевод: М.С. Багоцкая**

### ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

- Дэнуорт Л. Крупнейший психологический эксперимент // ВМН, № 8–9, 2020.
- The Significance of Dreams. Eugenio Rignano; Scientific American, May 24, 1919.



КОЛЛАЙДЕР  
NISAR

*достать  
до нейтронных  
звезд*

В Московской области продолжается строительство коллайдера тяжелых ионов *NICA*, где будут изучать кварк-глюонную материю — состояние вещества, которое находится в недрах нейтронных звезд. Ученые Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне уже получили из Италии ключевой элемент исследовательской установки *MPD* (*Multi-Purpose Detector*) строящегося ускорительного комплекса — катушку сверхпроводящего соленоидального магнита.

## Об уникальной логистической операции и о том, зачем мировой науке нужен проект *NICA*, нам рассказал член-корреспондент РАН Владимир Дмитриевич Кекелидзе, и.о. вице-директора ОИЯИ по мегасайенс-проекту *NICA*, директор Лаборатории физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина.



С В.Д. Кекелидзе мы встретились в сердце синхрофазотрона — внутри ярма знаменитого ускорителя, запущенного еще в 1957 г. Тогда это был самый высокоэнергичный протонный ускоритель в мире: человечество впервые перешагнуло рубеж по энергии в 10 ГэВ. Создателем советского ускорителя, попавшего в Книгу рекордов Гиннеса за самый тяжелый в мире электромагнит, был известный физик-экспериментатор В.И. Векслер. Сегодня нутро бывшего синхрофазотрона служит туннелем для бустера (промежуточного синхротрона тяжелых ионов) будущего коллайдера *NICA*. Из-за своего веса — 36 тыс. т — он выполняет также роль якоря, стабилизирующего фундамент всего здания.

— Владимир Дмитриевич, в Дубне состоялось уникальное событие: из Италии привезен главный элемент детектора будущего коллайдера *NICA* — сверхпроводящая катушка магнита. Сложно ли было организовать логистику операции доставки?

— Сам по себе магнит такого размера — уже исключительное инженерное сооружение. Причем мы должны не просто получить катушку с большим объемом магнитного поля, внутри которого будут располагаться детектирующие элементы, но нам необходимо будет создать поле очень высокой однородности; это позволит восстанавливать

с высокой точностью процессы, которые мы будем изучать в ходе столкновения ионов на пучках коллайдера.

Ярмо самого магнита уже в нашем институте, это железо весом около 700 т. Катушка, создающая поле, проектировалась в России («Нева-Магнит»), но собиралась в Италии на известном предприятии *ASG Superconductors*. Компания уже имела опыт изготовления похожих катушек, в частности для одного из детекторов Большого адронного коллайдера (БАК), поэтому мы выбрали именно эту фирму.

Процесс изготовления занял около пяти лет. Почему так долго? Потому что прежде чем создать магнит такого размера, обеспечивающий магнитное поле высокой однородности, причем из уникальных материалов, надо было спроектировать и сделать набор инструментов, с помощью которого изготавливаются основная и корректирующие катушки, криостат (вакуумный сосуд) и многие другие элементы магнита. Кстати, этот набор инструментов — намоточная машина, механическая оснастка, внушительных размеров печь для запекания обмотки — имеет гораздо большие размеры, чем сама катушка.

Несколько лет ушло на разработку и создание этого набора инструментов, с помощью которого надо было протестировать сверхпроводящий кабель для катушки, поскольку она работает при температуре, близкой к нулю по абсолютной шкале Кельвина, намотать основную и корректирующие катушки. Далее необходимо было изготовить криостат и поместить в него основную катушку — и это тоже очень непростая инженерная задача, — затем все собрать, обеспечить вакуум в криостате и испытать.

И, наконец, сегодня криостат со сверхпроводящей катушкой внутри прибыл к нам в Дубну! Крайне сложная логистическая операция завершилась успешно. Вся процедура доставки заняла чуть больше месяца, но волнений было очень много.

— **Доставка была возможна только по воде?**

— Да, из-за размера и веса криостата с катушкой. По пути из Генуи в Дубну груз побывал в красивейших местах России: в порту Санкт-Петербурга, на Ладожском, Онежском, Белом озерах и реке Волге.

Саркофаг с нашим инженерным сооружением внутри был погружен на корабль в Генуе 25 сентября. Ровно через месяц он прибыл в порт Северной столицы, где был разгружен и растаможен, а оттуда его перегрузили на баржу с буксиром и отправили к нам в Дубну.

5 ноября мы, собравшиеся у порта местные жители и журналисты стали свидетелями того, как долгожданная «посылка» перегружается с баржи на автомобильную платформу. Для этого был задействован самый мощный мобильный портовый кран в мире — *Liebherr LHM 800*. Затем автомобильная платформа должна была преодолеть последнюю дистанцию, перед тем как попасть к месту назначения, — дорогу от порта Дубны до нашего института, около 3 км. Машина прошла этот путь за несколько часов. Из-за больших габаритов груза (высота — 7,6 м) в городе на это время даже пришлось отключить электричество: в двух местах нужно было проехать под высоковольтными линиями. Потребовалось их обесточить, согласно технике безопасности, заземлить и слегка приподнять, чтобы груз смог пройти.

Задача по перевозке криостата с катушкой из Италии усложнялась тем, что навигация обычно заканчивается в середине или в конце ноября. Поэтому мы переживали, успеем или нет, ведь кроме того что груз нужно доставить в Россию, еще необходимо успеть его растаможить в порту Санкт-Петербурга. К счастью, благодаря серьезной подготовительной работе наших служб и согласованным действиям с таможней груз удалось провести через таможню в установленный срок.

— **Правда ли, что NICA будет работать с такими энергиями и состояниями вещества, которые недостижимы на других установках, например на том же БАК?**

— Вы правы. Каждая установка, коллайдер или просто ускоритель, детектор, нацелена на определенный круг задач. Задача БАК — приблизиться к максимально достижимым энергиям, которые вообще возможны на данном этапе технологического развития. Достигнутые энергии позволили открыть бозон Хиггса, ведь проект изначально и был на это ориентирован.

В нашем же случае задача — достичь максимальной возможной в лабораторных условиях и вообще во Вселенной плотности ядерной материи. Такое ядерное состояние вещества ожидается в недрах нейтронных звезд, там, где очень большая гравитация и где обычные ядра переходят

не просто в свои составляющие — протоны и нейтроны, а где последние, сжимаясь, превращаются в «кашу» из кварков и глюонов.

Вот такую «кашу» из кварков и глюонов мы и будем создавать, но только не путем гравитационного сжатия, как в нейтронных звездах, а путем столкновения тяжелых ядер, например двух ионов золота, при вполне определенной энергии. Причем если энергия будет ниже оптимальной — около 10 ГэВ на каждый нуклон иона, — то не удастся разрушить ядро и нуклоны, а если, напротив, выше, то не удастся создать большую ядерную плотность. Поскольку мы нацелены на исследование ядерной материи максимальной плотности, нам нужны вполне определенные энергии и определенные ядра, которые мы будем сталкивать.

Хочу, кстати, отметить огромный вклад ученых и инженеров Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, без поддержки которых мы вряд ли решились бы на реализацию столь амбициозного проекта, как NICA.

— **Что представляет собой ядерная материя, о которой вы упомянули?**

— Ядерная материя — достаточно широкое определение. В нашем случае это барионная материя. А барионы, барионная материя — это все, что нас окружает, из чего состоите вы, я и весь окружающий нас мир, потому что барион — это протон или нейтрон, а все ядра состоят из протонов и нейтронов. Так что материя — это в основном барионы, а антиматерия — антибарионы. Накопить

## Коллайдер NICA (Nuclotron based Ion Collider Facility)

Коллайдер NICA — новый ускорительный комплекс, который создается на базе ОИЯИ для изучения свойств плотной барионной материи. Ожидается, что ученые смогут воссоздать в лабораторных условиях особое состояние вещества — кварк-глюонную плазму, которое существует в недрах нейтронных звезд. С помощью коллайдера NICA физики надеются получить новые знания о строении ядерной материи (одна из целей — поиск критической точки на фазовой диаграмме ядерной материи) и решить ряд фундаментальных и прикладных задач. В реализации международного проекта участвуют более 20 стран мира. Ввод всего комплекса в эксплуатацию намечен на 2023 г. В лабораторных условиях ученые смогут наблюдать, как бесконечно малые частицы — кварки — начнут группироваться и образовывать обычное ядерное вещество. Подобный процесс происходил при несколько других условиях во время рождения Вселенной.

максимальное количество барионов в единице объема и есть наша задача, то есть загнать в микроскопический объем максимальное количество ядер.

— **Таким образом вы получите состояния, схожие с теми, что существуют в недрах нейтронных звезд? А ведь предполагают, что внутри нейтронных звезд как раз и находятся кварки, а сверху — оболочка из нейтронов.**

— Все верно. Ожидается, что внутри нейтронных звезд будет «каша», или «суп», из кварков и глюонов. И вот на какое-то мгновение в микроскопическом объеме мы надеемся получить с помощью коллайдера NICA то же самое состояние материи, а потом постараться понять, как она переходит из одной фазы в другую (из привычной нам фазы исходных ядер, сталкивающихся в коллайдере в кварк-глюонную материю) и, остывая, возвращается в начальную фазу, формируя уже новые частицы и ядра.

— **Тогда я не могу не задать, наверное, самый популярный вопрос: а не создадим ли мы тем самым нейтронную звезду «в пробирке»? Помню, когда строился БАК, многие неспециалисты всерьез опасались, что там случайно родится черная дыра и всех нас погубит. Насколько правдоподобны такие сценарии?**

— Никаких глобальных угроз в ускорительных экспериментах нет. Здесь, как и в любых технически сложных установках, есть риски механических повреждений плюс опасность облучения: например, если кто-то попадет под пучок заряженных частиц. Кстати, такие случаи в мировой практике бывали.

В отличие от реакторов, где сложно управлять ядерным процессом, в ускорителях заряженных частиц все устроено проще: вы выключили рубильник, отключили электричество — и у вас больше нет ни радиации, ни пучков элементарных частиц. Поэтому коллайдер — весьма безопасный прибор, но обращаться с ним нужно очень осторожно, как и с любым сложным инструментом.

Что же касается опасных природных явлений, которые якобы могут быть воспроизведены путем таких экспериментов, то это, конечно, полная глупость. Никакой угрозы эти опыты не несут, потому что все, что там происходит, это настолько микроскопические масштабы, что вы их даже не сможете увидеть ни под каким оптическим микроскопом.

Кстати, сам по себе детектор нашего коллайдера, MPD, и есть весьма сложный микроскоп, создаваемый для того, чтобы увидеть, распознать то, что происходит в масштабах порядка Ферми или нескольких Ферми, а Ферми — это 10–13 см.

— **Есть такое необычное явление при фазовом переходе из одного состояния вещества в другое, скажем, из жидкости в пар, когда поведение физических величин становится универсальным. То есть кривая фазового перехода заканчивается некоей критической точкой, вблизи которой даже самые разные вещества (например, железо, вода) ведут себя совершенно одинаково, и это поистине удивительно! Планируется ли изучать это явление на уровне ядерной материи с помощью коллайдера NICA?**

— Да, такое интересное явление действительно может существовать. Фазовая диаграмма ядерной материи наглядно показывает эти переходы. Скажем, если отложить по горизонтальной оси плотность барионов, а по вертикальной шкале — энергию или температуру (что фактически одно и то же), то при повышении температуры ожидается плавный фазовый переход в кварк-глюонное состояние в области минимальной плотности барионов; это уже было показано в экспериментах на БАК и на коллайдере RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории.

Ожидается, что в эксперименте на коллайдере NICA, в условиях большой барионной плотности, должен существовать фазовый переход первого рода, при котором характерные параметры состояния материи изменяются скачком. Так вот сам по себе фазовый переход первого рода, если он будет обнаружен, станет важным открытием. А если есть фазовый



Для транспортировки саркофага со сверхпроводящей катушкой внутри использовался самый мощный в мире мобильный портовый кран

переход первого рода и есть в какой-то части диаграммы плавный переход, то между ними должна быть критическая точка. Это уже фазовый переход второго рода.

Такое открытие может стать сенсацией и позволит глубже понять свойства кварковой материи.

**— Ожидается, что с помощью нового коллайдера удастся зафиксировать свободные кварки?**

— Многие знают из научно-популярной литературы, что каждый протон и нейтрон состоит из трех кварков. Чтобы вырвать кварки оттуда, необходима огромная сила, поскольку кварки в нуклонах (нейтронах и протонах) связаны так называемым сильным взаимодействием, максимальной из известных сил природы. И кварки не могут существовать в природе самостоятельно. Если вырвать кварк из протона или нейтрона, то он мгновенно находит себе пару — антикварк — и образует частицу — мезон; или находит еще два кварка и образует опять же протон или нейтрон. Но если кварки сильно сблизить, то взаимодействие между ними ослабевает и кварки становятся квази-свободными.

**— Но ранее их свободными ни разу не видели?**

— Верно. Свободными они могут быть лишь ничтожное мгновение и при определенных условиях. Чтобы получить свободные кварки, нужно невероятно плотно сжать материю, и вот в таком состоянии кварки становятся свободными и забывают своих «родителей»: кому они принадлежали, какому протону или нейтрону. Они перемешиваются, взаимодействуют и, объединяясь, воспроизводят новые частицы: новые протоны, нейтроны, более легкие частицы — мезоны, — словом, весь спектр элементарных частиц, который известен сегодня.

**— Мы знаем, что кварки удерживаются между собой глюонами, справедливо получившими свое название от английского слова *glue* («клей»). Существует интересная гипотетическая частица глюбол, состоящая исключительно из этого клея. Как вы относитесь к подобной идее?**

— Идея вполне здравая. Есть ряд экспериментов, в которых ищут так называемые глюболы, но сегодня, насколько мне известно, нет явных доказательств их существования. Глюбол теоретически может существовать и имеет право на жизнь. Глюоны — это переносчики сильного взаимодействия, так же как фотоны — переносчики электромагнитного взаимодействия. Электроны, позитроны или любые заряженные частицы могут излучать фотоны. Тепло и свет, которые нас согревают и освещают, — это тоже фотоны. В сильных взаимодействиях роль фотонов играют глюоны, только они переносят не электромагнитные, а сильные взаимодействия. Они как раз и связывают кварки между собой.

**— Считается, что кварк — это фундаментальная частица, мельче которой ничего нет. Но можно ли предположить, что у кварка все же есть структура, то есть более мелкие элементы? Поможет ли NICA ответить на этот вопрос?**

— Какой-то коллайдер, возможно, и поможет, но уж точно не наш. Даже Большой адронный коллайдер не проникнет в структуру кварков. Если там и есть структура, то для ее обнаружения нужны гораздо большие энергии, чем у того же БАК. Дело в том, что чем глубже и тоньше внутренняя структура, чем она мельче, тем более высокие требуются энергии для ее распознавания. На сегодня, конечно, кварки считаются точечной, то есть бесструктурной частицей, хотя они имеют массу и даже определенный размер. Не исключено, что на самом деле кварки могут иметь структуру, но это — и новые теоретические идеи, и эксперименты далекого будущего, а не нашего поколения.

**— То есть там нужны принципиально новые ускорители?**

— Следующий ускоритель, который, возможно, построят в CERN, будет иметь периметр не 27 км, как сейчас, а уже 100 км. Но и этого, скорее всего, будет недостаточно для разрушения кварка и обнаружения его внутренней структуры, если такая имеется.

Кстати, попытки сделать ускорители, коллайдеры масштаба БАК предпринимались неоднократно. Первая попытка была у нас — это Ускорительно-накопительный комплекс (УНК) в Протвине, вторая — SSC в Техасе, третья, оказавшаяся самой удачной, — БАК в CERN. Но, видимо, в будущем останется лишь одна международная организация, обладающая установкой столь глобального масштаба, потому что слишком уж расточительно делать несколько мощнейших коллайдеров. И именно международное сотрудничество и глобализация позволяют оптимизировать ресурсы и усилия, чтобы создавать такие мощные ускорители.

**— Чем больше диаметр ускорителя, тем сильнее можно разогнать частицы?**

— Да. В целом, чем длиннее ускорительная установка, тем до больших энергий можно разогнать частицы. В этом плане кольцевой ускоритель — наиболее выгодная конструкция, потому что частицы многократно пробегают ускоряющий блок и каждый раз ускоряются все сильнее.

В этом кольце будущего ускорителя, бустера, которое вы сейчас видите перед собой, для того чтобы разогнать частицы до заданной энергии, нужно сделать около 1 млн оборотов. Кольцевой ускоритель в этом отношении выгоден, так как вы можете гонять частицы по кругу сколько угодно и каждый раз, подталкивая, разгонять их. Но для того чтобы обеспечить движение заряженных частиц

по кругу, необходимы магниты, ведь известно, что в магнитном поле заряженная частица летит по траектории окружности. Чем выше энергия частицы, тем больше радиус траектории в одном и том же магнитном поле. Поэтому радиус любого кольцевого ускорителя определяется энергией ускоряемых частиц и величиной магнитного поля.

Сегодня максимальное магнитное поле, которое применяется в ускорителях, — 8 Тесла. Именно на восьмитесловых сверхпроводящих магнитах и был построен БАК. Такие магниты позволили достичь энергии 14 ТэВ в существующем туннеле. Если же мы хотим увеличить в два раза энергию, то при том же магнитном поле нам необходимо в два раза увеличить радиус кольца или в два раза усилить магнитное поле в том же кольце. Новый коллайдер, скорее всего, будет создаваться на магнитах 16 Тл, но надежное производство таких магнитов пока не налажено и понадобится лет десять для того, чтобы научиться создавать подобные магниты.

**— А это в принципе возможно?**

— Да. Прототипы таких магнитов уже изготавливают в CERN. CERN поставил задачу в течение десяти лет доработать технологию подобных магнитов и обеспечить их серийное производство.

Поэтому если вы просто увеличите магнитное поле в два раза в том же кольце, вы в два раза можете увеличить и энергию разгоняемых частиц. А если хотите получить еще большую энергию, то вам нужно пропорционально увеличивать и радиус кольца. Посчитайте сами: 100 км — в четыре раза больше, чем периметр Большого адронного коллайдера, и магниты с еще более обширным полем (в два раза), поэтому и энергия будет почти на порядок выше.

**— До какой скорости будут разгоняться частицы в коллайдере NICA?**

— Это уже так называемые релятивистские скорости. При энергиях коллайдера NICA частицы летят практически со скоростью света.

**— Ожидается, что с помощью нового коллайдера удастся заглянуть в прошлое Вселенной. О каком отрезке времени идет речь?**

— Чем выше энергия, тем ближе к началу Большого взрыва вы можете заглянуть. В этом отношении, конечно, БАК наиболее близок к тому, чтобы разглядеть или понять то, что происходило в первые мгновения Вселенной. То, что мы будем воссоздавать на коллайдере NICA, — это более поздний



Автомобильная платформа с ценным грузом на борту отправляется в ОИЯИ

период, когда возникла ядерная материя большой барионной плотности, которая существует в природе только в нейтронных звездах. Других объектов, в которых она могла бы быть, мы на сегодня не знаем.

По времени это тот период, когда уже были звезды и при их столкновениях образовывались в частности нейтронные звезды. Это происходило спустя сотни миллионов лет после Большого взрыва.

**— Мы много говорили о привычной для нас барионной материи, а занимается ли кто-либо всерьез поисками антивещества, антиматерии?**

— Антивещество — вопрос очень интересный. Все мы знаем из научно-популярных книг, что в момент возникновения Вселенной был полный баланс вещества и антивещества. Но потом в силу разных причин, из-за нарушения CP-симметрии, несохранения барионного числа и нарушения теплового равновесия, стало доминировать вещество. Возникла небольшая разница превалирования вещества над антивеществом. Эта разница и есть Вселенная, которую мы сегодня знаем.

Поиск антивещества во Вселенной ведется, но оно до сих пор не найдено. Куда оно делось? Это одна из больших загадок. Проводится много экспериментов по поиску антиматерии. Кстати, искусственно синтезировать антивещество можно, и первые такие успехи уже были достигнуты в CERN, где на мгновение были синтезированы несколько атомов антиводорода. Они были удержаны в специальной ловушке. Но это всего лишь несколько атомов, притом на очень короткое время.

**— Исследования на коллайдере NICA будут иметь сугубо фундаментальный характер или прикладная составляющая тоже присутствует?**

— В основном наши исследования нацелены на фундаментальные результаты, на получение новых знаний в той области, в которой их еще нет или они очень скудны. Пока никто не знает, какие открытия нас ждут. Но нашим приборам присущи большие масштабы и технологическая сложность, для их создания часто требуется решение новых инженерных задач, вот вам и первый практический аспект. В процессе таких решений возникают интересные инженерные и технологические результаты, которые можно будет применить в практических целях.

Кстати, хороший пример — интернет. Он не создавался в CERN целенаправленно, а понадобился для того, чтобы обмениваться большими объемами данных по специальному протоколу; он был создан для ученых, а впоследствии оказался неотъемлемой частью всей современной жизни. Таких примеров, когда инженерные сооружения, созданные для науки, нашли свое применение в народном хозяйстве, немало.

Кроме того, в рамках проекта NICA мы предусматриваем создание зоны для прикладных работ, где ученые и инженеры будут заниматься практическими исследованиями. Ускоритель — это уникальный инструмент, который позволяет не только проводить фундаментальные исследования, но и получать прикладные результаты.

Одно из наших традиционных направлений — изучение работы электроники в сложных радиационных условиях. Такие исследования необходимы не только для того, чтобы создавать электронику, работающую близко к реакторам, но и для космических полетов; ведь в космосе происходит интенсивное облучение всевозможными частицами, в том числе теми, которые будут доступны на нашем ускорителе. Поэтому для разработки радиационно стойкой электроники будет создана зона прикладных исследований.

С вводом комплекса NICA планируется продолжить испытание биологических объектов на их устойчивость к радиационному воздействию, потому что, если мы хотим летать к далеким звездам, да что там к звездам — даже к Марсу, необходимо рассчитать, какая доза радиации будет получена космонавтами. Подобные исследования ведутся давно. В ОИЯИ есть лаборатория радиационной биологии, где ученые используют пучки уже существующих ускорителей для таких работ. На комплексе NICA мы хотим создать специальную зону, где биологические объекты будут облучаться, благодаря чему можно будет понять, как они меняют свои свойства под воздействием радиации.

В далеком космосе существует опасность облучения ионами, вплоть до железа. Все эти ионы мы сможем воспроизводить на нашем комплексе, чтобы облучать биологические объекты тем спектром частиц, который будет присутствовать при космических полетах.

Если говорить об ожиданиях в целом, прежде всего в области фундаментальных исследований, то мы нацелены на изучение фазовых переходов в ядерной материи — поиск фазового перехода первого рода, поиск критической точки, о чем вы сегодня уже спрашивали; а на пути к этим целям мы, надеюсь, узнаем много нового и интересного. Однако и прикладные исследования принесут ряд практически применимых результатов.

**— В ваших исследованиях будут использоваться технологии искусственного интеллекта?**

— Искусственный интеллект — настолько широкое понятие, что даже сложно ответить. Конечно, многие процессы нужно автоматизировать. Ведь автоматизация — тоже в каком-то смысле искусственный интеллект, вопрос только в том, насколько он интегрирован и требует вмешательства обычного, естественного интеллекта.

Для управления многими блоками детекторов и коллайдера NICA будут разработаны программы и системы управления, которые не представляют собой ИИ в узком смысле этого термина, но имеют важные элементы автоматизации, такие как система обратной связи, чтобы корректировать свои действия в зависимости от характера внешних условий. Подобные системы уже существуют на всех крупных современных высокотехнологичных установках. Понятно, что проводить экспериментальные исследования будут ученые, а не искусственный интеллект, ведь мы имеем дело с поиском и изучением неизведанных явлений и свойств природы.

**— Какая судьба ждет коллайдер после того, как он отслужил свое? Их обычно как-то утилизируют или разбирают на запчасти?**

— В мировой истории коллайдеров было не так много, и первые из них, кстати, были отнюдь не плохи. Есть классический пример — коллайдер ISR в CERN. По ряду параметров он был совершен, хоть и запущен в 1970-е гг. Прослужил совсем немного, до середины 1980-х гг., и был разобран. Только недавно, в 2004 г., на коллайдере Тэватрон (США) были достигнуты параметры, характерные для того пионера из 70-х гг. прошлого столетия.

Конечно, каждый коллайдер нацелен на решение определенных задач. Когда задачи решены и нет других, подходящих для его профиля, коллайдер или разбирают, или утилизируют, или он частично входит в состав другого, более сложного комплекса ускорителей. ■

**Беседовала Янина Хужина**

ФОТОРЕПОРТАЖ

# СВЕРХПРОВОДЯЩАЯ КАТУШКА МАГНИТА ДЛЯ МРО/НІСА ДОСТАВЛЕНА В ДУБНУ





# В

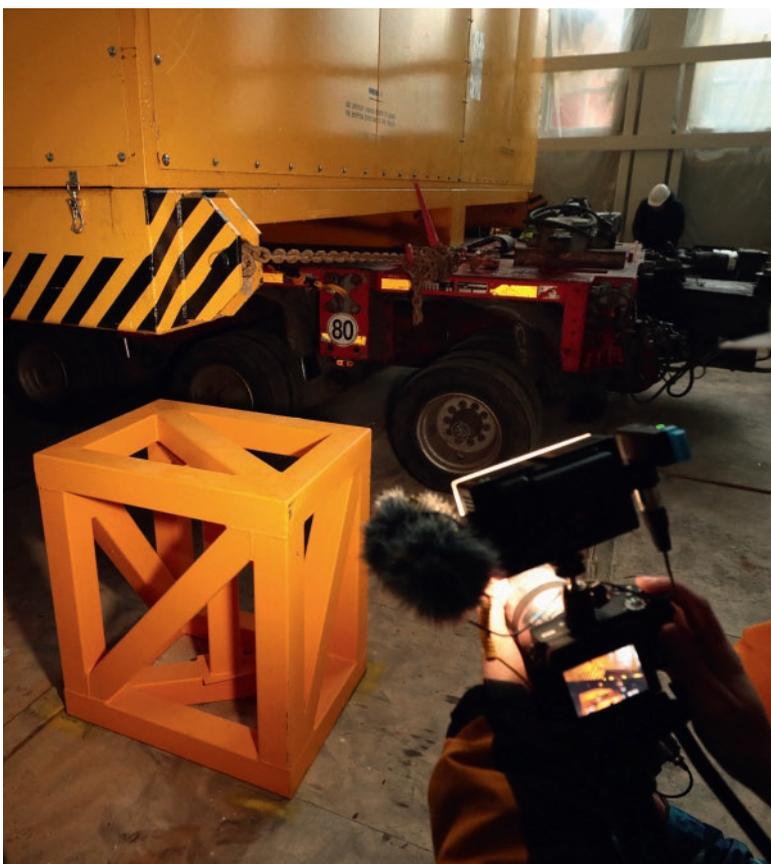
наукограде Дубне 5 ноября состоялось долгожданное событие: по морю из Италии прибыл ключевой элемент детектора будущего коллайдера NICA — сверхпроводящая катушка магнита. В порту Дубны ценный груз встречали ученые, журналисты и местные жители. Для транспортировки с воды на сушу использовался самый мощный в мире мобильный портовый кран *Liebherr LHM 800*.



Исполняющий обязанности вице-директора ОИЯИ по мегасайенс-проекту NICA член-корреспондент РАН В.Д. Кекелидзе



Директор ОИЯИ академик В.А. Матвеев



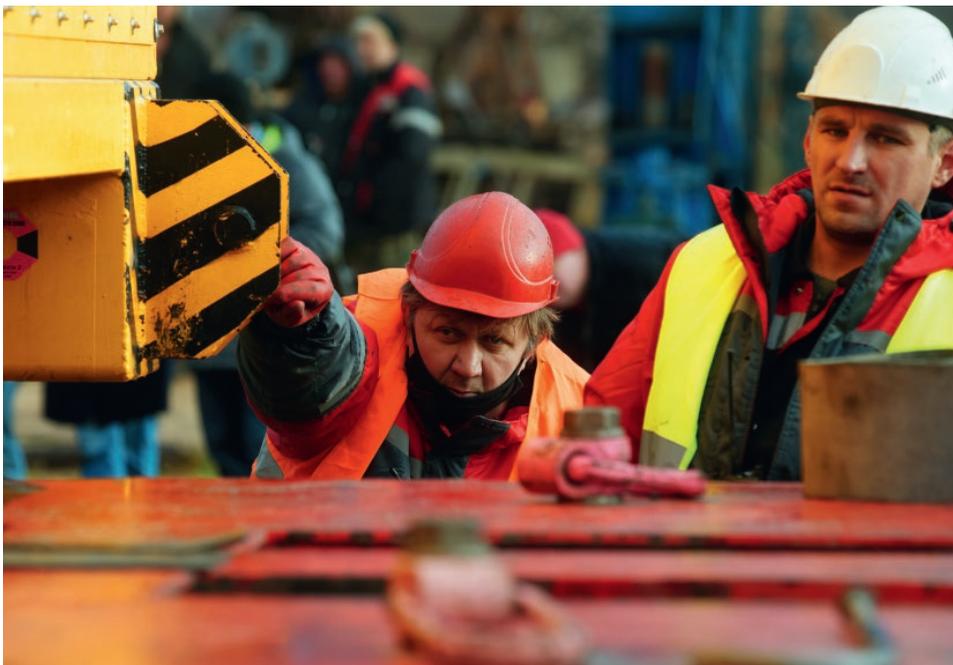
**Перенести «посылку» весом 120 т с баржи на автомобильную платформу, а затем доставить в Объединенный институт ядерных исследований — задача не из легких. Посмотреть на зрелищную транспортировку собрались десятки людей. Кто пешком, а кто на велосипедах, поодиночке или целыми семьями, а некоторые и с домашними животными — местные жители сопровождали катушку от прибытия в порт Дубны до конечной точки, пройдя вместе с ценным грузом путь почти в 3 км. Для того чтобы семиметровый саркофаг с транспортировочной платформой смог передвигаться по улицам города, пришлось на несколько часов отключить электричество в правобережной части Дубны и временно обесточить и приподнять электрокабели, мешающие проезду, а также отключить некоторые городские коммуникации.**



**В Генуе, откуда прибыл груз,** сверхпроводящая магнитная катушка весом 70 т для большей сохранности была помещена в оснащенный шокowymi датчиками саркофаг. Багаж общим весом более 100 т с особой осторожностью транспортировал по Дубне тягач мощностью 680 л.с. — на каждое из его 72 колес приходилась нагрузка около 2 т. Изготовлением магнита занималась итальянская компания ASG Superconductors, успешно зарекомендовавшая себя в создании похожего магнита для одного из детекторов Большого адронного коллайдера. Уникальное инженерное сооружение создавалась по проекту российской компании «Нева-Магнит». «Посылка» из Италии прибыла в морской порт Санкт-Петербурга Бронка, а оттуда продолжила свой путь по маршруту Нева — Ладожское озеро — Онежское озеро — Белое озеро — Рыбинское водохранилище — Волга — Дубна. Путешествие заняло около полутора месяцев.









*Благодаря дубнинскому коллайдеру NICA физики смогут заглянуть в недра нейтронных звезд. Для этого в лабораторных условиях понадобится воссоздать особое состояние вещества — кварк-глюонную плазму. В международном проекте NICA участвуют около 2 тыс. ученых и инженеров со всего мира. Новый коллайдер должен изучить кварки (мельчайшие, фундаментальные частицы), находящиеся в свободном состоянии при максимально достижимой плотности ядерной материи, а также пролить свет на некоторые не решенные до сих пор вопросы фазовых переходов этой материи.*

**Подготовила Янина Хужина**

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

# КЛИМАТ СТАНОВИТСЯ НЕРВНЫМ

Продолжаем публикацию серии интервью, посвященных глобальному потеплению. Начало — в № 11.





# ЛЕС УХОДИТ НА СЕВЕР

Леса не просто поглощают углекислый газ, который считается главной причиной ускоренного изменения климата, но и накапливают его. Из-за повышения температуры в европейской части России нынешняя южная тайга окажется в температурной зоне лесостепи, а северная станет южной. Об этом наш разговор с **Александром Александровичем Онучиным**, директором Института леса им. В.М. Сукачева СО РАН.

— **Что важно знать каждому человеку про связь леса и климата?**

— Прежде всего, лес — это явление географическое. Он всегда определяется климатом и почвой. От этих показателей зависит то, какие лесные экосистемы будут произрастать на той или иной территории.

Благодаря способности к фотосинтезу лес может перерабатывать углекислый газ в кислород, смягчая тем самым последствия климатических изменений. Например, молодой растущий лес быстро накапливает углерод в древесине, ветвях и корнях деревьев. При этом сами деревья могут выделять углекислый газ при «дыхании». В зависимости от возраста деревьев преобладает либо депонирование, либо эмиссия углерода. На определенном этапе роста и развития лесной экосистемы эти противоположные процессы могут уравниваться и в лесу на какое-то время наступает углеродный баланс.

— **Если говорить о лесах, к чему приводит глобальное повышение температуры?**

— В первую очередь это зависит от того, в каком месте эти леса произрастают. Если речь идет о лесостепных и таежных лесах (я буду говорить в основном про сибирские леса), то глобальное потепление приведет к смещению их границ на север. Лесам просто не будет хватать влаги, а избыток тепла может стать причиной для смены лесостепной и подтаежной растительности на степные сообщества. Лес будет отступать, соответственно, продуктивность лесов будет снижаться. Местами леса превратятся в степи без возможности восстановления.

Если говорить о лесах среднетаежных, северотаежных, то там, наоборот, повышение температуры в сочетании с термальными условиями и увлажнением может привести к повышению их продуктивности: увеличению прироста и запаса древесины.

Не исключено, что произойдет и смена растительности: на смену темнохвойным лесам придут светлохвойные. Но здесь нельзя забывать о другой угрозе — развитии патогенов, несвойственных этим лесам. При смене климатических параметров зима станет более теплой, лето — более продолжительным. Те растения, которые произрастали до этого (древесные и кустарниковые), не успеют адаптироваться к климатическим изменениям и к тем патогенам, которые могут начать развиваться в этих условиях. Некоторым видам бактерий и грибов станет проще зимовать, и они будут поражать лесные экосистемы.

— **Влияют ли климатические изменения на количество лесных пожаров?**

— Конечно. Температурные колебания отражаются на лесных пожарах в первую очередь. Достаточно вспомнить ситуацию в 2019 г. Лето было жарким, поэтому пожары стали наиболее катастрофическими. Согласно данным метеостанций, в этом году температура воздуха оказалась на 2–3° С ниже прошлогодней — даже ниже климатической нормы, а количество осадков в полтора раза выше. В основном благодаря этому сократилось и количество лесных пожаров.

Потепление увеличивает пожароопасный период. Помимо этого, растут количество и интенсивность экстремальных погодных явлений — засух и волн аномальной жары.

— **Могут ли леса влиять на климатическую систему?**

— Нельзя переоценивать роль лесных экосистем в регулировании климата. Климат определяется глобальными процессами: циркуляцией атмосферы, солнечной активностью и т.д. Но лесные экосистемы существенно влияют на климатические показатели. Неспроста в нашем институте и в других институтах лесного профиля, в институтах сельского хозяйства разрабатывались системы защитных лесных полос. В этом и проявляется прямое влияние лесов на параметры тепло- и влагообеспеченности. Лесные полосы защищают поля от суховея, обеспечивают аккумуляцию снега и многое другое. На локальном уровне действительно проявляется влияние леса, но речь идет не о глобальной климатической системе, а, скорее, о микроклимате на той или иной территории.



Температурные колебания в первую очередь проявляются в виде участившихся лесных пожаров

**— Какие негативные тенденции выделяет сегодня научное сообщество, изучая лесные экосистемы?**

— Самая важная проблема, на мой взгляд, связана с антропогенным воздействием на лесные экосистемы, доминированием в лесном хозяйстве экстенсивной модели использования и воспроизводства лесов. Экстенсивная модель основана на бессистемной вырубке лесов пионерного освоения. Речь идет о лесах, которые дала нам сама природа.

Необходимо перейти к интенсивной модели ведения хозяйства, которая предполагает устойчивое управление лесами. Она основана на том, что в лучших лесорастительных условиях — там, где есть вся необходимая инфраструктура: дороги, предприятия по переработке древесины, — следует заниматься лесовыращиванием. Мы должны научиться выращивать леса и получать урожай, превосходящий урожай с лесов пионерного освоения.

В среднем по России прирост древесины составляет 1,5 м с гектара в год. Чтобы вырастить 200 м древесины, необходимо ждать более сотни лет. В лучших лесорастительных условиях — лесостепной зоне, южной тайге — средний прирост составляет 10 м с гектара. Такой результат не требует существенных вложений и специальных мероприятий. Достаточно охранять лес от пожаров.



Доктор биологических наук А.А. Онучин

Если применять технологии по регулированию густоты, использованию удобрений, то ежегодный прирост может достигать до 20 и больше кубометров с гектара. За 100 лет в северной тайге мы можем получить 200 м<sup>3</sup> с гектара, в лесостепи, в подтайге, в южной тайге — 400–500 м<sup>3</sup> с гектара за 70 лет. Это вполне реально. Но для этого необходимо заниматься лесовыращиванием, закупать машины, механизмы, менять законодательную базу.

Уже сейчас существует дефицит качественного сырья. Многие лесозаготовители поглядывают на «нерестовки», на водоохранные полосы в европейской части, здесь, в Сибири, лезут в горы, где леса выполняют важные экологические функции.

Как мне кажется, леса, которые еще не освоены (в северных районах, Красноярского края, средней тайге, северной тайге), стоит использовать более рационально не только для лесозаготовки, но и для сохранения биологического разнообразия: охоты, рекреации, выполнения лесами их глобальных биосферных функций. Именно на это стоит обратить внимание и попытаться решить эту проблему. Иначе уже через 10–15 лет наша страна столкнется с серьезным дефицитом качественного сырья.

**— Известно, что леса накапливают диоксид углерода — парниковый газ, ответственный за глобальное потепление. Может ли он высвободиться при нерациональном использовании?**

— Конечно. Если говорить о концентрации парниковых газов, с которыми связывают глобальные климатические изменения, изучение лесов — важная научная задача. В Институте леса специалисты ведут наблюдения на высотной мачте в Зотине. Здесь проводится оперативный мониторинг широкого спектра приземных концентраций парниковых газов, аэрозольных характеристик атмосферы и метеорологических параметров. В настоящее время действительно прослеживается корреляция между повышением температуры воздуха и повышением концентрации парникового газа в атмосфере.

Конечно, лесные экосистемы могут регулировать состав атмосферного воздуха, в том числе концентрацию углекислого газа. Однако леса никогда не смогут поглотить углекислоты больше, нежели ее выбрасывают в атмосферу промышленные предприятия. Возможности лесов несопоставимы с объемами выбросов крупных заводов и фабрик.

Если сравнивать сибирские леса с тропическими лесами Амазонии, последние поглощают больше углекислого газа из атмосферы, ведь они более продуктивные. С другой стороны, естественные процессы, связанные с быстрой деструкцией органики, проявляются здесь особенно явно. Вся эта органика с поглощенным из атмосферы углеродом попадает в почву. Веточки, листья, корни быстро разлагаются, и в условиях жаркого влажного климата эта органика вновь поступает в атмосферу в виде углекислого газа. Получается, сколько тропические леса поглощают углекислоты, столько же и выбросили в атмосферу.

Продуктивность сибирских лесов по сравнению с тропическими намного ниже. Но та органика, которая образовалась в процессе поглощения атмосферного углерода, попадая в суровые условия, консервируется в вечной мерзлоте, следовательно, не подвержена перегниванию, переработке бактериями и т.д. Наши бореальные северные леса с точки зрения баланса между поглощением и эмиссией углекислого газа работают более эффективно. Некоторые ученые считают, что часть углерода из почвы попадает в холодные водотоки и в виде керогена со стоком рек транспортируется в Северный Ледовитый океан, где в донных отложениях вновь образуются залежи углерода.

**— Каким образом ученым удалось обнаружить, что таежные леса постепенно перемещаются ближе к северу?**

— Существует целый ряд мониторинговых наблюдений. В нашем институте в этом направлении работают лаборатории экологии и мониторинга. Специалисты используют данные дистанционного зондирования, периодически выезжают в экспедиции и наблюдают за постепенным продвижением лесов к верхней границе леса.

Более того, сейчас этот факт доказывает в том числе распространение шелкопряда. Раньше он выше 62° с.ш. не поднимался, но сейчас идет севернее. Почему? Потому что повысилась температура и шелкопряд начал перемещаться в районы похолоднее.

**— У этого процесса позитивные или негативные последствия?**

— Вопрос сложный. Если говорить о повышении продуктивности лесов, то потепление в этом смысле производит позитивный эффект. Однако леса станут менее устойчивыми, появятся новые вредители, болезни и т.д. Это, разумеется, негативный фактор.

**— Можно ли сделать более значимой роль леса в борьбе с климатическими изменениями?**

— Очевидно, что бороться с климатическими изменениями при помощи леса очень сложно. Я бы сказал, почти нереально. Необходимо разрабатывать проекты по смягчению климата и по изучению влияния климатических изменений на леса, в том числе направленные на адаптацию лесов к климатическим изменениям. Известно, что генетическая структура микропопуляций неоднородна. Например, некоторые генотипы сосны устойчивы и хорошо продуцируют в более холодных условиях, а другим, наоборот, требуется более теплый микроклимат.

Глобальное потепление может и не изменить полностью видовой состав той или иной экосистемы. Просто какие-то экземпляры, чей генотип не подходит для новых условий, будут уступать место другим того же вида.

Если придерживаться парниковой теории глобального потепления, то надо снижать выбросы парниковых газов. Ясно, что необходимо переходить на другие источники энергии. Новые площади лесов действительно увеличат поглощение газа из атмосферы. Поэтому нужно создавать компенсационные посадки в лучших лесорастительных условиях. Те сообщества, которые продуцируют травянистые и древесно-кустарниковые растения, не поглощают столько атмосферной углекислоты. А если создавать хорошие плотные посадки высокопродуктивных насаждений, осуществлять уход, охранять от пожаров, можно по-настоящему поддерживать углеродный баланс, понижая тем самым концентрацию парникового газа в атмосфере. Кстати, в России около 90% лесных пожаров происходит по вине человека. Если люди будут активнее соблюдать правила пожарной безопасности, то количество пожаров, следовательно, и количество выбрасываемого лесом углекислого газа в разы сократится.

И, конечно, нельзя забывать о диких лесах, минимально затронутых хозяйственной деятельностью. Именно в них долгие годы хранится огромное количество накопленной двуокиси углерода. Вырубка, добыча на их территории полезных ископаемых и других природных ресурсов неизбежно приведут к деградации лесных экосистем, росту пожаров, вспышкам численности вредителей и болезней. ■



# НЕВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА

В России мерзлота охватывает до двух третей территории страны. Считается, что глобальное изменение климата приведет к дестабилизации мерзлоты, а также к уменьшению ее несущей способности. Помимо этого, мерзлота хранит большое количество метана, который усиливает парниковый эффект. Обсуждаем эти проблемы с **Валерием Ивановичем Гребенцом**, доцентом кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.



Спутниковый снимок  
Северного полюса



Кандидат географических наук В.И. Гребенец

— **Валерий Иванович, расскажите, над чем вы сейчас работаете.**

— Я специализируюсь на изучении вечной мерзлоты и ее взаимодействия с хозяйственными, инфраструктурными объектами. Большой объем работы связан с полевыми региональными исследованиями в городах и малых поселениях Севера. Специалисты нашей кафедры сравнивают изменения, происходящие на застроенной территории и неосвоенных землях, с природными трендами. Я руководитель одного из проектов РФФИ, посвященных Арктике. Наше исследование связано с оценкой влияния опасных криогенных (мерзлотных) и гляциальных процессов на инфраструктуру Арктики. За два года работы накопились весьма интересные результаты, которые высоко оценены коллегами во время ведущих международных и национальных конференций. Опубликованы научные статьи, в том числе отображающие влияние и техногенеза, и климатических изменений на столь ранимую систему, как вечная мерзлота.

— **Что собой представляет вечная мерзлота? В результате чего она образовалась?**

— Как говорили классики 50–100 лет назад, вечная мерзлота — продукт климата и геолого-географических условий. По сути, это планетарное явление. Из классической метеорологии известно, что наша планета зависит от Солнца. Именно благодаря Солнцу и ультрафиолету Земля получает энергию в видимом спектре. Однако каждое мгновение, каждую секунду Земля

теряет энергию в виде длинноволнового излучения. Соблюдается некий баланс, ведь день сменяется ночью. В арктических регионах во время полярной ночи нет поступления энергии Солнца, зато происходит потеря тепла. Поэтому наблюдается дисбаланс. Этот дисбаланс получения энергии — главная причина возникновения и существования вечной мерзлоты.

И, разумеется, сказываются геолого-географические факторы. Неслучайно в горных системах с их иной теплопроводностью мерзлота наблюдается и в Китае, и в Монголии, и в Тибете. А где-то, например в Западной Европе, оказывают влияние другие региональные условия. Например, теплое течение Гольфстрим меняет границу вечной мерзлоты в этой части мира.

— **Какова протяженность вечной мерзлоты на территории России?**

— Вечная мерзлота занимает 25% суши. В России две трети территории — регионы с вечной мерзлотой. Это действительно огромная территория — ресурс, который трудно измерять рублями, долларами и другими оценочными показателями.

— **Как удалось построить на этой территории дома, объекты инфраструктуры? Какие современные подходы применяются при строительстве?**

— Огромный опыт в этом направлении государство получило при строительстве Транссибирской железнодорожной магистрали. Нельзя забывать, какую большую работу сделали инженеры-путейцы, инженеры-геологи царской России.

Помимо этого, огромный вклад внесли лагерные ученые, которые в 1930–1950-е гг. в условиях ГУЛАГа строили свайные фундаменты на вечной мерзлоте. Технологическим прорывом мы обязаны инженеру-гидротехнику, лауреату Ленинской премии и заключенному М.В. Киму, который разработал и реализовал на практике сверхдешевый метод свайного фундирования. Инновационная технология М.В. Кима стала мощным толчком к освоению Севера.

Отмечу, что к вечномерзлым относятся породы, находящиеся в мерзлом состоянии от трех и более лет. Эти породы нестабильны: в период оттаивания грунт сильно оседает из-за нарушения естественной структуры. К деятельной полосе земли относится верхний слой, который оттаивает летом, а с приходом зимы замерзает. Периоды обильного оттаивания и замерзания приводят к так называемому пуче-

нию. Этот процесс естественным образом ухудшает устойчивость и снижает прочность домов и других инфраструктурных объектов, возведенных на таком покрытии. На практике это приводит к тому, что он поднимает железобетонные или металлические сваи на высоту до 1,5 м. Поэтому в условиях мерзлоты нельзя просто забить сваю, как здесь, в Москве.

Для погружения свай в условиях вечной мерзлоты применяется бурение на глубину погружения. При этом диаметр бура должен быть больше, чем диаметр сваи. Скважину заполняют специальным раствором. Свая выдавливает снизу вверх этот раствор при погружении, и все это замерзает. Это совершенно революционный, принципиально новый путь, предложенный еще советскими учеными. И здесь мы с гордостью можем сказать, что в сфере инженерного мерзлотоведения Россия занимает действительно самые передовые рубежи.

#### — Что сегодня происходит с вечной мерзлотой?

— Последние 20–30 лет и коллеги из Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, и специалисты нашей кафедры, и ученые из Института криосферы Земли СО РАН уделяют большое внимание явлениям, происходящим в связи с изменением климата. Не секрет, что увеличение температуры и количества осадков теплоизолируют вечную мерзлоту. Самые негативные тренды наблюдаются в криолитозоне (территории с вечной мерзлотой): на Аляске, юге Якутии, в Забайкалье, районах Северо-Западной Сибири.

Мерзлота, конечно, реагирует не сразу. Здесь большую роль играют два обстоятельства. Первое — содержание льда. Из школьного курса физики мы знаем: чтобы нагреть на один градус один грамм воды, нужна одна калория; а чтобы перевести один грамм воды в лед или, наоборот, лед в воду, нужно около 80 калорий. Это целая энергетическая революция. Поэтому мерзлота старается держаться. Однако мы все равно видим тренды к увеличению глубин сезонного оттаивания, то есть к потеплению вечной мерзлоты там, где она осталась. Например, в зоне инженерного освоения. Допустим, вы прекрасно изучили местные мерзлотные условия, запроектировали, что ваши фундаменты будут заморожены за счет боковой поверхности. Но проходит время,

температура увеличивается и нужной степени смерзания попросту не хватает. При этом нагрузка от дома осталась прежней. Это и есть причина массовой деформации зданий и сооружений в криолитозоне.

#### — Из чего состоит вечная мерзлота?

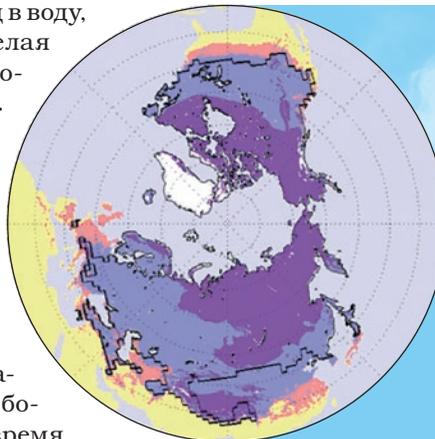
— Существуют несколько типов вечной мерзлоты: субаэральная, субгляциальная и шельфовая. Субаэральная криолитозона представлена в виде многолетнемерзлых пород. Мощности мерзлых толщ изменяются от 10–20 м до 1,5 тыс. м.

Субгляциальная криолитозона известна под ледниками архипелагов Земли Франца-Иосифа, Новой Земли, Северной Земли, где для нее характерны аномально малые для высоких широт мощности и высокие температуры, а также под ледниками в горах на Северо-Востоке России и на Алтае.

Шельфовая криолитозона распространена в арктических морях у берегов Сибири, занимает значительную часть Арктического бассейна за исключением районов, испытывающих влияние теплого Северо-Атлантического течения.

Ее состав различается в зависимости от типа. Это могут быть морозные, скальные породы, где нет льда, но окружающая температура отрицательная. Речь идет о вечномерзлой породе или грунте. По сути, это те же пески, суглинки, супеси, глины, которые почти не содержат незамерзшей воды или содержат ее чрезвычайно мало. Все остальное представлено в виде льда. Лед здесь выступает в качестве цементирующей породы.

Нужно отметить, что за счет мерзлотных (мы их называем криогенными) процессов происходит дополнительное ледонакопление. Зимой на вечной мерзлоте могут образовываться огромные ледяные жилы в результате растрескивания. Приходит весна,



**От 60% до 65% территории России — районы вечной мерзлоты (фиолетовый). Наиболее широко она распространена в Восточной Сибири и Забайкалье.**

и в эти трещины затекает вода, которая впоследствии замерзает. Постепенно трещины растут и представляют собой серьезную опасность.

Наблюдаются также бугры пучения — большие ледяные образования, положительные формы криогенного (мерзлотного) рельефа. В районах вечной мерзлоты грунты, расположенные непосредственно под озерами, не замерзают и находятся в талом состоянии. Чем больше водоем, тем больший под ним объем талых грунтов, или талик. Интересно, что само слово «талик» вошло в международную географическую терминологию. При обмелении или иссушении озера подозерный талик начинает промерзать со всех сторон. Под воздействием возникшего гидростатического давления мерзлый грунт буквально выгибается, образуя бугор пучения, ядро которого состоит из льда или льда с грунтом.

Так что вечная мерзлота — это всегда сложно структурированное образование, а ее поведение под тепловой или механической нагрузкой, реакция на климатические изменения во многом зависят именно от ее состава и состояния.

**— Известно, какие города России находятся в опасности?**

— Здесь необходимо сказать, что деформации проявляются, во-первых, по причине климатических неблагоприятных трендов, связанных с потеплением климата, увеличением осадков, в том числе летних; сезонный слой оттаивает, а дожди несут лишнее тепло к вечной мерзлоте.

Во-вторых, деформации возникают из-за техногенного влияния. В-третьих, имеют место стихийно-разрушительные процессы, над которыми человек не властен, — цунами, землетрясения и пр. В-четвертых, негативную роль играет социально-экономическая неустроенность северных регионов. Четыре главных фактора. Мы неоднократно анализировали их вклад. И, например, если говорить о крупных городах — Норильске, Воркуте, Салехарде, в какой-то степени Якутске, то 70–80% деформационных процессов основаны на вкладе техногенеза. Речь идет о снежном перераспределении, снегоотвалах, о тепловыделениях от зданий, меняющих микроклимат.

Около 15–20% деформационных процессов вечной мерзлоты в крупных городах связаны с климатическими изменениями. На маленьких национальных поселках, небольших селах это сказывается особенно сильно. Серьезная, на наш взгляд, ситуация в Воркуте, Игарке, где около 50–60% зданий деформированы или снесены.

Необходимо следить за большинством национальных поселков на севере Красноярского края, Западной Сибири, Якутии. Здесь не осуществляется мерзлотный контроль, вовремя не производятся наблюдения, хотя есть ряд методов, которые позволяют предотвратить таяние мерзлоты, пусть не в пределах всей тундры, но на застроенной территории для ответственных объектов. Среди них можно выделить два основных блока. Первый связан с использованием свайных фундаментов, в результате чего образуется так называемое

холодное проветриваемое подполье между теплом здания и поверхностью нашей Земли. Воздух — прекрасный теплоизолятор, который сдерживает тепло от попадания в мерзлоту. В криолитозоне вечной мерзлоты 75% всех зданий и сооружений построены как раз с сохранением мерзлоты, с устройством холодных проветриваемых подполий.

Последние десятилетия специалисты России, США разрабатывали технологию глубинных теплообменников. Их называют термосвайями или термостабилизаторами. Широкую известность получили термосваи известного американского инженера Эрвина Лонга. Я лично с ним знаком. Ему сейчас 105 лет, но он достаточно бодр.



*Подземный тоннель в толще вечномерзлого грунта (Музей вечной мерзлоты, г. Игарка, Красноярский край)*

Термосвая Лонга — это вертикальная труба из стали или медного сплава с надземным диффузором-радиатором, внутри которого находится легкокипящий хладагент — пропан, фреон, аммиак, керосин. Зимой теплая мерзлота вызывает испарение хладагента в нижней части сваи, а потоки холодного воздуха уносят тепло мерзлотной структуры с поверхности диффузора в атмосферу. Хладагент естественным образом конденсируется на стенках, стекает вниз, и процесс повторяется снова. Так сваи Лонга позволяют мерзлоте «пережить» летний сезон.

— **Когда говорят о вечной мерзлоте, обычно упоминают метан, чей парниковый эффект в несколько десятков раз больше, чем воздействие углекислого газа. Обоснованы ли опасения о выбросах метана из-за таяния вечной мерзлоты?**

— На международных конференциях часто звучит выражение «метановая бомба». Считается, что криолитозона — это метановая бомба замедленного действия.

4–6 тыс. лет назад на Земле было очень тепло. В нынешних районах Севера в криолитозоне накопились отложения с биогенными включениями, достаточно богатые органикой, в том числе торфами. Речь идет о метанопродуцирующих бактериях, жизнь которых, в общем-то, сводится к тому, чтобы размножиться и испустить метан. При замерзании они впали в анабиоз и действительно сохранились в вечной мерзлоте. При оттаивании, которое пока еще не катастрофично, они начинают активно продуцировать метан и размножаться. Поэтому созданы достаточно серьезные международные программы, в рамках которых ведутся регулярные наблюдения под Воркутой в Большеземельской тундре, на западе Ямала, в Якутии, на территории США. За последние 20–30 лет действительно наблюдается увеличение выбросов метана. Но оно несопоставимо со всеми рисковыми чеками Юго-Восточной Азии или с огромным числом коровников и ферм.

— **В докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата указано, что в рамках худшего сценария RCP 8.5 мерзлота может растаять до 3–4 м. Чем это грозит нашей стране?**

— Действительно, худший сценарий предполагает, что возникнет катастрофическая для природной геосистемы ситуация. В первую очередь мы просто потеряем часть территории, так как она превратится



Строительство дома на сваях (Якутск)

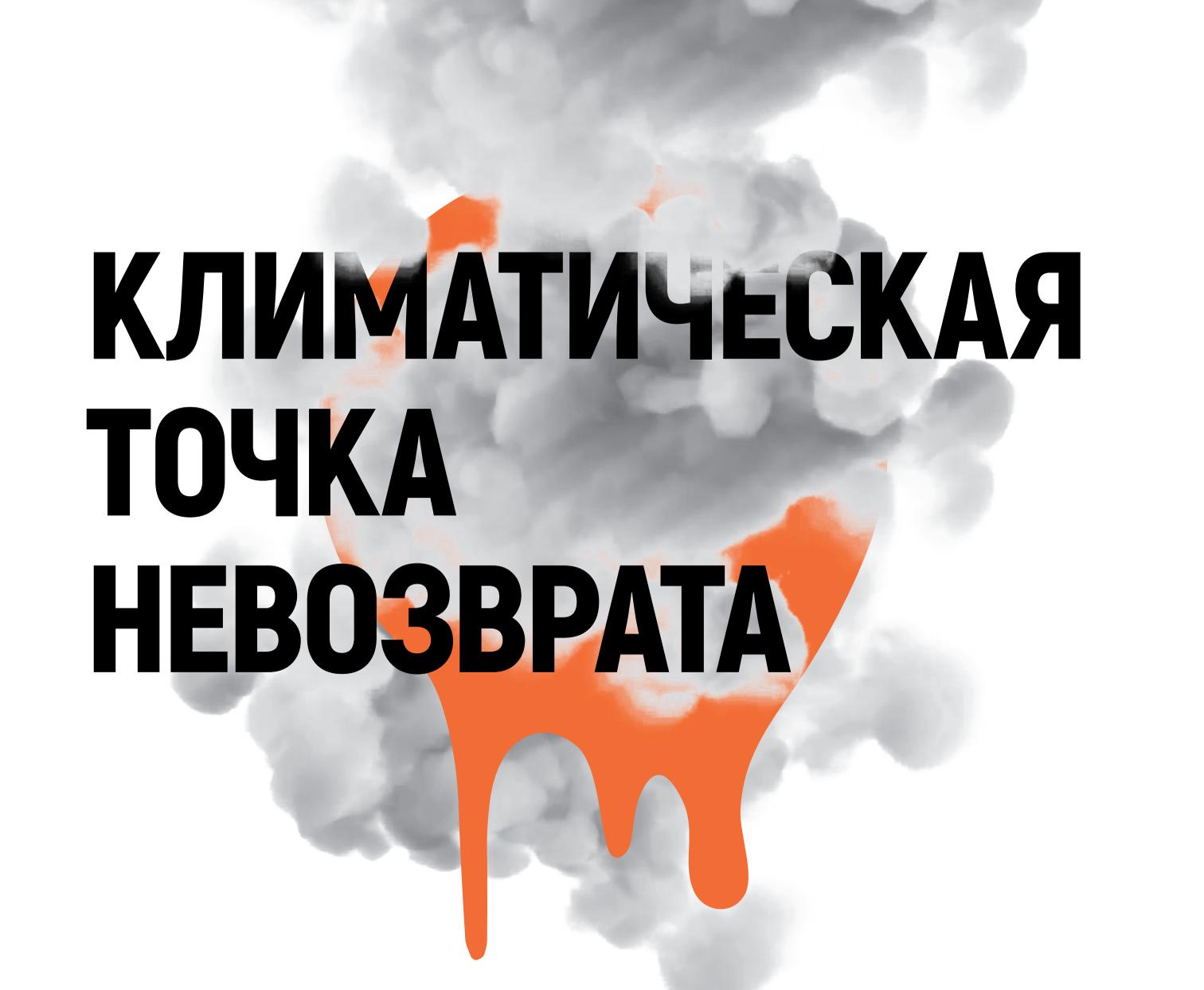
в многочисленных термокарстовых озера. А в термокарстовых озерах продолжается эмиссия парниковых газов из донных отложений.

— **Если мы ответственно подойдем к этому вопросу и пойдем по пути оптимистичного сценария, не давая температуре подняться выше 1,5° C, удастся ли сохранить вечную мерзлоту, столь значимую для нашей страны?**

— Помимо катастрофических выбросов парниковых газов таяние вечной мерзлоты угрожает активизацией болезнетворных бактерий и вирусов, которые спокойно живут в мерзлоте. Достаточно вспомнить вспышку сибирской язвы с Ямала, связанную с жарким летом. С легким ужасом можно вспомнить о чуме, которая сохранилась в мерзлом состоянии в Бурятии, Туве, Монголии.

Другой вопрос связан с хранилищами опасных отходов в Китае и России, которые ограждены мерзлыми дамбами.

Ясно, что одна из стратегий развития должна быть направлена на минимизацию повышения температуры и снижение выбросов углекислого газа. И нельзя забывать, что Арктика — это наше с вами богатство. Поэтому важно закладывать системы, позволяющие сбросить то состояние, которое было на период изыскания, и по-прежнему держать мерзлоту в союзниках. Это невозможно сделать на всех просторах таймырских тундр, но можно осуществить это по крайней мере на территориях индустриального освоения. Техническое удорожание технологий строительства вначале обеспечивает длительную безаварийную эксплуатацию, а затем и сохранение, в том числе вечномерзлых оснований. ■



# КЛИМАТИЧЕСКАЯ ТОЧКА НЕВОЗВРАТА

Согласно данным Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA) и Университета Восточной Англии, средняя годовая температура на Земле растет. Вместе с ней поднимается уровень Мирового океана. Опасения вызывают не значения температуры, а необычная скорость их изменений. Объясняет руководитель программы «Климат и энергетика» Всемирного фонда дикой природы (WWF), лауреат Нобелевской премии мира в составе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) Алексей Олегович Кокорин.

— **Алексей Олегович, что сейчас происходит с климатом? Пройдена ли некая точка невозврата или все еще можно исправить?**

— Процесс достаточно подробно описан разными учеными. Дело в том, что на естественные колебания климата, связанные с активностью Солнца, вулканизмом, взаимодействием океана с атмосферой, накладывается антропогенное воздействие в виде усиления парникового эффекта. Сейчас речь идет примерно о 5% его усиления, но даже это оказывает серьезное влияние на климатическую систему. Помимо выбросов углекислого газа существуют и другие эффекты, например глобальное затемнение — постепенное уменьшение количества глобального прямого излучения на поверхности Земли, вызванное увеличением количества аэрозольных частиц, таких, например, как сульфатные аэрозоли, в атмосфере. Первый эффект направлен в сторону потепления, второй — похолодания. И первый эффект очевидно больше второго. Грубо говоря, человечество на полтора градуса нагревает Землю и на полградуса охлаждает.

Важно отметить, что климат — сложная система с множеством внутренних колебаний, вариаций, изменений. И когда возникают дополнительные внешние воздействия, система начинает раскачиваться. Поэтому мы видим не столько сдвиг в сторону потепления, сколько частые непредсказуемые явления.

Директор Института физики атмосферы академик А.М. Обухов еще 30 лет назад сказал: «Не столько будет теплеть, сколько климат будет становиться нервным». Именно это мы и наблюдаем — раскачку климата, более частые и более сильные опасные метеорологические явления.

Теперь по поводу точки невозврата. Изменение климата, в частности усиление парникового эффекта, зависит от концентрации в атмосфере парникового газа, прежде всего  $CO_2$ . Двуокись углерода в атмосфере не разлагается. Газ поглощается океаном и наземными экосистемами. Однако эти процессы медленные и их недостаточно. Поэтому нельзя сказать, что концентрация углекислого газа будет снижаться. Скорее всего, ее рост постепенно замедлится по мере того, как человечество будет

Глобальная климатическая забастовка «У нас нет планеты В», Нюрнберг, 2019 г.





Кандидат физико-математических наук А.О. Кокорин

осваивать зеленую энергетику, зеленую экономику. Тогда, возможно, Мировой океан сможет поглотить большую часть  $\text{CO}_2$ . Очевидно, что это случится в достаточно далеком будущем. Поэтому в каком-то смысле точка невозврата пройдена.

Более того, расчеты показывают, что, несмотря ни на какие принимаемые меры, на ближайшие лет 30–40 все уже предопределено. Человечество не может так быстро повлиять на глобальное потепление, климатическая система слишком большая по масштабу (ведь она включает Мировой океан, во всяком случае, его верхние слои) и сложная по характеристикам.

Конечно, изменения существенные. Конечно, изменения более негативные, чем позитивные, даже в нашей холодной стране. Но говорить о глобальном катаклизме было бы крайне опрометчиво. С другой стороны, надо понимать, где вы находитесь. Если вы живете в тихоокеанском государстве Кирибати, а вам говорят, что ваш остров прекратит существование через 30–60 лет, то для вас это действительно катастрофа. И, разумеется, жители подобных небольших государств очень громко призывают ООН срочно прекратить выбросы парниковых газов вообще. Проблем, вызванных глобальным потеплением, конечно, много, но нужно относиться к этому с пониманием и засучив рукава, а не крича об апокалипсисе.

— **В связи с пандемией появился мем «Природа настолько очистилась, что...», отражающий уменьшение количества авиаперелетов, остановку промышленных предприятий и т.д. Складывается**

**впечатление, что глобальное потепление тем самым немножко затормаживается. Так ли это на самом деле?**

— Вы верно отметили: затормаживается. Но продолжается. Ведь этот процесс зависит от концентрации парниковых газов в атмосфере. Поток в этом году действительно меньше, но прибавка концентрации все равно есть. Это значит, что средняя температура все-таки будет расти.

— **В одном из интервью вы говорили, что промышленность и отрасль добычи полезных ресурсов необходимо адаптировать к изменениям климата. Как это можно сделать?**

— Адаптировать приходится все — и нашу жизнь, и инфраструктуру городов, и даже охрану природы. Всемирный фонд дикой природы, где я работаю, уже создает охраняемые территории с учетом изменений климата и адаптации к ним. Если пути миграции, скажем, северных оленей меняются, это нужно учитывать заранее. Что касается промышленности, то, безусловно, у каждой отрасли свои беды. Лесные компании элементарно не могут вывезти ресурсы из леса, поскольку зимние дороги не замерзают или замерзают недостаточно для того, чтобы прошли лесовозы. Если мы говорим об энергетике, то здесь другие проблемы: например, линии электропередач чаще обледеневают зимой, а при жаркой погоде провода провисают, касаются друг друга, что приводит к короткому замыканию.

Но есть и позитивные тренды. Многие страны мира начинают постепенно снижать выбросы парниковых газов. Например, в Китае над этим активно работают, прежде всего — чтобы убрать ужасное загрязнение воздуха. В странах Европы уделяют внимание энергетической безопасности. Они понимают, что изменение климата надо затормозить, и они готовы платить большие деньги за снижение выбросов. И здесь нужно внимательно следить за ситуацией: ведь сначала упадет спрос на российский уголь на европейском рынке, а потом на азиатском. Скорее всего, рухнет спрос на нашу нефть, а в конце концов — даже на наш газ. В стратегических документах правительства это уже отмечено, но многие компании предпочитают не думать о далеком будущем в погоне за прибылью, в то время как все развивается быстро и, скорее всего, будущее это не такое далекое.

— **Как научиться фильтровать информацию? На что нужно ориентироваться человеку, озабоченному проблемой климата?**

— В идеале — читать научные статьи в профильных журналах: «Фундаментальная и прикладная климатология», «Метеорология и гидрология», «Известия РАН. Физика атмосферы и океана». Но это вариант для тех, у кого есть время на подобное чтение. Можно сделать проще: зайти на сайт Росгидромета в раздел «Климатическая продукция». Ежеквартально организация выпускает подробный доклад с новыми данными о климате. А каждые два месяца выходит бюллетень «Изменение климата». И, конечно, множество информации размещено на сайте Климатического центра Росгидромета.

— **Что может сделать каждый из нас, чтобы исправить ситуацию?**

— Сейчас необходимо признать проблему и рассказать о ней другим. То есть понять, что происходит с климатом, признать, что это не выдумка, не страшилка, а реальность, и рассказать о ней своим родным, друзьям, коллегам. Чем больше будет понимания, тем больше разумных действий мы сможем совершить и тем меньше будем бояться перемен. Изменение климата — это не метеорит, который летит на Землю. Это, скорее, асфальтовый каток, который

катится медленно, но верно. Асфальтовый каток не такой быстрый, поэтому мы можем успеть повытаскивать что-то из-под него. Это и есть меры адаптации. А чтобы попытаться его остановить, надо всем вместе подпирать его плечом долго-долго, пока он в конце концов не остановится. Откатить его назад, возможно, смогут наши далекие потомки.

Если человек хочет как-то повлиять на ситуацию лично, то в целом все меры борьбы с глобальным потеплением связаны с рациональным использованием ресурсов. Например, энергия и топливо — это тоже ресурсы. И, пожалуй, самый большой расход ресурсов в расчете на одного пассажира приходится на авиаперелеты. Мы понимаем, что самолет — гораздо менее экономичное транспортное средство, чем автомобиль. Поэтому постарайтесь меньше летать на самолете. Я не призываю отказываться от полетов в отпуск, но где-то можно, скажем, проехать и на поезде. Современные поезда стали гораздо лучше. А встречи можно проводить удаленно с помощью любимейшей всем платформы Zoom. Тогда, наверное, и выбросов парниковых газов станет меньше, и ваша семья будет рада, что вы не улетели в очередную командировку. ■

**Беседовала Анастасия Пензина**



**Солнечная электростанция** мощностью 0,603 МВт, вдохновленная проектом «Реальность климата» (Япония)



АСТРОНОМИЯ

# Межзвездные

Две недавно обнаруженные космические глыбы, прилетевшие из-за



*1I/ʻOumuamua* — первый межзвездный объект, когда-либо обнаруженный в Солнечной системе, пролетел вблизи Земли в 2017 г.

# ДНК ИТАСКИТАЛЬЦЬ

пределов Солнечной системы, поставили астрономов в тупик

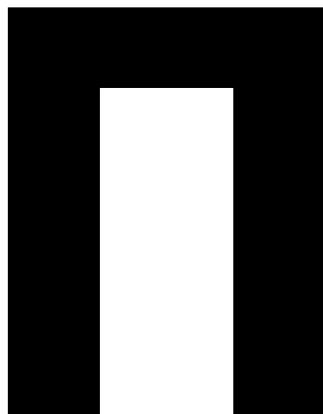
*Дэвид Джуитт и Амайя Моро-Мартин*

## ОБ АВТОРАХ

**Дэвид Джуитт** (David Jewitt) — астроном из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, изучает примитивные небесные тела в Солнечной системе и за ее пределами.



**Амайя Моро-Мартин** (Amaya Moro-Martín) — астроном из Института исследований космоса с помощью Космического телескопа в Балтиморе, исследует планетные системы и экзокометы.



Одним вечером 24 октября 2017 г. одному из нас (Дэвиду Джуитту) пришло электронное письмо с новостью о событии в небесах, которая вызвала замешательство. Астроном Давиде Фарноккиа (Davide Farnocchia) из Лаборатории реактивного движения NASA сообщил о новом объекте на небе с очень странной траекторией. Обнаруженный шестью днями ранее астрономом Гавайского университета Робертом Вериком (Robert Weryk), объект, первоначально обозначенный как *P10Ee5V*, двигался так быстро, что Солнце не в состоянии было удержать его на орбите. Его расчетная орбита была не замкнутым эллипсом, а открытой кривой, а значит, он никогда к нам не вернется.

«Требуется дополнительные данные наблюдений, — писал Фарноккиа, — но, по всей видимости, его орбита гиперболическая». Через несколько часов Джуитт написал имеющей связи в Норвегии Джейн Луу (Jane Luu), с которой уже давно сотрудничал, о наблюдении нового объекта с помощью Северного оптического телескопа в Испании. Многие другие обсерватории во всем мире одновременно бросились его искать.

Так началась новая эра в астрономии. Объект, переименованный в *C/2017 U1* (*C* означает «комета»), затем в *A/2017 U1* (*A* — «астероид») и, наконец, в *1I/ʻOumuamua*, стал первым из когда-либо наблюдавшихся в Солнечной системе небесных тел, родившихся за ее пределами. Индекс *1I* в названии указывает на его официальный статус как первого обнаруженного межзвездного объекта (*I* — от *Interstellar*), а название Оумуамуа (в переводе с гавайского языка — «Первый посланник издалека») было предложено Вериком и его коллегами, которые сделали это открытие с помощью телескопа *Pan-STARRS* на гавайском острове Мауи.

Первое, что привлекло внимание астрономов, — это необычайно большая скорость

объекта относительно Солнца. С учетом силы притяжения нашего светила гиперболический избыток скорости *1I/ʻOumuamua* составлял 26 км/с. Взаимодействие ни с одним из небесных тел Солнечной системы не могло разогнать его до такой скорости, а гравитация Солнца не может удержать никакой объект, движущийся столь быстро; *1I/ʻOumuamua* должен был прилететь извне.

Какой путь мог проделать этот объект? Насколько мы способны судить, он, по-видимому, блуждал по Галактике сотни миллионов лет. Наблюдения дают основания предполагать, что он прилетел со стороны Веги, яркой звезды в созвездии Лира, хотя Вега не была в тот момент в том месте, где *1I/ʻOumuamua* находился примерно 300 тыс. лет назад.

Астрономы уже давно предполагали, что межзвездные небесные тела пролетают через Солнечную систему, но фактическое их обнаружение стало большой неожиданностью. Всего лишь за год до этого Тони Энгельхардт (Toni Engelhardt), работавший тогда в Гавайском университете, и его коллеги в ходе исчерпывающего анализа пришли к выводу, что перспектива обнаружить такого межзвездного



2I/Borisov — второй из известных межзвездных скитальцев, впервые был замечен в 2019 г.

скитальца «представляется довольно туманной», — считалось, что они слишком маленькие и блеклые, чтобы можно было надеяться их найти. Но когда мы узнали об Оумуамуа больше, наше удивление переросло в полнейшее замешательство. Все от его формы и размеров до отсутствия свойств, присущих кометам, шло вразрез с нашими ожиданиями. Если это был типичный пришелец из большой Вселенной, нам предстоит еще многое узнать.

### Артефакт внеземной цивилизации или комок космической пыли?

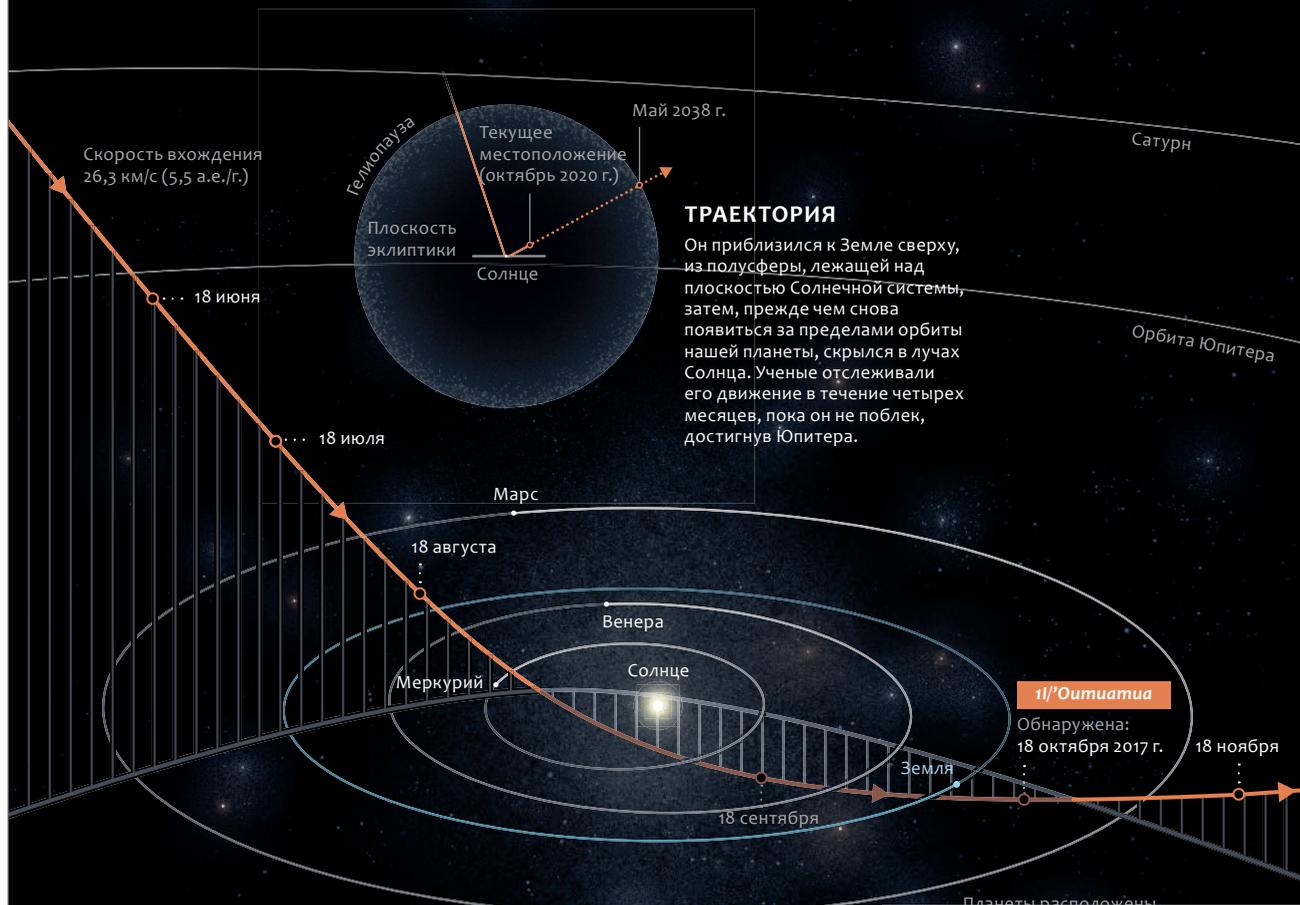
Наблюдения с помощью Северного оптического и других телескопов вскоре показали, что у 1I/Оумуамуа нет ни хвоста, ни окружающей ядро комы из пыли и сублимированного льда, превращающегося из твердого состояния непосредственно в газ, — характерной черты комет. За исключением уникальной орбиты Оумуамуа выглядел скорее как каменный астероид. Между тем, если учесть, что он прибыл из межзвездного пространства, где средняя температура всего на несколько градусов выше

абсолютного нуля, отсутствие свидетельств сублимации льда было поразительным. Вода, самая распространенная молекула во Вселенной после молекулярного водорода, непременно должна была присутствовать.

Следующая странность — форма объекта. Астрономы используют яркость астероида в качестве характеристики его размера, потому что более крупные объекты отражают на Землю больше солнечного света. Средняя яркость 1I/Оумуамуа предполагала диаметр около 100 м — довольно мало по сравнению с большинством известных астероидов. И если бы Оумуамуа был так же далеко, как пояс астероидов Солнечной системы, мы бы никогда его не увидели. Но нам повезло: он прошел очень близко от нас — около 60 млн км, что составляет всего 40% среднего расстояния между Солнцем и Землей. Яркость большинства астероидов, по форме напоминающих вращающиеся в космосе бугорчатые картофелины, периодически изменяется, поскольку они демонстрируют Земле попеременно то меньшие, то большие свои стороны. Наблюдение за этим вращением

# 11/'Oumuamua

Многие характеристики этого объекта, первого гостя из межзвездных просторов, обнаруженного в Солнечной системе, похоже, полностью противоречат тому, что ученые ожидали увидеть у таких визитеров. Удивляет, например, его очень сильно вытянутая продолговатая форма, и, похоже, помимо гравитации на него действует некая сила, несмотря на то что в отличие от комет у него не замечено выбросов газа.



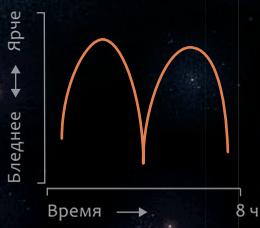
### ТРАЕКТОРИЯ

Он приблизился к Земле сверху, из полусферы, лежащей над плоскостью Солнечной системы, затем, прежде чем снова появиться за пределами орбиты нашей планеты, скрылся в лучах Солнца. Ученые отслеживали его движение в течение четырех месяцев, пока он не поблек, достигнув Юпитера.

### 11/'Oumuamua

Обнаружена: 18 октября 2017 г.

18 ноября



Планеты расположены в соответствии с датой обнаружения



### ОБНАРУЖЕНИЕ

Первым заметил Роберт Верик с помощью 1,6-м телескопа Pan-STARRS на гавайском острове Мауи



### ОБЛИК

Его точные размеры неизвестны, но его сильно удлинённая форма не похожа ни на одно из тысяч небесных тел Солнечной системы, которые были изучены

### КРИВАЯ ЯРКОСТИ

Все, что астрономам известно о форме 11/'Oumuamua, получено из его кривой блеска — изменения яркости отраженного им света. Очень резкие изменения показывают, что, должно быть, он очень сильно вытянут и иногда демонстрирует нам маленькую отражающую поверхность, а иногда большую.

### ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Наиболее вероятно, что этот объект — кусок строительного материала далекой планетной системы, выброшенный из нее давным-давно

SOURCE: SMALL-BODY DATABASE BROWSER, JET PROPULSION LABORATORY/NASA (trajectory); Illustration by Matthew Womby

позволяет построить «кривую блеска», график изменения яркости астероида, которая говорит нам о периоде вращения и позволяет оценить его геометрические пропорции. В декабре 2017 г. ученые опубликовали кривую блеска Оумуамуа. В течение примерно восьми часов периодическое изменение яркости ничем не отличалось от изменения яркости астероидов Солнечной системы. Но в то время как яркость большинства астероидов при вращении изменяется на 10–20%, яркость Оумуамуа (беспрецедентный случай) изменялась в десять раз, что говорит о его удивительной форме, похожей на иглу, которая попеременно обращает к нам то свою большую и яркую поверхность, то узкое острие.

Сходство размеров и пропорций объекта с большой ракетой — например, с «Сатурном-5», высотой примерно 110 м и 10 м в диаметре, — не заметить было трудно. И в самом деле: астрономы, исследующие небо в поисках астероидов и комет, время от времени заново «открывают» отработавшие ступени ракет, обращающиеся вокруг Солнца, как это было в случае с объектом 2000 SG344, обнаруженным в 2000 г., который, по всей видимости, остался от программы «Аполлон». Однако орбита *II/Oumuamua* была слишком далекой, чтобы это была ракета, запущенная в 1960-х гг. Неужели это ракета другой цивилизации? Как бы невероятно это ни звучало, но ученые не могли сразу отвергнуть такую возможность на основании имеющихся у них данных.

Пока астрономы бились над этой головоломкой, они получили еще один сюрприз. В июне 2018 г. итальянский астроном Марко Микели (Marco Micheli) из Европейского космического агентства и его коллеги сообщили результаты своих измерений орбиты *II/Oumuamua*, которые показали, что помимо гравитационных сил со стороны Солнца и планет на это небесное тело действует также слабая реактивная сила.

Хорошо известно, что на кометы воздействуют так называемые негравитационные силы, возникающие в результате асимметричной отдачи при сублимации льда с дневной стороны ядра кометы. Но Оумуамуа — не комета. И не было замечено никаких свидетельств того, что этот объект вообще теряет массу, что в принципе могло бы объяснить эту силу. Быть может, Оумуамуа испускает только газ, который обнаружить труднее, чем кометную пыль? Может быть. Но это сделало бы Оумуамуа исключительным: астрономы не знают ни одного другого космического объекта, который выделял бы газ и не выбрасывал бы частицы пыли или льда. Микели предположил, что, возможно,

Оумуамуа выбрасывает очень крупные частицы пыли, невидимые для наших телескопов.

В ноябре 2018 г. Шмуэль Бялы (Shmuel Bialy) и Ави Леб (Avi Loeb) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра предположили, что негравитационная сила может быть вызвана солнечным светом, который оказывает слабое давление на любой объект, находящийся на его пути. Однако чтобы испытывать достаточно сильное световое давление, которое мы могли бы измерить, Оумуамуа должен быть либо чрезвычайно тонким, как лист майлара (алюминированного пластика, из которого делают воздушные шарики), либо иметь очень низкую плотность. Бялы и Леб предположили, что, возможно, этот объект — «световой парус», плоское транспортное средство в виде паруса, посланное другой цивилизацией и сконструированное так, чтобы через космос его толкал свет звезд.

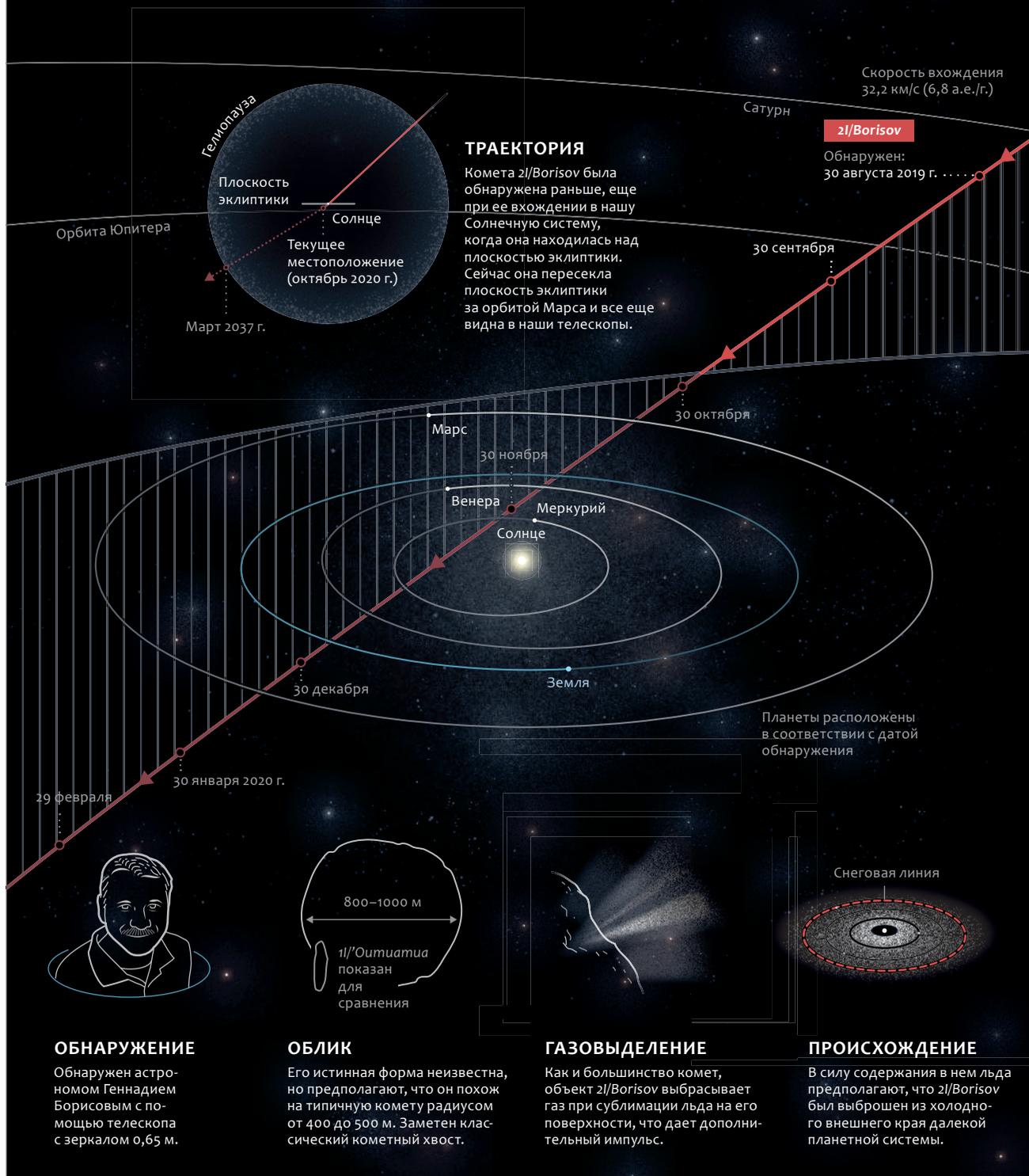
## Сходство размеров и пропорций объекта с большой ракетой не заметить было трудно

Какой бы интригующей ни была эта идея, большинство астрономов склоняются в пользу естественного происхождения *II/Oumuamua*. В феврале 2019 г. Амайя Моро-Мартин рассчитала, что для того, чтобы Оумуамуа двигался так под действием солнечного света, он должен быть в 100 раз менее плотным, чем воздух. Такой космический пылевой шарик — «агрегированный ледяной фрактал» — мог вырасти во внешних областях протопланетного диска другой звезды, где нарождающиеся планеты формируются в результате сгущения обломков льда и пыли. Минувшим летом Луу, Эйрик Флеккей (Eirik Flekkøy) и Рено Туссен (Renaud Toussaint) из Университета Осло высказали предположение, что Оумуамуа вырос из скопления частиц пыли в коме активной кометы, а затем оттуда сбежал. Такого рода материал на Земле не встречается, но предположительно мог бы выжить в абсолютном вакууме межзвездного пространства.

Если принимать во внимание то, насколько необычен сам *II/Oumuamua*, самым невероятным образом звучит возможность того, что подобные ему объекты — должно быть, рядовое явление. Мы знаем, что это относительно мелкое небесное тело было обнаружено только потому, что пролетало близко к Земле, и что люди получили возможность наблюдать

## 2I/Borisov

Второй известный нам межзвездный скиталец — во многих отношениях полная противоположность первому. Он похож на обычную комету, имея типичную округлую форму, и не демонстрирует неожиданных движений. 2I/Borisov по всем параметрам совпадает с предсказаниями астрономов относительно визитеров из-за пределов нашей Солнечной системы и с большой вероятностью представляет собой остатки строительных блоков планет, выброшенных из внешней области нарождающейся планетной системы.



SOURCE: SMALL-BODY DATABASE BROWSER, JET PROPULSION LABORATORY/NASA (trajectory); Illustration by Matthew Womby

такой объект всего несколько лет назад (установка *Pan-STARRS* вступила в эксплуатацию в 2010 г., но достигла полной работоспособности лишь недавно). Если основываться на одной лишь статистике, эти два факта позволили ученым оценить количество подобных межзвездных скитальцев на единицу объема космического пространства. Оно составляет около одной на десять кубических астрономических единиц (астрономическая единица — это расстояние между Землей и Солнцем). Таким образом, в планетной области Солнечной системы, определяемой как сфера с радиусом, равным радиусу орбиты Нептуна, должно находиться около 10 тыс. аналогичных объектов, из которых Оумуамуа — лишь первый, достаточно близкий к нам, чтобы его можно было обнаружить за время с начала работы установки *Pan-STARRS*. Если этим объектам требуется около десяти лет, чтобы пересечь планетную область, средняя частота прибытия космических скитальцев должна составлять около трех в сутки!

Какие же предположения о происхождении *II/Oumuamua* можно сделать исходя из этой величины? Может быть, инопланетяне обладают возможностью послать ракету размером с «Сатурн-5» или большой кусок вещества, подобного майлару, чтобы он пролетел через Галактику и нашу Солнечную систему, но зачем им посылать так много? Еще более удивительно то, что если мы экстраполируем наш анализ с Солнечной системы на весь Млечный Путь, то обнаружим, что в нашей Галактике должно быть от  $1 \times 10^{24}$  до  $1 \times 10^{25}$  (от 1 трлн до 10 трлн трлн) аналогичных объектов. Трудно поверить, что внеземная цивилизация способна заполнить Галактику таким количеством космического мусора, и еще труднее понять, зачем ей это нужно. Таким образом, исходя из известного принципа, что необычные утверждения требуют надежных доказательств, большинство астрономов полагают, что *II/Oumuamua* — это всего лишь каменный обломок странной формы, но естественного происхождения из какой-то другой части Галактики.

### Второе открытие

Исключительная странность *II/Oumuamua* заставила астрономов с нетерпением ждать открытия второго межзвездного скитальца. Будет ли следующий таким же необычным или же будет выглядеть как обычная комета Солнечной системы или астероид, движущийся без участия сил негравитационной природы?

Не зная ответов на эти вопросы, мы предсказали, что второй объект прилетит в течение

года-двух, исходя из оценки, что на десять кубических астрономических единиц должно приходиться около одного тела типа *II/Oumuamua*. К нашему восторгу, через два года после Оумуамуа астроном Геннадий Борисов обнаружил объект *C/2019 Q4*. Вскоре тот был переименован в *2I/Borisov* — второй межзвездный объект. Его орбита даже более экстремальна, чем орбита Оумуамуа, но, по всей видимости, это вполне обычная комета. Измерения с помощью Космического телескопа «Хаббл» показали, что ее ядро больше, чем ядро Оумуамуа, и имеет радиус 0,2–0,5 км. В отличие от Оумуамуа кривая блеска объекта *2I/Borisov* не имеет экстремального характера, а его негравитационное движение — простое следствие асимметричного истечения газов, когда лед отрывается от его поверхности, точно так же как и у комет Солнечной системы. В марте этого года он на короткое время ярко вспыхнул, а затем раздвоился, когда от него оторвался небольшой кусочек ядра, что нередко наблюдается и у комет Солнечной системы. Другими словами, это небесное тело — именно то, что мы и ожидали увидеть в качестве межзвездного объекта.

Наши ожидания базируются на теориях образования планет, которые предлагают готовый механизм выталкивания некоторых объектов из их родных планетных систем в Галактику, где в конечном итоге они могут забрести в наш маленький уголок космоса. Исследования показывают, что формирование планет начинается упорядоченно, но заканчивается хаосом. Солнце, например, родилось 4,6 млрд лет назад в сплюсненном вращающемся диске, который рос по мере того, как гигантское молекулярное облако сжималось под действием собственной гравитации. Этот диск из газа, льда и пыли, питающий нарождающуюся звезду, в центре был очень плотным, что позволяло крошечным зернам сталкиваться и прилипать друг к другу. Сначала образовывались мелкие камни, затем более крупные небесные тела, называемые планетезималиями, а затем и планеты. Некоторые планетезималии, будучи рассеянными во внешнюю часть Солнечной системы вскоре после своего образования, перестают расти и нагреваться. Там, в условиях глубокого холода, с тех самых пор они остаются практически неизменными.

Однако иногда эти небесные тела рассеиваются обратно во внутреннюю часть Солнечной системы, где солнечное тепло вызывает сублимацию льда, из которого они состоят; у них образуются хвосты из выброшенного материала, и мы называем их кометами. Другие планетезималии безвозвратно изгнаны из Солнечной

системы, и им суждено провести вечность, дрейфуя среди звезд. Затерянный в просторах Млечного Пути, такой объект имеет ничтожно малую вероятность снова залететь в планетную систему, где он родился, но его, безусловно, может отклонить гравитация какой-нибудь далекой звезды. Учитывая хаотичный характер этого процесса и многочисленные встречи *11/Oumuamua* и *2I/Borisov*, произошедшие до того, как они прилетели к нам, мы, скорее всего, так никогда и не узнаем, как долго дрейфуют эти объекты, и не определим с уверенностью место их рождения.

Тем не менее мы с достаточной степенью уверенности можем утверждать, что *2I/Borisov* — это ледяная планетезималь из внешних областей протопланетного диска неизвестной звезды. Фактически все, что мы узнали о *2I/Borisov* — в том числе доказательство того, что некоторые межзвездные объекты выглядят именно так, как мы и ожидали, — только подчеркивает странность Оумуамуа. С учетом огромных различий между этими двумя небесными телами нет оснований предполагать, что они имеют общее происхождение.

Астрономы все еще пытаются понять, что же такое *11/Oumuamua*, и новые идеи рождаются довольно часто. Одна из недавних гипотез, выдвинутых в мае этого года Дэриллом Селигманом (Darryl Seligman) из Чикагского университета и Грегори Лафлином (Gregory Laughlin) из Йельского университета, состоит в том, что Оумуамуа — это новый тип небесных тел, состоящих из льда молекулярного водорода, космический айсберг, возникший в самых холодных областях молекулярного облака. Однако в июне Ави Леб и Тхьем Хоанг (Thiem Hoang) из Корейского института астрономии и космических исследований заявили, что молекулярный водород настолько летуч, что такое тело не могло ни образоваться в молекулярном облаке, ни выжить в межзвездном путешествии. Другой вариант, который предложили в апреле Юнь Чжан (Yun Zhang) из Национальной астрономической обсерватории Китайской академии наук и Дуглас Лин (Douglas N.C. Lin) из Калифорнийского университета в Санта-Крузе, заключается в том, что, возможно, Оумуамуа — это обломок, образовавшийся в результате гравитационного перемалывания планеты или другого небесного тела, пролетевшего слишком близко от своей родительской звезды.

Даже если оставить в стороне странные свойства Оумуамуа, сам факт, что объект вообще был обнаружен, противоречит общепринятым представлениям о формировании планетных систем, которые предполагают, что

межзвездные визитеры должны прилетать очень редко. Мы можем оценить количество межзвездных планетезималей, которые ожидаем найти в единице объема космоса, основываясь на наблюдаемом количестве звезд и наших знаниях о формировании звезд и планет, эволюции и динамике звезд. Расчет их числа сопряжен с множеством неопределенностей, но «щедрая оценка» верхнего предела дает по крайней мере одну десятую или даже сотую величины ранее упомянутой оценки статистической частоты, составляющей 10 тыс. таких объектов в планетной области. Проще говоря, мы не можем объяснить такое количество мусора в Галактике. Возможно, когда мы обнаружим больше визитеров и лучше их изучим, расчетные и оценочные значения их плотности в космосе начнут сходиться. Но возможно и то, что мы не учли важный источник межзвездных объектов: может быть, в ходе некоего процесса в космосе, помимо описанного нами рассеяния планетезималей, образуются небесные тела, которые и прилетают к нам.

### Разносчики жизни из далеких миров

Обнаружение межзвездных визитеров не только помогает нам понять, как формируются планетные системы, но, возможно, также имеет отношение и к одной из фундаментальных загадок науки: как зародилась жизнь на Земле? Одна из гипотез, называемая панспермией, заключается в том, что семена древних организмов путешествовали на астероидах, прилетевших из других звездных систем.

Точно так же как мы предполагаем, что межзвездные тела время от времени залетают в нашу Солнечную систему, мы должны предположить, что иногда они на нашу планету падают. Исходя из значения «один объект на десять кубических астрономических единиц» — оценка, которую мы получили в результате обнаружения *11/Oumuamua* и *2I/Borisov*, — мы можем прикинуть, что подобные объекты падают на Землю примерно раз в 100–200 млн лет, что в тысячи раз реже, чем астероиды аналогичного размера. Большинство из них, вероятно, взорвутся и разлетятся в атмосфере, но некоторые действительно упадут на поверхность Земли. По оценкам ученых, за миллиарды лет на Землю должно было упасть несколько миллиардов тонн межзвездного материала.

Могли ли эти контрабандисты занести жизнь на нашу планету? Современное научное представление о панспермии восходит к XIX в. Удивительно, но астероиды и кометы — вероятно, хорошие хранители хрупкой клеточной жизни. Вредоносные космические лучи, способные разрушать ДНК, проникают в твердое

вещество всего на несколько метров, поэтому живые клетки, упрятанные внутри каменистой породы, могут пережить межзвездные путешествия, длящиеся миллионы или даже сотни миллионов лет. При почти нулевой температуре межзвездной среды любые клетки будут находиться в анабиозе. Им нужно будет перенести огромные перегрузки при падении на планету, но это может быть не столь проблематичным, как кажется. Эксперименты уже показали, что земные бактерии способны выдерживать соударения с космической скоростью. Хотя нет никаких доказательств того, что жизнь распространяется по Галактике, путешествуя в недрах астероидов и комет, учитывая наше нынешнее невежество в этом вопросе, мы должны признать, что такая возможность существует.

Чтобы лучше изучить межзвездные объекты, нам нужно обнаружить большее их количество. Сегодня, когда для дальнейшего изучения есть только два, наши возможности ограничены. К счастью, новые достижения в астрономии делают весьма вероятным, что скоро мы обнаружим десятки аналогичных объектов и эти открытия позволят нам точнее отследить статистические данные и лучше понять их физические свойства. Большинство профессиональных телескопов имеют очень маленькое поле зрения, часто всего несколько тысячных площади полной Луны. Но оптика и большие фотоприемники способны сегодня запечатлеть всю Луну и даже больше в одном кадре, а все небо — за одну-две ночи непрерывного наблюдения. Мощные компьютеры позволяют сравнивать последовательные сканы всего неба в поисках движущихся объектов, включая межзвездных скитальцев.

Более широкая выборка межзвездных объектов поможет нам ответить на многие вопросы о самих объектах. Сколько межзвездных скитальцев странным образом характеризуются отсутствием льда и имеют продолговатую форму, как *II/Oumuamua*, и сколько похожат на комету, как *2I/Borisov*? Есть ли образцы большего размера? А меньшего? Из чего они состоят? Действительно ли некоторые из них достаточно пористые, чтобы их могло разогнать давление света? Новые данные обсерватории «Рубин», которая в настоящее время сооружается на вершине горы в Чили, позволят взглянуть на них свежим взглядом. Диаметр собирающего зеркала телескопа «Рубин» — 8,4 м, а его фотоприемник состоит из 3 млрд пикселей, что всего лишь десять лет назад было немыслимо. Каждый кадр, заснятый этой гигантской камерой, покрывает площадь, в 40 раз превышающую видимую площадь Луны, что станет огромным прогрессом в астрономии. Кроме того, он

будет систематически более глубоко, чем когда-либо ранее, исследовать небо — и на регулярной основе. Ожидается, что новый телескоп обнаружит множество межзвездных скитальцев, а также огромное число астероидов, комет и объектов пояса Койпера в нашей Солнечной системе.

Чтобы по-настоящему понять природу какого-нибудь из межзвездных скитальцев, хотелось бы отправить космический зонд, чтобы посетить его или даже приземлиться на него. Практическая проблема здесь состоит в том, что в нашем распоряжении не будет много времени на раскачку, потому что эти объекты движутся очень быстро. Оумуамуа стал невидимым даже для самых больших телескопов спустя уже несколько месяцев после его открытия. *2I/Borisov* будет слишком тусклым, чтобы его можно было обнаружить через год или два. Для сравнения: подготовка космической экспедиции часто длится десятилетие и более, включая проектирование, утверждение, постройку и запуск космического аппарата, что не позволяет заранее запланировать посещение какого-либо конкретного межзвездного визитера. Возможное решение — отправить космический корабль на так называемую орбиту ожидания, не зная наперед, куда отправится экспедиция. Эта идея лежит в основе «Перехватчика кометы» (*Comet Interceptor*) Европейского космического агентства, который планируют отправить в космос в 2028 г. Перехватчик в режиме ожидания будет находиться в точке Лагранжа *L2* системы «Солнце — Земля» на расстоянии 1,5 млн км, где легко поддерживать его стабильную орбиту в ожидании пролета интересующего нас объекта. Однако для встречи с межзвездным визитером перехватчику не хватит мощности — разве что только тот случайно пролетит очень близко к *L2*.

Более мощные ракеты по определению тяжелые и стоят дорого. Даже если пролет возможен, разогнаться до скорости гиперболической орбиты, чтобы забрать образец, будет непросто. Другой вариант — космические корабли, использующие двигательные установки на новых принципах, такие как ускоряемые лазерным лучом с Земли или давлением солнечного излучения световые паруса, но это сопряжено с собственными трудностями. Тем не менее перспектива с близкого расстояния изучить объект, который, вне всяких сомнений, возник за пределами нашей Солнечной системы, уникальна, и ученые не побоялись предложить способы сделать это. Так или иначе мы выведем секреты межзвездных скитальцев. ■

**Перевод: А.П. Кузнецов**





ВИРУСОЛОГИЯ

# ЧЕМУ НАС НАУЧИЛ СПИД

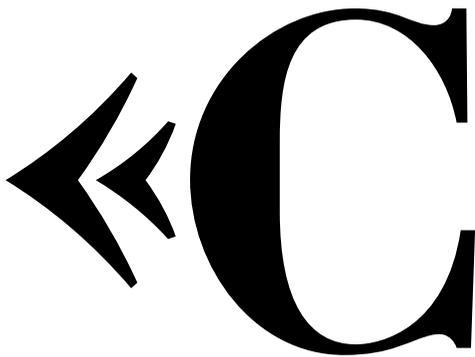
Из пандемии СПИДа можно  
извлечь урок, полезный для  
борьбы с *COVID-19*

Уильям Хэзелтайн

Illustration by So/Cotti

## ОБ АВТОРЕ

**Уильям Хэзелтайн** (William A. Haseltine) — бывший профессор Гарвардской медицинской школы и создатель отделений, занимающихся исследованием рака и ВИЧ/СПИД. Председатель и президент международного аналитического центра здравоохранения ACCESS Health International. Основал более десятка биотехнологических компаний. Автор книг «Снова в школу: вопросы и ответы для учеников и родителей во время пандемии COVID-19» (A COVID Back to School Guide: Questions and Answers for Parents and Students) и «Руководство для семей по COVID-19: вопросы и ответы для родителей, бабушек, дедушек и детей» (A Family Guide to COVID-19: Questions and Answers for Parents, Grandparents and Children).



Сегодня мы участвуем в очередной смертельной битве человека с патогенами. Подобные битвы определили ход человеческой истории и эволюции. Мы знаем нашего противника в лицо, на сей раз это крошечный вирус». Я произнес эти слова, когда выступал перед подкомитетом Сената США 26 сентября 1985 г. Я говорил о ВИЧ, но сегодня мог бы сказать то же самое о коронавирусе, с которым мы все столкнулись.

Как и любые другие вирусы, коронавирусы — искусные взломщики генома. SARS-CoV-2 успешно взломал наш. Подумайте об этом вирусе как об умной биологической машине, постоянно экспериментирующей с ДНК, чтобы приспособиться к той экологической нише, которую он занимает. Вирусу удалось вызвать пандемию в значительной степени благодаря трем моментам нашей уязвимости: несостоятельности в организации биологической защиты, склонности сбиваться в группы и бурным политическим разногласиям.

Как будет разворачиваться противостояние в ближайшие годы и десятилетия? Какими будут человеческие потери, выраженные в количестве смертей, болезней, повреждений организма и других проблем? Насколько эффективно новые вакцины и способы лечения смогут остановить или даже уничтожить вирус?

Никто не знает. Но несколько уроков, полученных во время длительной борьбы с ВИЧ (вирусом иммунодефицита человека, который вызывает заболевание СПИД), могут подсказать нам, что будет дальше. ВИЧ/СПИД — одно из самых страшных бедствий, с которыми сталкивались люди. ВИЧ — эксперт в деле

взламывания генома. К концу 2019 г. общее число погибших от этого вируса во всем мире составило примерно 33 млн человек. Всего ему удалось заразить 76 млн, и, по оценкам ученых, ежегодно количество инфицированных увеличивается на 1,7 млн.

И все же надо отдать должное защищающим нас научным достижениям. Среди почти 38 млн людей, живущих сегодня с ВИЧ/СПИД, 25 млн получают полную антиретровирусную терапию, которая предотвращает развитие заболевания и подавляет вирус настолько хорошо, что эти люди вряд ли смогут передать его дальше. Я готов утверждать, что было предотвращено еще 25 млн случаев инфицирования, преимущественно в странах Африки, расположенных южнее Сахары, поскольку лечение стало доступным в большинстве стран.

Из процесса грандиозной войны со СПИДом врачи, вирусологи, эпидемиологи и специалисты в области здравоохранения извлекли важнейшие уроки, которые мы можем использовать в нашей нынешней битве. Например, мы узнали, что не всегда можно надеяться на вакцину и нашим самым главным оружием может стать лечение. Мы обнаружили,

что важнейшую роль в любой борьбе с болезнями играет поведение людей и нельзя игнорировать человеческую природу. Мы увидели также, насколько важно опираться на знания и средства, полученные в борьбе с предыдущими вспышками заболеваний, но эту стратегию мы можем использовать, только если продолжим финансировать исследования в периоды между эпидемиями.

### Проблемы с вакциной

После первых наблюдений за тем, как ВИЧ ведет себя в наших организмах, стало ясно, что путь к созданию вакцины будет долгим и сложным. По мере того как эпидемия развивалась, мы начали отслеживать у инфицированных людей уровень антител и Т-клеток (белых клеток крови, которые ведут войну с захватчиками). Высокий уровень и того и другого означал, что у пациентов развивалась невероятно сильная иммунная реакция, более интенсивная, чем мы видели когда-либо при других заболеваниях. Но иммунной системе не удавалось полностью избавиться от вируса, даже работая на пределе своих возможностей.

В отличие от вируса полиомиелита, который можно охарактеризовать как «ударил и сбежал», оставив после себя длительный иммунитет, ВИЧ — это «поймай и оставь себе»: если вы инфицированы, патоген будет сохраняться в вашем организме, пока не разрушит вашу иммунную систему настолько, что вы становитесь беззащитны даже перед легкими инфекциями. Более того, ВИЧ непрерывно эволюционирует, это хитрый противник, ищущий способы ускользнуть от наших иммунных реакций. Хотя отсюда не следовало, что создание вакцины невозможно, это, безусловно, означало сложности с ее получением, особенно тогда, в 1980-х гг. «К сожалению, никто не может уверенно утверждать, что вакцина от СПИДа будет когда-либо создана, — объявил я в 1988 г., выступая перед Президентской комиссией по эпидемии ВИЧ. — Это не значит, что такую вакцину сделать невозможно, просто мы не уверены в успехе». Прошло более 30 лет, но эффективной вакцины, защищающей от ВИЧ, все еще нет.

Мы видели, что SARS-CoV-2 взаимодействует с нашей иммунной системой сложным образом, в некоторых своих проявлениях он напоминает полиомиелит, а в других — ВИЧ. Благодаря почти 60 годам наблюдений за коронавирусами мы знаем, что иммунная система



Мемориальные лоскутные одеяла (квилты), содержащие 48 тыс. фрагментов, в память о тех, кто умер от причин, связанных со СПИДом

может их уничтожить. По-видимому, это в целом относится и к SARS-CoV-2. Однако у вызывающих простуду коронавирусов, так же как и у ВИЧ, есть свои хитрости. Переболев одним из них, вы, по-видимому, не получаете защиты от повторного заражения тем же штаммом вируса, поэтому один и тот же вызывающий простуду вирус возвращается к нам каждый год. Эти коронавирусы не ведут себя ни как вирус полиомиелита, который «ударил и сбежал», ни как ВИЧ — «поймай и оставь себе». Я называю их «получи и забудь»: избавившись от них однажды, ваш организм склонен забывать, что когда-либо сражался с этим врагом. По данным первых исследований SARS-CoV-2 создается впечатление, что он ведет себя примерно так же, как его родственники, вызывая лишь краткосрочную иммунную защиту.

На пути к созданию вакцины от SARS-CoV-2 может быть множество препятствий. Хотя некоторые люди, переболев COVID-19, вырабатывают антитела, способные победить вирус, они образуются не у всех. Сможет ли вакцина стимулировать выработку таких антител у каждого человека — пока неясно. Более того, мы не знаем, насколько долго эти антитела смогут защищать от инфекции. Может пройти два или три года, прежде чем мы получим подобные сведения и какую-то уверенность в результате.

Еще одна проблема заключается в том, как этот вирус попадает в организм: в частности, он может проникнуть через слизистую оболочку носа. Ни одна из разрабатываемых сейчас вакцин от COVID-19 пока не продемонстрировала

способности предотвращать заражение через нос. У обезьян некоторые вакцины могут эффективно предотвращать распространение инфекции в легкие. Однако по этим исследованиям сложно судить, как препарат будет действовать у людей, заболевание у нас протекает не так, как у обезьян, по которым не заметно, заболели они или нет.

Изучая ВИЧ, мы поняли, что пытаться полностью предотвратить проникновение вируса бессмысленно; это касается как ВИЧ, так и многих других вирусов, в том числе гриппа и даже полиомиелита. Вакцины работают скорее как пожарная сигнализация, они не предотвращают возгорание, а зовут иммунную систему на помощь, когда пожар начался.

## **По сравнению с 1980-ми гг. методы молекулярной биологии значительно продвинулись, но по-прежнему самый долгий этап в разработке препаратов — это испытания на людях**

Весь мир надеется на вакцину от COVID-19. Вполне вероятно, что ученые объявят об «успешном» создании вакцины уже в 2020 г. Но все не так просто, как кажется. Когда я писал эту статью, в России официальные лица сообщили, что вакцина от COVID-19 одобрена для применения. Будет ли она работать? Будет ли она безопасной? Будет ли иммунитет длительным? Вероятно, в последующие несколько лет никто не сможет точно ответить на такие вопросы, причем это касается любой полученной в ближайшее время вакцины.

По сравнению с 1980-ми гг. методы молекулярной биологии значительно продвинулись, но по-прежнему самый долгий этап в разработке препаратов — это испытания на людях. Тем не менее процесс тестирования сейчас ускоряется за счет наличия инфраструктуры, созданной для исследований ВИЧ/СПИД. Национальные институты здоровья набрали 30 тыс. добровольцев со всего мира для тестирования экспериментальных вакцин против ВИЧ, и сейчас с их помощью проводятся также первые испытания вакцин от COVID-19.

Если врачи лечат пациента, у которого есть большой риск летального исхода, они готовы рискнуть и дать ему лекарство, могущее

вызвать тошноту, но спасти жизнь. Но гораздо менее охотно они сделают это заранее, чтобы предотвратить болезнь, поскольку слишком велика вероятность, что это принесет пациенту больший вред. Именно поэтому на протяжении десятилетий поиски вакцины для профилактики ВИЧ-инфекции так сильно отставали от создания препаратов для лечения ВИЧ.

### **Сосредоточиться на лечении**

Лекарства от ВИЧ — это пример невероятно успешной истории.

Первыми препаратами для борьбы с ВИЧ были ингибиторы синтеза нуклеиновых кислот, так называемые терминаторы цепи. Когда ВИЧ делал ДНК-копию своей вирусной РНК, «терминаторы» занимали место нормального нуклеотида и прекращали синтез вирусной ДНК.

К 1990-м гг. мы научились использовать комбинации лекарств, чтобы бороться с ВИЧ сразу после того, как пациент был инфицирован. Первое лекарство, зидовудин (AZT), стало немедленно применяться для медицинских работников, которые случайно укололись иглой с зараженной кровью. Кроме того, его использовали для снижения вероятности передачи инфекции от матери к ребенку. Таким образом, лечение беременных больных СПИДом в то время в три раза сократило инфицированность среди новорожденных. Сегодня комбинированная химиотерапия позволяет почти полностью исключить передачу инфекции от матери ребенку.

Следующей группой были ингибиторы протеазы, в разработке одного из которых я участвовал. Первый такой препарат для лечения пациентов начали использовать в 1995 г. в сочетании с лекарствами другого типа. Данные вещества ингибировали вирусный фермент протеазу, который отвечает за расщепление длинного белка предшественника на короткие активные компоненты вируса. Но есть одна фундаментальная проблема — как с этими препаратами, так и с ингибиторами вирусных полимераз, участвующих в создании вирусной ДНК. Нашему организму тоже нужны протеазы для нормальной работы, а также полимеразы, чтобы реплицировать наши собственные нуклеиновые кислоты. Лекарства, подавляющие работу вирусных белков, подавляют работу и наших собственных. Разница между концентрацией препарата, нужной для подавления вируса, и концентрацией, которая повредит наши собственные белки, называется терапевтическим окном. Терапевтическое окно — это те пределы, внутри которых лекарство эффективно в борьбе с вирусом,

но не вызывает при этом чрезмерных побочных эффектов. Такое окно — довольно узкое для всех ингибиторов полимеразы и протеазы.

Золотой стандарт лечения ВИЧ на текущий момент — антиретровирусная терапия, когда пациенты принимают комбинацию как минимум из трех различных препаратов, разными способами борющихся с вирусом. В этой стратегии используется наш предыдущий успешный опыт борьбы с раком. В конце 1970-х гг. я основал лабораторию в Институте исследования рака Даны — Фарбера Гарвардского университета, чтобы заниматься разработкой новых препаратов для лечения онкологии. У раковых опухолей со временем развивается устойчивость к отдельным лекарствам, но с помощью комбинации лекарств рак можно эффективно замедлить, остановить или даже убить. Похожий опыт мы получили, используя комбинированную химиотерапию для лечения ВИЧ. Уже в начале 1990-х гг. первые методы комбинированного лечения СПИДа спасали жизни ВИЧ-инфицированным людям. Сегодня эта инфекция — совсем не смертный приговор, которым она была раньше, пациенты теперь могут жить, почти не ощущая влияния ВИЧ, который лишь незначительно меняет предполагаемую продолжительность их жизни.

Мы уже знаем, что формирование устойчивости вируса к отдельным препаратам будет мешать лечению *COVID-19*. В ранних лабораторных исследованиях мы уже видели, что вирус *SARS-CoV-2* быстро формирует устойчивость к отдельным препаратам. Как и в случае со СПИДом и раком, для лечения этого заболевания нам нужна комбинация препаратов. Сейчас перед биотехнологической и фармацевтической промышленностью стоит задача разработать множество высокоэффективных и специфичных лекарственных средств, воздействующих на разные аспекты жизнедеятельности вируса. Десятилетия исследований ВИЧ указывают нам направления работы и дают уверенность, что в итоге мы добьемся успеха.

### Поведение людей

Мы с вирусологом и врачом Робертом Редфилдом (Robert Redfield), который сейчас возглавляет Центры по контролю и профилактике заболеваний, подружились в начале 1980-х гг., когда пытались разобраться в эпидемии СПИДа и найти способы ей противостоять. Мы быстро поняли, что хотя многие политики по всему миру отказывались признать опасность ВИЧ для населения их страны, с военными было все иначе. Практически все страны считали СПИД серьезной угрозой для своих

войск и для боевой готовности, а также проблемой, на которую в будущем, возможно, придется потратить значительное количество выделяемых средств. Они рассуждали так: «Давайте не будем закрывать глаза и делать вид, будто солдаты святые. Они не святые. Они обычные люди». Редфилд, работавший тогда в Национальном военно-медицинском центре им. Уолтера Рида, помогал в создании и осуществлении программы тестирования на ВИЧ всего состава Вооруженных сил США (хотя последствия этого тестирования были неоднозначными, а ВИЧ-позитивных новобранцев отстранили от службы).

В то время не было эффективных лекарств и более 90% инфицированных умирали. Если тест делала супружеская пара и один из партнеров оказывался инфицирован, а другой нет, врачи настойчиво рекомендовали им использовать презервативы. Я был ошеломлен, узнав, что этому совету последовали менее трети семей. Я подумал: «Если людей не волнует смертельная опасность незащищенного секса со своим мужем или женой, дело плохо». В течение последующих пяти лет более 75% здоровых партнеров были инфицированы.

Я всегда использовал этот пример как напоминание о необходимости отделять надежды от реальности. Человеческая сексуальность, то есть стремление к сексу и физической близости, — это наше неотъемлемое свойство. В 1980-х гг. я понимал, с какой малой вероятностью люди серьезно изменят свое сексуальное поведение. В XIX в. все знали, как передается сифилис, и сознавали, что это серьезное заболевание. Тем не менее в начале XX в. сифилисом по-прежнему заражалось не менее 10–15% американцев. Дело не в том, что люди не знали, как его избежать, они просто не меняли свой образ жизни.

В распространении *COVID-19* существуют похожие тенденции, которые часто остаются незамеченными. Это одна из причин, выгоняющих людей из домов в бары и на вечеринки. Любой, кто хочет выпить пива, может утолить это желание в безопасности собственного дома, но удовлетворить другие желания сложнее, особенно если человек молод, одинок и живет отдельно. Планируя меры здравоохранения, нельзя игнорировать этот факт.

То, чему мы научились в разгар эпидемии ВИЧ, стараясь помочь молодым людям изменить их поведение, применимо и сейчас, при *COVID-19*: знайте о риске, знайте своего партнера и предпринимайте необходимые меры предосторожности. Многие молодые люди ошибочно предполагают, что, даже если они заразятся, они не заболеют тяжело. Это неверно;

кроме того, даже у людей с бессимптомным течением заболевания могут быть серьезные долгосрочные последствия. Чем больше людей будут знать о риске, особенно среди молодежи, тем с большей вероятностью они предпримут шаги, необходимые для защиты себя и окружающих. Мы видели, как это происходило со СПИДом.

### Финансирование

Когда я спрашиваю специалистов мирового уровня, что им известно о деталях молекулярной биологии SARS-CoV-2 или в принципе любого коронавируса, у них нет ответов, которые должны были бы быть. Почему? Финансирование исследований коронавирусов было пре-

и настойчивые предупреждения от тех, кто непосредственно участвовал в борьбе с SARS и MERS, финансирование иссякло. Разработка перспективных препаратов против SARS и MERS, которые могли бы быть эффективны и в борьбе с SARS-CoV-2, осталась незавершенной из-за отсутствия финансовых средств.

С учетом того факта, что по состоянию на середину августа в мире погибло 776 тыс. человек и 22 млн были инфицированы, у нас есть все основания усилить финансирование. Прошлой весной США быстро возобновили финансирование исследований, чтобы ускорить получение вакцин и лекарств. Но будет ли этого достаточно?

Благодаря кризису с ВИЧ мы поняли, насколько важно иметь уже налаженную систему финансирования исследований. Исследования рака в 1950-х, 1960-х и 1970-х гг. заложили основу для финансирования исследований ВИЧ/СПИД. В ответ на обеспокоенность общественности правительство в эти десятилетия резко увеличило государственное финансирование исследований рака. Усилия достигли своей кульминации, когда в 1971 г. при президенте Ричарде Никсоне конгресс принял Государственный закон о борьбе с раком. Эти \$1,6 млрд, выделенные на исследования рака, соответствующие \$10 млрд в пересчете на сегодняшние деньги, создали ту науку, которая была нужна, чтобы в 1980-х гг. идентифицировать и изучить ВИЧ, хотя, конечно, никто не знал, что эти средства окупятся таким образом.

В 1980-х гг. администрация Рейгана не желала говорить о СПИДе или выделять значительные государственные средства на его исследования. Впервые с большой речью о СПИДе президент Рональд Рейган выступил в 1987 г. При его первой администрации финансирование исследований ВИЧ было скудным и мало кто из ученых был готов связать свою карьеру с расшифровкой молекулярной биологии этого вируса. Тем не менее, как только стало известно, что актер Рок Хадсон тяжело болен СПИДом, сенатор-республиканец Тед Стивенс вместе с сенатором-демократом Тедом Кеннеди, актрисой Элизабет Тейлор, мною и другими людьми начали борьбу за то, чтобы добавить в бюджет 1986 г. \$320 млн на исследования СПИДа. Нас поддержали Барри Голдуотер, Джесси Хелмс и лидер республиканцев в сенате Джон Уорнер. Деньги выделили, и выдающиеся ученые занялись данной темой. Это была первая финансируемая конгрессом программа исследований ВИЧ, и я помогал ее разрабатывать вместе с Энтони Фаучи (Anthony Fauci), врачом, который сейчас возглавляет в США

**Мы пока только-только начинаем понимать, какими могут быть долгосрочные последствия COVID-19. Это новый вирус, поэтому у нас не появится более ясного представления, пока не пройдет несколько лет. Что будут рассказывать наши дети и внуки о наших успехах и неудачах, о том, как наша наука и общество пытались сдержать эту пандемию, худшую из всех, с которыми мы столкнулись за последние 100 лет?**

крашено в 2006 г., после того как закончилась первая пандемия SARS (тяжелого острого респираторного синдрома), потом была вспышка MERS (ближневосточного респираторного синдрома, тоже вызываемого коронавирусом), и опять правительства и промышленность вскоре приостановили финансирование, когда показалось, что все под контролем. Опасность коронавирусов недооценили финансирующие организации не только в США, но и в странах, пострадавших от SARS и MERS, — в Китае, Японии, Сингапуре, Гонконге и на Ближнем Востоке. Несмотря на четкие, громкие

борьбу с *COVID-19*. (Фаучи — это человек, который больше всех в мире сделал для профилактики и лечения СПИДа).

Одно из отличий между 1980-ми гг. и современностью заключается в том, что члены конгресса от Республиканской партии в то время были готовы противостоять президенту и чиновникам из Белого дома, когда те не предпринимали необходимых шагов для борьбы против заболевания, имеющего общемировое значение. Например, Стивенс решил, что его обязанность — максимально защитить от ВИЧ армию и спецслужбы. Он помог выделить в рамках военного бюджета \$55 млн на проверку новобранцев на ВИЧ/СПИД.

Наш набор возможностей в вирусологии и фармакологии значительно улучшился за те 36 лет, которые прошли с тех пор, как был обнаружен ВИЧ. Это одна из причин, почему я уверен, что мы получим эффективные противовирусные препараты для лечения *COVID-19* уже в следующем году, если не раньше. То, что в 1980-х и 1990-х гг. занимало у нас от пяти до десяти лет, теперь можно сделать за пять-десять месяцев. Мы можем быстро идентифицировать и синтезировать химические вещества, чтобы прикинуть, какие лекарства будут эффективными. Мы можем использовать криоэлектронную микроскопию для исследования вирусных структур и моделирования межмолекулярных взаимодействий, и на это понадобится несколько недель, а раньше потребовались бы годы. Вывод заключается в том, что никогда нельзя сдавать позиций, когда речь идет о финансировании противовирусных исследований. У нас не было бы никакой надежды победить *COVID-19*, если бы не успехи молекулярной биологии, которых мы достигли во время предыдущих битв с вирусами. То, что мы узнаем в этот раз, поможет нам во время следующей пандемии, но финансирование не должно прерываться.

### Прыжок в неизвестность

В ноябре 2019 г. я провел несколько дней в китайском Ухане, будучи председателем на заседаниях Саммита по здравоохранению США и Китая. Наша группа опасалась, что на фоне торговой войны между США и Китаем будут введены ограничения на обмен научными открытиями. В остальном я восхитительно провел время в прекрасном городе.

Вернувшись домой в Нью-Йорк, я в течение нескольких недель никак не мог избавиться от затяжной простудной вирусной инфекции, которую подхватил в Ухане. (Позже результат моего теста на антитела к *COVID-19* оказался отрицательным, но этот результат не дает

окончательного ответа.) Как-то раз мне позвонил человек, возглавлявший мой фонд в Китае, и сообщил ужасную новость. Среди его бабушек и дедушек трое умерли от какого-то странного вируса. «Все заразившиеся серьезно больны, — сообщил мой коллега, которому было немногим больше 30 лет. — Все закрыто. Я не могу даже пойти на похороны моих родственников».

Спустя несколько недель я получил от другого коллеги, который только что вышел после 14-дневной изоляции в карантинном отеле, яркое описание из первых рук того, как жестко Китай противостоял этой вспышке. Он рассказал, что отслеживающие контакты специалисты позвонили ему и велели изолироваться после того, как пришел положительный результат теста на коронавирус человеку, летевшему с ним одним рейсом из Франкфурта в Шанхай. В изоляции единственными людьми, с которыми он встречался, были одетые в защитные костюмы надсмотрщики, которые ежедневно приходили дезинфицировать его комнату и приносили еду.

Мы пока только-только начинаем понимать, какими могут быть долгосрочные последствия *COVID-19*. Это новый вирус, поэтому у нас не появится более ясного представления, пока не пройдет несколько лет, но мы знаем, что потери будут очень велики. Мы пока мало узнали о молекулярной биологии коронавируса. Что будут рассказывать наши дети и внуки о наших успехах и неудачах, о том, как наша наука и общество пытались сдержать эту пандемию, худшую из всех, с которыми мы столкнулись за последние 100 лет?

Наука совершает прыжок в неизвестность, за кромку человеческого знания. Мы начинаем двигаться там, как в пещере, расчищая проход, перекрытый тяжелыми камнями. Вы не знаете, что найдете по ту сторону завала. Некоторые люди расчищают его всю жизнь и получают в итоге лишь горстку осколков. Возможно, нас ждет затяжная пандемия, или же нам повезет и вскоре будут получены эффективные лекарства и вакцины. Но мы уже бывали здесь раньше, встречаясь с другими вирусными угрозами, и можем использовать те уроки, которые были получены. Это не первая и не последняя мировая эпидемия. ■

**Перевод: М.С. Багоцкая**

### ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Хэзелтайн У., Вонг-Стааль Ф. Молекулярная биология вируса СПИДа // ВМН, № 12, 1988.



ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Укрепление здоровья  
новорожденных: почему  
сегодня это важнее, чем  
когда бы то ни было

*Джанет Карри*

# РОЖДЕН НЕРАВНЫ



НБЕ  
ММ

## ОБ АВТОРЕ

**Джанет Карри** (Janet Currie) — профессор экономики и государственного управления, член совета директоров Центра охраны здоровья Принстонского университета. Занимается исследованиями в области социоэкономики и здравоохранения, а также вопросами влияния окружающей среды на здоровье населения.



# В

США пандемия *COVID-19* особенно сильно ударила по национальным меньшинствам. По данным на конец июля, от коронавирусной инфекции умерли 73,7 афроамериканцев на каждые 100 тыс. — сравните с 32,4 умерших на каждые 100 тыс. белых. Такая диспропорция уходит своими корнями в структурный расизм. Среди афроамериканцев гораздо больше тех, кто должен каждый день ездить на работу на общественном транспорте, подвергая себя риску подхватить инфекцию, при этом болезнь у них протекает более тяжело. На начало июня среди SARS-CoV-2-позитивных жителей США госпитализированных афроамериканцев было в четыре раза больше, чем белых нелатиноамериканцев.

Одна из причин столь вопиющего неравенства заключается в том, что у чернокожего населения выше частота диабета, гипертонии и астмы — заболеваний, при которых повышается вероятность развития тяжелой формы коронавирусной инфекции. Как показывают результаты проводимых в течение многих десятилетий исследований, эти состояния, диагностируемые обычно у взрослых, уходят своими корнями в пренатальный период. Факторы риска связаны с плохими условиями жизни матери — недоеданием, курением, стрессом, недоступностью качественной медицинской помощи во время беременности, загрязнением среды обитания. И все это особенно ярко проявляется у представителей национальных меньшинств.

Афроамериканцы старшего поколения — а они чаще других становятся жертвами *COVID-19* — скорее всего родились в малоимущих семьях. В 1959 г. 55% чернокожих жителей США находились за черной бедности; среди белых таких было менее 10%. Сегодня за чертой бедности живут 20%

афроамериканцев, а показатель для белых остался прежним. Несмотря на сокращение этого разрыва, неутраченный расизм окольными путями продолжает свое черное дело, усиливая неравенство между чернокожими и белыми детьми. Так, отчасти по причине исторически сложившейся традиции не переступать «красную линию» (имеется в виду, что афроамериканцы не могут покупать дома в районах, заселенных преимущественно белыми), даже самые продвинутые из афроамериканцев живут в менее экологически благополучных кварталах, чем белые с таким же социальным статусом, что неизбежно сказывается на состоянии здоровья будущих матерей и новорожденных. Более того, неравенство еще до рождения налагает отпечаток на финансовое положение и доступность качественного образования в будущем, так что дискриминация распространяется на следующие поколения.

Имеются четкие указания на то, что улучшить ситуацию могут целевые мероприятия. Положительный эффект уже дало распространение программы *Medicaid*

и льготного медицинского страхования на женщин, младенцев и детей старшего возраста с акцентом на афроамериканское население. Меры, принимаемые сразу после появления ребенка на свет, позволяют компенсировать тот ущерб, который был нанесен ему пренатально. Улучшить прогноз для новорожденных с теми или иными отклонениями помогают программы по адекватному питанию беременных, новорожденных и детей старшего возраста; посещение беременных и женщин в послеродовом периоде на дому; высококвалифицированная медицинская помощь детям; финансовая поддержка. К сожалению, для тех, кто родился в 1950-х гг. и раньше, эти меры запоздали, но что касается последующих поколений, они помогли уменьшить разрыв между детьми из бедных и богатых семей, а также между детьми белых родителей и детьми родителей-афроамериканцев.

Тем не менее неравенство в состоянии здоровья и подверженности вредным воздействиям между упомянутыми категориями не ликвидировано, и проблема усугубится в связи с пандемией COVID-19. Ситуация осложняется еще и тем, что как раз перед началом пандемии были свернуты многие наиболее масштабные программы. С начала 2018 г. более 1 млн детей лишились поддержки со стороны Medicaid и доступа к льготному медицинскому страхованию. Сегодня, когда в условиях пандемии неравенство в положении разных слоев населения проявилось особенно отчетливо, следует принимать срочные меры к его смягчению — улучшению системы здравоохранения и оказания социальной поддержки, в первую очередь малоимущим семьям с детьми.

### Голодная зима

Многолетние наблюдения и детальный анализ их результатов позволили выявить разнообразные механизмы влияния условий, в которых развивается плод, на здоровье будущего ребенка, и тем не менее по большому счету мы знаем об этом крайне мало. Проводить эксперименты по выяснению влияния, скажем, недоедания будущей матери на вынашиваемого ею эмбриона было бы неэтично, но мы можем обратиться к так называемым природным экспериментам — событиям (иногда ужасным), условия в которых напоминают экспериментальные. Ныне покойный эпидемиолог Дэвид Баркер (David Barker) заявлял еще в 1980-х гг., что недоедание во время беременности

предопределяет развитие у будущего ребенка таких состояний, как ожирение, сердечно-сосудистые патологии и диабет. Свидетельства в пользу этого появились в результате анализа последствий так называемой Голодной зимы в Нидерландах. В октябре 1944 г. нацисты заблокировали доставку продуктов в эту страну, и к апрелю 1945 г. там начался страшный голод. Десятилетия спустя службы мониторинга разных ведомств сообщили о том, что среди мужчин, чьи матери были беременны ими в этот период, было вдвое больше тех, кто страдал ожирением, чем среди всех прочих мужчин; кроме того, в данной категории отмечалась повышенная частота шизофрении, диабета и сердечно-сосудистых заболеваний.

## Плохое питание матери во время беременности предопределяет развитие у будущего ребенка различных патологий

Любой родившийся в Нидерландах в период голода стал частью когорты, чью судьбу можно отследить, ориентируясь на разнообразные показатели. Сегодня многие исследователи, в том числе и я, используют подобные природные эксперименты для выявления таких когорт и отслеживания долговременных последствий разного рода вредных воздействий, которым они подвергались в пренатальный период. В своей работе мы используем и такой информативный, легкодоступный показатель, как вес новорожденного. Нас интересуют новорожденные с низким весом (примерно 2,5 кг) и весом очень низким (менее 1,5 кг). Чем он ниже, тем выше вероятность того, что младенец не выживет. Медицина достигла больших успехов в выхаживании недоношенных, но при дефиците веса остается высоким риск таких осложнений, как кровоизлияние в мозг и проблемы с дыханием.

В последние годы в обиход исследователей вошли методы компьютерной обработки больших массивов данных, что позволяет связать состояние здоровья ребенка, которое оценивают исходя из его веса при рождении, с долговременными последствиями не только для когорт, но и для отдельных индивидов. Обследование близнецов, одинаковых в генетическом и социальном плане, показывает, что у тех из членов

пары, у кого вес при рождении был понижен, с годами чаще развиваются астма или синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ). Кроме того, они демонстрируют худшие результаты при стандартном тестировании, а впоследствии, уже будучи взрослыми, чаще занимают низкооплачиваемые должности и живут в менее престижных регионах. В совокупности результаты исследований когорт и близнецовых пар свидетельствуют о том, что низкий вес при рождении служит предпосылкой к развитию с возрастом различных патологий — астмы, диабета, ожирения и ментальных расстройств.

Разумеется, этот показатель не охватывает всех аспектов состояния здоровья. Плод набирает вес в основном в третьем триместре беременности, но, как показывают многочисленные исследования, особенно опасны для него неблагоприятные воздействия на организм матери в первом

триместре. Однако я в своей работе все же использую вес при рождении, поскольку это существенный и легкодоступный параметр — его измеряют у миллионов новорожденных уже многие десятилетия.

Дефицит веса особенно часто наблюдается у новорожденных из малоимущих семей и у представителей национальных меньшинств. По данным на 2016 г., в афроамериканских семьях подобных детей было 13,5%, в семьях белых нелатиноамериканцев — 7,0%, а латиноамериканцев — 7,3%. Такое различие связано с неодинаковыми условиями жизни представителей упомянутых слоев населения.

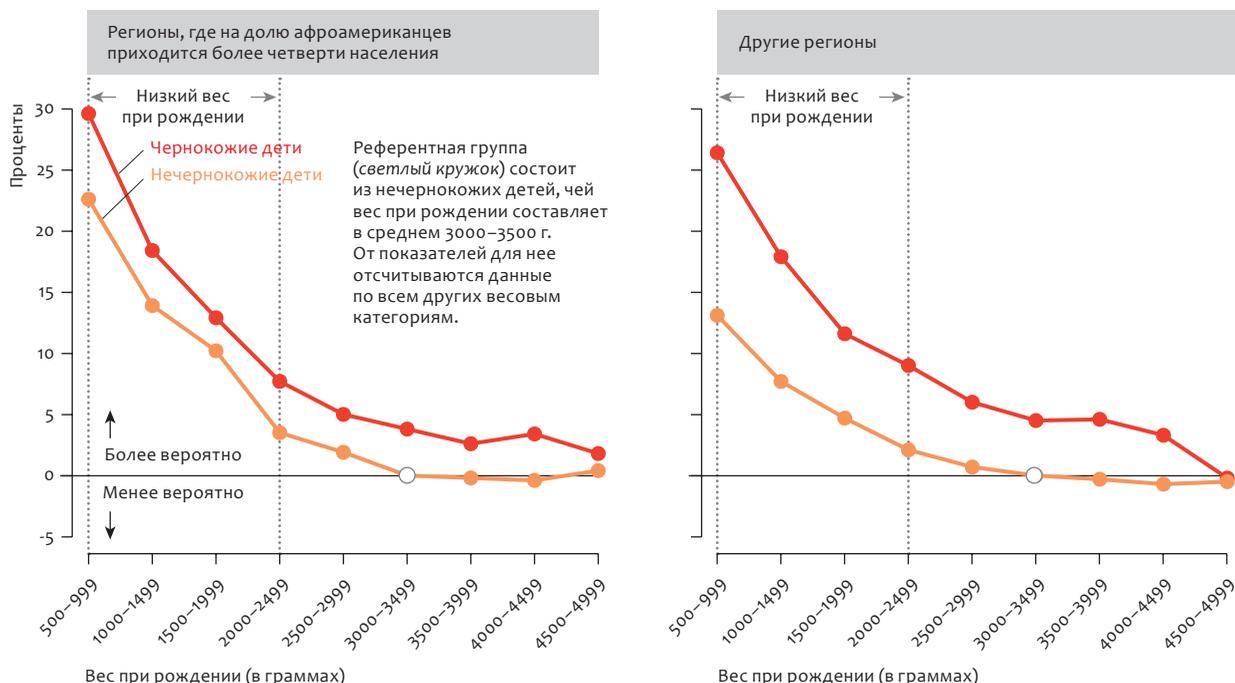
### Бедность как фактор риска

Как мы уже говорили, качество питания матери существенно образом сказывается на здоровье ее будущих детей. В 1962 г. генетик Джеймс Нил (James V. Neel) сформулировал гипотезу, согласно которой так

## Астма, загрязнение среды обитания и расовая сегрегация

В 2010 г. доля больных астмой среди чернокожих жителей США была вдвое выше, чем среди белых. Отчасти это связано с высокой частотой рождения детей с дефицитом веса в этой категории. Приведенные ниже графики иллюстрируют влияние загрязнения и расового неравенства на частоту астмы. Сравниваются соответствующие показатели для регионов штата Нью-Джерси, где проживают в основном афроамериканцы, с данными по регионам с преобладающим белым населением. Видно, что чем ниже вес новорожденных, тем выше частота астмы для детей любой расовой принадлежности в местах преимущественного проживания афроамериканцев.

### Вероятность развития астмы



SOURCE: "GET IT WHO YOU ARE OR WHERE YOU LIVE? RESIDENTIAL SEGREGATION AND RACIAL GAPS IN CHILDHOOD ASTHMA," BY DANIEA ALEXANDER AND JAVET CORRIE, IN JOURNAL OF HEALTH ECONOMICS, VOL. 55, JULY 25, 2017; GRAPHIC BY AMANDA MONTAÑEZ

называемый бережливый ген предопределил способность организма наших предков — охотников-собирателей — экономно расходовать калории, которые они получали с пищей, и что в наши дни эта тенденция в сочетании с обилием высококалорийных продуктов питания приводит к ожирению и диабету. Однако недавние исследования на лабораторных животных указывают на то, что связь между недоеданием и болезнями обусловлена не генетикой, а эпигенетикой, влияющей на экспрессию специфических генов. Так, длительное голодание беременных мышей приводит к изменению экспрессии генов у потомства, вызывающему развитие диабета. Более того, эта закономерность передается череде поколений.

Для жителей развитых стран длительное недоедание — редкое явление, но в рационе малоимущих семей США недостает овощей и фруктов, содержащих жизненно важные микроэлементы. Например, дефицит фолатов в пище беременных коррелирует с нарушением развития нервной трубки у их детей.

В наши дни одна из ведущих причин дефицита веса у новорожденных — курение матери во время беременности. По данным на 1960 г., курили примерно половина беременных женщин. Сегодня таких всего 7,2% — и все это благодаря развертыванию образовательных программ, запрету на курение в замкнутых помещениях и повышению стоимости сигарет. А 55% женщин, куривших за три месяца до наступления беременности, отказываются от сигарет, как только узнают, что должны стать матерью.

Среди женщин с высшим образованием курящих меньше, всего 1%, возможно, потому что в университетах и колледжах курение под строгим запретом; сравните с 11,7% женщин, получивших лишь начальное образование.

Самая вредная составляющая сигаретного дыма — оксид углерода ( $CO$ , угарный газ), в присутствии которого ограничивается поступление кислорода в кровотоки. Другой компонент, никотин, отрицательно сказывается на образовании кровеносных сосудов матки и блокирует передачу нервных импульсов, что приводит к психическим расстройствам у плода. Курение во время беременности опосредует эпигенетические изменения в ДНК будущего ребенка, но как именно это сказывается на здоровье с возрастом — неизвестно. Озабоченность вызывает курение электронных сигарет

и вейпов, получивших широкое распространение в последние годы. Особенно увлекаются ими студенты — таких курильщиков почти 40%. А между тем в испаряемой жидкости может содержаться никотин в высокой концентрации и вдыхание его паров губительно сказывается на здоровье будущей матери и ребенка.

Еще один фактор, имеющий отношение к развитию плода, — загрязнение окружающей среды. Беременная женщина может подвергаться воздействию тысяч вредных химических веществ, находящихся в воздухе, воде, почве и разного рода детергентах. Ситуация усугубляется тем, что каждое из этих веществ действует на организм по-своему. Те из них, которые присутствуют в атмосфере, могут вызывать системное воспаление. Молекулы свинца, попадающие в организм человека с вдыхаемым воздухом или с водой, накапливаются в тканях плода и отрицательно влияют на развитие его головного мозга. В 2005 г. Джессика Уолпоу Рейес (Jessica Wolpaw Reyes) из Амхерстского колледжа показала, что запрет на использование в США автомобильного топлива, содержащего свинец, привел к сокращению детской смертности и дефицита веса у новорожденных на 4%.

Еще одна причина, по которой плод может испытывать дефицит кислорода, заключается во вдыхании матерью  $CO$ , содержащегося в выхлопных газах автомобилей. Проведенное в 2009 г. обследование беременных женщин, проживающих вблизи систем мониторинга загрязнений, обнаружило, что высокая концентрация  $CO$  в воздухе, омывшем оборудование этих систем, коррелирует с частотой рождения детей с дефицитом веса. Беспокойство вызывает тот факт, что воздействие  $CO$ , содержащегося в загрязненном воздухе, в пять раз выше для курящих, чем для тех, кто воздерживается от курения.

Уменьшение уровня загрязнения окружающей среды сразу сказывается на здоровье беременных женщин и новорожденных. В 2011 г. мы с коллегой Ридом Уокером (Reed Walker) из Калифорнийского университета в Беркли обследовали женщин, проживающих поблизости от электронной *E-ZPass*-системы, перед которой скапливаются автомобили, прежде чем их пропустят на платную автостраду, до введения системы в действие и после. Результаты мы сравнили с таковыми для женщин, проживающих немного дальше от места скопления машин, но при такой же интенсивности

дорожного движения. Действию выхлопных газов подвергались женщины из обеих групп, но до введения электронной системы пропуска те, кто проживал в непосредственной близости от шлагбаумов, испытывали более сильное воздействие, поскольку водители машин, стоящих в очереди на оплату проезда, не выключали двигатель. *E-ZPass* способствовала существенному уменьшению загазованности прилегающей территории, поскольку машины проезжали пропускной пункт практически без задержки. Примечательно, что с введением *E-ZPass*-системы частота рождения детей с дефицитом веса у женщин, проживающих в непосредственной близости к ней, уменьшилась на 10%.

## Разработанная в США программа продовольственной помощи малоимущим семьям уже привела к ощутимым результатам

В ходе другого исследования мы с коллегами проанализировали результаты определения веса новорожденных в пяти штатах. Обнаружилось, что целых 45% женщин детородного возраста проживают в пределах 1,5 км от предприятий, выбрасывающих в атмосферу токсичные химические вещества, например тяжелые металлы или органические канцерогены. Для афроамериканских женщин эта цифра составляет 61%. Далее мы сравнили средний вес новорожденных в двух ситуациях — когда предприятие работало на полную мощность и когда его закрыли. Кроме того, аналогичное сравнение мы провели для новорожденных, чьи матери проживали в пределах 1,5 км от вредного производства — с одной стороны, и на расстоянии 1,5–3 км от него — с другой. В первом случае частота рождения детей с дефицитом веса была на 3% выше, чем во втором.

Расовые различия относительно подверженности воздействию разного рода загрязнений весьма велики — отчасти в результате сохранения неравенства условий жизни: афроамериканским семьям по-прежнему трудно выбраться из традиционно сложившихся мест компактного проживания с плохой экологией. У них нет возможности противостоять натиску вредных производств.

Примерно половина из тех, кто живет поблизости пропускных пунктов *E-ZPass*, — это афро- или латиноамериканцы; среди проживающих на расстоянии более 10 км от *E-ZPass* на их долю приходится 10%. По данным опубликованной в этом году статьи, написанной мною в соавторстве с Джоном Вурхейсом (John Voorheis) из Бюро переписи населения и Ридом Уокером, в регионах с преобладанием афроамериканского населения воздух загрязнен гораздо сильнее, чем там, где живут по преимуществу белые. Кроме того, афроамериканцы вдвое чаще белых вынуждены селиться вблизи свалок.

### Бежать или сражаться?

Стресс тоже больше всего ударяет по малоимущим семьям. Он запускает выработку гормонов, отвечающих за целый ряд изменений в организме. Некоторые из них, например кортизол, вызывают преждевременные роды, что приводит к появлению на свет младенцев с дефицитом веса. Циркуляция высоких концентраций кортизола в крови беременной может нарушить работу системы регуляции кортизола у плода, и он станет более чувствительным к стрессовым воздействиям. Стресс нередко приводит к поведенческим изменениям у женщины, она может, например, начать курить или употреблять алкоголь, что тоже скажется отрицательно на развитии вынашиваемого ею плода.

Влияние стресса, испытанного матерью, на будущего ребенка может быть более серьезным в долгосрочном периоде, чем если бы стрессу подвергся сам ребенок. Петра Перссон (Petra Persson) и Майя Россин-Слейтер (Maya Rossin-Slater), обе из Стэнфордского университета, проанализировали последствия стресса, связанного со смертью близкого человека. Это печальное событие сказывается на всех членах семьи, в том числе на детях. Пытаясь выяснить по возможности полно последствия для них, Перссон и Россин обратились к шведским данным и сравнили состояние детей, чьи матери были беременны ими во время смерти родственника, с тем, как чувствовали себя дети, пережившие трагедию в первые годы жизни. Обнаружилось, что среди детей из первой группы число тех, у кого развился СДВГ, было на 23% выше, чем среди членов второй группы, а с возрастом к антидепрессантам из них прибегло на 9–11% больше.

Авторы другой работы проследили влияние на развитие детей уровня кортизола,



**Вид на город Флинт** на юго-востоке штата Мичиган и одноименную реку, чьи воды были загрязнены свинцом. Фото сделано в 2016 г., когда регион посетил президент США Барак Обама.

индикатора стресса, у их матерей во время беременности. Выяснилось, что если этот уровень был выше нормы, то к семи годам такие дети демонстрировали отставание в освоении школьной программы. Более того, при таком же содержании кортизола в крови эффект был более выражен для матерей с низким образовательным уровнем. Это означает, что при более высоком образовательном статусе негативные эффекты по какой-то причине компенсируются, — важное наблюдение в свете стрессовой ситуации в обществе, сложившейся во время нынешней пандемии.

И, разумеется, нельзя обойти стороной влияние на плод состояния здоровья матери. Дуглас Олмонд (Douglas V. Almond) из Колумбийского университета, просмотрев медицинские документы жителей США, которые родились в разгар эпидемии гриппа 1918 г., обнаружил, что их показатели были в 1,5 раза хуже, чем у тех, кто родился до эпидемии. Исследование, проведенное мною совместно с Олмондом и еще одной нашей коллегой, Марисой Херрманн (Mariesa Herrmann), касалось женщин, родившихся

в США в период с 1960 по 1990 г., в регионах с разной эпидемиологической ситуацией. У детей тех, кто проживал в регионах с высокой частотой инфекционных заболеваний, чаще развивался диабет, причем в афроамериканских семьях таких детей было вдвое больше, чем в семьях белых. А по данным Ханнес Швандт (Hannes Schwandt) из Северо-Западного университета, у женщин, переболевших гриппом в третьем триместре беременности, частота преждевременных родов была вдвое выше. Если же болезнь приходилась на второй триместр, то дети, став взрослыми, меньше зарабатывали и на 35% чаще обращались за пособием по безработице.

### Предотвратить угрозу

Улучшить состояние здоровья новорожденных — и не только их — можно, приняв меры целевой помощи беременным женщинам, младенцам и детям старшего возраста, а также уменьшив загрязнение окружающей среды. Разработанная в США продовольственная программа уже привела к ощутимым результатам в том, что

касается помощи малоимущим семьям: новорожденных с дефицитом веса в таких семьях стало меньше. Повсеместное введение в середине 1970-х гг. продовольственных талонов в рамках Американской программы льготной покупки продуктов (*Supplemental Nutrition Assistance Program, SNAP*) позволило уменьшить число новорожденных с дефицитом веса на 5–11%. Кроме того, благодаря реализации этой программы снизилась частота встречаемости метаболического синдрома — группы состояний, включающей ожирение и диабет.

В 1970-е гг. в США вступила в действие еще одна программа специальной дополнительной продовольственной помощи женщинам, новорожденным и детям старше-

**Очень важно расширить применение целевого подхода к улучшению здоровья малоимущих, для чего, в частности, следует тщательнее обследовать беременных женщин и выяснять причину их смерти в течение года после родов. Огромный положительный эффект может дать такая простая мера, как вакцинация беременных от гриппа**

го возраста (*Special Supplemental Nutrition Program for Women, Infants and Children, WIC*). Ею воспользовались почти половина беременных женщин. Кроме того, многие получили разного рода медицинские консультации. Как показывают результаты исследований, все эти меры способствовали уменьшению частоты рождения детей с дефицитом веса. Недавно мы с коллегами — Анной Чорний из Северо-Западного университета и Людмилой Сончак из Университета штата Нью-Йорк в Осуиго — обнародовали результаты обследования женщин из Южной Каролины. У тех из них, кто был охвачен программой *WIC*, дети реже страдали СДВГ, а также другими ментальными расстройствами, обычно диагностируемыми в раннем детстве.

В конце 1980-х — начале 1990-х гг. власти США существенно расширили программу страхования беременных женщин в рамках *Medicaid* — помощи неимущим, осуществляемой на уровне штатов при финансовой поддержке федеральных властей. Вместе с моим коллегой Джонатаном Грубером (Jonathan Gruber) из Массачусетского технологического института мы показали, что эта мера способствовала уменьшению смертности детей и повышению веса новорожденных. Сегодня дети тех матерей, которые получали помощь и поддержку в период беременности, достигли больших успехов в жизни, чем их сверстники из семей, предоставленных самим себе. Кроме того, среди них меньше страдающих хроническими заболеваниями и нуждающихся в госпитализации. Особенно заметен результат принятия мер среди афроамериканцев. Тот факт, что такие дети получают образование и имеют более высокий статус, положительно сказывается на следующих поколениях.

Тем не менее все еще слишком многие афроамериканцы появляются на свете с дефицитом веса. В таких случаях может помочь целевая поддержка новорожденных. Например, программа *Nurse-Family Partnership* предусматривает посещение на дому беременных женщин из малоимущих семей (многие из них не состоят в браке и слишком молоды). Такие визиты, происходящие ежемесячно в период беременности и в течение первых двух лет жизни ребенка, дают возможность контролировать состояние здоровья подопечных и условия их жизни. Кроме того, они позволяют избежать употребления подростками наркотиков и помогают удержаться в школе.

Повышению уровня жизни малоимущих семей с детьми способствуют регулярные денежные выплаты. В США еще до разгара пандемии *COVID-19* была введена в действие программа налогового кредита на трудовой доход (*EITC*). Как показали исследования, дети из охваченных ею семей лучше учились в школе, а их родители легче переносили стресс, связанный с пандемией. Значительный положительный эффект дала и федеральная программа *Head Start*, действующая с 1960-х гг. Она предназначена для помощи детям дошкольного возраста и особенно результативна в тех регионах, где другие программы отсутствуют.

Недавнее исследование, особенно примечательное в свете отравления свинцом жителей города Флинт, штат Мичиган,

показывает, что негативные последствия этого инцидента можно нивелировать. Пострадавшие дети, которые получали соответствующее лечение, дополнительное питание и медицинскую помощь, поддержку со стороны WIC и специальную физиотерапию, полностью излечились и догнали своих сверстников в учебе.

### Глядя в будущее

Помощь малоимущим семьям с детьми с избытком себя окупила, о чем свидетельствует снижение детской смертности в США. На этом фоне вызывает беспокойство критика таких успешных программ, как Закон о чистом воздухе, SNAP и Medicaid. Изданный в марте Закон о помощи и экономической безопасности в связи с коронавирусом (*Coronavirus Aid, Relief and Economic Security Act, CARES*) несколько смягчил ситуацию, по крайней мере в отношении Medicaid. Программа получила некоторую свободу действий в том, что касается временных установок и приемлемых процедур. Тем не менее многие штаты испытывают сильнейшие затруднения связи с ростом числа тех, кто должен быть охвачен программой Medicaid в результате потери работы. Еще хуже приходится тем штатам, которые не модифицировали Medicaid в соответствии с Законом о защите пациентов и доступном здравоохранении.

В прошлом году Национальная академия наук опубликовала доклад, в котором представлена дорожная карта по снижению вдвое уровня бедности среди детей в течение десяти лет. Основной ее посыл — расширение уже существующих программ в этой сфере, в первую очередь наращивание усилий по искоренению неравенства в сфере здравоохранения. Очень важно расширить применение целевого подхода к улучшению здоровья малоимущих, для чего, в частности, следует тщательнее обследовать беременных женщин и выяснять причину их смерти в течение года после родов. Огромный положительный эффект может дать такая простая мера, как вакцинация беременных от гриппа, — это важно как для плода, так и для новорожденного. Ключевой момент — выявление артериальной гипертензии в связи с беременностью. Не следует забывать о вреде курения в этот период, а также о рисках, связанных с домашним насилием, сопровождаемым хроническим стрессом, рождением детей с дефицитом веса и преждевременными родами.

Как повлияет на плод инфекция COVID-19, перенесенная матерью? На этот вопрос мы пока не можем ответить. По имеющейся информации, на здоровье самой матери это не особенно сказывается (по крайней мере, так было с гриппом и SARS), а у новорожденных не обнаруживается серьезных патологий (как в случае инфекции, вызванной вирусом Зика). Но с учетом того факта, что COVID-19 поражает многие органы и ткани, может оказаться, что он отрицательно влияет на развитие плода. Пандемия катастрофическим образом отражается на экономике — наносимый ею ущерб может быть сравним с последствиями Великой депрессии. Поступают сообщения о росте числа случаев домашнего насилия, злоупотребления алкоголем, смерти от передозировки наркотиков. Все это не может не сказаться на развитии плода. В связи с этим новорожденным и детям в будущем потребуются особое внимание и социальная поддержка, чтобы нивелировать неравенство стартовых условий в самом начале жизни.

В одной из недавних проповедей священника Джеймса Лоусона (James Lawson), произнесенной в память защитника гражданских прав Джона Роберта Льюиса (John Robert Lewis), перечислены те преимущества, которые получили американцы всех цветов кожи благодаря усилиям этого человека и его единомышленников. Подчеркивается, что в результате руководство страны «как никогда ранее работает не покладая рук во благо каждого мальчика и каждой девочки, чтобы все они заняли достойное место во взрослой жизни <...>. Мы не обретем покоя до тех пор, пока самые многочисленные слои населения в нашей стране — женщины и дети — не выберутся из нищеты». Перестраивая системы безопасности и помощи населению в постковидную эпоху, мы должны использовать те знания и опыт, которые приобрели во время эпидемии, чтобы обеспечить достойное будущее каждому ребенку. ■

**Перевод: Н.Н. Шафрановская**

### ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Сапольски Р. Экономическое неравенство отражается на здоровье (Наука о неравенстве. Специальный репортаж) // ВМН, № 1-2, 2019.

ЭКОЛОГИЯ

**«ПРИРОДА  
СИЛЬНЕЕ  
И МУДРЕЕ  
НАС»**



Должен ли человек вмешиваться в природу и наводить там свой порядок? Человек — это царь природы или просто один из ее многочисленных видов? Для чего нужны национальные парки и заповедники? Что делать, если одни животные мешают другим? Какова роль человека в процессе формирования биоценоза? Об этом — наш разговор с директором Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН доктором биологических наук, профессором Александром Витальевичем Крыловым.



Доктор биологических наук А.В. Крылов

— **Александр Витальевич, сколько лет существует ваш институт?**

— На будущий год мы будем отмечать 65-летний юбилей. Но биостанция, на базе которой появился институт, существовала с 30-х гг. прошлого века. Ее появление связано с именем выдающегося отечественного ученого, народовольца Н.А. Морозова, который появился на свет в Борке, в родительском имении, в 1854 г., а потом за революционную деятельность был исключен из университета и провел в различных тюрьмах и Шлиссельбургской крепости в общей сложности 30 лет. Там он изучал книги и писал. Из-под пера этого ученого-самоучки вышло более сотни книг, а за труд «Периодические системы строения вещества» он был представлен Д.И. Менделеевым к докторской степени. После освобождения из тюрьмы вернулся в Борки и занимался почти исключительно наукой. Основанную им биостанцию передал в дар академии наук. В конце 1940-х гг. по заданию академии сюда приехал И.Д. Папанин (*советский исследователь Арктики, доктор географических наук, контр-адмирал, дважды Герой Советского Союза. — Примеч. ред.*), чтобы проинспектировать, нужна ли эта биостанция или ее надо закрывать, и пришел к выводу, что место хорошее, перспективное. В результате его усилий здесь появился наш институт, в котором он стал первым директором. Заслуги Ивана Дмитриевича по организации научной жизни поселка переоценить нельзя, они огромны. Благодаря ему здесь закипела научная жизнь, появились лучшее по тем временам оборудование, свой порт и флот, сюда поехали как выдающиеся ученые того времени, так и молодежь. Со времен И.Д. Папанина, конечно, многое изменилось, и далеко не все к лучшему, но мы стараемся сохранять и приумножать заложенные им традиции.

— **Насколько я понимаю, научный поселок, где плотность ученых на квадратный метр выше, чем где-либо, — явление редчайшее. При**

**этом никаких исключительных условий труда. Скажите честно: это обуза или дар — то, что вам приходится заниматься наукой вдали от больших городов, в сельской глуши?**

— Конечно, дар. Обузой мы стали для нынешнего руководства, потому что это не просто институт, а целая инфраструктура, без которой он существовать не может. Но ее функционирование требует дополнительных расходов. Раньше так и было. Иван Дмитриевич не просто создавал научные корпуса, приобретал оборудование и привлекал кадры, он понимал, что многое зависит от того, как люди живут. Поэтому в первую очередь появлялись дома, детский сад, школа, дом культуры, музеи, магазин. Здесь было особое «московское» снабжение. В наше время с этим стало сложнее, и здесь остаются работать самые преданные науке, одержимые ею люди.

— **То есть привлечь уже нечем, кроме занятий наукой?**

— Проблема вот в чем. Раньше все было в руках одного хозяина, у которого были на это средства, выделяемые академией наук именно на развитие исследований и инфраструктуры. Теперь на весь поселок хозяев несколько, но при этом ни у кого нет достаточных средств даже на поддержание имеющегося. Это мерило профессионализма руководителей, от которых зависят решения. Наш институт — это огромное хозяйство, для поддержания работоспособности которого нужны средства. Если те, кто нами руководят, этого не понимают или нас не слышат, вот тогда мы и становимся обузой. Если же будет хотя бы малейшее представление и знание о том, где, чего и сколько нужно, тогда мы перестанем быть обузой, а станем тем, чем и должны быть, — перспективным и прекрасно работающим научным учреждением со счастливыми сотрудниками. Именно эти люди знают и понимают, как живут водохранилища, реки, озера, как они функционируют, какова структура живого населения. На основе этого они могут давать прогнозы по ситуации, которая меняется в зависимости от ряда факторов. Без наблюдений, которые здесь проводятся настоящими профессионалами, без знаний, которые здесь накоплены, мы никогда ничего не добьемся, не будем знать, куда идем, какого результата можем ждать от реализации самых разных планов, включая задачи Национального проекта «Экология». Если мы хотим сохранять такие исключительные места, где реализуются многие достойные дела, то их нужно поддерживать. И я надеюсь, что придут золотые времена, когда те, кто принимает решения, поймут, что это наше национальное богатство. Надежда есть. На днях посмотрел репортаж: на Дальнем Востоке построили целый поселок, деятельность жителей которого связана с сохранением амурского тигра. И там предоставляют хорошее жилье тем,

кто будет в этом поселке работать. Понимают, что люди должны жить в нормальных условиях.

**— Александр Витальевич, что сегодня представляет собой ваш институт? Чем он живет? Какие есть лаборатории? Какие из них наиболее, на ваш взгляд, сильные?**

— В настоящий момент у нас 13 лабораторий плюс богатейшая научная библиотека, экспериментальная мастерская, где создаются уникальные гидробиологические приборы, экспедиционный флот, автохозяйство, информационно-компьютерный центр, центр электронной микроскопии, прудовая база, три общежития, гостиница, а также специалисты, обеспечивающие жизнедеятельность многочисленных зданий и коммуникаций. На базе института издаются два специализированных научных журнала. А еще проводятся десятки ежегодных экспедиций и на ближайшую речку, и на другие континенты, конференции на базе института. Но в первую очередь здесь работают удивительные, талантливые люди.

Сразу скажу, что не назову сильную лабораторию или слабую. У нас в любой лаборатории есть прорывные работы. Есть и то, что мы всячески стараемся сохранить. Сейчас, как мы знаем, активно развиваются молекулярная биология и генетика. Это очень здорово. Но если мы загубим традиционные, классические направления, то грош нам цена. Поэтому в каждой лаборатории стараемся сохранить те направления, которые существовали со времен отцов-основателей, развивать их, но при этом идти в ногу со временем. У нас для этого пока есть необходимое соотношение молодых и опытных сотрудников. По возрасту они, может быть, давно должны быть на пенсии, но, слава богу, продолжают работать. Без этой сцепки невозможны сохранение традиций и развитие, невозможны существование научных школ и успешная работа, какие бы гранты ни выделялись для молодых исследователей.

Например, у нас есть лаборатория микробиологии, которая имеет очень богатую историю. Там ведутся по-настоящему новаторские работы, касающиеся сложнейших вопросов, например перехода к многоклеточности. Это целый пласт эволюционной биологии. Ребята работают на мировом уровне. Но при этом продолжают исследования по классическим направлениям.

И это справедливо по отношению практически к любой лаборатории — экологической паразитологии, токсикологии и физиологии, популяционной биологии и генетики, экспериментальной экологии, высшей водной растительности, систематики и географии водных растений, экологической биохимии, иммунологии, гидрологии и гидрохимии. О каждой можно много рассказывать. Так, в лаборатории экологии рыб или в лаборатории экологии водных беспозвоночных продолжаются уникальные ряды многолетних наблюдений за структурой рыбного населения, зоопланктона и зообентоса водохранилищ. Одновременно активно развиваются методы экологических съемок, параллельно методами молекулярной биологии изучаются процессы видообразования, ведутся работы с исчезнувшими видами, рассматриваются вопросы эволюции беспозвоночных.

Еще одна лаборатория традиционного направления — лаборатория альгологии. Без первичных продуцентов мы никуда не двинемся, ничего не поймем. Они — основа всего того, благодаря чему крутится жизнь в любом водоеме. И здесь собрались специалисты как в области систематики важнейших групп — диатомовых, зеленых и цианобактерий, так и в области изучения сообществ фитопланктона. Одновременно развиваются и новые подходы, расширяется спектр детально изучаемых таксонов. Большое внимание уделяется «цветению» воды. Мы все знаем, какие проблемы оно создает в любом регионе страны, что ярко проявляется на фоне глобального потепления. И эти проблемы имеют выраженный социальный характер, особенно в тех населенных пунктах, где водоемы используются как источники водоснабжения.



**Академик Л.А. Арцимович (слева), первый директор и основатель института И.Д. Папанин (в центре) и частый гость Борка С.П. Капица (сзади справа)**

Мы гордимся, что у нас сохранилась школа альгологов, которая способна как весьма грамотно проводить фундаментальные исследования, так и выполнять очень качественные прикладные работы.

**— Какие, например?**

— Мы не должны рассматривать прикладные работы как поиск сиюминутных и однозначных ответов на проблемные задачи, как некое технологическое решение, после внедрения которого ситуация сразу и кардинально меняется. Мы имеем дело с живыми системами. Для нас прикладные работы — это выяснение причин возникновения той или иной проблемы, которая складывается в водоеме, выявление возможных путей ее устранения за счет снятия внешней нагрузки со стороны водопользователей или за счет стимуляции внутренних биологических механизмов в самих водоемах. Причиной не обязательно становится явное загрязнение со стороны какого-либо предприятия. Например, Плещеево озеро — волшебное место, национальный парк, занятый охраной ряпушки. Все, казалось бы, замечательно, но одна из задач любого национального парка — привлечение как можно большего количества посетителей. Эти люди приезжают на берег, и, соответственно, появляется дополнительная нагрузка на водоем. А в этом году — большое количество осадков, высокая температура воды, в результате чего мы наблюдаем вспышку роста цианобактерий, что не только привело к внешним изменениям воды, но и ухудшило ее качество, а ее потребляет население города Переславля-Залесского. Региону необходимо последовательно проанализировать ситуацию на площади водосбора озера, принципиально решить этот вопрос. А законодателям и правительству страны стоит задуматься о том, какие выбрать критерии оценки деятельности национальных парков, нужно ли столь

активное привлечение посетителей. Привлекать людей для того, чтобы их образовывать, показывать красоту и мудрость организации природы, — это, безусловно, нужно. Но большое количество отдыхающих на берегу озера, в котором обитает реликтовый вид рыбы, — для меня большой вопрос. В этом отношении примером могут стать биосферные заповедники, которые не так давно получили поддержку президента страны. Там центральная усадьба становится образовательным и экскурсионным центром, а вся территория заповедника остается нетронутой.

**— Заповедники создавались под конкретные задачи. Скажем, Окский заповедник — чтобы сохранить выхухоль. Как бы вы сформулировали, что сохраняете вы?**

— Важная задача института — выявление, изучение и поиск путей сохранения всего комплекса видов, в том числе и редких. Одна из федеральных программ в рамках Национального проекта «Экология» — оздоровление Волги. В числе ее приоритетов — увеличение разнообразия рыбного населения, возрождение его до тех показателей, какие были до строительства каскада водохранилищ. На мой взгляд, наша задача — постараться объяснить, нужно ли это, не станет ли пустой тратой средств. Оздоровление — это обеспечение жизнедеятельности такой системы, которая не требует искусственного «довоссоздания». Нужно ли выпускать какое-то количество рыбы, для того чтобы отчитаться: у нас этот вид существует? Думаю, нет. Мы должны подсказать, где и какие виды рыб можно и нужно воспроизводить, какие условия необходимо обеспечить для восстановления их популяции в условиях бесконечного круговорота, который поддерживает оптимальное биологическое разнообразие, структуру и функционирование сообществ гидробионтов и экосистем в целом. Наша задача — вовремя донести свои знания до принимающих решения людей в надежде, что нас услышат.

Сейчас любой проект, любая стройка, которая затрагивает какой-либо водный объект, должны пройти экологическую экспертизу. Мы принимаем активное участие в прикладных работах, где сохраняем что-то конкретное, доказывая, что здесь, например, расположено нерестилище, уничтожение которого может привести к негативным последствиям для всего водоема. Для любого организма важный момент — есть ли



Порт ИБВВ и недавно вернувшееся из экспедиции судно «Академик Топчиев»

роддом, ясли, детский сад, здоровое питание. И мы не можем сохранить вид, уничтожив нерестилища в прибрежной зоне. Таким образом, основная наша деятельность направлена не на сохранение какого-либо одного вида, а на владение всей необходимой информацией о механизмах, способных сохранять весь комплекс населения — от бактерий до рыб, обеспечивающих взаимное существование всех организмов, включая редкие, реликтовые виды.

**— Вы занимаетесь изучением не только рыбы или водных растений, но и более крупных животных, в частности бобров. Нужно ли их сохранять или, наоборот, их развелось слишком много?**

— Когда я пришел сюда работать, для меня было не совсем понятно, почему институт, который изучает биологию внутренних вод, остановился на рыбе. Оказалось, что на заре существования института у нас был замечательный ученый-орнитолог и необыкновенный человек — Б.К. Штегман. Именно ему принадлежат первые работы о позвоночных, связанных с водоемами, в частности о птицах. Потом это направление, к сожалению, ушло. Но мы потихоньку начали расширять спектр изучаемых животных, возвращать это направление как раз через бобра. Выбор этого животного был логичным и понятным, так как оно с любой речкой делает примерно то же, что человек сделал с Волгой и другими крупными реками.

**— То есть перестраивает?**

— Полностью перестраивает экосистему. Река превращается в каскад водохранилищ. При этом идут процессы обрушения берегов, смена прибрежной растительности, абсолютно меняется гидрологический режим. При этом средняя бобровая семья сильно удобряет свои водохранилища продуктами своей жизнедеятельности, в год поставляя в воду до 500 кг органических веществ. Стало интересно посмотреть, что на фоне этого происходит с сообществами гидробионтов. Мы начинали работать на территории Дарвиновского заповедника — в ближайшем месте, в котором тогда был бобр. В те годы это было редкостью. Никто не мог себе представить, что спустя небольшое количество лет мы будем искать речки, где нет бобра. Ведь сейчас практически любая малая река перегорожена плотинами. Бобр там наводит свой порядок. Он служит примером ключевого вида, жизнедеятельность которого на долгое время меняет и весь окружающий ландшафт, и все сообщества, обитающие в воде. Имеются отрицательные последствия: многие виды беспозвоночных и позвоночных, которые после преобразования Волги сохранялись в малых притоках, теперь начинают исчезать и там. На данный момент динамика расселения бобра приносит все больше проблем дорожникам, сельскому и лесному хозяйству.



Дом-музей Н.А. Морозова

Но надо ли с этим как-то бороться, я не знаю. Как показывает практика, всякая борьба, которую начинает вести человек, редко заканчивается чем-то хорошим.

**— Значит, вы все-таки за невмешательство в природные процессы?**

— Природа мудрее нас. Обязательно случится что-то такое, в результате чего бобр не сможет бесконечно долго заселять все подряд. Пока еще есть какие-то ниши, он будет это делать. Но произойдут изменения, которые сократят его численность. Большое значение имеет то, как человек будет вести себя на водосборе. Если будет вырубаться хвойный лес по берегам рек, тогда бобр в любом месте построит себе все, что угодно. А если хвойные леса будут сохраняться или высаживаться на водосборах, все будет более сбалансировано. Всегда были участки бобрового гона и лова. Где был бобровый гон, там никогда никто не охотился, а там, где был бобровый лов, охотиться было можно. Так было до того, как люди уничтожили бобров. Бобр всегда ценился во всем мире, а индейцы вообще считали этих зверьков отдельным народом.

**— Почему?**

— За их сложно устроенное общество, трудолюбие. Когда я первый раз попал на речку, мне сразу повезло: я увидел плотину около 180 м длиной. Представляете? Они перекрыли речку — она потекла вправо. Они еще достроили плотину — она и ее обошла. И вот так на протяжении 180 м.

**— Они это делают сознательно?**

— Конечно, все это на инстинктах. Строят они потому, что так заложено в их природе: чем большую площадь они затопят, тем им безопаснее ходить за кормом, легче его транспортировать. Однажды я наблюдал в лесу ровные, словно по шаблону нагрызенные чурбачки от целого дерева. Долго не мог понять, что же случилось с деревом, зачем бобры грызли его именно так. А все оказалось очень просто. Дерево после их первого погрыза не упало на землю, а повисло на других деревьях, воткнувшись в землю. Тогда они опять начали его

подгрызает, но оно опять не упало. Таким образом, подгрызая каждый раз, они его постепенно аккуратно опустили вниз, в результате чего и получили ровные чурбачки. У них есть свои поселения, семьи, законы, они ведут активное строительство хаток, нор, плотин. Это вызывает восторг и огромное уважение. Поневоле будешь считать их народом и писать о них сказки, как делали индейцы. У них, насколько я знаю, есть целая серия сюжетов про бобров, не говоря уже о книге «Саджо и ее бобры» авторства «произведенного» в индейцы и принявшего имя Серая Сова британца Арчибальда Билэйни, предисловие к русскому переводу которой в свое время написал М.М. Пришвин.

**— А вдруг это и правда народ?**

— Вполне возможно. Я-то, честно говоря, так и считаю. У них есть свой язык общения. Это, например, сложнейшее сигнальное поле знаков. В половодье по большой воде они как можно выше ставят свою отметку погрызом на дереве. Они не сгрызают дерево, просто ставят знак, который для чужака заметен издали. Где-то оставляют запаховые метки. Это тоже искусство. Знатоки бобров, такие как, например, Н.А. Завьялов из Рдейского заповедника, могут по этим меткам многое рассказать о бобре. Николай Александрович нагнется, понюхает и все расскажет — кто, когда прошел, всю его жизнь вам разложит по полочкам. Слушаешь, как увлекательную повесть. Это большой, удивительный мир, нам во многом неведомый. Наверное, каждый человек, который соприкасается с этим миром, начинает относиться к нему совсем по-другому. Да, распространение бобров — это проблема для многих стран. У нас страна большая, и частных земель не так много. А представьте Европу, где частная земля и частные поля, и вдруг появляется бобр, который выходит на поле и начинает есть кукурузу или свеклу? Но уничтожать бобра нельзя. Поэтому существует целая индустрия, которая строит защитные сооружения, оберегающие отдельное дерево или мосты. Делают ловушки, которые позволяют ловить бобров и вывозить подальше, даже в другие страны. Знаю, что Германия увозила своих бобров в Румынию или Чехию. А для того чтобы люди относились к этому с пониманием, надо издавать книги, в том числе детские, чтобы человек с младых ногтей знал, что бобр — наш друг. Вообще люди, которые занимаются этими животными, сами становятся немножко бобрами.

**— В чем вы немножко бобр? Расскажите, чему они вас научили.**

— Сложный вопрос. Строить-то я не очень умею...

**— Можно строить что-то своими руками, а можно строить порядок в институте, которым руководишь, создавать определенную структуру. Это ведь тоже строительство, разве нет?**

— В этом смысле — пожалуй.

**— Бобры добры?**

— На мой взгляд, да. Любое животное, если его не трогать не вовремя, не агрессивное и не злое. А уж бобр — тем более. Я не встречал ни одного человека, который, увидев бобра, не расплылся бы в улыбке, не испытал прилива положительных эмоций.

**— Вы не едите бобров?**

— Нет, что вы. Мне предлагали попробовать, но я не могу. Я не питаюсь дразьями.

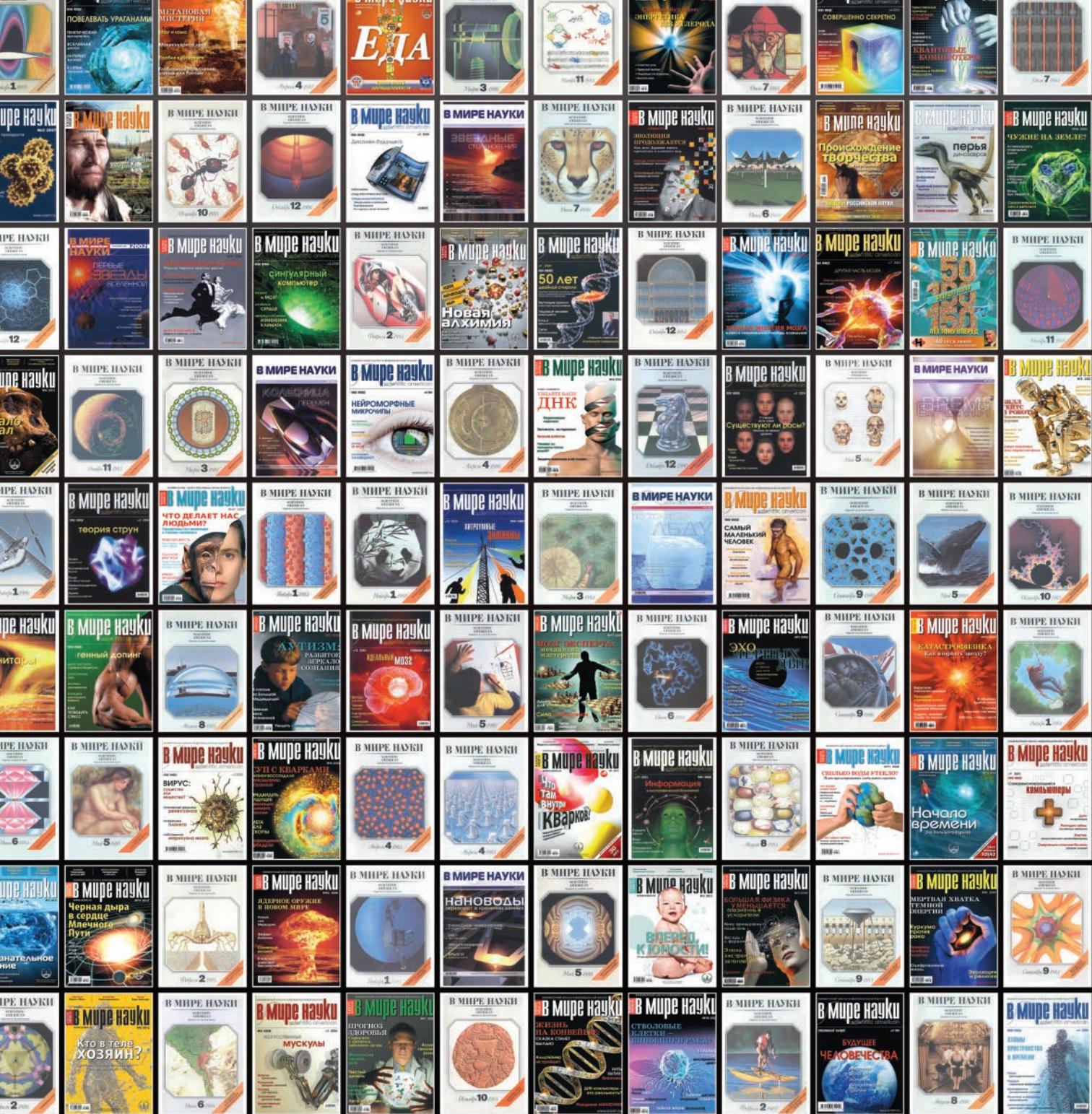
**— Что хотелось бы еще построить в институте? О чем мечтаете?**

— Я мечтаю о том, чтобы к нам приезжала молодежь. Здесь остаются только люди, которые понастоящему преданы своему делу, а такие всегда есть. Я очень люблю нашу молодежь. Слушаю их выступления на конференциях и понимаю, что они умные профессионалы, у них масса идей, они ничего не боятся. У них хорошее знание языка, огромный опыт международных связей. К 30 годам успевают пообщаться с ведущими учеными мира. Привлекать к нам таких людей — наша первоочередная задача. А вторая мечта — чтобы эта молодежь успела застать тех необыкновенных, редчайших людей, которые сейчас, к сожалению, уже в большом возрасте. Очень важно успеть передать им не только свой опыт, но и особое отношение к науке — не как к средству зарабатывания средств на существование, а как к образу жизни.

**— Александр Витальевич, человек привык считать себя царем природы. Как думаете, это правильно?**

— Я всегда говорю, что природа сильнее и мудрее нас. Мы вырем как вид, а природа будет существовать. Экосистема, которая формируется даже в очистном сооружении, ничуть не менее сложна, чем экосистема какого-нибудь красивого озера. Там свои законы, своя жизнь, которая продолжится и без нас. Да, с точки зрения человека это не презентабельно, эстетически непривлекательно, бесполезно. Но с точки зрения природы в этом нет ничего плохого. Это мы себя мним венцом эволюции, но на самом деле мы лишь хозяева собственных счастливых и несчастных. По отношению к природе у нас пока уровень Ветхого Завета — что-то хорошее мы часто делаем из страха. Ведем себя хорошо из страха быть наказанными — лишиться чистой воды, воздуха, еды, крепкого здоровья. Беспокоимся об экологических проблемах только потому, что боимся негативных последствий для собственной жизни. Доживем ли мы когда-нибудь до уровня Нового Завета, когда это станет нашей духовной потребностью, не знаю. Но надеюсь на это. ■

*Беседовала Наталия Лескова*



## Хотите знать о науке больше?

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

**В мире науки**  
SCIENTIFIC AMERICAN

Теперь можно купить  
и отдельные статьи





# НАУКА ВИНОДЕЛИЯ



Ученые НИЦ «Курчатовский институт» впервые в России осуществили секвенирование полного генома винограда. Для исследования были выбраны два автохтонных сорта, известных еще со времен Российской империи, — «красностоп золотовский» и «кокур белый».



Данные, полученные в результате полногеномного секвенирования ДНК, поместят в Национальную базу генетической информации. Они будут использованы учеными для установления «родословной» этих знаменитых сортов и оптимизации некоторых свойств, влияющих на устойчивость к болезням и на вкусовые качества вина. О том, как возникло и развивается это новое для родоначальника советского атомного проекта направление в НИЦ «Курчатовский институт», рассказывает **Дмитрий Юрьевич Федосов**, заместитель начальника лаборатории генетических технологий виноградарства и виноделия Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий.

— Дмитрий Юрьевич, известно, что сейчас идет реформа виноградарско-винодельческого законодательства. Как вы считаете, какова роль научных организаций в новой политике государства в этой отрасли?

— 26 июня этого года вступил в силу Федеральный закон о виноградарстве и виноделии, который направлен прежде всего на поддержку производства своего винограда и на снижение количества контрафакта, продаваемого под видом российского вина. Это очень важный момент — возрождение этой отрасли поддерживается на самом высоком уровне.

К нашей радости, в законе есть положения о научной экспертизе. Впервые в законодательстве такого уровня появились доводы о том, что наука должна определять границы виноградарско-винодельческих зон, те или иные подходящие для них сорта. Дело в том, что у нас большая междусортница на виноградниках — каждый сажает что хочет. С точки зрения науки и логики производства сорта происхождением из Северной Германии и Южной Италии не могут дать на одном участке одинаково замечательные урожаи. Это абсурд. Поэтому цель науки — сортоподбор, новый подход к почвенно-климатическому анализу. Если мы не будем этого делать, то наше виноделие обречено стать колониальным, когда мы все будем привозить из зарубежья, вплоть до бутылок. Нам нужны свои специалисты, свои саженцы, свое винодельческое оборудование. И то, что в законе появилась научная экспертиза, — это основа основ.

— Такая научная экспертиза наверняка касается еще контроля подлинности и качества вин. Как с этим сейчас у нас в стране? Прекрасно

помню времена, когда поддельные некачественные вина захлестнули прилавки наших магазинов.

— Существует два основных вида подделок. Они, кстати, отражены в законе. Самая грубая подделка — когда «вино» состоит из красителя и ароматизаторов, добавлен сахар для получения алкоголя или вовсе спирт. Сейчас, согласно букве закона, такие продукты попадают в раздел виноградо-содержащих напитков, коль скоро там имеется хоть чуть-чуть винограда. На этикетке начиная с урожая нынешнего года будет значиться: «Не является вином». Кто хочет, пусть пьет: такие бутылки будут стоять отдельно.

Второй вариант — это подделка под некий известный стиль. Во всем мире подделываются «Бордо» и другие дорогие вина. У нас пока практически нет рынка дорогих вин, но, думаю, скоро появится. Есть определенные зоны или стили, которые нравятся людям. Крымское вино, согласно опросам, — самое узнаваемое из вин российских регионов, хотя там тоже хватает подделок.

Сортовая чистота и подлинность — это тоже одна из проблем российского вина. К сожалению, у нас до сих пор нет сортового контроля. Если вы видите бутылку российского вина с надписью «Шардоне», имейте в виду: это не что иное, как торговая марка, но не указанный сорт. Все потому, что не было контроля. Но новым законом он предусмотрен.

— Каким образом можно осуществить такой контроль?

— Это можно делать методами современной аналитической химии. Мы в Курчатовском институте

занимаемся этой проблемой на уникальной экспериментальной базе. С помощью масс-спектрометрии, жидкостной высокоэффективной хроматографии, газовой хроматографии у нас идут работы по распознаванию сортового состава и происхождения вина из той или иной зоны на основе состава микроэлементов почв, которые потом отражаются в вине. Есть еще методы изотопного анализа, которые мы также будем применять в ближайшее время.

**— А какая вообще связь между Курчатовским институтом и виноградарством?**

— Действительно, как известно, Курчатовский институт был создан еще в апреле 1943 г. как секретная Лаборатория № 2 именно для решения задачи по созданию советского атомного оружия. Напомню, что первый, самый важный шаг был сделан на территории Лаборатории № 2 еще в декабре 1946 г., когда И.В. Курчатов пустил первый в Евразии реактор Ф-1, в этот момент фактически и началась атомная эра в нашей стране. Атомный проект дал толчок развитию многих направлений: от ядерной медицины до информационных технологий. Кроме того, в Институте атомной энергии, как тогда назывался Курчатовский институт, И.В. Курчатов и А.П. Александров во время гонений на генетику в середине 1950-х гг. создали два особых отдела — отдел генетики и селекции микроорганизмов и отдел радиобиологии. Впоследствии эти подразделения выделились в институты ГосНИИгенетика и Институт молекулярной генетики АН СССР, которые внесли большой вклад в становление биотехнологической промышленности у нас в стране, в развитие генетических исследований в целом. Не так давно по инициативе М.В. Ковальчука они вернулись в состав НИЦ «Курчатовский институт», где создана лучшая на сегодня в стране экспериментальная и кадровая база для проведения геномных исследований, а также хранится коллекция промышленных микроорганизмов, которая содержит около 25 тыс. штаммов микробов. Кстати, напомню, что первый в России и восьмой в мире геном человека был секвенирован в 2009 г. тоже в Курчатовском институте.

Поэтому Курчатовский институт неслучайно стал головной организацией самого крупного центра геномных исследований мирового уровня, в который входят еще семь ведущих научных организаций.

Уже более года назад указом президента РФ наш институт был назначен головной научной организацией Федеральной программы «Развитие генетических технологий» по исследованиям и разработкам в сельском хозяйстве, промышленной микробиологии. Так что задел и в области генетики в Курчатовском институте очень хороший. Это позволило использовать наши уникальные возможности в области генетики для развития

принципиально новой научной базы виноградарства и виноделия в нашей стране. Именно поэтому М.В. Ковальчуком была создана лаборатория генетических технологий виноградарства и виноделия в структуре Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий.

**— Знаю, что геном пшеницы чрезвычайно сложен. А что вы можете сказать о геноме винограда?**

— Он не менее сложен. Геном винограда впервые был расшифрован в 2007 г. крупным франко-итальянским консорциумом. Для этой работы взяли сорт «пино нуар», популярный и в нашей стране. Какое-то время научное сообщество полагало, что этот геном будет референсным. К огромному удивлению американских коллег, когда они начали секвенировать сорт «шардоне», вроде бы родственный «пино нуару», оказалось, что он отличается от него примерно на 20% по размеру и количеству генов. Что уж говорить о других сортах, таких как «карменер» или «каберне совиньон».

**— А у нас подобные исследования проводятся?**

— У нас в России есть большое количество автохтонных аборигенных сортов. Это сорта, появившиеся путем народной селекции в определенной местности, культивируемые у себя на родине. У них нет задокументированного создателя-селекционера — фактически эти сорта представляют собой достояние российского народа. В этой ситуации мы хотим быть самодостаточными, сохранить свое лицо, применяя передовые научные технологии. Сейчас мы делаем шаги к прочтению геномов наших сортов винограда, таких как донские «красностоп золотовский», «цимлянский черный», крымский «кокур белый» и другие.

**— Почему именно виноград начали изучать в Курчатовском геномном центре? Почему нет лаборатории яблок или груш?**

— Конечно, яблоки или груши — тоже важные культуры. Но когда мы покупаем яблочный сок, мы не смотрим на сорт, из которого он сделан. Точно так же мы обычно не смотрим на сорт ячменя при покупке пива или сорт пшеницы при покупке хлеба. А вот у винограда сорт — это фактор, отличающий вина друг от друга в органолептике, и, соответственно, фактор маркетинга. Сегодня в России большую популярность имеют вина из тех самых автохтонных сортов. Наша задача — разобраться в их геномике, систематизировать эти сорта, навести там порядок.

**— А для чего вообще нужно изучать геномику винограда? Разве нельзя на основании имеющегося опыта его разведения просто продолжать получать соки, вина и прочее?**

— Ампелография (наука о винограде) достаточно молода, ей порядка 150 лет. За это время многое было сделано, в том числе советскими учеными. Например, А.М. Негруль создал в НИИ «Магарач»

в Крыму считающуюся основной в мире классификацию сортов. Но ампелография имеет свои лимиты. Вот сорт, и у него есть клоны. Это было широко известно ампелографам еще до появления генетики. Однако же именно сейчас, например благодаря секвенированию известнейшего мирового сорта «шардоне», появилась систематизация. Международный консорциум выявил больше тысячи клонов. Этот сорт приспособлен к разным условиям, он растет и у нас, и в Австралии, и во Франции. Это и есть клоновая селекция, которая не только помогает прочтению генома с точки зрения «родословной», хотя это интересно в научном плане, но и дает новую важную информацию о мутации исходного сорта. Например, у определенных сортов есть гены резистентности к тем или иным болезням, к заморозкам, засухе. Все это нужно прочесть, систематизировать и с помощью геномного редактирования, возможно, улучшить. Здесь генетика может помочь виноградарству, да и сельскому хозяйству вообще.

Мы знаем, что сейчас происходят глобальные климатические изменения. Бургундия, которая дает самые дорогие в мире вина, например, «Романе-Конти» из сорта «пино нуар», которое стоит более 15 тыс., рискует потерять этот сорт, потому что он начинает созревать все раньше и раньше. А в случае винограда важны не только зрелость сахаров, количество глюкозы, из которой получается спирт, но и фенольная зрелость кожицы. Она приходит позже, чем сахаронакопление, в условиях жаркого лета. Получается, у нас очень сладкий виноград, из которого можно сделать вино, но он не дозрел, ароматика будет зеленая, простейшая, богатство вкусовых оттенков уйдет. А у «пино нуар» описано более 50 ароматических оттенков. Это очень сложный сорт. Мировые прогнозы говорят о том, что в течение 30 лет, к 2050 г., Бургундии придется делать выбор: менять сортовой состав или редактировать свои «пино нуар» и «шардоне».

**— Испытывают ли наши виноделы подобные проблемы?**

— Да. Поэтому одна из составляющих нашего проекта — прочтение генов, которые отвечают за созревание винограда и, по возможности, попытка отодвинуть цикл созревания. Тогда мы проскочим период августовской жары и сможем собрать фенольно зрелый виноград. Вдобавок ко всему, если он будет позже вегетировать, мы еще и избежимся от проблемы весенних заморозков. Все эти проблемы может решить только генетика.

**— С какими еще вызовами приходится сталкиваться в вашей работе?**

— Помимо раннего созревания существует проблема борьбы с вирусами. Сегодня это актуально по отношению к человеку, но, поверьте, в случае винограда это не менее острый вопрос. Если посадить зараженный вирусом виноградник, то через пять-десять лет он вымрет. Отечественная вирусология в последние годы сильно отставала от мировой. Но у нас уже есть хорошие специалисты и в этой отрасли.

К сожалению, у нас возникло общее отставание в виноградарской и винодельческой науке. Это связано со многими факторами. Один из них — антиалкогольная кампания 1985 г. и последующий экономический кризис. Виноградники вырубали в массовом порядке. Это была настоящая трагедия. Пострадал тот же НИИ «Магарач» в Крыму — один из старейших в мире исследовательских институтов виноградарства и виноделия. Был доведен до самоубийства главный селекционер этого института П.Я. Голодрига. «Магарач» в перестройку чем только не занимался, даже выращивал грибы. И если после 1985 г. мировая наука сделала определенный рывок, то у нас никакого роста не было.

**— Сколько всего известно сортов винограда в мире и в нашей стране?**

— Здесь мы упираемся в классические ампелографию и генетику, где есть разночтения. Говорят,



Экстрагирование ДНК

от 2,5 тыс. до 5 тыс. сортов — вот такой разброс. Дело в том, что в той же Тоскане есть сорт «санджовезе». В разных частях Тосканы он называется то «брунелло», то «пруньоло джентиле», и только генетики в XX в. смогли доказать, что это один и тот же сорт. Но названия пришлось оставить, потому что они привязаны к традиционным терруарам, к стилям производства вина. Нам нужно и полногеномное секвенирование, но еще и верификация сортов, в том числе методом ПЦР, чтобы установить истину.

**— Неужели сегодня даже винограду нужна ПЦР-диагностика?**

— Да, это правда. Все эти методы бурно развиваются в последние десятилетия. Так вот, с точки зрения классической ампелографии в источниках, исследовавших сорта Дагестана, Дона, Ставрополя, Крыма, насчитано порядка 150 сортов винограда. И наша задача — их проверить, чтобы понять, какие из них не повторяются. Может быть, в ходе этого исследования будут открыты новые сорта винограда и придется их как-то переименовывать.

**— Кто основной потребитель российского вина?**

— С точки зрения рынка потребитель вина номер один в мире и в России — молодая женщина.

**— Неужели?**

— Да, она следит за фигурой, ест полезные салаты, занимается спортом. Она любит выпить бокал хорошего восьми-девятиградусного вина с подругами или с мужем. На рынке есть такие вина. Мы этот вызов приняли и сейчас пытаемся на него ответить. Нам нужно наладить производство новых дрожжевых культур, которые могут понижать количество этанола. Это непросто. Если, например, у нас вместо этанола образуется избыток глицерина или летучих кислот, то вино станет низкоалкогольным, но неприятным по ароматике. Эти противоречия мы пытаемся снять. В НИЦ «Курчатовский институт», НИИ виноградарства и виноделия «Магарач», АО «Завод шампанских вин "Новый Свет"» есть коллекции собственных штаммов дрожжей. Среди наших задач — их оцифровка. Эти коллекции должны стать одной из основ национальной базы генетической информации. Есть и новейшие способы быстрой работы с генами дрожжей путем генетического редактирования. С помощью этих методов на базе одного хорошего штамма дрожжей можно вывести много штаммов, которые будут подходить разным сортам.

**— Вы сказали, что основной потребитель вина в России — молодая женщина, которая заботится о своем здоровье. Как я понимаю, это тоже одна из задач — воспитание культуры потребления хорошего вина. Ведь в нашей стране исторически народ предпочитает более крепкие напитки.**



Процесс разделения фрагментов ДНК (электрофорез)

— Я не совсем согласен с тем, что такой культуры у нас нет. Она была, но в высших слоях общества и в южных винодельческих регионах. В русской классической литературе можно встретить упоминания многих марок импортных и российских вин: «Цимлянское», «Абрау-Дюрсо», определенные крымские вина. Но потом, в советское время, эта ситуация действительно изменилась. Хотя и было создано «Советское шампанское», появились новые марки крымских крепленых вин. Переработка тонны винограда на портвейн давала больше денег, чем сухое вино. Большой процент доходов в государственную казну шел от продаж алкоголя. Постепенно началась алкоголизация населения. «Сухой закон» 1985 г. еще сильнее изменил ситуацию. Потребление крепкого алкоголя выросло, а вина — упало. В последние годы культура винопития в нашей стране возрождается, пить вино становится модным, и это не может не радовать.

**— Дмитрий Юрьевич, наше интервью выйдет накануне Нового года. Можете ли вы как человек с огромным опытом виноградарства и виноделия произнести для наших читателей гост?**

— Я бы пожелал людям в наступающем году хороших вин. А хорошие вина влекут за собой хорошую еду, спокойное мироощущение, семейное благополучие. А.А. Корнеев, мой учитель, говорит, что горькую пьют от горькой жизни. Есть программа Евросоюза *Wine in Moderation* («Вино в умеренном потреблении»). За едой мужчине можно выпить не более трех бокалов в день, женщине — не более двух. Если количество этих бокалов умножить на 150 мл, получается бутылка вина. Я желаю, чтобы бутылка хорошего вина всегда была на вашем столе, чтобы всегда были люди, с которыми хочется ее разделить, и чтобы ваша жизнь была полна позитивными эмоциями. И, конечно, очень хочется, чтобы это вино было российским. ■

**Беседовала Наталья Лескова**



# НАЙТИ И ОБЕЗВРЕДИТЬ

**Хромосомы**, полученные из клеток глиобластомы исследователями из Национального института рака США и визуализированные методом спектрального кариотипирования

Национальный проект «Здравоохранение» предусматривает снижение смертности от новообразований, в том числе злокачественных, до 185 случаев на 100 тыс. населения. На решение сложной для России задачи выделено серьезное финансирование. Специалисты центра «Онкотераностика» Томского политехнического института работают над новыми радиофармпрепаратами на основе каркасных белков. Проректор ТПУ по научной работе и инновациям, ведущий научный сотрудник центра «Онкотераностика» **Мехман Сулейманович Юсубов** и директор центра «Онкотераностика» ТПУ **Владимир Максимилианович Толмачев** рассказывают о задачах центра и специфике каркасных белков.



Доктор химических наук М.С. Юсубов

**— Какие задачи стоят перед центром «Онкотераностика»?**

— Центр «Онкотераностика» был создан в Томском политехническом университете в 2019 г. в рамках мегагранта. Цель его создания — разработка таргетных молекул на основе каркасных белков, специфичных к различным молекулярным мишеням, экспрессируемым на раковых клетках. Сегодня здесь трудятся в основном молодые ученые под руководством одного из ведущих специалистов в мире в области радиохимии, профессора Уппсальского университета (Швеция) В.М. Толмачева.

В ТПУ есть единственный в стране действующий университетский исследовательский ядерный реактор, который выполняет различные функции. На нем в том числе синтезируют радиоизотопы для ядерной медицины. Помимо этого, в университете имеется действующий исследовательский циклотрон, который дополняет исследовательский реактор в синтезе радиоизотопов. Эти две высокотехнологичные установки могут обеспечить создание всей линейки радиоизотопов, которые широко используются сегодня.

Центр занимается исследованиями радиодиагностических и терапевтических радиофармпрепаратов (РФП). Большинство работ посвящены созданию препаратов на основе технеция-99m. В Томске впервые в России было создано безотходное производство генераторов технеция-99m на основе обогащенного молибдена-98, разработан автоматизированный модуль получения РФП на основе технеция-99m. Надо сказать, что Томский политехнический университет сегодня поставляет во многие медицинские

учреждения генератор технеция для безотходного производства. Сегодня он считается лучшим в мире генератором для получения радиоизотопа технеция. Используя этот изотоп и таргетные каркасные белки, специалисты центра изучают биодоступность радиофармпрепаратов.

Свою роль сыграло и то, что ТПУ находится в шаговой доступности от НИИ онкологии и НИИ фармакологии. По сути, в радиусе 200 м можно синтезировать радиофармпрепарат и исследовать его безопасность и эффективность.

**— Как центру «Онкотераностика» удалось объединить ученых из разных городов?**

— Это связано с компетенциями Томского политеха. Университет не только имеет многолетний опыт разработки новых радиофармацевтических лекарственных препаратов и радионуклидов для ядерной медицины, но и производит их, осуществляя полный жизненный цикл от разработки до поставки получателю. По числу научных публикаций по тематике технеция ТПУ занимает первое место в России, по тематике таргетных радионуклидов — второе место, по тематике ядерной медицины — шестое. Эти компетенции позволяют нам быть интересными для ученых в России и за рубежом.

Второй важный аспект — тесное взаимодействие и успешное сотрудничество с учеными НИИ онкологии, НИИ кардиологии и НИИ фармакологии. Тесное междисциплинарное сотрудничество позволяет ТПУ быть одним из центров России по ядерной медицине.

**— Какие передовые направления развивают специалисты Томского политеха в области разработки новых препаратов?**

— В первую очередь, развиваются компетенции в области синтеза изотопов на ядерном реакторе. Планируется активная работа с лютецием-177, с носителем и без него. Этот элемент обладает оптимальными характеристиками для использования в ядерной медицине: удобный период полураспада до 6,5 суток, приемлемая энергия. Это позволяет уничтожать небольшие опухоли и метастазы размером от 1 до 3 мм, не затрагивая здоровые ткани.

Все получаемые в мире изотопы лютеция-177 производят с примесью лютеция-176m, который испускает жесткое гамма-излучение и затрагивает здоровые ткани в организме пациента. В 2019 г. ученые ТПУ впервые в России продемонстрировали, что лютеций-177 можно получать без

носителя, без вредных примесей из другого исходного материала. В ноябре этого года мы планируем наработать определенное количество лютеция для наших исследований в центре «Онкотераностика».

Если говорить о технеции, этот элемент очень эффективен при лечении рака молочной железы даже в случае рака желудка. В то же время из-за высокого накопления препарата на основе технеция-99m в почках и печени создается фон, снижающий картину визуализации. Для решения этой проблемы в структуру каркасного белка вместо технеция-99m обычно вводят другой изотоп, например йод-123. И здесь наработан серьезный опыт у группы ученых в области органического синтеза, которой я руковожу. Специалисты могут менять линкеры, которые будут связывать или йод-123, или же технеций-99m. Такая в некотором смысле свобода — важный аспект в сфере синтеза радиофармпрепаратов.

И, конечно, существенный фактор развития компетенций — сотрудничество с учеными из других научных центров, в частности с академиком С.М. Деевым, профессором и заведующим лабораторией молекулярной иммунологии Института биоорганической химии им. академикова М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН. Сергей Михайлович предоставляет те самые каркасные белки, а мы модифицируем их поверхность, прикрепляем к ним технеций или йод-123 и исследуем на клеточных линиях. После этого этапа специалисты переходят к испытаниям на лабораторных животных.

Последний, самый важный этап — клинические исследования. Они проводятся совместно с НИИ онкологии под руководством заведующего отделением радионуклидной диагностики НИИ онкологии Томского НИМЦ профессора В.И. Чернова.

Возникает тандем ученых Томского политехнического университета и институтов РАН. Такое сотрудничество очень важно, особенно в контексте создания радиофармпрепаратов.

**— Верно ли утверждение, что онкотераностика — это междисциплинарная область?**

— Конечно. Она объединяет компетенции в областях радиофизики, радиохимии, органической и биоорганической химии, в областях фармакологии, фармхимии и, конечно, онкологии. Специалисты каждой из упомянутых областей работают в центре «Онкотераностика».

**— Онкотераностика предполагает, что один и тот же препарат будет выполнять сразу две функции: диагностическую и терапевтическую. Когда появятся подобные препараты? На какой изотоп вы делаете ставку?**

— Я хотел бы уточнить, что не всегда одни и те же изотопы подходят и для диагностики, и для терапии. Зачастую используется пара изотопов, например технеций-99m и рений-186. Эта пара имеет один и тот же центр связывания, но разное время полураспада. Однако бывает и так, как вы сказали: один и тот же изотоп используется сразу и для диагностики, и для терапии. По сути, терапия и диагностика совмещены в одном каркасном белке или векторе радиофармпрепарата. Меняется только радиоизотоп.

Сейчас мы работаем совместно с учеными из МГУ и РХТУ над препаратом на основе лютеция. В последнее время это направление стало неким мейнстримом. В перспективе мы планируем через год расширить линейку радиоизотопов. В планах



Генератор изотопа технеция-99

**Капсула с препаратом** на основе каркасного белка и изотопа технеция-99 для диагностики рака желудка и молочной железы. Сейчас проходит клинические испытания (внизу).

**В лаборатории** радиофармпрепаратов на исследовательском реакторе ТПУ (справа).



кобальт-55, галлий-66, медь-64 и бром-76 — элементы для диагностики на ПЭТ. Время полураспада этих изотопов очень высокое, что позволит увеличить диагностический эффект радиофармпрепаратов в несколько раз. Если у фтора-18 период полураспада составляет 110 мин, то у меди-64 — 12,7 ч. Это дает возможность диагностировать сразу большое количество больных.

Что касается терапевтической функции, то ведется активное исследование лютеция-177, тербия-161, скандия-47, актиния-225 и тория-227. Мы планируем использовать эти радионуклиды для терапии на следующем этапе работы нашего центра.

Сейчас важно наладить синтез этих изотопов на ядерном реакторе и на циклотроне. А следующий этап как раз предполагает исследование изотопов на лабораторных животных.

**— В чем сложность создания подобных препаратов? Есть какие-то тонкости?**

— Главная особенность связана с синтезом радиоизотопов. Это непростая задача. Но у наших специалистов в области радиохимии и радиофизики также наработаны значительные компетенции.

Вся ядерная медицина должна быть сконцентрирована в одном центре. А доставку в другие города можно легко осуществлять с помощью специальных контейнеров. С моей точки зрения, в первую очередь необходимо наладить производство радиоизотопов.

**— Будут ли в центре развиваться образовательные направления? В такой области, как мне кажется, не обойтись без профессионалов.**

— Конечно. В работе активно принимают участие наши аспиранты, число которых с каждым годом увеличивается. Мы нацелены на то, чтобы готовить специалистов высшей квалификации в области онкотерапии. Стажировка в рамках мегагранта тоже запланирована. Часть молодых аспирантов уже посетили Уппсальский университет.

**— Какие планы у команды центра? В каких направлениях вы будете дальше развиваться?**

— Направлений будет несколько. Самое главное связано с высокотехнологичным производством радионуклидов, организацией их тестирования на клеточных линиях и на лабораторных животных. И, конечно, мы будем и дальше укреплять связи с медицинскими учреждениями, в первую очередь с НИИ онкологии. Это позволит в ближайшее время провести клинические исследования наработанных нами препаратов.

Томский НИИ онкологии, согласно федеральному закону № 61, имеет право проводить клинические исследования радиофармпрепаратов, полученных в стенах этого учреждения. Это наше основное преимущество — возможность проводить исследования на реальных пациентах, что в мире практически недоступно.

Один из наших векторов движения направлен на увеличение количества диагностических и терапевтических радиофармпрепаратов, особенно для ранней диагностики. Как известно, именно ранняя диагностика вкупе с правильно подобранной терапией позволяют снизить количество онкозаболеваний и уровень смертности от них. В России, к сожалению, рынок радиофармпрепаратов и вообще диагностических препаратов очень небольшой, их доступность невысокая для такой доли населения. Поэтому наша конечная цель — создать доступные для ранней диагностики эффективные радиофармпрепараты.

Важно и то, что в Томском политехническом университете совместно с «Росатомом» разрабатывается малогабаритный ускоритель короткоживущих изотопов. Мы надеемся, что через три года новый ускоритель будет синтезировать короткоживущие изотопы углерод-11 и фтор-18 прямо в медицинском учреждении. Это очень сложное оборудование. В то же время благодаря данному ускорителю станет возможным создание центров ядерной медицины во многих населенных пунктах страны, что увеличит диагностический потенциал России.

**— А для каких целей нужны короткоживущие изотопы?**

— Дело в том, что короткоживущие изотопы, например углерод-11, фтор-18, — самые востребованные изотопы для ПЭТ-диагностики. Сегодня их высокая стоимость и короткое время жизни не позволяют диагностировать большое количество пациентов. Наш ускоритель сделает этот процесс рутинной работой в стенах обычного медучреждения, где есть возможность проводить ПЭТ или ПЭТ/КТ. Задача амбициозная, но совместно с нашими партнерами мы точно ее решим.

**— Вы тесно сотрудничаете со шведским Уппсальским университетом. Планируете ли расширение международных связей?**

— Конечно! В рамках мегагранта очень важно сделать выбор в пользу ученого, который мог бы совместно с нами выполнять исследования на мировом уровне. Мы как раз искали ведущего ученого в области создания радиофармпрепаратов и радиохимии. И выбор В.М. Толмачева здесь неслучаен: он один из ведущих ученых в мире. Совместно с ним мы создали целую команду молодых исследователей, которые сегодня работают в центре «Онкотераностика».

Что касается расширения наших международных связей, мы планируем развиваться в этом направлении и возлагаем надежды на Владимира Максимилиановича. ■

**Владимир Максимилианович Толмачев,** директор центра «Онкотераностика» ТПУ, профессор Уппсальского университета (Швеция):

**— Что собой представляет направление онкотераностики?**

— Начну издалека. Научное сообщество научилось идентифицировать молекулярные изменения на поверхности клетки, связанные со злокачественной трансформацией. Сегодня специалисты способны производить моноклональные антитела, которые находят раковую клетку, распознавая такие изменения, и уничтожают ее либо с использованием иммунной системы организма, либо при помощи токсичного груза в виде радионуклида или токсина.

Проблема в том, что рак генетически нестабилен и поэтому очень гетерогенен. Молекулярные мишени могут экспрессироваться на поверхности клеток, а могут и не экспрессироваться даже при одном





**Единственный в России**  
вузовский действующий  
ядерный реактор

и том же типе рака. Они могут также исчезать в ходе терапии. Поэтому необходимо постоянно «сортировать» больных, поскольку для значительной части пациентов тот или иной вид терапии может оказаться неэффективным.

Например, я занимаюсь рецептором *HER2*. Он экспрессируется примерно в 20% случаев рака молочной железы. Пациенты с опухольями, экспрессирующими этот рецептор, хорошо отвечают на терапию, направленную на *HER2*, остальные, напротив, только подвергаются риску побочных эффектов.

При этом речь идет о дорогостоящем лечении. В Швеции годовой курс подобной терапии для одного пациента стоит порядка 40 тыс. Даже небедная шведская медицина не может себе позволить тратить такие деньги впустую.

Для отслеживания присутствия молекулярной мишени можно взять антитело, привязать к нему радионуклид и ввести в организм пациента, а затем при помощи имиджинговых методов, таких как позитронная эмиссионная томография или однофотонная томография, наблюдать, накапливается ли антитело в опухоли или нет. Если накапливается — чудесно, можно лечить пациента. Если нет, значит, нужно искать другие подходы.

Так называемое мечение антител становится сегодня по-настоящему ведущим течением. Однако полноразмерные антитела далеко не идеальны для радионуклидной диагностики. Антитела — это довольно большие белки, поэтому они медленно

попадают из кровотока в опухоль, медленно накапливаются в ней, при этом их большая часть остается в кровотоке. В результате контраст такого имиджинга очень мал. А диагностическую процедуру необходимо проводить через неделю после введения.

Наш подход избавляет от проблем, связанных с антителами. Мы предложили альтернативу моноклональным антителам — так называемые каркасные белки, которые позволяют получить заметно лучший контраст уже через два-три часа.

**— В чем их специфика? Почему они так эффективны при диагностике и терапии?**

— Во-первых, основное преимущество — их малый размер. Они намного быстрее попадают в опухоль через поры в сосудах. Если говорить о диагностике, важно не просто накопить радиоактивную метку в опухоли, важен контраст. Как в телевизоре: при большой яркости без контраста изображение не разглядеть.

Каркасные белки быстро накапливаются и очень быстро выводятся из организма, что дает изображение с очень высоким контрастом. Это позволяет специалистам визуализировать даже самые маленькие опухоли, которые при низком контрасте визуализировать невозможно. По сути, каркасные белки увеличивают чувствительность изображения.

Другой важный аспект связан с высокой специфичностью. Моноклональные антитела и многие другие макромолекулы накапливаются в опухоли неспецифически,

то есть независимо от присутствия мишени. Если бы перед нами стояла задача просто показать, что есть опухоль, это бы сработало. Но наша цель другая: показать, что опухоль экспрессирует конкретный белок-мишень, и это неспецифическое накопление может дать ложноположительный диагноз.

С каркасными белками, которые в 20–30 раз меньше, чем антитело, этого не происходит. Специфичность и чувствительность выше. А это основные параметры диагностической процедуры.

Еще один серьезный аспект — себестоимость производства. Моноклональные антитела требуют как минимум эукариотических клеток при биотехнологическом производстве. А это низкие выходы и высокая себестоимость. Поэтому даже дженерики антител стоят очень дорого.

Каркасные белки можно делать в прокариотах, а некоторые из них — пептидным синтезом, что в разы дешевле, чем производство антител.

Помимо этого, моноклональные антитела трудно инженерить. Большие компании вкладывают миллиарды евро или долларов, чтобы оптимизировать ведущий продукт. Инженерия каркасных белков, напротив, не отличается особой сложностью. Магистрант под руководством исследователя в течение нескольких месяцев сможет произвести несколько вариантов и отобрать наиболее подходящий.

Инженерия значима для терапии. В общем-то, терапия — всегда непростой вариант работы, поскольку предполагает токсичность. Необходимо убить опухоль, а здоровые ткани повредить наименьшим образом. Сейчас существуют несколько многообещающих вариантов на стадии доклинических испытаний на животных.

**— Где-то уже применяются препараты на основе каркасных белков?**

— Они еще, скажем так, не вошли в медицинскую рутину. С коллегами из Швеции мы планировали начать работу еще в 2008 г., но случился большой кризис, инвесторы испугались и было отменено важное клиническое исследование, произошла заметная задержка. Надо понимать, что клиническое исследование — это очень дорогое мероприятие, стоимость которого доходит до 100 и более миллионов евро.

Работы возобновились только в 2014 г. Сейчас хороший результат показывает один из каркасных белков под названием *Affibody*.

Второй каркасный белок, который нам удалось довести до клинических испытаний, был испытан в Томске. Он также достаточно хорошо себя показал. Сейчас мы испытываем третий каркасный белок, пока для диагностики экспрессии *HER2* для рака молочной железы. По сути, исследования, которые мы ведем в Томске, можно назвать острием мирового прогресса в области диагностики и терапии онкологических заболеваний.

**— Проводятся ли подобные исследования в других странах?**

— Китайские коллеги их копируют. В научном сообществе все должно быть прозрачно, поэтому все результаты публикуются в научных журналах. Сегодня китайцы активно проводят исследования, публикуют собственные данные. Конечно, лучше было бы им обратиться к нам напрямую, потому что мы занимаемся этим почти 20 лет и точно знаем, каких ошибок можно избежать.

Исследования ведутся и в США, правда, американские ученые пошли по другому пути. На самом деле, каркасный белок — это некий принцип, но самих каркасов достаточно много. Тем не менее все испытания там пока на доклинической стадии.

**— У Томского политехнического университета достаточно амбициозные планы — стать столицей ядерной медицины в России. Насколько это реализуемо?**

— А почему нет? Есть сразу несколько факторов, которые говорят в пользу этого статуса, главные из которых — инфраструктурные и технические. В Томске есть циклотрон и реактор, которые могут производить радионуклиды, сильная клиническая исследовательская база. Если собрать все воедино и добавить к этому мощную преклиническую лабораторию, то все условия для становления столицы ядерной медицины имеются.

И, конечно, значимый фактор — наличие компетентных исследователей, которым хочется создавать что-то новое. Когда собирается критическая масса знающих, имеющих определенное влияние в научной среде людей, наука вдруг начинает двигаться вперед. Такие исследователи в Томске есть.

Очень важно передать накопленные знания и опыт молодому поколению. Прямо сейчас мы пытаемся организовать специальный лекционный курс для магистрантов и аспирантов. ■

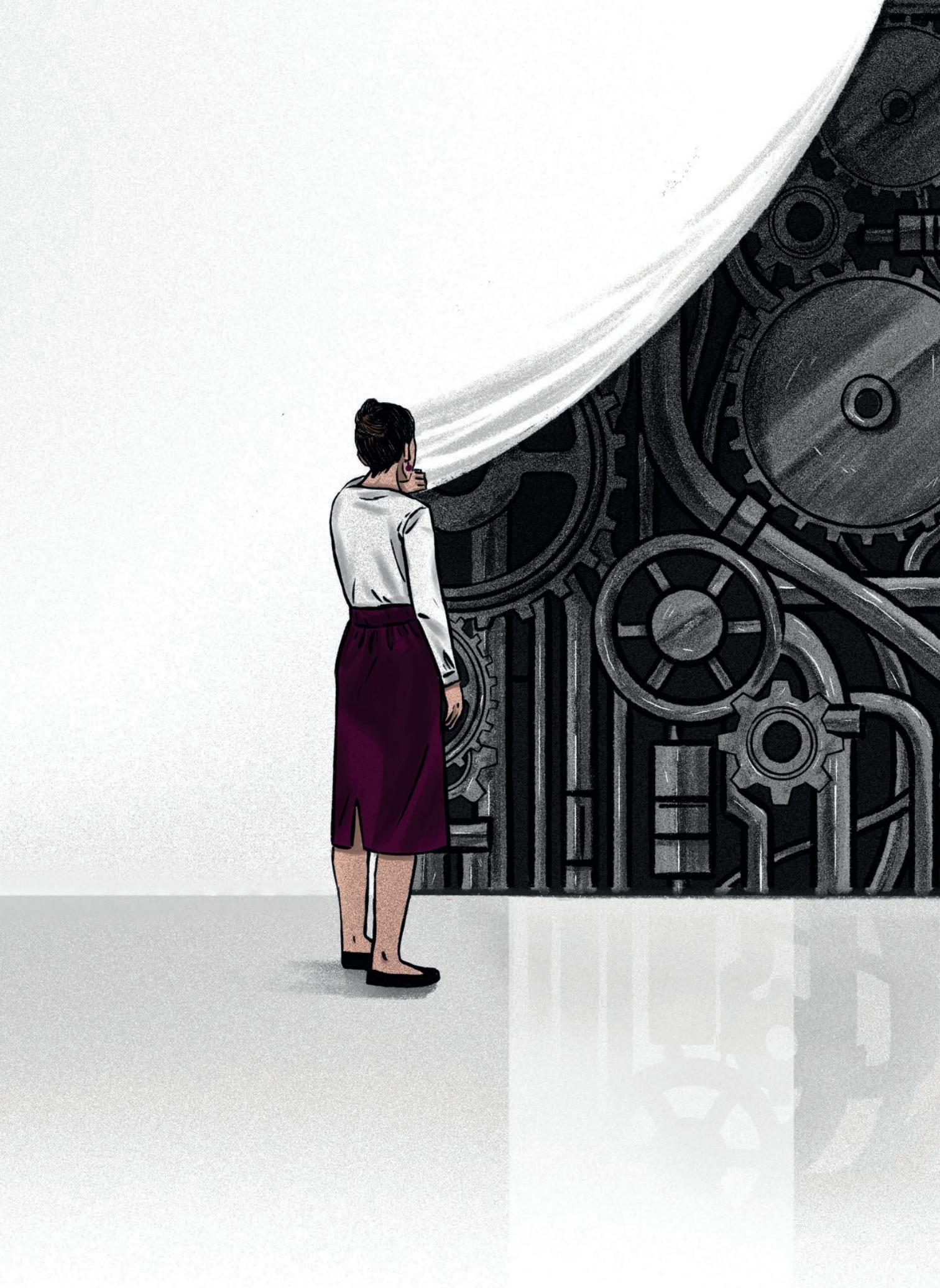
**Беседовала Анастасия Пензина**



# КАК ОТУЧИТЬСЯ ОТ РАСИЗМА?

Тренинги по борьбе с подсознательными  
и скрытыми предубеждениями часто  
оказываются неэффективными.  
Как же победить в этой борьбе?

*Эбигейл Либерс*



## ОБ АВТОРЕ

Эбигейл Либерс (Abigail Libers) — независимый журналист и редактор из Нью-Йорка.



**В** феврале 2016 г. я и еще примерно 35 человек в конференц-зале в Верхнем Ист-Сайде Манхэттена пытались ответить на, казалось бы, простой вопрос: что такое расизм? Я, белая трудоспособная 30-летняя женщина, чья гендерная идентичность совпадает с полом, думала, что расизм — это предубеждение против человека по расовому или этническому признаку. Я записалась на семинар по борьбе с расизмом, тренинг продолжительностью в два с половиной дня, посвященный анализу отношения властных структур в США к расовому вопросу. Мне хотелось лучше понять, почему некоторые люди так презирают тех, кто от них отличается.

Этот интерес объяснялся еще и личным опытом еврейки, выросшей в эмигрантской семье. Мои родители бежали в США из Советского Союза в 1979 г. Детство проходило сначала в маленьком городке на севере штата Нью-Йорк, потом в сельской провинции штата Джорджия. Меня часто задирали, и я чувствовала себя чужой.

Семинар был организован Народным институтом выживания и расширения границ (*The People's Institute for Survival and Beyond, PISAB*), который был основан 40 лет назад благодаря усилиям активистов, желавших создать более справедливое общество и устранить коренные причины расизма. Ведущие семинара — чернокожий мужчина, белая женщина и латиноамериканка — призвали каждого из нас поделиться своим определением расизма. Ответы поражали разнообразием: от «подлого и ограниченного образа мышления» до «дискриминации по признаку цвета кожи или этнического происхождения». После обсуждения каждый из наших ответов был принят. Ведущие сделали акцент на большом количестве вариантов, а также на том, что лишь немногие из нас определили расизм как сеть институциональной власти и угнетения по принципу цвета кожи. Сам факт отсутствия простого и согласованного определения делает расизм возможным. По их словам, чтобы искоренить расизм, нужен общий язык, связывающий воедино индивидуальные и системные факторы. Подобное определение расизма с точки

зрения иерархии власти, собственный маргинальный опыт и привычка чуткого отношения к группам, сталкивавшимся с дискриминацией, — все это заставило по-новому взглянуть на феномен расизма. Я думала, что поняла суть семинара.

В течение нескольких последних месяцев США вынуждены были столкнуться с расизмом в масштабах, невиданных со времен движения за гражданские права. Недавние убийства Джорджа Флойда (George Floyd), Ахмауда Арбери (Ahmaud Arbery), Бреонны Тейлор (Breonna Taylor) и других вызвали протесты против системного расизма и насилия со стороны полиции, в которых приняли участие представители разных рас. Некоторые белые американцы впервые оказались среди протестующих *Black Lives Matter* (движение существует с 2013 г.) и стали свидетелями жестокости полиции, о которой они раньше только читали или смотрели видео на экранах своих смартфонов. Эти экраны становились крошечными окнами в реальность насилия и угнетения, которым подвергаются чернокожие. Пандемия еще больше подчеркнула расовое неравенство, вызвавшее такие небывалые протесты. Сообщества чернокожих, латиноамериканцев и коренных народов непропорционально пострадали от *COVID-19*. На повестке дня встал вопрос о том, что насилие со стороны полиции и смертность от вируса — не отдельные проблемы; напротив, это неотъемлемые части широко распространенной системы расизма.

Расизм, согласно PISAB, — это расовые предрассудки плюс власть. Подобную дефиницию поддерживают и другие антирасистские организации, такие как, например, Институт расовой справедливости (*Racial Equity Institute*). Такое определение дает представление о характере связи между индивидуальным и системным расизмом. У каждого из нас могут быть личные расовые предрассудки, любой может предвзято относиться к человеку только на основе его цвета кожи. Основное отличие расизма от индивидуальных предрассудков — это институциональная власть, поставленная на службу таким предвзятым индивидуальным суждениям. Белые люди контролируют наши государственные системы и институты во всех секторах от правоохранительных органов и образования до здравоохранения и средств массовой информации, что приводит к принятию законов и политических решений, которые могут принести пользу белым людям, но при этом поставят в невыгодное положение всех остальных.

Доминирование людей с белым цветом кожи в различных системах управления повлекло за собой широко распространенное в последние месяцы мнение о том, что США — это общество сторонников превосходства белых людей. Такое превосходство, разумеется, не имеет отношения к группам ненависти, таким как неонацисты или ку-клукс-клан. Оно скорее относится к целой системе, в которой одна группа обладает всеми преимуществами. «Расизм — это превосходство белых, — говорит Джозеф Барндт (Joseph Barndt), организатор и штатный тренер PISAB, автор книги «Понимание и искоренение расизма: вызов для белой Америки в XXI в.» (*Understanding and Dismantling Racism: The Twenty-First Century Challenge to White America*). — Расизм не только возвышает одну расовую группу над другими, но и вводит это в систему».

С каждым днем все больше белых людей в стремлении искоренить расизм из своей жизни примыкает к стану антирасистов. Для повышения осведомленности проводятся специальные тренинги по так называемому скрытому предрассуждению. Их цель — познакомить людей с негативными ассоциациями и стереотипами, которых те придерживаются и которые выражают неосознанно. Однако устранения подобных предвзятостей недостаточно для полноценного противостояния расистским системам, идеям и наследию, присутствующим в повседневной американской жизни. Универсального решения не существует, однако исследования показывают, что первым шагом в ликвидации расизма часто становится понимание того, что такое раса и расизм на самом деле. Крайне важно развить в себе также позитивную расовую идентичность и почувствовать (а не просто осознать), как расизм вредит всем нам. Наконец, необходимо научиться избавляться

от предрассудков и стать активным антирасистом. Но всего этого нельзя достичь мгновенно. Лично для меня одним из первых шагов был отказ от ложных представлений об основах расовых категорий.

### Бревно в собственном глазу

Глубоко укоренившееся в нашем обществе понятие расы постоянно и неверно интерпретируют как биологический, а не культурологический термин. «Концепция расовых категорий на самом деле довольно нова, — объясняет Кристал Флеминг (Crystal Fleming), профессор социологии в Университете Стони-Брук и автор книги «Как не быть идиотом в расовых вопросах» (*How to Be Less Stupid About Race*). — Наш вид существует по крайней мере несколько сотен тысяч лет, а понятию расы от силы несколько столетий». Это история, которую не преподают в американских школах.

**Биология доказала отсутствие генетически отличных друг от друга рас, но расовая идентичность — реальность с которой необходимо считаться. В обществе с преобладанием белых людей это самое большинство, как правило, не осознает свою идентичность и считает себя нейтральным и «внерасовым»**

Ложные идеи о классификации людей появились в XVI и XVII вв. из-за того, что христианское духовенство задалось вопросом, люди ли «черные» и «индейцы», то есть обладают ли они душой. По мере роста колониальной экспансии религия использовалась для оправдания рабства и классификации нужных категорий людей как «языческих и бездушных». Со временем многие из них были обращены в христианство, в XVIII в. началась эпоха Просвещения и религия утратила свою легитимизирующую силу.

Тогда место религии заняла «наука», предоставившая новые оправдания порабощения африканцев и геноцида коренных народов, который уже больше века продолжался в британских колониях.

Иоганн Фридрих Блуменбах, немецкий антрополог и сравнительный анатом, известен тем, что предложил одну из самых ранних классификаций человеческих рас, о которой он писал в конце 1700-х гг.

Его исследования, основанные на измерении черепов, привезенных со всех концов света, привели к идее разделения людей на пять групп. Позже антропологи упростили это деление до трех категорий: европеоиды, монголоиды и негроиды. Некоторые выдающиеся ученые, в том числе Чарлз Дарвин, отвергли биологическую основу расы уже в следующем столетии. Но это как будто осталось незамеченным. Многие ученые посвятили себя доказательству ложной расовой иерархии, в которой «европеоидная раса» обладала превосходством над другими.

Политические и интеллектуальные лидеры США долгое время укрепляли ложную идеологию, согласно которой африканцы биологически уступают другим расам и поэтому лучше всего подходят для рабства. После восстания Бэкона в 1676 г., которое объединило наемных слуг разного цвета кожи, законодатели Виргинии начали проводить юридические различия между «белыми» и «черными» людьми. Белые слуги, отбывшие свои сроки и завершившие службу по контракту, могли получить свободу и владеть землей. Черные слуги были обречены на пожизненное рабство. Закон о натурализации 1790 г. закрепил расовое преимущество белых, регламентировав предоставление американского гражданства и сделав его доступным лишь для «свободных белых лиц», а именно белых мужчин. Женщины, цветные люди и наемные слуги этого права были лишены.

Упрочение и превосходство «белого цвета» в законе естественным образом привело к появлению социальной и политической силы, новой категории, которая все больше ассоциировалась с ресурсами и властью. «Белый цвет» обеспечивал множество возможностей: жить в определенных районах, голосовать, владеть землей, давать показания в суде присяжных. Отчасти наследие «научного» расизма сохраняется и по сей день.

Несмотря на то что биология доказала отсутствие генетически отличных друг от друга рас, расовая идентичность (то, как каждый из нас воспринимает себя и свою расу) — реальность с которой необходимо считаться. В обществе с преобладанием белых людей, таком как Америка, это самое большинство, как правило, не осознает свою идентичность и считает себя нейтральным и «вне-расовым». В 1999 г. психолог Джанет Хелмс (Janet E. Helms) опубликовала работу, в которой предложила рассматривать шесть этапов развития белой расовой идентичности. По ее мнению, первая стадия определяется недостаточным пониманием культурного и институционального расизма.

Эта стадия также характеризуется «дальтонизмом» — ложной (хотя и оцениваемой внутренне как положительной) убежденностью в том, что человек не видит различий между людьми. Как отмечает ученый и активистка Пегги Макинтош (Peggy McIntosh) в статье 1989 г., такое отсутствие осведомленности — обычное явление. Подобную привилегию она описывает как «невидимый портфель незаработанных активов, которые принято не замечать, хотя и можно ежедневно обналечивать. Белая привилегия — это невидимый и невесомый рюкзак со специальными припасами, картами, паспортами, визами, одеждой, инструментами и чеками».

## **В современных новых обстоятельствах люди способны создать позитивную расовую идентичность вне рамок идеи «белого превосходства» и использовать полученный опыт для достижения равенства и справедливости для всех**

Отучиться от расизма — это значит прежде всего изучить и принять свою расовую идентичность. Ученые и писатели с другим цветом кожи знали это уже более века, от этого зависело их выживание. Фредерик Дуглас (Frederick Douglass), Уильям Дюбуа (W.E.B. Du Bois), Джеймс Болдуин (James Baldwin), Одри Лорд (Audre Lorde), Анджела Дэвис (Angela Davis), Та-Нехиси Коутс (Ta-Nehisi Coates) и многие другие наблюдали, анализировали и писали об этом на протяжении нескольких поколений. Например, Дюбуа излагает свои соображения о «белости» в социологическом исследовании «Филадельфийский негр» (*The Philadelphia Negro*, 1899) и в книге «Черная реконструкция в Америке» (*Black Reconstruction in America*, 1935). Недавно Иджеома Олуо (Ijeoma Oluo), автор книги «Итак, вы хотите поговорить о расе» (*So You Want to Talk about Race*), написала в своей статье на платформе для социальной журналистики *Medium*: «Я знаю белую культуру лучше, чем большинство белых людей».

Только в последние несколько десятилетий, с появлением «Критических исследований белизны» (*Critical Whiteness Studies, CWS*), белые ученые обратили взгляд на самих себя. Эта растущая

академическая область нацелена на изучение структур превосходства и привилегий белой расы, на исследование значения этих привилегий и их связь с расизмом. По словам Барбары Эпплбаум (Barbara Applebaum), профессора философии и образования в Сиракьюсском университете, CWS переносят акцент и, следовательно, вину с жертв расизма на его приверженцев.

### Тренингов недостаточно

Уже около 20 лет инициативы по борьбе с расизмом в значительной степени сосредоточиваются на тренингах по скрытым неосознанным предубеждениям. Растущее количество когнитивных исследований демонстрирует, как эти скрытые предубеждения влияют на наши отношения и действия, а также приводят к реальным последствиям, таким как, например, расовое профилирование.

Подобные тренинги часто инициируются отделами кадров и проводятся сторонними консалтинговыми компаниями. Они могут состоять из модулей, которые знакомят людей с тем, что такое скрытая предвзятость и откуда она возникает, как она проявляется на рабочем месте, как она измеряется (обычно с помощью теста на неявные ассоциации) и как ее уменьшить. За последнее десятилетие эти тренинги широко использовались в правоохранительной отрасли, а также в сфере высоких технологий. Такие компании, как *Facebook* и *Google*, проводили их для тысяч сотрудников. Совсем недавно аналогичные занятия по борьбе с предубеждениями прошли и в школах для учителей.

Несмотря на то что эти сеансы могут быть полезны для выявления наших скрытых предубеждений, нет доказательств того, что они приводят к долгосрочным изменениям поведения на индивидуальном или системном уровне. В статье 2018 г., опубликованной в журнале *Anthropology Now*, социолог из Гарвардского университета Фрэнк Доббин (Frank Dobbin) пишет: «Сотни исследований, относящихся к 1930-м гг., показывают, что тренинги по противодействию предубеждениям не снижают предвзятость и не изменяют поведение, в том числе на работе».

Недавний метаанализ эффективности тренингов по бессознательному предубеждению, объединивший 492 исследования и в общей сложности 87 418 участников, обнаружил слабое влияние на скрытую предвзятость. Авторы отмечают, что «большинство исследований были сосредоточены на достижении краткосрочных изменений с помощью одноразовых манипуляций» и что подавляющее количество тренингов «приводили к незначительным изменениям в поведении». Авторы приходят к выводу, что изменения в неявной предвзятости возможны, но они не обязательно

приводят к непосредственным изменениям в поведении. Кроме того, наблюдается значительный недостаток исследований в области долгосрочных эффектов.

«Тренинги по скрытому предубеждению повышают осведомленность, но, по сути, они всего лишь сообщают участникам: "Так работает ваш мозг", — говорит Рэйчел Годсил (Rachel Godsil), соучредитель и содиректор Института восприятия (*Perception Institute*), организации, которая работает с социологами для определения эффективности вмешательств, направленного на устранение скрытых предубеждений, расовой тревоги и влияния стереотипов. — Это создает у участников чувство расслабленности». Дело не в том, что ваш мозг запрограммирован на расизм, однако он «заточен» на распределение людей по категориям. А категории, которые были созданы в США, по мнению Годсил, имеют, как правило, негативное значение для людей из маргинализированных групп. Она подчеркивает, что «отучиться от расизма» — значит в том числе отделить стереотипы от идентичности и абсолютных истин: «Вы не пытаетесь быть дальтоном или делать вид, что этих категорий не существует. Но вы и не предполагаете, что знаете что-либо о личности человека исходя из одной только внешности».

Тренинги, направленные против расизма, такие как семинар по борьбе с расизмом, о котором я говорила, в значительной степени отличаются от тренингов по скрытому предубеждению. Прежде всего тем, что они более интенсивны как на интеллектуальном, так и на эмоциональном уровне. Поскольку они не проводятся в корпоративной среде, обсуждения обычно имеют более открытый и даже грубый характер. На тренинге PISAB, который я посетила, мы детально рассмотрели сложившуюся ситуацию, характеризующуюся превосходством белой расы, а также нашу роль в поддержании этого превосходства. Изучив историю расизма в США, ведущие семинара обсудили индивидуальные и институциональные расовые отношения, угнетение и привилегии, а также то, как различные социальные институты явно или неявно увековечивают расизм. По итогам семинара нам была оказана честь стать своего рода лидерами, способными положительным образом повлиять на отношение к расизму в различных сферах и сообществах.

Методология PISAB основана на организационных принципах, которые основатели группы оттачивали десятилетиями. Их подход базируется на педагогических исследованиях философа Паулу Фрейре (Paulo Freire), на сочетании теоретических знаний с конкретными поступками, способными дать людям реальную возможность изменить свои сообщества. Многие антирасистские тренинги (организованные, например, *Crossroads*

*Antiracism Organizing & Training*) предлагают аналогичный подход. Другой взгляд на проблему расизма демонстрирует Робин Ди Анджело (Robin DiAngelo), автор нашедшей в последнее время книги «Белая хрупкость: почему белым так трудно говорить о расизме» (*White Fragility: Why It's So Hard for White People to Talk about Racism*). В своих презентациях она делает акцент на индивидуальных предубеждениях и привилегиях белых людей.

Тем не менее далеко не всегда можно оценить степень эффективности подобных тренингов. Исследование 2015 г., опубликованное в журнале *Race and Social Problems*, было направлено на оценку эффективности семинаров PISAB. Оно показало, что около 60% участников этих тренингов продолжили активно заниматься вопросом расовой справедливости и после завершения семинара. «Очевидно, что подобные тренинги производят положительный эффект. Однако мы не можем оценить их эффективность. Для этого нужны специальные контролируемые эксперименты, нужна статистика, а этого пока нет», — говорит Патриша Дивайн (Patricia Devine), профессор психологии, изучающая теорию предубеждений в Висконсинском университете в Мадисоне.

Тренинги, посвященные неявной предвзятости и антирасизму, могут быть ограничены по своей эффективности отчасти потому, что они, как правило, представляют собой краткие разовые мероприятия.

Многообещающее исследование, проведенное Дивайн в 2013 г., показало, что шансы на избавление от предубеждений и предубеждений существенно возрастают при условии более долгосрочного вмешательства. Исследование было основано на предположении, что неявная предвзятость подобна привычке, от которой можно избавиться, выполнив следующую последовательность действий: осознание скрытой предвзятости, развитие беспокойства по поводу последствий и использование определенных стратегий для уменьшения предвзятости (в частности тех, которые заменяют предвзятые реакции ответами, отражающими не предвзятые цели).

Исследователи утверждают, что мотивация «избавиться от привычки к предубеждениям» берет свое начало из двух источников: во-первых, вы должны осознать свои предубеждения, во-вторых, вы должны беспокоиться о последствиях этих предубеждений. Недавние исследования показали, что взаимодействие с самыми разными расовыми группами может помочь людям обращать большее внимание на расовую справедливость. Например, исследование 2018 г. показало, что усиление контактов между расовыми группами углубляет психологический вклад в равенство, делая людей более чуткими друг к другу.

С точки зрения Кристал Флеминг, преподававшей для тысяч студентов, полный трехмесячный курс психологии по теме неявной предвзятости «намного эффективнее, чем однодневный поверхностный тренинг. Люди должны чувствовать вдохновение. Они должны ощутить желание критически осмыслить не только свои предубеждения, но и уровень своей социальной обусловленности, желание стать частью позитивных социальных преобразований. Вы не можете это никому навязать».

### Почувствовать вред расизма

Вдохновение, о котором говорит Флеминг, — вот что побудило лично меня отказаться от расизма, иначе взглянуть на некоторые этапы американской истории и открыть глаза на превосходство белых. Но процесс отучения — лишь первый шаг. На следующем этапе — борьба с замалчиванием случаев расизма и соответствующее изменение

**Многие белые люди выступают против программ социального здравоохранения, таких как Закон о доступном медицинском обслуживании, который действительно может принести им пользу, отчасти потому, что, по их мнению, эти программы предназначены для цветных людей**

взглядов и «оптики» в целом, когда речь идет о моей работе. Такая доктрина окажется жизнеспособной только в том случае, если понять и принять тот факт, что расизм несет вред не только цветным, но и белым людям.

Можно сказать, что я сама оставалась в стороне от этих вопросов до тех пор, пока в 2019 г. вторично не посетила семинар PISAB. Я записалась на него по настоянию Ступа Нильссона (Stoop Nilsson), социального работника и коуча по расовому перевоспитанию, демонстрирующего белым людям, как стать антирасистскими лидерами в своих сообществах. А уже во время семинара один из преподавателей, Джозеф Барндт, указал на то, насколько легко для белых людей думать, что расизм им не вредит. Однако, по его словам, «правда в том,

что с расизмом мы тоже проигрываем. Все человечество проигрывает. С концом расизма мы вернем себе жизнь».

Исследователь критических заболеваний и профессор психологии в Фордемском университете Шелла Верси (H. Shellae Versey) изучает влияние культуры превосходства белых на психическое здоровье как белого, так и небелого населения. В статье 2019 г. она и ее соавторы объясняют, насколько вредным оказывается для белых людей миф о меритократии — идее о том, что упорный труд и самоутверждение ведут к успеху. Когда этого не происходит (например, если вы не получаете продвижение по службе, ради которого много и усердно работали), это угрожает вашему мировоззрению и, как показывают исследования, приводит к значительному стрессу.

Верси отмечает, что многие белые люди выступают против программ социального здравоохранения, таких как Закон о доступном медицинском обслуживании (ACA), который действительно может принести им пользу, отчасти потому, что, по их мнению, эти программы предназначены для цветных людей. В своей новой книге «Умирая от белизны» (*Dying of Whiteness*) врач Джонатан Мецл (Jonathan Metzl) пишет о том, как некоторые белые американцы поддерживают на выборах политиков, чьи программы откровенно повышают риски возникновения болезней и даже смерти этих избирателей.

Еще одна неотъемлемая составляющая нашей повседневной реальности — это культура превосходства белых. Как пишут Кеннет Джонс (Kenneth Jones) и Тема Окун (Tema Okun) в книге «Демонтаж расизма: пособие для творцов социальных перемен» (*Dismantling Racism: A Workbook for Social Change Groups*), эта культура включает в себя перфекционизм, настойчивость, определенную замкнутость и настороженное отношение к критике, мнение о том, что «количество важнее качества», патернализм, стремление к накоплению власти, индивидуализм и многое другое.

Понимание и ощущение того, как расизм причиняет мне боль, — хотя это всего лишь часть той боли, которую испытывают цветные люди, — улучшает мотивацию, не дает отвлечься, заставляет все время работать над ее устранением. Не удивлюсь, если выяснится, что культура превосходства белой расы способствует моему повышенному уровню беспокойства, который проявляется в виде мигреней и трескающейся кожи. Я склонна даже связывать культуру превосходства белых с отрицанием изменения климата, с патернализмом и чрезмерно жестким образом мыслей, с которым я раньше сталкивалась на работе.

Работа и общение со Ступом Нильссоном помогают мне создать собственную определенную равную идентичность: я белый человек и русская

еврейка. США — это страна, которая гордится тем, что выступает плавильным котлом наций, но на деле многие особенности теряются в ассимиляции с культурой белого превосходства. Такие маркеры этнической идентичности, как язык, еда, культура и музыка, не приветствуются, а обладателей незападноевропейского происхождения часто шпыняют. Мои родители были искренними сторонниками изучения английского языка, и мы почти никогда не говорили дома по-русски. Я так и не выучила русский. Грустно, что я не могу разговаривать со своими родителями на их родном языке, грустно то, что я до сих пор так мало знаю о нашем наследии. Недавно моя мама пыталась описать свои чувства и никак не могла подобрать нужное слово по-английски. Она была очень огорчена этим. Боюсь, что ее последние слова будут на русском, а я не пойму, что они означают.

Разгар пандемии, предвыборная лихорадка, движения расового протеста, которые проливают свет на проблемы, затрагивающие всех нас, — это время переоценки ценностей для многих американцев. Белые люди могут обнаружить себя в таких обстоятельствах и ситуациях, которые ранее были для них недоступны. В истории и литературе возникают темы, которые долгое время были исключены из школьных программ. Такое пробуждение может повлечь за собой создание позитивной расовой идентичности вне рамок идеи «белого превосходства» и в итоге использование полученного опыта и знаний для достижения равенства и справедливости для всех. Не менее важно и последовательное осуществление этой программы: пропуск любого промежуточного шага может причинить еще больший вред. Так, например, стыд и ненависть к самому себе не могут служить эффективными мотиваторами, они способны подавлять силу и выносливость, необходимые для проведения системных изменений.

Принимая участие в этом процессе на протяжении уже нескольких лет, я уверена только в одном: антирасизм — это практика на всю жизнь. В своей книге «Почему все черные дети сидят вместе в кафе?» (*Why Are All the Black Kids Sitting Together in the Cafeteria?*) психолог Беверли Дэниел Тэйтум (Beverly Daniel Tatum) сравнивает расизм со смогом: мы все им дышим, никто от этого не застрахован. Пытаться отучиться от расизма значит осознать каждый свой вдох и делать все возможное, чтобы выдохнуть меньше. ■

**Перевод: Д.С. Хованский**

#### **ИЗ НАШИХ АРХИВОВ**

■ Юбэнкс В. Автоматизация предвзятости // ВМН, № 1–2, 2019.



ПСИХОЛОГИЯ

# А ТЕПЕРЬ ВСЕ ВМЕС

Синхронизированная деятельность, такая как групповые танцы и упражнения, обеспечивает удивительно сильные социальные связи — возможно, за счет изменений химии мозга

*Марта Зараска*

Ученики китайской школы боевых искусств тренируются, выполняя движения в унисон



TE

## ОБ АВТОРЕ

**Марта Зараска** (Marta Zaraska) — научный журналист-фрилансер, живет во Франции; автор книги «Снова стать молодым: как дружба, оптимизм и доброта помогут вам прожить до 100 лет» (*Growing Young: How Friendship, Optimism and Kindness Can Help You Live to 100*, 2020). Ее статья «Мельчание животных» была опубликована в выпуске нашего журнала за август-сентябрь 2018 г.



**С**тив Маркс (Steve Marx) говорит, что он не задумываясь бросился бы на дорогу с несущимися автомобилями, чтобы спасти любого из своих коллег по марширующему оркестру. Подобные слова можно часто услышать от бывших военных, а не музыкантов, но Маркс использует такой пример, чтобы продемонстрировать силу своих чувств по отношению к своей группе. Стив Маркс, дирижер марширующего оркестра Геттисбергского колледжа в Пенсильвании, работает в музыкальных ансамблях более 20 лет, еще со средней школы, и говорит, что в них «формируется очень сильная привязанность. Это как семья».

Оркестранты, одетые в сочетающуюся униформу, с музыкальными инструментами в руках, маршируют в идеальной гармонии: левой, правой. Движения и звуки настолько синхронизированы, что в большой группе перестаешь воспринимать отдельных людей. Околдовывает даже не столько музыка, признается Стив: для него с ощущением родства связано в основном маршевое движение.

Множество видов групповой деятельности стимулируют наше чувство принадлежности к группе, однако исследования показывают, что синхронные действия могут сформировать еще более прочные социальные связи и создать ощущение благополучия. Командная гребля, танцы в стиле кантри, пение в хоре или простое синхронное постукивание пальцами приводят к росту доверия, терпимости и проявлений великодушия по отношению к другим. Зачастую эти эффекты намного сильнее наблюдаемых при выполнении более разобщенных действий: у людей даже может повышаться болевой порог. По словам Лоры Сирелли (Laura Cirelli), психолога и исследователя синхронности в Торонтском университете, только сейчас становится понятно, почему одновременные скоординированные

движения приводят к усилению ощущения духовной близости. Мощные эффекты этого феномена обусловлены комбинацией нейрогормональных и когнитивных факторов и особенностями восприятия. «Это сложное взаимодействие», — отмечает Сирелли. Существуют также доказательства того, что мы обладаем склонностью к синхронизации, которой, возможно, благоприятствовал естественный отбор в ходе эволюции человека, отчасти потому, что такая особенность позволяет нам формировать связи сразу с множеством людей и обеспечивает преимущество для выживания.

В том, что касается способности к синхронным действиям, люди не уникальны, так же поступают и некоторые животные. Например, афалины скользят в воде в унисон, а самцы некоторых видов светлячков гармонизируют световые сигналы. Специалисты по поведению животных предполагают, что подобное скоординированное поведение, как и у людей, обеспечивает различные социальные преимущества — например, привлечение партнера. Мы, люди, отличаемся тем, что у нас синхронизация проявляется в столь разнообразных видах деятельности. Некоторые из них организованные: вспомните о групповых молитвах, пении хоралов,



*Исполнители ингомы, традиционного танца зулу, народа ЮАР, двигаются как единая группа*

военных парадах и флешмобах. Некоторые спонтанны: например, пришедшие на концерт начинают хлопать в такт песне, а люди, прогуливающиеся парой в парке, ставят ноги на дорожку в одно и то же время. Исследования показывают, что если люди сидят в креслах-качалках рядом, то в какой-то момент они начинают раскачиваться вперед-назад одновременно.

Стив Маркс приписывает синхронным действиям свою привязанность к коллегам по оркестру, и психологические эксперименты показывают, что такого рода координация действительно усиливает чувство привязанности в группе. В одном исследовании ученые из Оксфордского университета разделили школьников начальных классов на две группы. Одна группа носила оранжевые жилеты, другая — зеленые. Такой стиль в одежде может спровоцировать разделение между детьми, однако исследователи попросили детей проводить время вместе и танцевать синхронно. Впоследствии между школьниками из этих двух групп сформировались более прочные связи и они чаще играли друг с другом по сравнению с таким же образом разделенными детьми, которые танцевали неслаженно.

### Усиление духовной близости

Так происходит не только с детьми. Ряд проведенных в Венгрии экспериментов, результаты которых были опубликованы в 2019 г., свидетельствуют о том, что синхронная ходьба вместе с человеком, принадлежащим к этническому меньшинству, снижает уровень предубежденности. В Венгрии распространено стереотипное негативное отношение к цыганам. Исследователи попросили нецыган охарактеризовать фотографии цыган в традиционной одежде с использованием слов с негативным или позитивным оттенком, и испытуемые использовали больше негативных слов. Когда той же группе показали фотографии венгров в традиционной одежде, участники эксперимента чаще использовали слова с положительным оттенком. Затем исследователи попросили нецыган пройти вместе с человеком, которого представили как цыгана, несколько кругов по большой комнате, двигаясь как синхронно, так и несогласованно. Когда исследователи позже поинтересовались о чувствах добровольцев по отношению к цыганам, те испытуемые, которые двигались в синхронном режиме, выражали более сильное чувство близости



Гребцы, тренирующиеся синхронно, имеют более высокий уровень эндорфинов — вырабатывающихся в мозге веществ, которые притупляют боль

и проявили большее желание вновь увидеть своих напарников по эксперименту.

Ученые не знают, как долго может продлиться такой эффект, поэтому координацию действий, возможно, нельзя использовать в качестве обязательного средства для преодоления антагонизма. Тем не менее в некоторых ситуациях она, по-видимому, действительно минимизирует расхождения, и одна из возможных причин заключается в том, что в этом случае мы становимся больше похожими на других. Участники исследования, результаты которого были опубликованы в 2009 г. в *Social Cognition*, отстукивали пальцами ритм под метроном, и на определенном этапе к ним присоединился исследователь, отбивавший на барабане тот же ритм или иной. Результаты показали, что добровольцы, выполнявшие действия согласованно с исследователем, позднее были более склонны говорить, что он им понравился.

Такое чувство духовной близости превращается в более позитивное отношение

к другим людям. Синхронное постукивание пальцами, например, может побуждать людей быть более щедрыми, когда речь идет о пожертвовании денег. В ходе серии экспериментов, результаты которых были опубликованы в 2017 г. в *Basic and Applied Social Psychology*, ученые разделили добровольцев на группы по шесть человек, а сами группы — на подгруппы по три человека. После того как участники недолго выполняли групповое задание, им давали разные планы действий по распределению денег между членами группы и опрашивали, кому они отдали бы эти деньги. Если затем участники эксперимента выполняли синхронное постукивание пальцами только в рамках своего маленького трио, они более охотно жертвовали бы деньги лишь своим компаньонам. Но если два из этих трио синхронно отстукивали ритм, на несколько минут формируя группу из шести человек, то члены этой группы более вероятно жертвовали бы деньги всем шестерым. Между тем несинхронное постукивание

никак не влияет на щедрость. Метаанализ 42 исследований, проведенный в 2017 г., подтвердил, что синхронная деятельность — от синхронного бега до раскачивания в креслах-качалках в одном темпе — побуждает людей к просоциальному поведению.

Психологи и нейробиологи объясняют, как происходит подобное сближение людей в результате согласованных действий, используя сухой термин «размывание границ "я — другой"». «Это ослабление границ между собой и другими. Когда мы подстраиваемся к действиям других людей, осознанно или нет, мы объединяем их с собой», — говорит Ивана Конвалинка (Ivana Konvalinka), специалист по когнитивной нейробиологии из Датского технического университета.

Даже очень маленькие дети больше стремятся помочь другому человеку после вовлечения в синхронную деятельность. Малышам, конечно, нельзя сказать: «Действуйте синхронно!», поэтому исследователям приходится творчески подходить к изучению такого эффекта. В одном эксперименте, которому посвящена статья в *Music Perception* за 2017 г., в переноске-кенгуру, прикрепленной на груди ассистента, находился 14-месячный ребенок, а напротив них стоял другой человек. Оба взрослых начинали подпрыгивать, иногда идеально синхронно, а иногда нет, и дети, следовательно, тоже прыгали. Психологи провели ряд экспериментов, используя такую модель. После серии прыжков в унисон, если второй взрослый ронял мяч или другой предмет, малыши довольно охотно поднимали этот предмет и отдавали его назад. Однако те малыши, что прыгали не синхронно, не были готовы помочь. Тот факт, что эффект синхронизации проявляется даже у таких маленьких детей, указывает на то, что подобное поведение важно для вида в целом, говорит специалист по когнитивной антропологии Эмма Коэн (Emma Cohen) из Оксфордского университета. По ее словам, «если что-то появляется в столь раннем возрасте, значит, скорее всего, это почти произвольное поведение и на самом деле характерно для нас, людей». Возможно, эта особенность даже играет важную роль в нашей эволюции.

### Эволюция в унисон

Психолог Робин Данбар (Robin Dunbar) из Оксфордского университета считает, что за счет стимулирования просоциального поведения и кооперации синхронизация,

возможно, способствовала формированию связей в группах древних людей по мере роста численности их популяции. Данбар много лет занимается изучением синхронизации, и его увлечение этой темой началось с конференции по музыкальной археологии. Одна из вечерних сессий была необычна. Музыкант из ЮАР пригласил Данбара и других присутствующих на конференции принять участие в том, что напоминало традиционный танец зулу. Южноафриканец попросил участников встать в круг, выдал им пластмассовые дудки разной длины и дал указание дуть в дудки, производя беспорядочный шум, и двигаться по кругу. Сначала,

## **Первобытные люди, возможно, могли поддерживать численность группы, в три раза превышающую среднюю численность групп других высших приматов, потому что изобрели способ осуществлять «груминг» нескольких индивидов сразу: за счет использования голоса и движений тела**

вспоминает Данбар, стоял ужасный шум, но через несколько минут звуки и движения изменились безо всяких видимых усилий: ученые синхронизировали действия и стали исполнять музыку в гармонии друг с другом. «Все испытали это чувство принадлежности к группе, став ее частью. Я понял, что это удивительный эффект», — говорит психолог.

Теперь Робин Данбар предполагает, что в процессе эволюции человека синхронизация, возможно, стимулировала груминг как важный связующий механизм. Нечеловекообразные приматы осуществляют уход за шерстью своих собратьев для удаления блох и других паразитов, а время, проведенное за грумингом, способствует сплочению группы. С ростом числа особей для осуществления груминга действительно

требуется много усилий и времени, и, по мнению Данбара, таким образом устанавливается верхняя граница численности тесно связанной группы. Когда ученый сопоставил время, проводимое за грумингом разными видами приматов, с обычным размером их групп, оказалось, что между этими двумя параметрами существует прямая корреляция. Максимальное время соответствовало группам приматов из 50 особей. В среднем ни один вид нечеловекообразных или человекообразных приматов не формирует более крупные группы, кроме человека. Данбар вычислил, что естественное сообщество для людей — примерно 150 человек. Такое число Данбар получил, исходя из размера неокортекса человека в сравнении с неокортексом других приматов, а также с учетом численности населения в деревнях в небольших общинах и количества друзей и членов семьи, характерного для людей в крупных сообществах. Эту цифру также подтверждают ранние исторические источники: таков был средний размер английских деревень в 1086 г., когда Вильгельм Завоеватель осуществил всеобщую перепись земельных владений в своем новом королевстве. (Не все согласны с тем, что 150 — надежное число; некоторые ученые считают, что его основу составляют слишком избирательные данные.)

Данбар предполагает, что одна из причин, по которой первобытные люди, возможно, могли поддерживать численность группы, в три раза превышающую средний размер сообществ других высших приматов, заключается в том, что люди изобрели способ осуществлять «груминг» нескольких индивидов сразу — за счет использования голоса и движений тела вместо выскивания паразитов пальцами. Более высокая численность обеспечивала защиту групп от нападений других людей, повышая шансы на выживание и размножение, что, в свою очередь, предоставляло возможности для естественного отбора по такому признаку, как склонность к синхронизации, в следующих поколениях, утверждает Данбар.

Такое поведение зачастую имеет биологическую основу. У нечеловекообразных обезьян груминг стимулирует выброс нейропептидов эндорфинов, которые, по видимому, повышают доброжелательность, говорит Данбар. Исследования свидетельствуют о том, что эндорфины, синтезируемые организмом для усиления чувства удовольствия и облегчения боли, возможно,

и есть один из механизмов, благодаря которым оказалось возможным заменить классический груминг пением и танцами для формирования связей у человека. Некоторые ученые называют эндорфины «нейрохимическим клеем» человеческих взаимоотношений.

### Мозг и движение

Возникновение чувства привязанности и преданности под влиянием эндорфинов выявили в нескольких экспериментах, в том числе проведенных в лаборатории Данбара. Одно из первых исследований продемонстрировало, что синхронное поведение не просто стимулирует эндорфинную систему, но и, вероятно, приводит к более сильному эффекту по сравнению с тем, что вызывает физическая активность сама по себе (знаменитая «эйфория бегуна»). В одном из исследований Данбара спортсмен-мужчины из лодочного клуба Оксфордского университета должны были тренироваться на гребных тренажерах сначала независимо друг от друга, а затем синхронно. После упражнения исследователи оценивали, какой уровень боли способен вытерпеть каждый из гребцов, накачивая закрепленную на руке гребца манжету тонометра для измерения кровяного давления до тех пор, пока испытуемые не могли больше выдерживать дискомфорт. (Непосредственно измерить уровень эндорфинов сложно, поэтому обычно в качестве замены используется восприятие кратковременной боли.) Данбар с коллегами определили, что атлеты, выполнявшие упражнение синхронно с другими, впоследствии оказались более устойчивы к боли: по оценке ученых, выработка эндорфинов у этих спортсменов увеличилась вдвое.

Ряд похожих экспериментов показали, что, когда речь идет о танце, синхронизация намного усиливает эффект эндорфинов по сравнению с несогласованными движениями на танцполе. Сначала добровольцев обучили некоторым основным танцевальным движениям, таким как «драйвинг» (одной вытянутой рукой совершают движения, как будто поворачивают влево-вправо рулевое колесо, держа его за вершину, а другая рука свободно опущена вдоль тела) или «плавание» (ритмично сгибая колени, руками попеременно совершают гребковые движения, как при плавании кролем на груди). Затем участников разделили на группы по четыре человека и отправили на танцпол, где каждому дали наушники, через

которые транслировалась музыка. Хитрость заключалась в том, что в некоторых группах все четыре участника слышали одну и ту же музыку и по указанию исследователей выполняли одно и то же регулярное движение, что приводило к синхронизации. Однако в других четверках члены группы либо слышали разные мелодии, либо должны были совершать разные регулярные движения: это был странный, несогласованный молчаливый танец-диск. После окончания танца участникам надевали манжеты тонометра и приступали к измерениям. И вновь оказалось, что выполнявшие синхронные движения участники более устойчивы к боли. Таким образом подтвердилось, что эффект связан не просто с совместным танцем, а именно с синхронным танцем. Ученые, поставившие эксперимент, результаты которого были опубликованы в 2016 г. в *Evolution and Human Behavior*, также проверили, насколько тесные связи сформировались между участниками. Как и в других исследованиях, посвященных изучению эмоциональных реакций, те, кто танцевал синхронно, сказали, что они чувствовали себя ближе к другим участникам, в отличие от тех, кто танцевал поодиночке.

Хотя с точки зрения нейробиологии сильные эффекты синхронизации объясняются синтезом эндорфинов, могут быть задействованы и другие биологические механизмы. Когда заходит речь о характере мозговой активности, синхронизация, по-видимому, вызывает эффекты, отличающиеся от тех, что возникают при негармоничном шуме или вибрации. Проведенное в 2020 г. исследование с применением функциональной спектроскопии в ближней инфракрасной области (неинвазивного метода измерения количества кислорода, используемого в конкретной области мозга, что свидетельствует о ее активности) показало, что, в то время как несинхронизированные действия преимущественно активируют лишь левое полушарие мозга, синхронизация приводит к активации обоих полушарий. Эти данные свидетельствуют о том, что синхронизация — намного более сложное поведение по сравнению с простыми движениями.

### Скоординированное вознаграждение

Другие исследования показывают, что система вознаграждения мозга, включающая нейронные структуры, задействованные в формировании желаний и мотивации,

также играет роль в обеспечении сильного эффекта синхронизации за счет создания петли положительной обратной связи. В ряде экспериментов с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии (еще один метод оценки мозговой активности) было выявлено, что у людей, легко выбивающих барабанную дробь, синхронное выполнение этих действий вызывает активность в правом хвостатом ядре — структуре, связанной с системой вознаграждения. Это, в свою очередь, заставляет людей более охотно помогать тем, с кем они вместе играли на барабанах. «Мы полагаем, что активность хвостатого ядра во время синхронизированной игры на барабанах свидетельствует о том, что такой опыт имеет характер вознаграждения, — говорит Кристиан Кейсерс (Christian Keysers) из Нидерландского института нейробиологии, ведущий автор исследования. — Тогда участники будут более охотно заниматься совместной деятельностью с этим человеком в будущем». Люди выполняют действия синхронно, ответственные за вознаграждение структуры мозга активируются, и это побуждает нас приложить больше усилий, чтобы помочь нашим партнерам.

Несмотря на то что не все испытывают эффекты синхронизации с равной силой, движение в одном ритме с другими и гармонизация голосов, по-видимому, играют важную роль в сообществах людей. Возможно, именно поэтому мы наблюдаем синхронизацию повсюду: на больших симфонических концертах, на танцевальных вечеринках и во время театрализованных обрядовых действий в деревнях. Когда мы действуем синхронно, гормоны и активность нашего мозга помогают преодолеть социальные препятствия и держаться вместе. Присоединение к марширующему духовому оркестру, может быть, и не приведет к миру во всем мире, но подобное поведение, возможно, поможет нам стать более терпимыми и понять, что такое всеобщее благо в более крупных сообществах. ■

**Перевод: С.М. Левензон**

### ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Сингер Т. Эволюция танца // ВМН, № 8–9, 2017.

АРХЕОЛОГИЯ

# *Судьба непокоренных мая*

Лакандоны, народ группы  
майя, скрылись от испанских  
конкистадоров и выживали  
в сельве сотни лет.  
Археологические находки  
раскрывают их прошлое

*Зак Зорич*



Озеро Менсбак на юге Мексики —  
родина лакандонов



## ОБ АВТОРЕ

**Зак Зорич (Zach Zorich)** — внештатный автор, живущий в Колорадо. В его последней статье для нашего журнала рассматриваются причины упадка цивилизации гренландских викингов (Зорич З. *Исчезнувшие гренландские викинги* // ВМН, № 12, 2017).

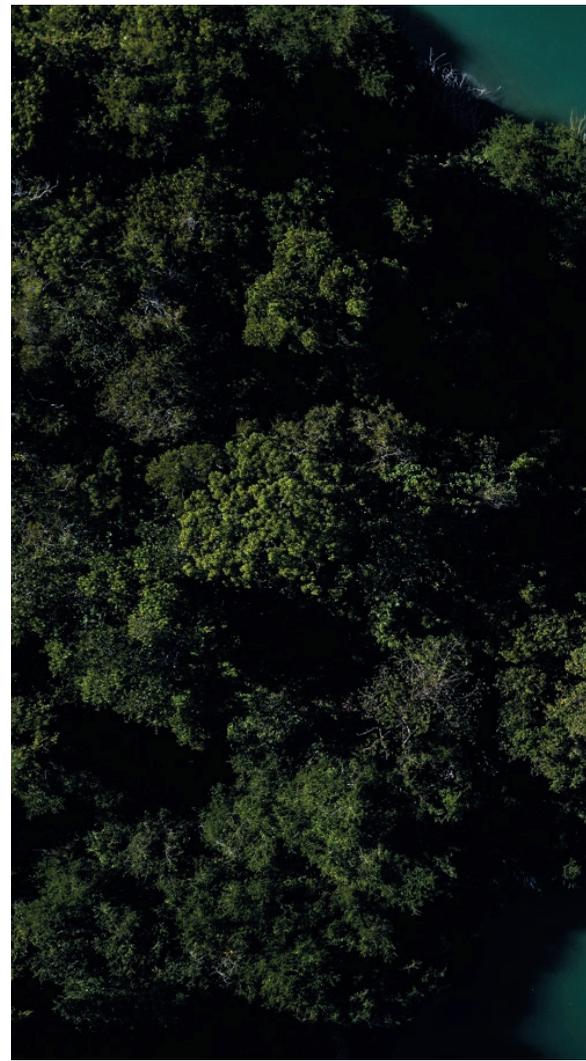
**О**коло 550 лет назад последние великие города-государства майя, веками процветавшие в Америке, встретили свою гибель. Когда засуха и войны разрушили социальную и политическую структуры, испанские конкистадоры начали превращать земли майя в плантации, а самих майя — в рабов, трудящихся на этих плантациях, многие жители легендарных каменных городов, таких как Йашчилан и Паленке, бежали в сельскую местность в поисках лучшей жизни.

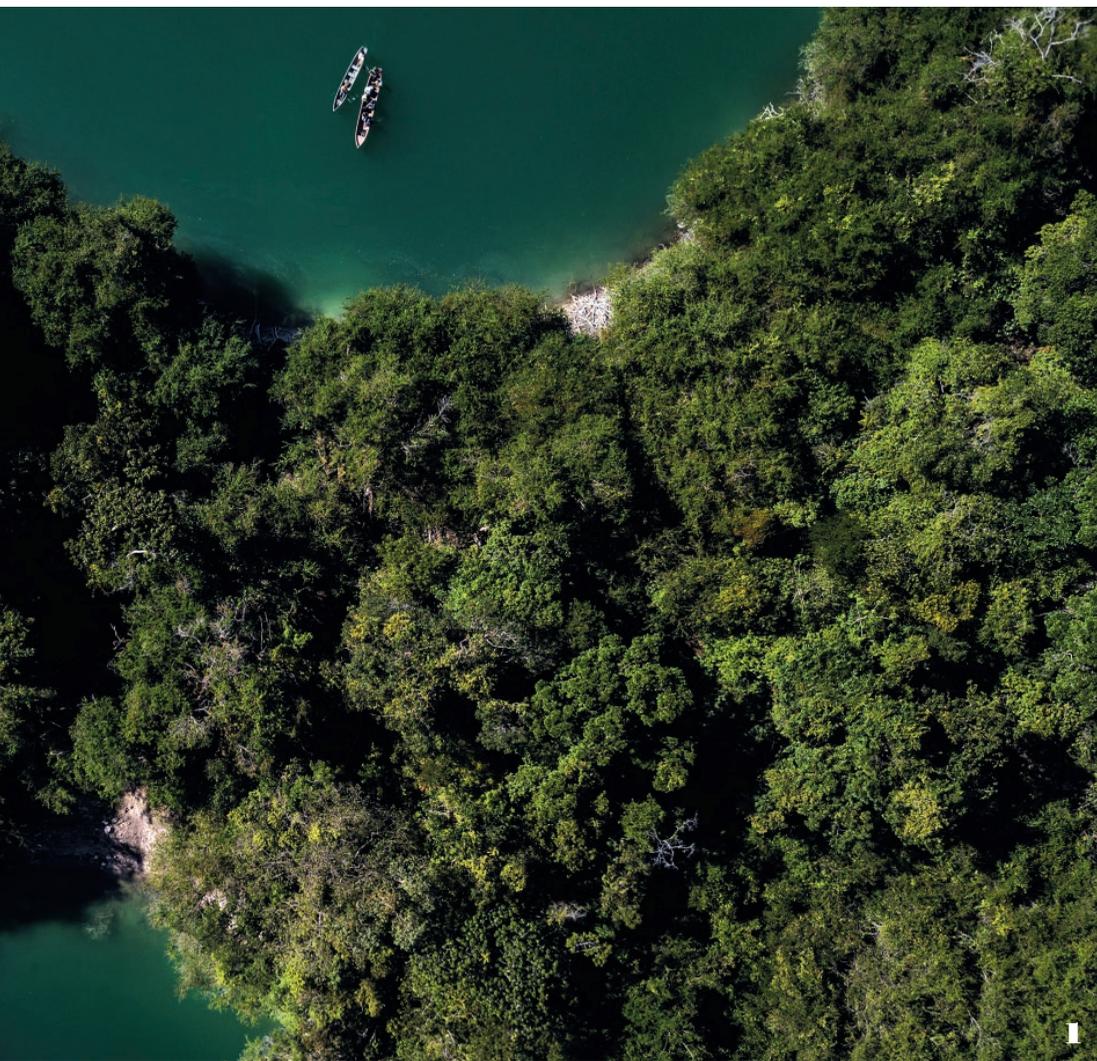
В конце концов они создали множество новых культур майя. Один народ группы майя, лакандоны, поселился в лесах вокруг озера Менсабак в южном мексиканском штате Чьяпас. Их потомки все еще живут в этом регионе и в наши дни. Они называют себя «хач виник», что на юкатекском языке майя означает «настоящие люди».

Десятки лет антропологи полагали, что современные лакандоны представляют собой своего рода капсулу времени: группу майя, которая пережила коллапс и последующее испанское завоевание нетронутой и не менялась сотни лет. Однако с 1980-х гг., по мере того как ученые все больше узнавали о лакандонах, стало ясно, что это не так. Стиль жизни лакандонов, хотя и включает элементы классической культуры майя, ныне совершенно иной.

В течение последних 17 лет археолог Джоэл Палка (Joel Palka) из Аризонского университета и Фабиола Санчес Бальдерас (Fabiola Sanchez Balderas), президент мексиканской организации *Xanvil*, занимающейся изучением и поддержкой культуры майя, сотрудничают с современными лакандонами. Ученые стремятся узнать все возможное о зарождении культуры этой группы майя и понять, как предки лакандонов адаптировались к миру, радикально измененному силами, которые майя не могли контролировать. Раскопки, выполняемые командой ученых в различных местах вокруг озера Менсабак, — первые, предпринятые для изучения прошлого лакандонов. Исследование раскрывает детальную картину жизни народа майя, выжившего во время колониального завоевания, чтобы продолжить традиции своих предков и одновременно создать собственные обычаи, верования и стратегии выживания. ■

**Перевод: С.М. Левензон**





**В неприкосновенном ландшафте** озера Менсабак (1) находятся десятки важных сакральных мест. Одно из наиболее значимых — известняковый утес, который считается и домом Менсабака, бога сельского хозяйства и дождя, и воротами в рай Менсабака, куда лакандоны отправляются после смерти. У подножия утеса расположено святилище из костей, содержащее останки людей, возможно, одних из первых лакандонов. Черепа имеют плоский лоб, а в мозговом отделе черепа, очертания которого формировались в раннем детстве, когда кости еще были гибкими, видны две отдельные доли (2). Среди костей находятся глиняные горшки с лицами богов (3). Каждый сосуд переполнен смолистым веществом, которое остается после сжигания смолы дерева копаиферы, когда молящиеся пьют над благовонным дымом. Археологи указывают на прямую связь между этими керамическими горшками с лицами богов и замысловато украшенными керамическими *incensarios* (кадилами), использовавшимися народом майя для приношений своим богам в течение 3 тыс. лет. Это один из многих примеров преемственности культуры, связи между лакандонами и древними майя.





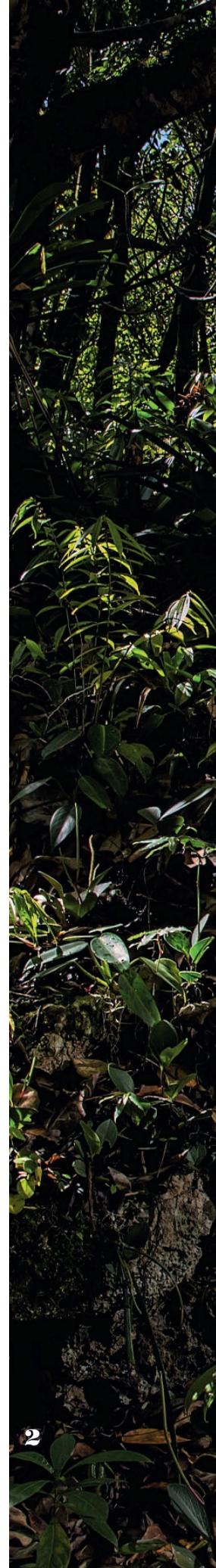
*Лакандоны* не были изолированы в этом регионе на юге Мексики и, по-видимому, часто воевали с соседними группами майя. Раскопки на территории археологического памятника Цибана на восточном берегу озера демонстрируют, как лакандоны защищали свою территорию. Помимо развалин деревни, в этом месте археологи нашли остатки защитной стены, построенной между двумя пирамидами, которые формируют в этой местности узкий проход. Стена, возведенная из необработанных глыб известняка, возвышается на несколько футов. Хосуэ Лосада Толедо (Josué Lozada Toledo) из Мексиканского национального института истории и археологии, член команды, полагает, что воины стояли на стене за высоким деревянным частоколом, который должен был укрывать их, когда они сражались, используя копья и дротики. Склон холма под стеной был засажен пиньюэлой, видом агавы с острыми шипами по краям листьев, формирующей своего рода естественную колючую проволоку. Цибана, возможно, была первой линией обороны против нападавших, пришедших с востока.



**Жители городов** переселялись в сельскую местность в поисках не только земли для возделывания и воды для ирригации, но и мест, обладавших духовной силой, которая, как полагали майя, сможет защитить их от мира, в котором враг встречается на каждом шагу. Джоэл Палка считает, что «не только природные, но и сверхъестественные ресурсы» привлекли майя к озеру Менсабак. Свидетельства того, что религия служила движущей силой в общине лакандонов, находятся повсюду. Древние изображения богов и священных животных украшают известняковые утесы в Цибане и на других стоянках вокруг озера (1). Змея, высеченная в основании утеса в Цибане, по мнению Джоэла Палки, напоминает пернатого змея, ацтекского бога Кецалькоатля и, возможно, отражает влияние ацтеков на лакандонов (2).



**Гора Эль-Мирадор (1)**, убеждены лакандоны, служит мостом между подземным миром (представленным озером), миром живых (представленным землей) и небесами (представленными небом). Лакандоны верят, что на этой горе живет бог Чак Актун. Джоэл Палка придерживается мнения, что гора Эль-Мирадор, поднимающаяся из вод озера, представляет собой природное воплощение альтепетля («водяной горы»), концепции, сформировавшей основу для общин майя и ацтеков. Храмы-пирамиды, возвышающиеся над их каменными городами, — альтепетли, созданные человеком. Около 2 тыс. лет назад древние майя выровняли вершину Эль-Мирадора и построили там платформу для огромного храма (2). Команда ученых также обнаружила остатки террас, образующих, возможно, путь паломников вдоль склона горы к храму, где посетители приносили дары Чаку Актуну и просили здоровья и богатого урожая.









2

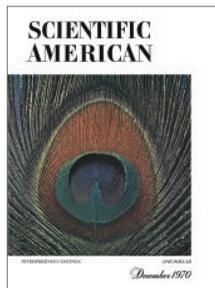
**Рафаэль Тарано (1)** с детства выучил истории о богах лакандонов — от Менсабака и Чака Актуна до Хачакьюма, верховного творца, и Акьянто, бога чужеземцев и технологии. Он также научился тому, как совершать традиционные для лакандонов приношения в священных местах вокруг озера. Однако времена изменились и лакандоны изменились вместе с ними. Больше никто не приносит дары богам, говорит Тарано. Все члены общины, насчитывающей всего 19 семей, либо стали прихожанами евангельской церкви, либо вообще не соблюдают религиозные обряды, объясняет Фабиола Санчес Бальдерас.

Семьи живут на южном берегу озера в деревне с двумя церквями, административным зданием, в котором находится маленький полицейский участок, четыре магазина, где продаются самые необходимые товары и закуски, и новым туристическим центром. Люди выращивают продовольственные культуры для личного потребления на близлежащих полях, называемых

«мильпа». Гравийная дорога соединяет деревню с миром за пределами сельвы (2). Мексиканское правительство объявило территорию вокруг озера охраняемой природной зоной «Мецабок». Это обеспечивает землям государственную защиту, помогающую майя поддерживать их образ жизни. Лакандоны получают также определенный доход от мексиканского правительства за сохранение природной зоны и заботу о ней. Рафаэль Тарано, как и его предки, поселившиеся в этом регионе после испанского завоевания, считает религию необходимой для встречи с любыми вызовами, уготованными в будущем. «Я не знаю, кто истинный бог, Хесуклисто [Иисус Христос] или Хачакьюм, — говорит Рафаэль, — но в плохие времена или верь, или умрешь».

#### ИЗ НАШИХ АРХИВОВ

■ Зорич З. Сказ о божестве грозы // ВМН, № 2, 2015.



## ДЕКАБРЬ 1970

**Прогресс «зачатия в пробирке».** В лабораториях Олдхэмской больницы в Ланкашире и Кембриджского университета человеческие яйцеклетки были успешно доведены до стадии созревания, оплодотворены «в пробирке» и выращены *in vitro* до бластоцисты — стадии,

непосредственно предшествующей началу нормального прикрепления оплодотворенной яйцеклетки к стенке матки. Клинически эта процедура, вероятно, даст возможность преодолеть некоторые причины бесплодия и предотвратить развитие эмбрионов, у которых в противном случае можно было бы ожидать ненормальное формирование. Яйцеклетки, оплодотворенные в лаборатории и выращенные до стадии бластоцисты Робертом Эдвардсом (Robert Edwards) и Рут Фаулер (Ruth Fowler), можно будет пересадить обратно матери с прекрасными шансами на нормальное завершение развития.

**Примечание:** первый ребенок, зачатый с помощью экстракорпорального оплодотворения, появился на свет в Олдхэмской больнице в июле 1978 г.



## ДЕКАБРЬ 1920

**Линкор против самолета-торпедоносца.** Комментируя ряд статей в журнале *Quarterdeck* в пользу отказа от строительства супердредноута, контр-адмирал Брэдли Фиск (Bradley Fiske) заявляет, что большинство выступающих против активного развития воздухоплавания плохо изучили его возможности. Он, как и многие другие, считает, что в военном деле воздухоплаванию суждено произвести «революцию, по сравнению с которой революция, вызванная изобретением огнестрельного оружия, будет походить на водевиль».

Он, как и многие другие, считает, что в военном деле воздухоплаванию суждено произвести «революцию, по сравнению с которой революция, вызванная изобретением огнестрельного оружия, будет походить на водевиль».

## После обвала валюты.

Тупиковая ситуация с импортом и экспортом между Германией и другими странами, возникшая из-за падения курса немецкой марки, привела к внедрению бартерной системы. Британские производители хлопка договорились поставлять на немецкие прядильные фабрики хлопок-сырец и забирать изготовленную из него хлопчатобумажную пряжу, при этом часть пряжи немецкие производители оставляют себе в качестве платы за аренду своего завода, труд рабочих и другие производственные расходы.



1870 г.: конструкция удобного всепогодного почтового ящика



## ДЕКАБРЬ 1870

**Спиритуализм.** Шумиха вокруг спиритуализма была источником множества бед и привнесла безумие во многие семьи. Наши читатели должны знать, что ни один ученый, ни один здравомыслящий человек в него не верит. В свете науки все это оказывается обманом.

**Патенты для почты.** С целью крепления почтовых ящиков к фонарным столбам этот ящик состоит из двух секций-полусфер. У отверстия для писем нет подвижных крышек, оно защищено выступающим экраном. Это очень удобно: опустить письмо можно даже одной рукой, соответственно, не нужно закрывать зонт, ставить на землю корзину или спускать с рук ребенка. Патент выдан Альберту Поттсу (Albert Potts) из Филадельфии патентным агентством *Scientific American*.



## Почтовая служба США

В 1775 г. Бенджамин Франклин был назначен первым генерал-почтмейстером. С тех пор письма и газеты информировали граждан и вовлекали их в демократический процесс. В 1845 г. Почтовая служба США начала использовать почтовые марки как удобный способ оплаты почтовых отправлений. Эта «глупость» была

1896 г.: персонал и машины объединяют усилия для сортировки почты

осуждена нашими предками, потому что доставка почтового отправления теперь должна была быть оплачена заранее, а не получателем. Объем почтовой корреспонденции рос с развитием техники для ее сбора, сортировки и доставки. В 1895 г. 5 млрд почтовых отправлений прошли через сортировочные отделения, подобные тому, что изображено на фото. К 2019 г., уже в эпоху электронной почты и служб экспресс-доставки, почтой было доставлено 143 млрд отправлений.

**Editor in Chief:**

**Copy Director:**

**Creative Director:**

**Managing Editor:**

**Chief Features Editor:**

**Chief News Editor:**

**Chief Opinion Editor:**

**Senior Editors:**

**Associate Editors:**

Laura Helmuth  
 Maria-Christina Keller  
 Michael Mraz  
 Ricki L. Rusting  
 Seth Fletcher  
 Dean Visser  
 Michael D. Lemonick  
 Mark Fischetti, Josh Fischman, Clara Moskowitz,  
 Madhusree Mukerjee, Jen Schwartz, Kate Wong  
 Gary Stix, Lee Billings, Sophie Bushwick,  
 Andrea Thompson, Tanya Lewis, Sarah Lewin Frasier

**Editors Emeriti:**

**Contributing Editors:** Gareth Cook, Lydia Denworth, Ferris Jabr, Anna Kuchment, Robin Lloyd, Melinda Wenner Moyer, George Musser, Ricki L. Rusting

**Art Contributors:** Edward Bell, Zoë Christie, Lawrence R. Gendron, Nick Higgins

**Art Director:** Jason Mischka

**Senior Graphics Editor:** Jen Christiansen

**President:** Dean Sanderson

**Executive Vice President:** Michael Florek

**Vice President, Commercial:** Andrew Douglas

**Publisher and Vice President:** Jeremy A. Abbate

© 2020 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 РЕПОРТАЖ

#### Противостоять дезинформации

Ложь о коронавирусе, ошеломляющая неопределенность, лидеры, распространяющие недостоверные данные и усиливающие страх, — неудивительно, что мы страдаем от воздействия нашей информационной среды. Что могло бы сделать общество менее уязвимым?

### СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ

#### Лучшая десятка прорывных технологий 2020 года

Пространственные вычисления, цифровая медицина, синтез всего генома, зеленый водород, квантовое зондирование и другие изобретения, способные изменить мир.

### Взрывы на краю

Большинство звезд умирают вполне предсказуемым образом, но астрономы обнаружили растущее число необычных сверхновых, чье поведение взрывает традиционные представления.

### Мечты о синтезе

Началась сборка крупнейшего в мире термоядерного реактора ITER.



### Забывтая пандемия

Грипп 1918 г. убил миллионы людей, а затем общество о нем забыло. Может ли то же самое произойти с COVID-19?

### Расстройство мозга и психики

Загадочное заболевание, которое раньше называли истерией, — случай, когда трудно разделить психиатрию и неврологию.



### Вирусы внутри нас

Триллионы вирусов составляют человеческий виром. Некоторые могут причинить нам вред, но некоторые — оказать помощь, если только мы сможем понять, как их использовать.

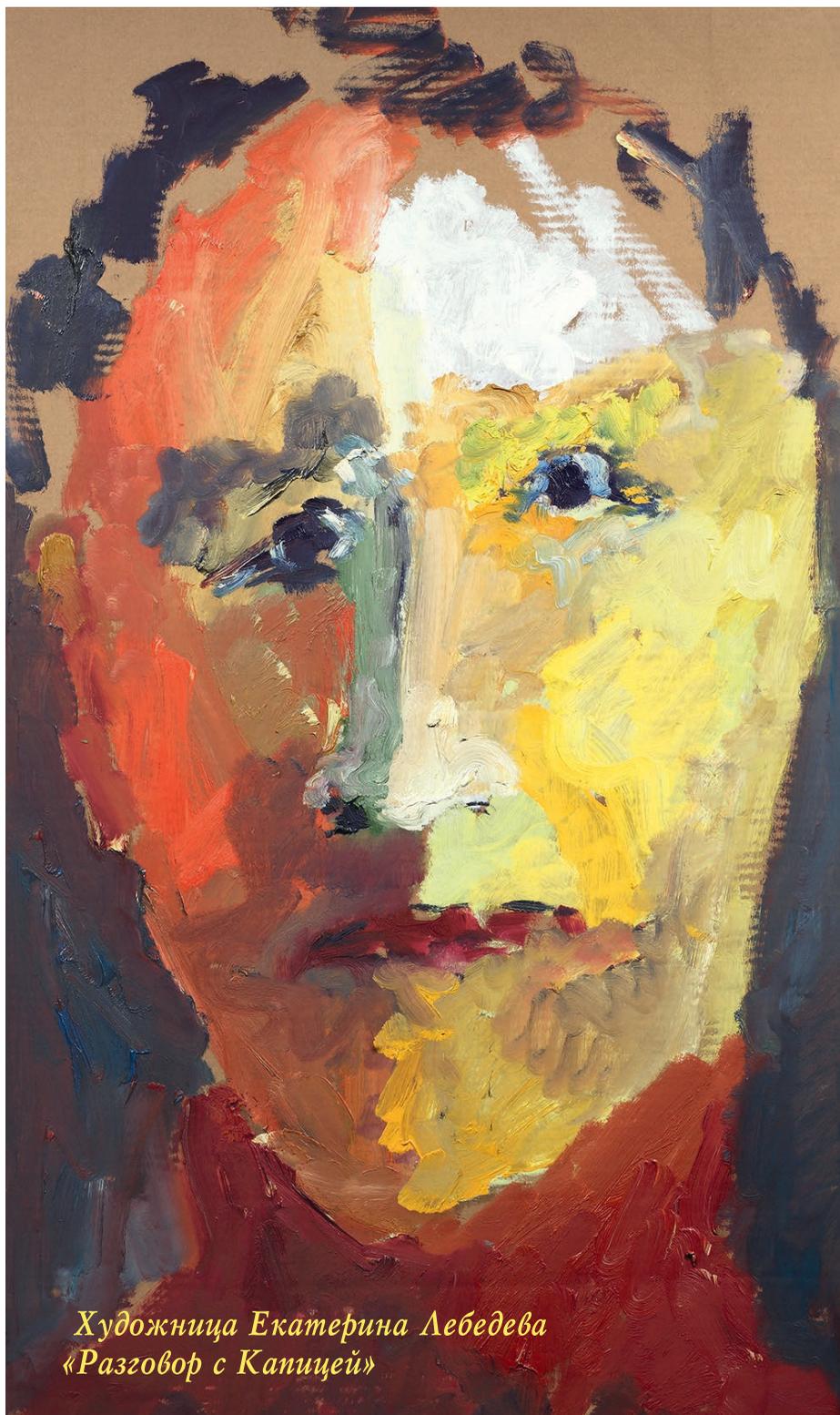
### Новые соединения

Какие уроки нейробиологии дает нам трансплантация руки.



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

# Научная Россия



*Художница Екатерина Лебедева  
«Разговор с Капицей»*



## 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)